

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJA NODAĻA

**RĀZNAS, BURTNIEKU UN USMAS EZERU HIDROLOĢISKĀ
REŽĪMA ILGTERMIŅA IZMAIŅAS**

BAKALAURA DARBS

Autors: **Mārtiņš Kriķītis**
Stud. apl. mk08215
Darba vadītājs: Dr.geogr.,
doc. Elga Apsīte

RĪGA 2011

Anotācija

Bakalaura darba tēma ir „Rāznas, Burtnieku un Usmas ezeru hidroloģiskā režīma ilgtermiņa izmaiņas”. Darba mērķis ir analizēt Latvijas lielo ezeru (Rāznas, Usmas un Burtnieku) hidroloģiskā režīma ilgtermiņa un sezonālās izmaiņas saistībā ar dabiskajiem un antropogēnajiem ietekmes faktoriem.

Darbā apkopota literatūra par ezeru hidroloģisko režīmu un to ietekmējošiem faktoriem, kā arī raksturoti pētāmie ezeri.

Darba pētnieciskajā daļā tiek aprakstīti un analizēti hidroloģisko novērojumu staciju dati pētāmajos ezeros, kā arī analizētas ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma izmaiņu tendences ezeros pētāmajā laika posmā no 1926. – 2002. gadam Usmas ezeram, 1946. – 2002. gadam Burtnieku ezeram, 1948. – 2002. gadam Rāznas ezeram, izmantojot Manna – Kendala testu.

Bakalaura darba rezultāti rāda, ka pētāmajos ezeros paaugstinājusies gada vidējā ūdens temperatūra un samazinājies ledstāves ilgums, bet ūdenslīmenis cilvēka ietekmē pētāmajos ezeros ir bijis mainīgs.

Atslēgas vārdi: Burtnieku ezers, Rāznas ezers, Usmas ezers, hidroloģiskais režīms, antropogēnā ietekme, reģionālās īpatnības.

Annotation

Theme of Bachelor is “Long-term changes of hydrological regime of the lakes Rāznas, Burtnieks and Usmas”. Goal of the paper is to analyze long-term changes of hydrological regime of big lakes of Latvia (Rāznas, Usmas and Burtnieku), in relation to natural and anthropogenic impacts.

The paper summarizes the literature on lake hydrology and the influencing factors, and describes the studied lakes.

In the practical part of the current paper there are discussed and analyzed the data of hydrological stations in studied lakes, as well as the analysis of water level, water temperature and ice regime trends in lakes in the study period from year 1926 to 2002 in the lake Usmas, year 1946 to 2002 in the lake Burtnieku, year 1948 to 2002 in the lake Rāznas, using a Mann - Kendall test.

Results of the current paper show that the water temperature in the studied lakes has increased and the duration of ice-covered period has decreased, but the water level, with human impact on it, in studied lakes has been variable.

Key words: lake Burtnieku, lake Rāznas, lake Usmas, hydrological regime, anthropogenic impacts, regional characteristics.

SATURS

Anotācija	
Annotation	
Saturs	
Lietotie saīsinājumi	5
Ievads	6
1. Teorētiskā daļa	8
1.1. Hidroloģiskais režīms un tā ietekmējošie faktori	8
2. Latvijas virszemes ūdeņu monitorings.....	13
2.1. Virszemes ūdeņu monitoringa attīstība Latvijā	13
2.2. Ūdeņu monitoringa programma 2009. – 2014. gadam	17
3. Materiāli/dati un metodes	19
3.1. Ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma datu bāze.....	19
3.2. Izmantotās metodes.....	19
4. Pētījuma rezultāti un diskusija	22
4.1. Pētāmo ezeru raksturojums	22
4.2. Burtnieku ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma analīze	27
4.3. Usmas ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma analīze	35
4.4. Rāzņas ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma analīze.....	45
4.5. Pētāmo ezeru ūdens temperatūras un ledstāves ilguma analīze.....	52
Secinājumi	55
Izmantotā literatūra	57

LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

Institūciju saīsinājumi:

LVĢMA – valsts aģentūra "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra"

LVĢMC – valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību „Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”

LĢIA – valsts aģentūra „Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra”

Citi saīsinājumi:

HES – hidroelektrostacija

HNS – hidroloģisko novērojumu stacija

HTK – hidrotermiskais koeficients

UBA – upju baseinu apgabals

ŪO – ūdens objekts

IEVADS

Viens no aktuālākajiem jautājumiem hidroloģijā ir veikt pētījumus par ezeru hidroloģisko režīmu, par faktoriem, kas to ietekmē, kā arī par hidroloģiskā režīma izmaiņām ilgtermiņā. Latvijā pēdējo 20 gadu laikā šādi pētījumi iztrūkst, ir veikti reti vai arī par atsevišķiem ezeriem. Visvairāk Latvijā ar ezeru hidroloģisko režīmu un citu ezeru procesu pētīšanu savulaik daudz ir nodarbojusies Larisa Glazačeva, par to liecina liels publikāciju skaits.

Ezera hidroloģiskā režīma izmaiņas nosaka gan dabiskie, gan antropogēnie faktori. Kā dabiskos faktoros var minēt – gaisa temperatūru, nokrišņu daudzumu, iztvaikošanu, ilgtermiņa globālās klimata pārmaiņas, upju noteci, ezera baseina ģeoloģisko uzbūvi, mežainumu u.c. Apmēram pēdējo 20 gadu laikā, kad ir novērojamas klimata pārmaiņas, aktuāli ir izpētīt, kā šīs pārmaiņas ietekmē ezeru hidroloģisko režīmu. Kādu iespaidu uz ezera ledus ilguma periodu atstāj klimata pārmaiņas, kā izmainās veģetācijas periods, kā ar to saistīta ezeru aizaugšanas un eutrofikācijas problēma. Liela ietekme uz ezera hidroloģisko režīmu ir arī cilvēka darbībai. Antropogēnu faktoru ietekme var būt visdažādākā – drenāža, aizsprostu būve, ūdenslīmeni regulējoši objekti u.c. cilvēku veiktas darbības vai veidoti objekti. Regulējami Latvijā ir vairāki ezeri, piemēram, Rāznas ezers, Burtnieku u.c.

Piemēram, Usmas ezera ūdenslīmeņa novērojumus var sadalīt periodos līdz un pēc zušu ķeršanas aizsprosta izbūves uz Engures upes. (Glazačeva, 2004).

Biežāk izvirzāmie noteces un līmeņu regulēšanas mērķi ir šādi:

- ūdens uzkrāšana daudzūdens periodos ar nolūku izmantot uzkrāto ūdeni mazūdens laikā;
- ūdens uzkrāšana (aizturēšana) maksimālo caurplūdumu laikā, lai ierobežotu teritoriju applūšanu;
- ūdens līmeņa stabilizācija ūdenstilpē ar nolūku radīt piemērotākus apstākļus hidrobionu attīstībai, tajā skaitā zivju nārstam (Zīverts, 2004).

Tēmas izvēle un aktualitāte pamatojas uz to, ka:

- pēdējos 20 gados pētījumi par ezeru hidroloģisko režīmu ir veikti nelielā skaitā, ar ko galvenokārt pirms tam nodarbojusies L. Glazačeva un A. Pastors;
- kopš 2005. gada Latvijā ir tik pat kā pārtraukts ezeru monitorings, izņemot Ķīšezeram;
- pētāmie ezeri atrodas dažādos Latvijas reģionos, līdz ar to arī tos ietekmējošie klimatiskie apstākļi ir atšķirīgi. Ezera novietojums Latvijas teritorijā ir viens no kritērijiem, lai pētītu ezera ģeogrāfiskās atrāšanās īpatnības jeb reģionalitāti.

Pētījumā tiks apskatītas Usmas, Rāznas, un Burtnieku ezeru hidroloģiskā režīma izmaiņas ilgtermiņā, kā arī sezonālās izmaiņas. Sīkāk tiks pētītas ūdenslīmeņa izmaiņas Usmas ezerā laika periodā no 1926. gada līdz 2002. gadam, ūdens temperatūras un ledus režīma izmaiņas laika periodā no 1946. gada līdz 2002. gadam. Burtnieku ezerā ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma izmaiņas tika pētītas no 1946. – 2002. gadam, bet Rāznas ezerā ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma izmaiņas tika pētītas no 1948. – 2002. gadam.

Apkopojot ilggadīgus novērojumus par ezeru hidroloģisko režīmu izmaiņām, tie dod iespēju analizēt, piemēram, ezera ūdens līmeņus, termiskā un ledus režīma tendences. Lai varētu spriest par ezeru hidroloģiskā režīma izmaiņām Latvijā, tad pētāmajiem materiāliem jāietver pēc iespējas lielāks laika posms par katru konkrēto ezeru.

Pētījuma mērķis: analizēt Latvijas lielo ezeru Rāznas, Usmas un Burtnieku hidroloģiskā režīma ilgtermiņa un sezonālās izmaiņas, saistībā ar dabiskajiem un antropogēnajiem ietekmes faktoriem.

Darba uzdevumi:

1. Apkopot un analizēt literatūru par ezeru hidroloģiju, par dabiskiem un antropogēniem faktoriem, kas nosaka hidroloģiskā režīma izmaiņas.
2. Apkopot veiktos pētījumus par ezeriem Latvijā.
3. Veidot hidroloģisko novērojumu datu bāzi par pētāmajiem ezeriem no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra iegūtajiem datiem.
4. Datu matemātiski statistiskā apstrāde.
5. Iegūto rezultātu analīze un aprakstīšana.

Bakalaura darbā ir ievads, 4 nodaļas un secinājumi. Darba apjoms ir 59 lapas, tajā ievietoti 28 attēli un 10 tabulas.

1. TEORĒTISKĀ DAĻA

1.1. Hidroloģiskais režīms un to ietekmējošie faktori

Hidroloģija ir zinātnes nozare, kuras pētījumu objekts ir hidrosfēra (dabas ūdeņi). Hidroloģija pēta parādības un procesus, kas noris hidrosfērā un hidroloģisko lielumu mērīšanas, aprēķināšanas un prognozēšanas metodes. Hidroloģiju iedala atkarībā no pētāmajiem objektiem: okeanoloģijā, kā arī sauszemes hidroloģijā. Sauszemes hidroloģiju savukārt iedala: virszemes ūdeņu hidroloģijā, kā arī pazemes ūdeņu hidroloģijā. Virszemes ūdeņu hidroloģiju sīkāk iedala: upju hidroloģijā, limnoloģijā (ezeru hidroloģija), glacioloģijā (ledāju hidroloģija), purvu hidroloģijā, kā arī augšņu hidroloģijā (Zīverts, 2004).

Hidroloģiskais režīms – ūdens objektu stāvokli raksturojošo lielumu mainība laikā. Hidroloģiskā režīma raksturojumā ietilpst: ūdens līmeņu mainība laikā (līmeņu režīms); caurplūdumu mainība laikā (noteces režīms); ūdens temperatūru mainība (termiskais režīms); ledus parādības (ledus režīms) izšķīdušo vielu sastāva un koncentrācijas dinamika (hidroķīmiskais režīms), cietvielu noteces mainība (sanešu režīms) un gultnes izmaiņas (gultnes process) (Zīverts, 2004).

Ūdens režīms ir šaurāks jēdziens par hidroloģisko režīmu. Ezeru (ūdenskrātuvju) līmeņu un ūdens tilpumu mainību laikā sauc par ezeru (ūdenskrātuvju) ūdens režīmu (Zīverts, 2004).

Ezeru termisko režīmu – ūdens sasilšanu un atdzišanu – nosaka ezera siltuma bilance. Galvenais siltuma avots ir saules radiācija. Saule silda galvenokārt ūdens virsējo kārtu, turklāt, jo ūdens duļķaināks jo saules radiācijas iesniegšanās dziļums mazāks (Zīverts, 2004).

Ezera ūdens temperatūras izmaiņu ciklā var izdalīt 4 periodus: pavasara sasilšanu, vasaras sasilšanu, rudens atdzišanu un ziemas atdzišanu.

- Pavasara sasilšana sākas no brīža, kad iestājas dziļumā virzīta siltuma plūsma. Ezeriem, kas klāti ar ledus segu, šis moments iestājas vēl pirms ledus izkušanas. Pēc ledus izkušanas, kādu laiku visā ezera dziļumā ir vienāda temperatūra (homotermija).
- Vasaras sasilšana sākas ar momentu, kad ūdens temperatūru sadalījums no homotermijas pāriet tiešajā stratifikācijā, t.i. ūdens temperatūra visaugstākā ir virskārtā, bet ar dziļumu pakāpeniski pazeminās.
- Rudens atdzišana iesākas ar tad, kad iestājas negatīva siltuma plūsma. Rudens atdzišanas laikā ezera virsējos slāņos vērojama homotermija, bet dziļākajos – tiešā temperatūras stratifikācija.
- Ziemas atdzišana iesākas ar momentu, kad parādās pretējā temperatūras stratifikācija (temperatūra ūdens virskārtā nokrīt zem +4°C. Ziemas atdzišana parasti izbeidzas ar ledus segas izveidošanos (Zīverts, 2004).

Ezeri aizsalst tikai tad, kad visā dziļumā ūdens temperatūra pazeminājusies līdz +4°C, bet virskārtā līdz 0°C. Ezera dziļākajās vietās siltuma inerce ir lielāka. Tāpēc vispirms aizsalst sekli līči un piekrastes un tikai pēc tam ledus sega izplatās uz dziļākajām ezera vietām. Ledus sega ezeros ir pastāvīgāka kā Latvijas upēs: tā ātrāk parādās un ilgāk saglabājas (Zīverts, 2004).

Dabiskie faktori, kas ietekmē hidroloģisko režīmu:

Klimats - ilggadējs laikapstākļu režīms, kas veidojas Saules radiācijas, Zemes virsmas rakstura un ar to saistīto atmosfēras cirkulācijas procesu rezultātā (Kļaviņš u.c., 2008).

Latvijā ir veikta arī teritorijas iedalīšana rajonos ar vairāk vai mazāk vienveidīgiem klimatiskajiem apstākļiem, jeb klimatiskā rajonēšana. Klimatiskā rajonēšana veikta, balstoties uz hidrometrisko koeficientu (HTK), kas ir attiecība starp desmitkārtīgu nokrišņu summu periodā, kad gaisa vidējā diennakts temperatūra ir >10°C, un aktīvo temperatūru summa šajā periodā. Ņemts vērā arī aktīvo temperatūru un nokrišņu sadalījums, bezsala perioda ilgums un ziemas apstākļi, aktīvo temperatūru summa augsnes aramkārtā (Kalniņa, 1995). Aktīvā temperatūra - temperatūra, kas ir augstāka par bioloģisko minimumu. Mēreno joslu kultūrām tā ir 5°, siltummīlošām kultūrām 10° (Temņikova, 1975).

Latvijā pavisam nodalīti 4 klimatiskie rajoni:

1. Piejūras zemiene un Zemgales līdzenums. Klimats samērā sauss (1,5 – 1,6) un silts (aktīvo temperatūru summa 1900 – 2000°C), visgarākais bezsala periods (140 – 150 dienas), ziema maiga, dažkārt ar nestabilu sniega segu; vidējais sniega segas biezums ziemas beigās 15 – 20 cm, vidējā minimālā temperatūra -18 līdz – 24°C. Nodalīti piekrastes un Zemgales līdzenuma apakšrajoni.
2. Kurzemes augstiene. Klimats nedaudz kontinentālāks (HTK 1,6 – 1,7), aktīvo temperatūru summa 1800 – 1900°C, bezsala periods 135 – 140 dienas, vidējais sniega segas biezums 20 cm, vidējā minimālā temperatūra no -22 līdz -25°C. Nodalīti līdzenuma, augstienes un Ventas ielejas apakšrajoni.
3. Vidzemes Centrālā augstiene un rajons uz Z no tās – vismitrākais (HTK 1,6 – 2,4) un aukstākais (aktīvo temperatūru summa 1700 – 1800°C) rajons. Bezsala periods 125 – 130 dienas, visbargākā ziema, sniega segas biezums ziemas beigās sasniedz 0,5 m, vidējā minimālā temperatūra no -24 līdz -28 grādiem. Nodalīti Vidzemes augstienes un Z – Vidzemes apakšrajoni.
4. Lubāna zemiene un Latgales augstiene – viskontinentālākais un siltākais rajons (HTK 1,8 – 1,9) aktīvo temperatūru summa 1900 – 2100°C, bezsala periods 135 – 140 dienas, noturīga ziema ar 25 – 35 cm biezu sniega segu, vidējā minimālā temperatūra no -26 līdz -27°C. Rajona robežās mitrums pakāpe samazinās, bet

temperatūra paaugstinās virzienā no ZR uz DA. Nodalīti līdzenuma un Latgales augstienes apakšrajoni (Temņikova, 1975).

Klimatu raksturo meteoroloģiskie elementi – atmosfēras spiediens, vēja ātrums un virziens, gaisa temperatūra un mitrums, mākoņainums, nokrišņi un citi. Galvenais klimata veidotājfaktors ir siltumapmaiņa atmosfērā. To nosaka summārā Saules radiācija un ūdens riņķojums dabā. Šo procesu norisi ietekmē vietas ģeogrāfiskais stāvoklis (Ancāne, 2000).

Ģeogrāfiskais platums nosaka saņemtais Saules radiācijas daudzumu un līdz ar to arī zonalitātes un sezonālas parādības. Nozīmīgs faktors ir vietas attālums no okeāna vai jūras, sauszemes un okeānu izvietojums, no kā atkarīga klimata kontinentalitātes pakāpe (Ancāne, 2000).

Summārā Saules radiācija ir tiešā un izkliedētā Saules radiācija, kas sasniedz Zemes virsmu. Izkliedētā radiācija dominē no oktobra līdz februārim, no marta līdz jūlijam pārsvarā ir tiešā Saules radiācija (Ancāne, 2000).

E. Apsītes u.c. 2009. gadā veiktajā pētījumā par ilggadīgi vidējām gaisa temperatūrām ziemā Saldus meteoroloģisko novērojumu stacijā un Ventas upes caurplūdumu Kuldīgas HNS apskatītais novērojumu periods ir no 1951. gada līdz 2006. gadam. Šis novērojumu periods ticis sadalīts 2 atsevišķos laika posmos: 1) No 1951. gada līdz 1987. gadam. 2) No 1988. līdz 2006. gadam. Novērojumu periodā no 1951. gada līdz 1987. gadam klimatu izmaiņas nav ietekmējušas upju noteci, bet novērojumu periodā no 1988. gada līdz 2006. gadam ir vērojama būtiska klimata mainības ietekme. Kopš 1988. gada ir paaugstinājusies gan gaisa temperatūra, gan palielinājies upju caurplūdums (Apsīte u.c. 2009).

Ezeru ģenēze. Latvijas ezeru iedobes radušās sarežģītu, praktiski kombinētu ģeoloģisko procesu gaitā. Lielākā daļa ir glaciālie ezeri, kas veidojušies ledus laikmeta beigās. No glaciālajām ezerdobēm īpaši izteiktas ir ledāja kustības virzienā garenstieptās ezerdobes. Glaciālās ezerdobes radās ledāja eksarācijas (zemienēs), akumulācijas (augstienēs) un it īpaši glaciotektoniskās darbības rezultātā. To nosacīja ledāja gultnes reljefs. Eksarācijas iepakās veidojās sekli ezeri ar viļņotu dibenu (Burtņieks) (Zelčs, 1995).

Ezerdobju rašanās cēloņi ir dažādi un tas ir par iemeslu ezeru nevienmērīgam izvietojumam Latvijas teritorijā. Lielākais ezeru sakopojums ir augstienēs, kur starp morēnas pauguriem un grēdām ir daudz dažāda izmēra dobumu (Glazačeva, 2004).

Ezerdobi raksturo ar šādiem morfometriskajiem lielumiem: virsas laukumu, garumu, platumu, dziļumu, ūdens tilpumu, krasta līnijas garumu un robojumu (Zīverts, 2004).

Nosacītā ūdens apmaiņa % gadā. Ar šo lielumu skaitliski var izteikt ūdens sateces baseina ietekmi uz ezeru. Ūdens apmaiņas ātrums ir viens no galvenajiem faktoriem, no kuriem atkarīga vielu aprīte ezerā. Ir ezeri, kuros visa ūdens masa kopumā apmainās tikai

vairāku gadu laikā, bet ir arī tādi ezeri, kuros pat viena gada laikā ūdens atjaunojas vairāku desmitu reižu. Intensīvas ūdens apmaiņas gadījumā ir lielāka pietece un līdz ar to ezerā tiek sanests vairāk organisko un minerālvielu. Bet līdz ar to vairāk šo vielu tiek arī iznests no ezera. Dabā ūdens masu nomaiņu ietekmē gan pieteku un izteku savstarpējs izvietojums, gan ezera forma un dziļums. Ikvienā ezerā ir zona, kur ūdens apmaiņa notiek visaktīvāk, un ir rajoni, ar sastāvējušos ūdeni (Melluma, 1992).

Antropogēnie faktori, kas ietekmē hidroloģisko režīmu:

Aizaugšana. Gadījumos, kad ezeros tiek novadīti drenāžas ūdeņi, ražošanas vai saimnieciskie notekūdeņi, kuros iepriekš nav speciāli samazinātas slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrācijas, ezeru attīstībā noteicošā loma ir ievadāmo ūdeņu daudzumam un sastāvam. Drīz vien šādos ezeros jūtami pasliktinās ūdens kvalitāte, samazinās augu un dzīvnieku daudzveidība, ezerdobe strauji kļūst seklāka arī pastiprinās aizaugšanas un pārpurvošanās procesi (Melluma, 1992).

Cilvēka saimnieciskā darbība, piemēram, mežu izciršana, purvu nosusināšana, tīrumu apūdeņošana, hidroelektrisko staciju būve, pazemes ūdeņu izsūkšanās, rūpnīcas objektu un pilsētu celtniecība ir stipri ietekmējusi un turpina ietekmēt Zemes hidroloģisko režīmu (Kronītis, 1977).

Lielus traucējumus ūdens bilanci rada mežu izciršana. Mežs sekmē lēnu sniega kušanu un ūdens uzsūkšanos augsnē, turpretim izcirtumos un klajumos sniegš nokūst ātrāk un ūdens pa vēl sasalušo augsnes virsmu ātri aiztek projām, dažkārt radot plūdus (Kronītis, 1977).

Ar meža ūdensglabātāju lomu izskaidrojams, ka mežainos apgabalos ūdenslīmenis ir diezgan pastāvīgs, bet bezmeža rajoniem ir raksturīgi plūdi, sniegam kūstot. (Kronītis, 1977).

Ūdenslīmeņa regulēšana. Daži ezeri tiek izmantoti kā ūdenskrātuves mazajām spēkstacijām. Starp tiem ir Lielais Ludzas, Cirīšu, Rāznas ezeri, kuri nodrošina diennakts un sezonas noteces regulēšanu (Glazačeva, 2004).

Mākslīgi pazeminot ezera ūdenslīmeni, ar laiku katrs ezers kļūst seklāks, aizaug un šis process strauji paātrinās, piemēram, Engures, Piksteres, Burtnieku un daudzos citos ezeros (Glazačeva, 2004).

Drenāža. Skaidrs, ka lauksaimniecībā izmantojamo zemju nosusināšanas un mežu hidromeliorācijas rezultātā ir neizbēgama ūdenslīmeņa pazemināšanās dažos ezeros, vai arī to pilnīga izžušana, tomēr ir piemēri, kas liecina par nepārdomātu pieeju šiem pasākumiem (Kronītis, 1977).

Cilvēku ietekmes vēsture uz Latvijas ezeriem, tostarp pētījumā iekļautajiem ir dažāda.

- Latvijas ezeru pārveidošanas darbi to saimnieciskai izmantošanai sākās 17. gs. otrajā pusē un 18. gs. sākumā. Tā, lai uzlabotu tirdzniecības kravu pārvadāšanai, tika iztīrītas

un padziļinātas ūdensteces, kas piejūras ezerus: Kaņieris (1668.g.), Liepājas (1697.-1703.g.), Engures (1842.-1843.g.) savienoja ar jūru.

- 20. gs. 20. gados, kas visā Baltijā raksturojās ar lielu nokrišņu daudzumu, veicot hidromeliorācijas darbus, tika daļēji nolaisti 60-70 ezeru, bet daži pilnībā nosusināti. Starp daļēji nolaistiem ezeriem bija tādi lieli ezeri kā Burtnieku un lielākais Latvijas ezers - Lubāns.
- Vēlāk, daži ezeri tiek izmantoti kā ūdenskrātuves mazajām spēkstacijām. Starp tiem ir Lielais Ludzas, Cirīšu, Rāznes ezeri, kuri nodrošina diennakts un sezonas noteces regulēšanu. (Glazačeva, 2004).
- 60.-os gados Engures upē netālu no tās iztekas tika ierīkotas zušu zvejas ierīces, līdz ar to 70.-to gadu beigās Usmas ezerā uzkrājās par 8-10 milj. m³ ūdens vairāk nekā parasti, pieauga kopējais ūdens daudzums ezerā un cēlās ūdens līmenis (Glazačeva, 2004).

2. VIRSZEMES ŪDEŅU MONITORINGS

2.1 Ezeru monitoringa attīstība Latvijā

Pirmie hidrometriskie izpētes darbi gan upēs, gan ezeros saistīti ar cara valdības būvētajiem dzelzceļiem 19-tā gadsimta otrajā pusē. Nopietnāka ezeru izpēte Latvijā saistīta ar Rīgas ūdensapgādes interesēm (Glazačeva, 2004).

Latvijas pirmos pastāvēšanas gados atjaunoja pēckara posteņus un ierīkoja jaunus, vietās, kur pēc tādiem izrādījās nepieciešamība. Uz 1.XI.1929. g. Jūrniecības departamenta pārziņā pastāvējušais ūdenslīmeņa novērošanas posteņu tīkls aptvēra 67 posteņus, no tiem 59 upēs un kanālos, 2 ezeros un 6 jūras piekrastē (Stakle, 1931).

Hidrometriskos pētījumus Latvijas iekšzemes ūdeņos līdz 1941. g. Izdarīja:

- 1) Mūsu lielākās upēs un ezeros bij. finansu ministrijas *jūrniecības departaments, vēlāk pārvalde*;
- 2) Meliorācijas nolūkos regulējamās upēs un ezeros bij. *zemkopības ministrijas zemes ierīcības departaments, vēlāk pārvalde*;

Bij. satiksmes ministrijas *dzelzceļu virsvalde* un *šoseju un zemesceļu departaments* sporadiski pie dažiem tiltiem plūdu laikā (Stakle, 1941).

1939. g. 1.XI jūrniecības departamenta, vēlāk pārvaldes pārziņā atradās 107 ūdens līmeņa novērošanas posteņi, iekšzemes ūdeņos, no tiem 101 upēs un kanālos un 6 ezeros.

- Salīdzinot ar agrāko posteņu sarakstu uz 1929.g. 1. XI, redzam, ka posteņu tīkls pagājušos 10 gados papildināts ar 44 jauniem posteņiem.
- Lielākā daļa jauno posteņu ierīkota pēc 1931.g. pavasara katastrofālajiem plūdiem.

No sarakstā minētiem posteņiem 57 ir vertikālu latu posteņi, 42 pāļu, 4 latas un pāļu posteņi un 4 limnogrāfi (Stakle, 1941).

Pirmie hidrometriskie izpētes darbi gan upēs, gan ezeros saistīti ar cara valdības būvētajiem dzelzceļiem 19-tā gadsimta otrajā pusē. Nopietnākā ezeru izpēte Latvijā saistīta ar Rīgas ūdensapgādes interesēm, kuras realizēja Rīgas Politehnikuma mācību spēki, tā beidzēji vai Rīgas Dabas pētnieku biedrība. 1882. gadā Rīgas jūras līča piekrastes ezeros pētījis Leipcigas hidrologs Tims.

Ezeru hidroķīmiskā un jo sevišķi hidrobioloģiskā izpēte laikā līdz 1940. gadam bija epizodiska, to veica LU g.k. tikai Pierīgas ezeros, tādēļ tā laika dati par visu Latvijas teritoriju ir nepilnīgi.

Novērtējot ezeru hidrometrijas stāvokli Latvijā laikā līdz 1940. gadam, jāatzīst, ka salīdzinoši maz vērības ticis veltīts ezeru regulārai izpētei. Tā līdz 1940. gadam Latvijā darbojās ezeru līmeņu un ledus apstākļu novērošanas posteņi uzskaitītajos ezeros:

Ķīšezers – Rīgā no 1929.g., vēl darbojas;

Reiņi – Liepājas ezerā no 1932.g., vēl darbojas;

Pape – Papes ezerā no 1925.g., slēgts 1980.g.

Usmas – Usmas ezerā no 1926.g., vēl darbojas;

Liepāja – Liepājas ezerā no 1931.g., slēgts 1944.g.

Vācu okupācijas laikā iesākās ezeru līmeņu novērojumi Kaņiera, Raznas u.c. ezeros. Arī krievu armijas hidrologi pievērsa lielu nozīmi ezeru līmeņu pētījumiem un jau 1945. – 1946. g. Ierīkoja novērojumu posteņus Alūksnes, Burtnieka u.c. ezeros (Glazačeva, 2004).

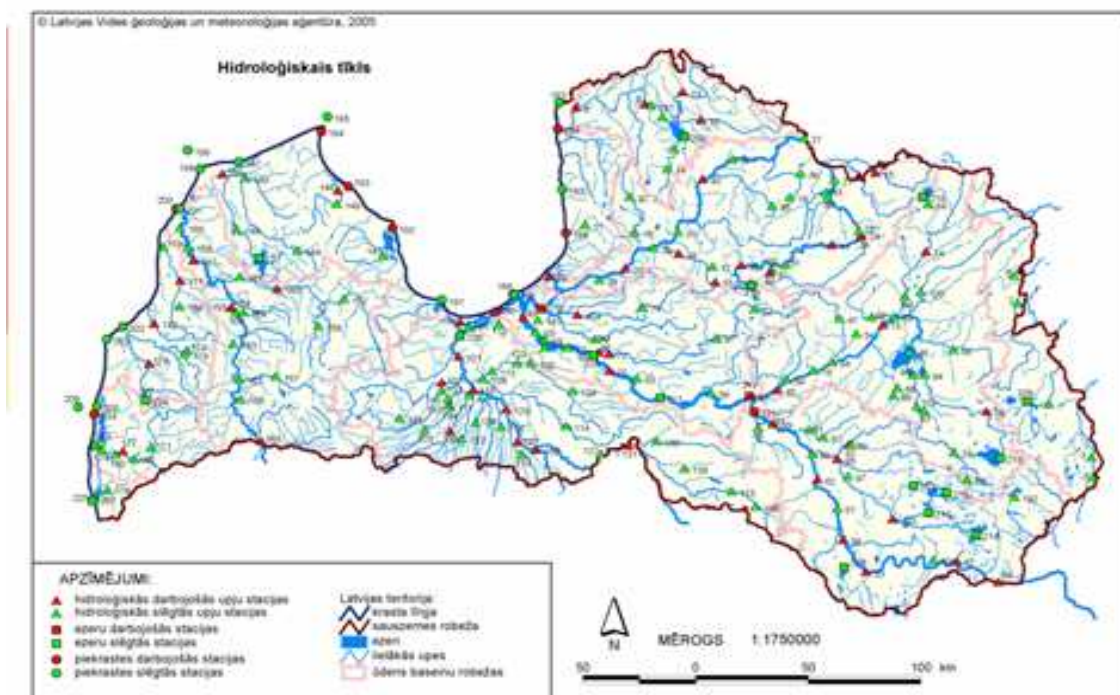
Kopumā 2. pasaules kara laikā un pēckara gados veiktie hidroloģijas izpētes darbi attiecībā uz ezeriem aptvēra datus par gruntīm, ledus apstākļiem, ezeru līmeņiem, sniega segas biezumu un nokrišņiem sateces baseinā u.c. Piecdesmito gadu vidū tika izveidotas vairākas pētnieciskās ekspedīcijas, kā rezultātā Latvijas teritoriju pārklāja visbiezākais hidrometrisko posteņu tīkls visā teritorijas izpētes vēsturē, taču vēlāk LPSR valsts Hidrometeoroloģijas pārvaldei interese par tik daudzu posteņu uzturēšanu izzuda (Glazačeva, 2004).

1991. gadā tika izveidota Latvijas Hidrometeoroloģijas Pārvalde (LHMP), kura nodarbojās ar hidrometriju un ūdens kvalitāti, tomēr monitoringa programmas un to izvērtējums bija Vides aizsardzības komitejas Monitoringa un konsultāciju centra kompetencē. Ar ezeru monitoringu nodarbojās arī ZA Bioloģijas institūts. Divdesmit pirmā gadsimta sākumā Latvijas Hidrometeoroloģijas Aģentūra veic 6 ezeros un 4 ūdenskrātuvēs, bet Zemkopības ministrija veic hidrometriskos novērojumus 7 posteņos. Kopumā vēsturiski Latvijas teritorijā pastāvīgā režīmā darbojušies ap 50 ezeru un ūdenskrātuvju posteņi, no kuriem 43 ezeru un ūdenskrātuvju 56 posteņu sistemātiskie novērojumi ir pietiekami to tālākai izmantošanai (Glazačeva, 2004).

Ūdens kvalitātes monitoringu Latvijas ezeros LHMP līdz šim veikusi nesistemātiski kā hidroķīmiskos un hidrobioloģiskos pētījumus. LHMP programmā tikuši ietverti epizodiski pētījumi Burtnieku ezerā, Juglas ezerā, Ķīšezerā, Liepājas, Rāznas un Usmas ezeros (Glazačeva, 2004).

Monitoringu no 2002 - 2004: koordinēja – Latvijas Vides aģentūra (LVA), realizēja Latvijas Hidrometeoroloģijas aģentūra (LHMA) un LVA. 2005 - 2009: koordinēja un realizēja Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra (LVĢMA). Kopš 2009.g. 1.augusta: koordinē un realizē Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs (LVĢMC).

Latvijā pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados dēļ finansiālās situācijas daudzas hidroloģiskās novērošanas stacijas tika slēgtas. 2.1.attēlā var redzēt Latvijas hidroloģiskā monitoringa situāciju uz 2005.gadu, kad principā ar šo gadu vairs netika veikti hidroloģiskie novērojumi Latvijas ezeros, izņemot tikai vienu – Ķīšezera (Lekciju materiāli).



2.1.att. 2005.gada Latvijas hidroloģiskā monitoringa situācija.

Latvijai vienīgajai no Baltijas valstīm ir veikta HNS modernizācija, 52 – automatizēti novērojumi (izņemot upes HNS Gauja - Sigulda) ar vācu firmas OTT Hydrometrie automatiskajiem sensoriem un mobilajiem sakaru līdzekļiem (Lekciju materiāli).

Attēlos 2.2., 2.3., un 2.4., redzamas attiecīgi – Burtnieku ezera HNS „Burtnieki”, Rāznes ezera HNS „Kaunata” un Usmas ezera HNS „Usma” un atrašanās vietas.



2.2.att. Burtnieku ezera HNS „Burtnieki” atrašanās vieta (Papildinājis autors izmantojot ortofoto, LĢIA)



2.3.att. Rāznas ezera HNS „Kaunata” atrašanās vieta (Papildinājis autors izmantojot ortofoto, LĢIA)



2.4.att. Usmas ezera HNS „Usma” atrašanās vieta (Papildinājis autors izmantojot ortofoto, LĢIA)

2.2. Ūdeņu monitoringa programma 2009. – 2014. gadam

Virszemes ūdeņu monitoringa programmas ietvaros LVĢMC iegūst datus par virszemes ŪO kvalitāti un hidroloģisko režīmu, kā arī par Latvijas lielāko upju, ezeru un atsevišķu dzeramā ūdens ņemšanas vietu radioaktivitāti.

Monitoringa veidi:

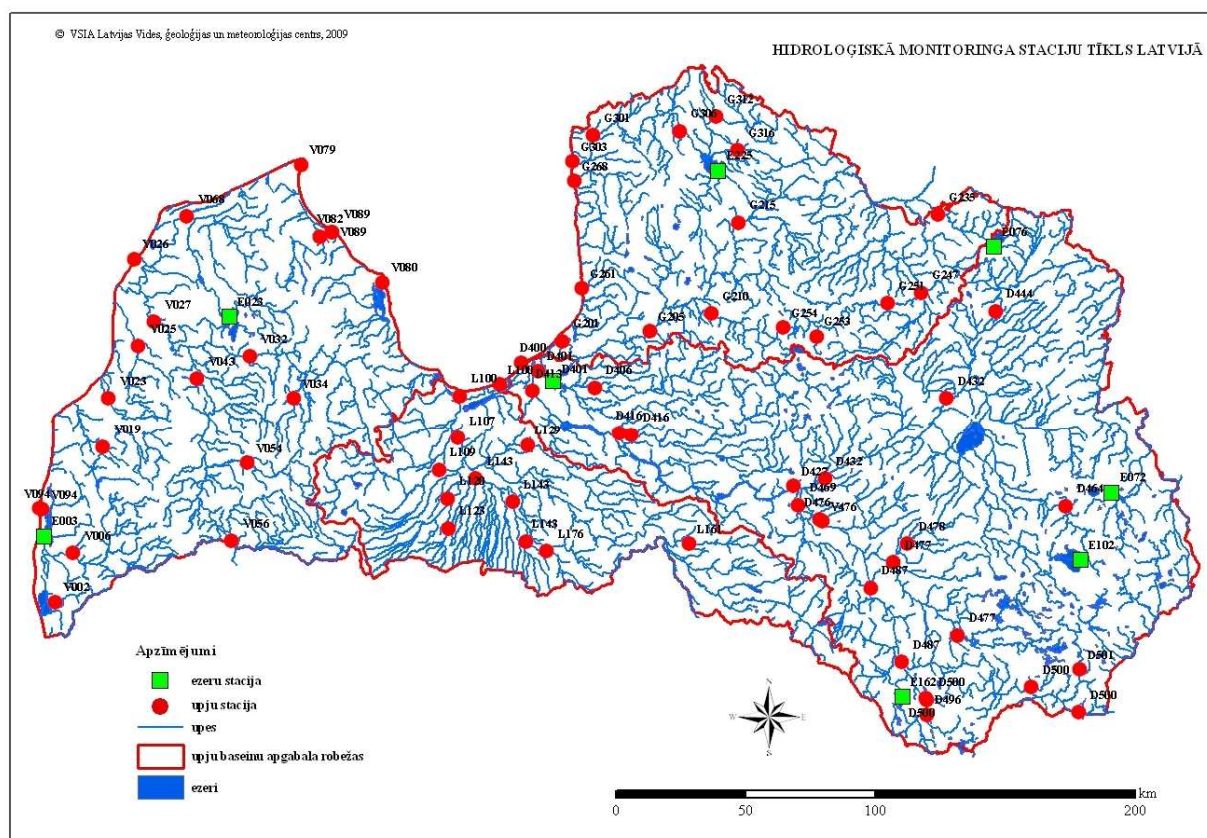
- Uzraudzības monitorings - tiks veikts virszemes ŪO, lai pēc iespējas saglabātu datu nepārtrauktību. Atbilstīgi nozīmīgumam novērojumus veiks pārsvarā iepriekšējo monitoringa programmu ŪO monitoringa stacijās. Uzraudzības monitorings tiek plānots 28 upju monitoringa stacijās un 25 ezeru monitoringa stacijās.
- Operatīvais monitorings - tiek plānots 178 upju monitoringa stacijās un 204 ezeru monitoringa stacijās. Operatīvā monitoringa programma atsevišķos riska ŪO tiks īstenota uzraudzības monitoringa starplaikos.

Monitoringa staciju tīkls UBA pārklāj visu Latvijas teritoriju. Sešu gadu monitoringa programmas laikā plānots veikt monitoringu 213 upju monitoringa stacijās un 25 monitoringa stacijās stipri pārveidotos upju posmos, 173 monitoringa stacijās ezeros un 9 stipri pārveidotos ezeru objektos, kopā 471 monitoringa stacijās.

Ezeru monitoringa stacijas (Vides monitoringa programma, 2010)

Ezeru monitoringa staciju skaits					
Monitoringa veids	Ventas UBA	Lielupes UBA	Daugavas UBA	Gaujas UBA	Kopā
Uzraudzības monitorings	4	2	13	6	25
Operatīvais monitorings	26	6	146	26	204
Pētniecības monitorings + Pint*	1**	3	18 (t.sk. 2 Pint)	7 (t.sk. 5 Pint)	29 (t.sk. 7 Pint)
Kopā	31 (t.sk.3 SP)	11 (t.sk. 1 SP)	177 (t.sk. 7 SP)	39	258

Piezīmes: 1) Pint – pētniecības monitorings interkalibrācijas uzdevuma veikšanai; 2) * - var tikt plānots arī papildus; 3) ** - papildus pētnieciskā monitoringa stacija, kura sakrīt un kuru pieskaita pie operatīvās monitoringa stacijas, bet tā netiek iekļauta pētnieciskā monitoringa skaitā; 4) SP – stipri pārveidoti ezeri.



2.5.attēls. Hidroloģiskā monitoringa staciju tīkls Latvijā (Vides monitoringa programma, 2010)

3. MATERIĀLI/DATI UN METODES

3.1. Ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma datu bāze

Bakalaura darba izstrādē viens no galvenajiem uzdevumiem ir ezeru ūdenslīmeņu, ūdens temperatūru un ledus režīma datu rindu apkopošana, izveidojot datu bāzes, par minētajiem lielumiem:

- Usmas ezeram (HNS „Usma”) ūdenslīmeņa datu bāze novērojumu periodam no 1926. gada līdz 2002. gadam, ūdens temperatūras datu bāze novērojumu periodam no 1946. gada līdz 2002. gadam, ledus režīma datu bāze no 1926. gada līdz 2002. gadam;
- Rāznas ezeram (HNS „Kaunata”) ūdenslīmeņa datu bāze novērojumu periodam no 1948. gada līdz 2002. gadam, ūdens temperatūras datu bāze novērojumu periodam no 1948. gada līdz 2002. gadam, ledus režīma datu bāze no 1948. gada līdz 2002. gadam;
- Burtnieku ezeram (HNS „Burtnieki”) ūdenslīmeņa datu bāze novērojumu periodam no 1946. gada līdz 2002. gadam, ūdens temperatūras datu bāze novērojumu periodam no 1946. gada līdz 2002. gadam, ledus režīma datu bāze no 1946. gada līdz 2002. gadam.

Datu bāze veidota, izmantojot Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra datu fonda materiālus.

HNS „Usma” posteņa nulles atzīme atrodas 20,38 m vjl., HNS „Kaunata” nulles atzīme atrodas 160,57 m vjl., savukārt HNS „Burtnieki” nulles atzīme atrodas 37,84 m vjl., bet līdz 1955. gada 1. oktobrim bija 37,74 m vjl.

3.2. Izmantotās metodes

Matemātiskās statistikas metodes tika izmantotas gan statistisko pamatrādītāju aprēķināšanai, (gada vidējais ūdenslīmenis, gada vidējā ūdens temperatūra, u.c.), gan arī Manna – Kendala testa pielietošanai.

Gada vidējie rādītāji aprēķināti ezera ūdenslīmenim (Usmas ezeram – periodam 1926. – 2002. gads, Rāznas ezeram 1948. – 2002. gads, Burtnieku ezeram 1946. – 2002. gads) un ūdens temperatūrai (Usmas ezeram – periodam 1946. – 2002. gads, Rāznas ezeram 1948. – 2002. gads, Burtnieku ezeram 1946. – 2002. gads) tika izmantota matemātiskās statistikas metode. Lai aprēķinātu ilggadīgi vidējo ūdenslīmeni tika izmantoti gadu vidējie ūdenslīmeņa dati, bet ilggadīgi vidējās ūdens temperatūras aprēķināšanai tika izmantoti gadu vidējo ūdens temperatūru dati. Microsoft Office Excel programmā vispirms tika sasummēti katra mēneša vidējo ūdenslīmeņu dati, iegūstot gada ūdenslīmeņa summu. Tādā pat veidā tika iegūta gada

ūdens temperatūru summa. Sasummējot mēnešu vidējos rezultātus, tika iegūta ūdenslīmeņa gada summa novērojumu posteņos. Lai iegūtu gada vidējo ūdenslīmeņa un ūdens temperatūru rezultātu, katram novērojumu postenim tika sasummētas mēneša vidējās vērtības un to summa tika izdalīta ar mēnešu skaitu. Ūdenslīmenim novērojumos iekļauti mēnešu skaits no janvāra – decembrim, ūdens temperatūrai no marta – decembrim, vai aprīļa – decembrim.

Neparametriskais Manna – Kendala tests izmantots, lai noteiktu ūdenslīmeņa un ūdens temperatūras ilgtermiņa izmaiņas jeb trendu Rāznas, Burtnieku un Usmas ezeriem. Tests tika izmantots ūdenslīmeņa pētījuma periodam no 1926. gada – 2002. gadam Usmas ezerā, no 1948. – 2002. gadam Rāznas ezerā, no 1946. gada – 2002. gadam Burtnieku ezerā. Tāpat tests bija izmantots ūdens temperatūras ilgtermiņa izmaiņu noteikšanai pētījumu periodos no 1946. gada – 2002. gadam Usmas ezerā, no 1948. – 2002. gadam Rāznas ezerā, no 1946. gada – 2002. gadam Burtnieku ezerā. Tests tika veikts pie trenda būtiskuma līmeņa $p \leq 0,05$ (t.i., trends ir izskaidrojams par 95%) pie testa vērtībām 1,96 un -1,96 (Loftis et al. 1991, Lettenmaier 1988). Manna-Kendala testa ilgtermiņa datu analīzei bija izmantota MULTIMK (*Multivariate Mann-Kendall tests*) programma (Hirsch, R.,M., Slack, J.,R., 1984), kas ļauj izvērtēt ezera ūdenslīmeņa un ūdens temperatūras izmaiņu tendences apskatītajā laika periodā. Manna – Kendala tests ļauj noteikt, vai rādītāja (ūdenslīmenis un ūdens temperatūra) mainības rakstus ir pieaugošs (pozitīva testa vērtība) vai samazinoša (testa vērtība negatīva), tādējādi ļaujot izvērtēt ūdenslīmeņa un ūdens temperatūras izmaiņas ezeros par interesējošiem laika periodiem.

Tāpat tika veikti hidroloģiskie aprēķini izmantojot empīriskas formulas, lai noteiktu ūdenslīmeņa viendabīgumu Usmas ezerā. Pēc ūdenslīmeņa mērīšanas posteņu augstumu atzīmes sasaistes ar ūdenslīmeņiem visā novērojumu periodā, pamatojoties uz hidroloģiskā režīma formēšanas ģenētisko analīzi, tika novērtēts ūdenslīmeņa novērojumu rindas viendabīgums, kā arī atrasts iemesls, kas nosaka neviendabīgumu.

Ja hidroloģisko novērojumu rinda ir viendabīga (vienmērīga), var atrast aprēķināmos hidroloģiskos raksturojumus. Pie tam kā kritēriju pieņem ikgadējo iespējamo varbūtību lielumu no rindas, kas noteikta konkrētos gadījumos (ūdens objektiem pielietojamu) ar normatīvajiem dokumentiem.

Empīriskā ikgadējā varbūtība P_m hidroloģiskajiem raksturojumiem (ūdenslīmenis, upju notece, ūdens temperatūra u.c.) tiek aprēķināta pēc šādas formulas:

$$P_m = m/(n+1) * 100,$$

kur m – izmērītā hidroloģiskā raksturojuma rindas locekļu, kas izkārtoti dilstošā kārtībā sakārtotā rindā numurs, n – kopējais rindas locekļu skaidrs (Glazačeva, 2004).

Novērojumu rindas viendabīguma izjaukšanas iemesls visbiežāk ir saimnieciska darbība. Piemēram, Usmas ezera ūdenslīmeņa novērojumu virkne dalās periodā līdz un pēc zušu ķeramā aizsprosta izbūves uz Engures upes, kas iztek no Usmas ezera un izsauc ūdenslīmeņa izmaiņas ezerā (Glazačeva, 2004).

Intervijas metode darbā tika izmantota, lai pilnīgāk noskaidrotu interesējošos jautājumus.

4. PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN DISKUSIJA

4.1. Pētāmo ezeru raksturojums

Ezeri – ļoti raksturīgs Latvijas ainavas elements un tās ekoloģisko ķēžu neatņemama sastāvdaļa. Ūdenstilpju skaits ir ievērojams – 3990 (platība > 1 ha), tai skaitā 2084 dabiskas izcelsmes ezeri. Tie aizņem 1000 km² lielu platību, kas ir 1,5 % no republikas teritorijas. Ar platību lielāku par 10 ha ir 843, bet lielāku par 100 ha – tikai 141 ezers (Glazačeva, 2004).

Latvijā skaita ziņā dominē nelieli ezeri ar platību zem 100 ha. Dabīgie ezeri izvietoti nevienmērīgi, lielākais ezeru skaits ir Latgales un Vidzemes Centrālajā augstienēs. Kopumā Latgalē atrodas 43%, bet Vidzemē 36% no Latvijas ezeriem (Glazačeva, 2004).

4.1. tabula

Pētāmo ezeru morfometriskie rādītāji (Glazačeva, 2004, 8. lpp)

Ezera nosaukums	Sateces baseina laukums, km ²	Platība, ha	Kopējais tilpums mlj. m ³	Maksimālais dziļums, m	Vidējais dziļums, m
Rāznas	225	5760	405	17,0	7,1
Burtnieku	2220	4006	91,1	3,3	2,4
Usmas	396	3469	210	27	5,4

Usmas ezers atrodas Latvijas rietumu daļā – Kursas zemienu Ugāles līdzenumā. Pēc administratīvā iedalījuma tas atrodas Ventpils novadā, Usmas pagastā. (Fiziogēogrāfiskā karte, 1997). Plašo Usmas ezeru var uzskatīt par Baltijas ledusezera paliekām (Leinerte, 1988).

Tā platība - ~38 km² (kopā ar salām 42 km²), ezera garums ir 13,5 km, lielākais platums – 6,2 km. Usmas ezera ūdens masas tilpums pie vidēja ūdenstilpes aizpildījuma līmeņa ir 210 milj. m³ (ezera vidējais dziļums – 5,4 m, lielākais – 27 m). Hidrogrāfisko tīklu ezera sateces baseinā veido desmit nelielas upītes. Gada laikā tā iepludina ≈ 100 milj. m³ ūdens, t.i., ūdens apmaiņa notiek vidēji vienu reizi divos gados (Glazačeva, 2004). Ezerā ietek - Tirukšupe, Godele, Melncelma, Meķupe, Sērža, Ostupe, Baņģava, Struncene, Riekste, Kāņupe (no Mordangas ezeriem), daudz grāvju un strautu. ZR iztek Engure (Eipurs, 1998). Ezera tilpums 205. milj. m³. gada vidējā pietece 100 milj. m³ (ezera ūdeņi var apmainīties reizi 2 gados), baseina platība – 429 km². Ūdenslīmenis svārstās 20,5 - 21,75 m vjl. Ledus segas vidējais ilgums 113 dienas, (vidēji 17 XII - 9IV) maksimālais 168 dienas, minimālais 85 dienas. Ūdens to vasaras vidū apmēram 20°C, bet atsevišķos gados sasniedz 26°C (Pastors, 1970). Usmas ezera sateces baseina mežainums ir 75% (Usmas ezers, bez dat.).

Usmas ezers pieskaitāms pie relikto ezeru grupas, jeb ezeriem, kas atšķiras ar daudzām salām (Glazačeva, 2004). Pēc kopskaita ezerā ir 7 salas, kuru kopējā platība 428 ha. Lielākās no salām ir Viskūžu sala, kuras platība 309 ha. Moricsala ar ir otra lielāka Usmas ezera sala ar platību 83 ha. Vēl tā ir īpaša ar to, ka aptuveni 90% no salas platības klāj mežs, un tā ir senākā Latvijā aizsargājamā dabas teritorija (Moricsalas dabas rezervāts dibināts 1912. gadā). Trešā lielākā sala ir Lielalksnīte, kuras platība ir 33 ha, arī šī sala ir iekļauta Moricsalas dabas rezervāta teritorijā. Pārējās salas ir Mazalksnīte, Zossaliņa un Dvīnītes (2 salas). (Usmas ezers, bez dat.).

Sistemātiska ezera ūdenslīmeņa novērošana tika uzsākta 1926. gada septembrī Usmas ciema hidroloģiskajā postenī, kuru izveidoja Latvijas Jūras departaments. Postenis atrodas 4 km uz ziemeļaustrumiem no Engures upes iztekas. Tā atrašanās vieta, kā arī mērīšanas augstums veikto mērījumu periodā ir palikuši nemainīgi. Usmas ezers pieder relikto ezeru grupai. Šajā grupā ietilpst ezeri, kas no citiem atšķiras ar daudzajām salām. (Glazačeva, 2004).

Burtnieku ezers un tā baseins atrodas Latvijas Republikas ziemeļos, Tālavas zemienē, Burtnieka līdzenumā. (Fizioģeogrāfiskā karte, 1997). Burtnieku ezera koordinātas ir 57°44'30''N/25°14'50''E (LIIS, bez dat.).

Pēc administratīvā iedalījuma Burtnieku ezers atrodas Burtnieku novada Burtnieku, Matīšu un Vecsātes pagastos (Fizioģeogrāfiskā karte, 1997).

Burtnieku līdzenumā pamatiežu virsmu pārsvarā veido vidusdevona Burtnieku svītas smilšakmeņi un aleirolīti (atsedzas Salacas, tās pieteku un Burtnieka krastos) un augšdevona Gaujas svītas smilšakmeņi. Pamatiežus klāj 10 – 20 m biezi kvartāra, galvenokārt ledāja nogulumi (smilts – grants materiāls ar oļu piejaukumu, smilšakmeņi, morēnsmilšmāls, morēnmālsmilts, smiltis, aleirīti, māli), kuros vietām, it īpaši uz dienvidiem no Burtnieka un Sedas upes, sastopami ledāja radīti pamatiežu atrauteņi (Zelčs, 1994).

Burtnieku ezera apkārtnē ir īpaša ar to, ka tajā ir īpašas ledāja veidotās formas – drumlini. Tie ir regulāras eliptiskas formas, garumā izstiepti pauguri, parasti līdz 1 km gari un 10 – 15 m augsti. Atsevišķos gadījumos tie sasniedz līdz 4 km garumā un līdz 35 m augstumā. Drumlini sastopami grupās, kuras citu no citas atdala pārpuvotas ieplakas. Tie orientēti paralēli ledāja kustības virzienam. Drumlini sastāv no akmeņaina smilšmāla, ko nereti sedz ledāja kušanas ūdeņu mālsmilts kārtā, bet to kodolu reizēm veido pamatieži. It morēnas nogulumi, ko nelielā kārtā pārklāj ledāja kušanas ūdeņu smiltis, veido regulāras formas, garenus, eliptiskas formas, 1,5 – 2 km garus un līdz 0,75 km platus paugurus, kuru relatīvais augstums 15 – 35 m. Pārpuvotās ieplakas starp tiem ir līdz 3 km platas. Pauguru gareniskās asis orientētas ziemeļrietumu – dienvidaustrumu un ziemeļrietumu – dienvidu –

dienvidastrumu virzienā (Jaunputniņš, 1975). Senāk Burtnieku ezera vietā bijis 4 – 5 reizes lielāks ledāja kušanas ūdeņu baseins, kas aizņēmis galvenokārt tagadējo Rūjas un Sedas baseinu purvaino, mežaino lejasdaļu (Tidriķis, 1994).

Burtnieku drumlinu lauks aizņem Ziemeļvidzemes zemiens lielāko daļu. Ziemeļu robeža Igaunijas dienvidos - Tihemetsas tuvumā, dienvidu robeža uz D no Valmieras. Rietumos robežojas ar Augstrozes paugurvalni, austrumos – ar Sakalas augstieni. Garums 82,5 km, platums no 15 km Rūjienas apkaimē līdz 45 km ziemeļos no Valmieras. Platums 2300 km² (aptver > 1430 drumlinu vaļņu). Burtnieku drumlinu lauks aizņem Ziemeļvidzemes pamatiežu virsas pazeminājumu, ko veido vidusdevona smilšakmeņi. Zemākajās vietās drumlinu reljefs mazāk izteikts un pārveidots Burtnieku un Smiltenes limnoglaciālo baseinu ietekmē. Drumlinu kodolu veido sakrokota viduspleistocēna morēna, smilšakmens vai grants un smilts, kam zvīņveidīgi uzbīdīti dažādi ledāja noguluma slāņi. Lauka centrālajā daļā atrodas Burtnieku ezers. Uz dienvidiem no tā ir eliptiski un iegareni klaipveidīgi drumlini, to augstums 72 – 80 m vjl. Tur atrodas viens no lielākajiem un augstākajiem Latvijas drumliniem – Ķoņu kalns (Zelčs, 1994).

Pēc ezerdobes ģenēzes Burtnieku ezers pieskaitāms pie glaciālajiem ezeriem. Tie ir ezeri, kuru ezeru iedobes radušās tieša ledāja darbības rezultātā. Uzvirzoties ledājam, ledus plūsma iegrauzās savā gultnē, izveidojot ezerdobi. Pēc tam to aizpildīja ledāja kušanas ūdeņi (Nikodemus, bez dat.). Burtnieka ezerdobe radusies ledājam izvagojot pamatiežus (Glazačeva, 2004).

Pēc klimatiskās rajonēšanas, jeb teritorijas iedalīšanas ar vairāk vai mazāk vienveidīgiem klimatiskajiem apstākļiem, Burtnieku ezers atrodas rajonā, kas aptver Vidzemes centrālo augstieni un rajonus uz ziemeļiem no tās, Ziemeļvidzemes apakšrajonā. Šis ir vismitrākais un aukstākais rajons. Bezsala periods 125 – 130 dienas (Kalniņa, 1995). Ilggadīgi vidējais nokrišņu slānis Burtnieku ezera apkārtnē ir ap 700 mm gadā (Zīverts, 2004). Gada vidējā temperatūra 5,0 – 5,2°C, februāra vidējā temperatūra -6,5°C, jūlija - 17°C. Aktīvo temperatūru summa ir ~1800°C. Nokrišņu daudzums no 700 mm gadā Burtnieku līdzenuma Z līdz 650 mm līdzenuma D. Pastāvīga sniega sega parasti izveidojas decembra vidū, bet nokūst marta beigās, tās biezums vidēji 24 cm (Zelčs, 1994).

Pēc 1932. gada datiem ezera platība bijusi 3549 ha, pēc 1951. gada datiem jau 3836 ha, savukārt 1992. gadā tā norādīta 4006 ha (LIIS, bez dat.). Burtnieku ezera baseina sateces laukums ir 2220 km², kopējais tilpums 91,1 mlj. m³. Maksimālais dziļums 3,3, bet vidējais dziļums 2,4 m. (Glazačeva, 2004). Ezera garums sasniedz 13,3 km, lielākais platums – 5,5 km. Dibens ir līdzens, piekrastēs smilšains, dziļāk dūņains. Burtnieku ezers ir caurteces noteku ezers. Notece Rīgas līcī notiek pa Salacas upi, kuras platums iztekā ir 25-30 m. 1929.-

1930. gadā Salacas upes gultne tika padziļināta 7 km garā posmā no tās izteces. Sakarā ar to ezera līmenis ir pazeminājies par 1 m (Glazačeva, 1975). Ezera sateces baseinu veido ezerā ietekošo 10 upju sazarotais tīkls. Lielākie baseini ir Rūjai, Sedai, Staizupei, Eikinupei, un Briedei (Leinerte, 1988). Burtnieku ezera hidrogrāfisko tīklu veido ietekošās upes – Rūja, Seda, Dūre, Aunupīte, Ēķinupe, Briede, Bauņupīte, kā arī citas ūdensteces (Burtnieku ezers, bez dat.). 2290 km² lielais Burtnieku ezera baseins ir bagāts nokrišņiem, tajā ir daudz mežu, purvu un pļavu, tāpēc pietece ievērojama (ūdens ezerā var atjaunoties 7 reizes gadā). Ezera līmeņa svārstību amplitūda sasniedz 3,8 m (Pastors, 1967). No Burtnieka sateces baseina 4 % teritorijas aizņem purvi, 50 % aizņem meži, bet 3 % aizņem ezeri. Ezera kopējais aizaugums ir līdz 40%, bet virsūdens aizaugums 25 % (Burtnieku ezers, bez dat.). Burtnieku ezera līmenis ir 39,5 m vjl. (Burtnieku ezers, bez dat.), bet pirms Salacas iztekas regulēšanas darbiem ūdenslīmenis pie Rūjas un Sedas ietekām un austrumu krastu pusē bijis 40,68 m, bet ziemeļos pie Salacas iztekas 40,65 m (Cukurs, 1930). Burtnieku ezera baseins ir bagāts nokrišņiem, tajā ir daudz mežu, purvu un pļavu. Ezera līmeņa svārstību amplitūda sasniedz 3,8 m (Pastors, 1967).

Ezera hidroloģiskā režīma novērojumi sākās laikā, kad ap 7 km garajā Salacas iztekas posmā no 1924. gada līdz 1929. gadam tika veikti upes gultnes regulēšanas darbi: gultnes iztaisnošana, upes padziļināšana, ieskaitot upes noteces sliekšņa pazemināšanu no 1928. līdz 1929. gadam. Ūdenslīmeņa novērojumi tika veikti divos postežos: Vecatē uz Salacas upes no 1920. līdz 1953. gadam un Burtniekos – ezera dienvidaustrumu krastā sākot ar 1946. gadu līdz pat mūsu dienām (Glazačeva, 2004).

Rāznas ezers atrodas Latvijas DA daļā, Kaunatas, Makoņkalna, Čornajas un Lūznavas pagastu teritorijās (Fizioģeogrāfiskā karte, 1997).

Ezers atrodas Latgales augstienes augstākajā daļā, Rāznavas paugurainē, uz Z no Mākoņkalna 163,4 m vjl. Platība - 57,56 km², kopā ar salām 57,81 km² (2. lielākais ezers Latvijā), baseina platība - 221 km² (Daugavas lielbaseinā), Apaļa ezerdobe. Dībens viļņots, smilšains, vietām akmeņi. R daļā dūņas. Samērā dziļais Rāznas ezers pēc ūdens tilpuma ir pats lielākais no Latvijas ezeriem (405 milj. m³, jeb 1/5 Latvijas ezeru tilpuma). Ietek > 20 strautu un grāvju; notece A pa Rēzeknes upi cauri Kaunatas ezeram, bet, ja ūdens līmenis augsts, - arī caur Zosnas ez. R pa Kazupi uz Maltu. Ezers bez aizauguma, tikai gar krastu augsti niedrāji (Lūmane, 1997). Ezera vidējais dziļums ir 7 m, bet maksimālais dziļums sasniedz 17 m. Raznas ezera krasta līnijas garums sasniedz 43,5 km. Ezera garums ir 12,1 km, bet platums 7 km. Rāznas ezers ir caurteces, gada vidējā notece ir 240 mm. Notece ir pa Rēzeknes upi, uz Kaunatas ezeru, kā arī ja ūdenslīmenis ir pārāk augsts – caur Zosnas ezeru.

No sateces baseina 5% aizņem purvi, 20% meži, bet 30% Rāznes ezera baseina teritorijas aizņem ezeri. Ezera aizaugums ir 4% (Rāznes ezers, bez dat.).

Pēc ezerdobes Rāznes ezers pieskaitāms pie dibensmorēniem ezeriem. Ezeriem, kas saglabājušies visaugstākajās ūdensšķirtnēs ar viļņoto reljefu (Glazačeva, 2004).

Ezeram ir noteka uz Kaunatas ezeru, no kura iztek Rēzeknes upe. Notekā ierīkotas slūžas, kas atkarībā no Spruktu HES darbības regulē Rāznes ezera līmeni (Pastors, 1970).

Pētījumā iekļautie ezeri pieder dažādiem upju baseiniem. Piemēram, Rāznes ezers pieder Daugavas UBA, Usmas ezers pieder Ventas UBA, bet Burtnieku ezers pieder Gaujas UBA (LVĢMC, bez dat.).

4.2. Burtnieku ezerā ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma analīze

Ūdenslīmeņa novērojumi Burtnieku ezerā hidroloģisko novērojumu stacijā „Burtnieki”, kura atrodas ezera dienvidaustrumu krasta, sākti kopš 1946. gada. 4.2. tabulā apkopotie Manna – Kendala testa rezultāti parāda, ka kopumā pie būtiskuma līmeņa $p \leq 0,05$ (t.i., trends ir izskaidrojams par 95%) pie testa vērtībām 1,96 un -1,96, Burtnieku ezera gada vidējie ūdenslīmeņi pētījuma periodā no 1946. gada – 2002. gadam ir ievērojami paaugstinājušies sekojošos mēnešos – janvārī, februārī, martā, jūnijā, jūlijā, augustā un septembrī (pie būtiskuma $p \leq 0,05$). Visaugstākās testa vērtības, proti, 3,70 un 3,51 ir konstatētas attiecīgi marta un februāra mēnešos. Tās varētu būt ietekmējusi klimata pasiltināšanās, kas vērojama kopš 1988. gada un līdz ar to Burtnieku ezera sateces baseina teritorijā pavasara sezonā agrāk sāk nokust sniegs un virszemes un pazemes notece veicina agrākus palus un ūdens uzplūdus.

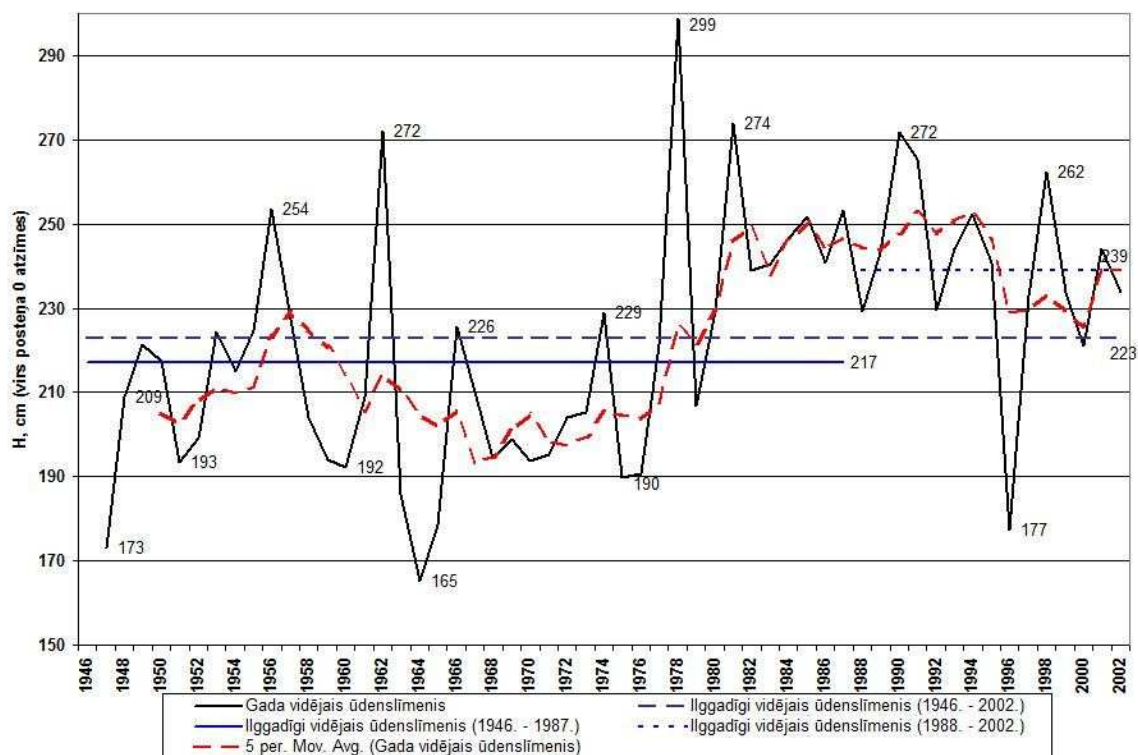
Ir zināms, ka Salacas upes iztekas no 1924. gada līdz 1929. gadam tika veikti upes gultnes regulēšanas darbi. Pēc Salacas upes gultnes regulēšanas darbiem Burtnieku ezerā ievērojami pazeminājās ūdenslīmenis, pat par 1 m. Burtnieku ezers pats par sevi jau ir sekls ezers, taču tik liela ūdenslīmeņa pazemināšanās izsauc ezera aizaugšanu tā seklākajās vietās (Glazačeva, 2004). Dabiska ir tendence aizsērēt upes ietekām un iztekām. Šajā gadījumā ūdenslīmeņa celšanās no jūnija līdz septembra mēnesim varētu būt saistīta ar Salacas iztekas aizsērēšanu un ezera aizaugšanu, kā dēļ ezerā sāk uzkrāties ūdens un paaugstinās ūdenslīmenis tieši vasaras sezonā.

Šajā gadījumā antropogēnā darbība ietekmējusi to, ka ezeram mākslīgi tika pazemināts līmenis, kas ievērojami veicinājis tā aizaugšanu. Arī lauksaimnieciskā darbība un intensīva minerālmēslu lietošana un to nonākšana upēs, kuras savukārt ietek Burtnieku ezerā ir tikai veicinājušas ezera aizaugšanu, un tam sekojošu ūdenslīmeņa pakāpenisku paaugstināšanos vasaras sezonā.

Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdenslīmeņu izmaiņu tendencēm Burtnieku ezera hidroloģiskajā novērojumu stacijā laika periodā no 1946. līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

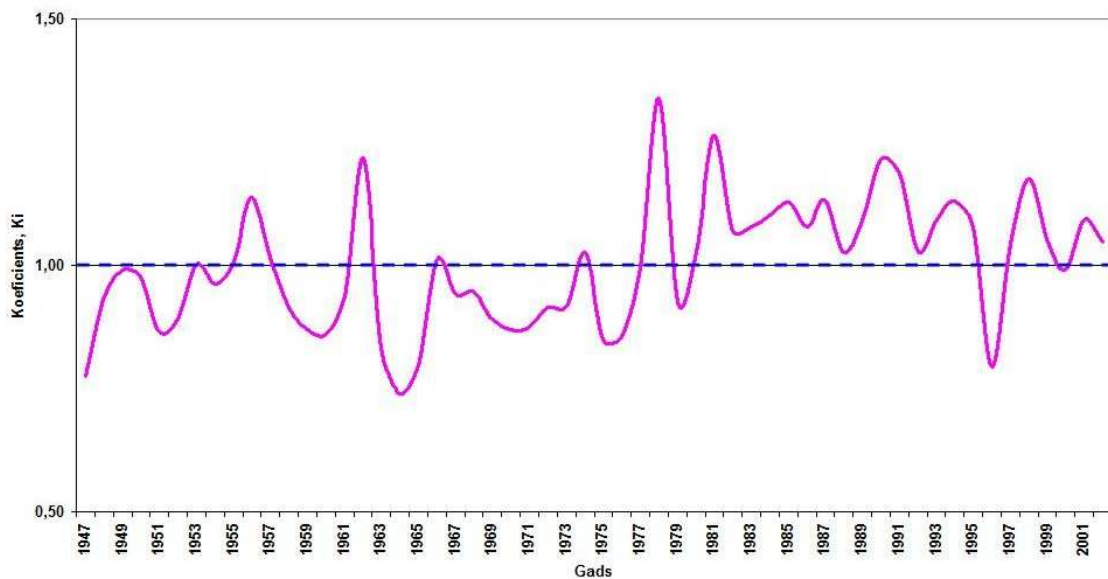
Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Janvāris	56	3,01	0,0026
Februāris	56	3,51	0,0004
Marts	56	3,70	0,0002
Aprīlis	56	1,68	0,0939
Maijs	56	0,73	0,4666
Jūnijs	56	2,67	0,0075
Jūlijs	56	3,22	0,0013
Augusts	57	2,99	0,0028
Septembris	57	2,09	0,0370
Oktobris	57	0,88	0,3782
Novembris	57	0,89	0,3744
Decembris	57	0,38	0,7049

Lai raksturotu Burtnieku ezera ūdenslīmeņa izmaiņas, tika izvēlēts laika periods no 1946. – 2002. gadam, jeb viss pieejamais novērojumu periods, laika periods no 1946. – 1987. gadam, kas attiecas uz laika posmu līdz brīdim kopš novērota klimata pasiltināšanās. Trešais apskatītais laika periods ir no 1988. – 2002. gadam, jeb laika periods no gada (1988. gads), kad novērojuma klimata pasiltināšanās. Burtnieku ezera ilggadīgi vidējais ūdenslīmenis visam novērojumu periodam no 1946. – 2002. gadam bija 223 cm virs posteņa nulles atzīmes (posteņa nulles augstums ir 37,84 m vjl.). Laika periodā no 1948. – 1987. gadam tas bija par 6 cm zemāks, tas bija 217 cm virs posteņa nulles atzīmes, bet laika periodā no 1988. gada – 2002. gadam tas bija par 16 cm augstāks, tas ir 239 cm virs posteņa nulles atzīmes. Zemākais gada vidējais ūdenslīmenis novērots 1964. gadā, kad tas bija 165 cm, bet augstākais gada vidējais ūdenslīmenis fiksēts 1978. gadā, kad tas bija 299 cm virs posteņa nulles atzīmes (Skat. 4.1. att.).



4.1. attēls. **Burtnieku ezera ūdenslīmeņa gada vidējās vērtības virs novērojumu posteņa nulles atzīmes no 1946. gada līdz 2002. gadam** (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.2. attēlā pēc Burtnieku ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālās līknes redzams, ka ezerā iezīmējas daudzūdens un mazūdens periodi. Viens no daudzūdens gadiem ir 1956. gads, tam seko 1962. gads, 1978. gads, kurā šis koeficients ir visaugstākais (1,34). Pēc 1978. gada ir konstatēti pat vairāki gadi, kuros ezerā uzskatāmi par daudzūdens gadiem. Tie ir 1981., 1985., 1987., 1990., 1994. gads un 1998. gads. Kā mazūdens gadi Burtnieku ezerā novēroti 1947., 1952., 1960., 1964., 1976. gads un 1996. gads. Viszemākā koeficienta vērtība fiksēta 1964. gadā, kad tā bija 0,74.



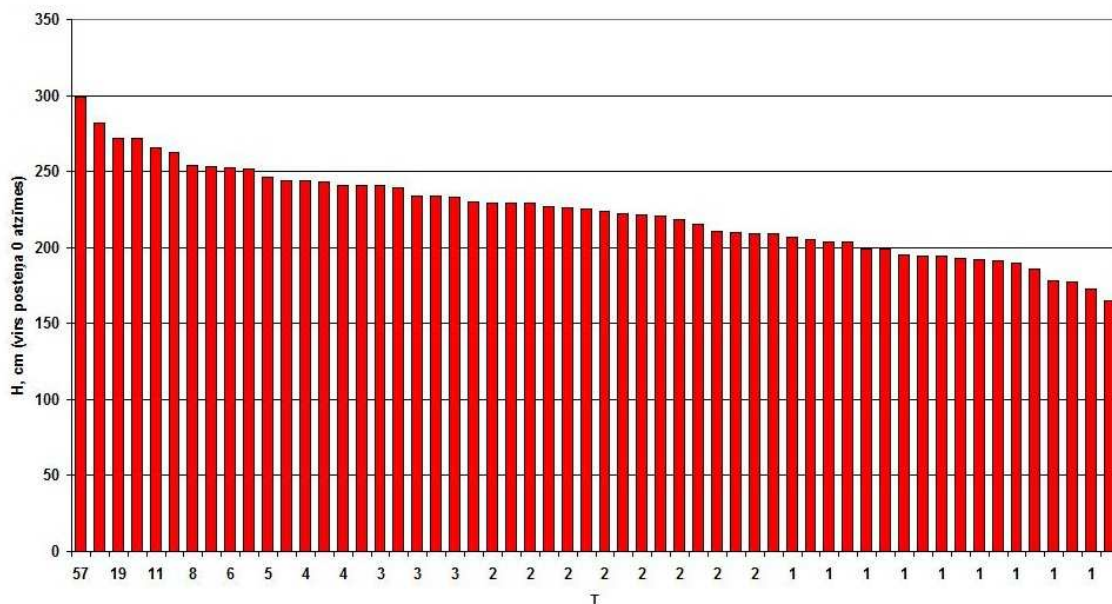
4.2. attēls. **Burtnieku ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā līkne pēc koeficienta K_i HNS Burtnieki no 1947. gada līdz 2002. gadam** (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

Kā redzams 4.3. attēlā, tad Burtnieku ezerā laika posmā no 1947. gada līdz 2002. gadam gada vidējā ūdenslīmeņa pārsniegšanas varbūtība visaugstākā ir pie 2% (1,75%), kad ūdenslīmenis ezerā ir visaugstākais, proti, 299 cm virs posteņa 0 atzīmes. Tā kā varbūtība ir tik neliela, tad šādu ūdenslīmeni ezers sasniedzis tikai vienu reizi visā novērojumu periodā. Redzams, ka līkne virzās uz leju un visbiežāk novērotais ūdenslīmenis, kad pārsniegta gada vidējā ūdenslīmeņa varbūtība ir 165 cm virs posteņa 0 atzīmes.



4.3. attēls. **Burtnieku ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā histogramma HNS Burtnieki no 1947. gada līdz 2002. gadam** (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.4. attēlā redzams, ka pēc veiktajiem novērojumiem, Burtnieku ezerā ūdenslīmenis, kurš sasniedz 299 cm augstumu virs posteņa 0 atzīmes atkārtotāšanās iespējamība ir 57 gadi. Reizi 19 gados atkārtojas ūdenslīmenis, kura augstums ir 272 cm, reizi 8 gados ūdenslīmenis, kura augstums ir 254 cm, reizi 5 gados ezera ūdenslīmenis sasniedz 246 cm atzīmi, ik pēc 2 gadiem ūdenslīmenis sasniedz augstumu no 210 – 230 cm, bet katru gadu ir atkārtoties ūdenslīmenis no 165 – 207 cm virs posteņa 0 atzīmes.



4.4. attēls. Burtnieku ezera gada vidējā ūdenslīmeņa atkārtotāšanās laiks gados HNS Burtnieki no 1947. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

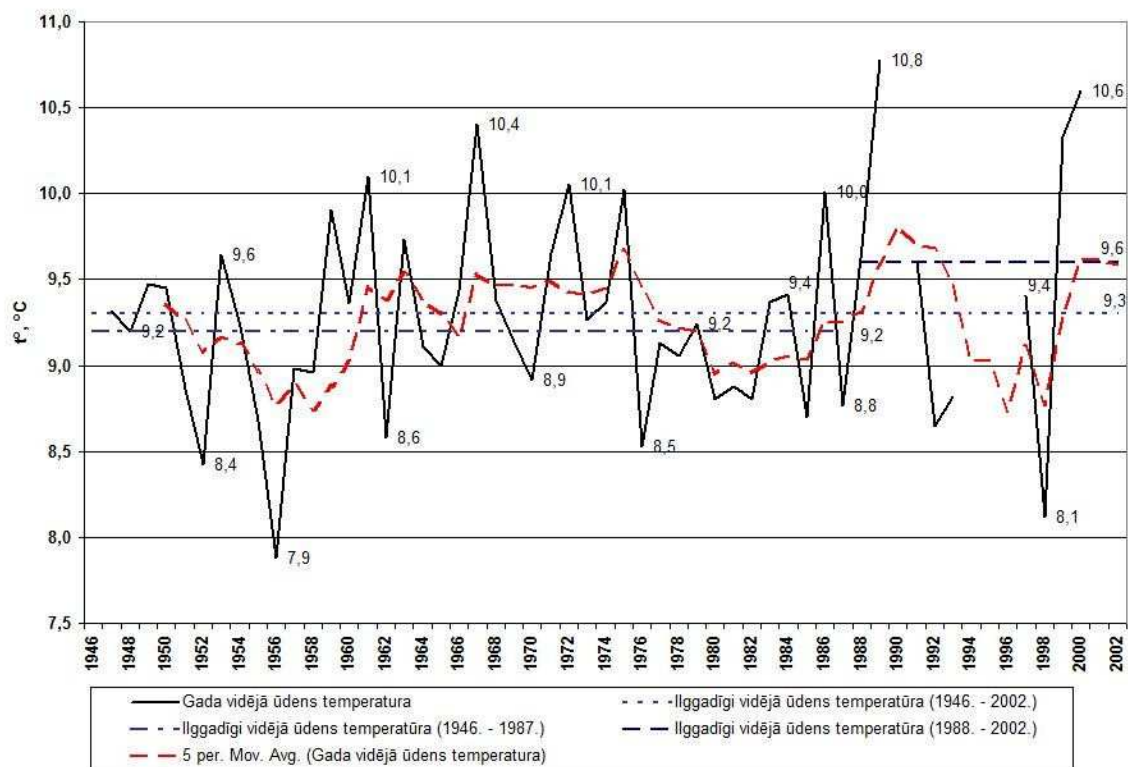
Temperatūru novērojumi Burtnieku ezerā HNS „Burtnieki” sākti 1946. gadā. Kā redzams 4.3. tabulā, Manna – Kendalla testa rezultāti parāda, ka ūdens temperatūra Burtnieku ezerā novērojumu periodā no 1946. gada līdz 2002. gadam statistiski ticami palielinājusies marta mēnesī, kad testa vērtība ir 4,54. Arī aprīļa mēnesī testa vērtība ir tuva statistiski ticamai vērtībai (1,96). Manna – Kendala testa veikšanai izmantotas temperatūras no marta līdz decembra mēnesim, jo janvāra un februāra mēnešos Burtnieku ezerā sakarā ar to, ka ūdens virsu klāj ledus dati par ūdens temperatūrām iztrūkst.

4.3. tabulā redzams, ka decembra mēnesī, kaut arī testa vērtība nav statistiski ticama, ir vērojams ūdens temperatūras pieaugums. Tas varētu liecināt par klimata pasiltināšanās ietekmi uz ūdens temperatūru kopš 1988. gada.

Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdens temperatūru izmaiņu tendencēm Burtnieku ezera hidroloģiskajā novērojumu stacijā laika periodā no 1946. līdz 2002. gadam (no marta līdz decembra mēnesim) (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

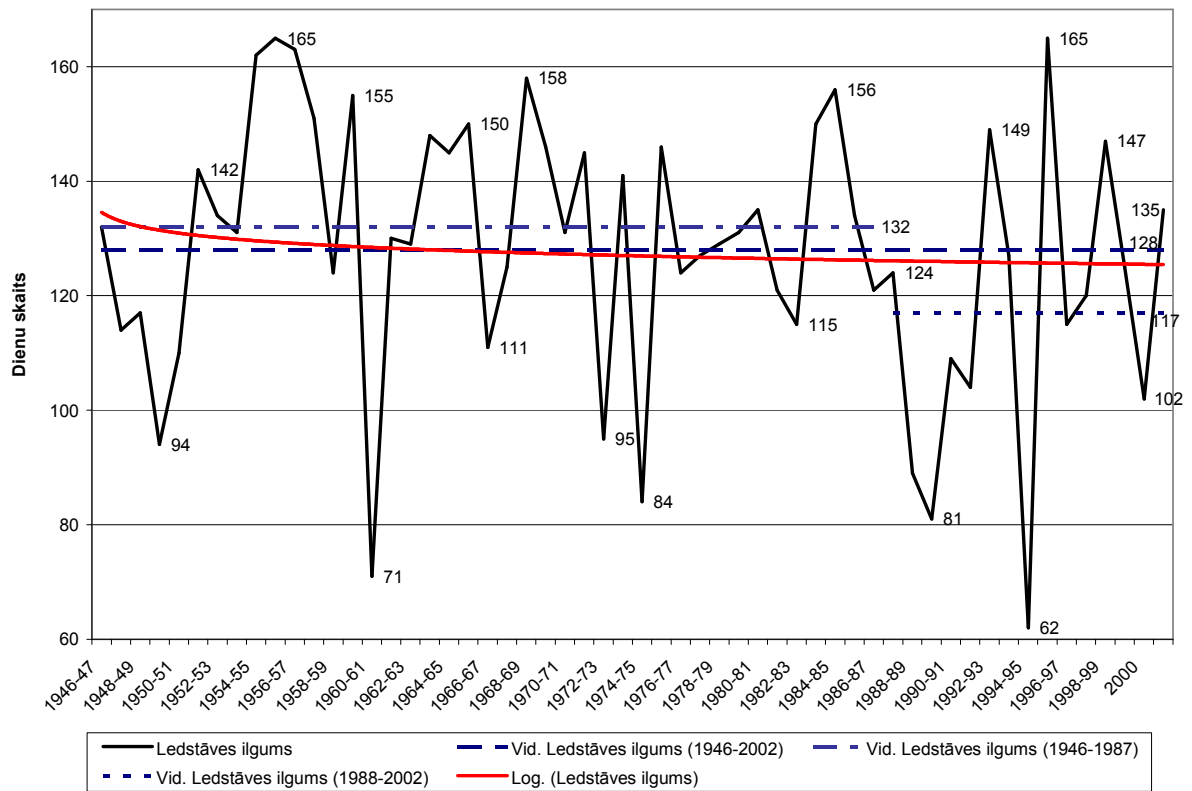
Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Marts	54	4,54	0,00001
Aprīlis	56	1,91	0,06
Maijs	56	0,59	0,56
Jūnijs	55	0,12	0,91
Jūlijs	56	0,30	0,77
Augusts	57	1,19	0,23
Septembris	57	-0,28	0,78
Oktobris	57	0,50	0,62
Novembris	57	0,04	0,97
Decembris	53	1,18	0,24

Kā redzams 4.5. attēlā tad laika posmā no 1946. gada līdz 2002. gadam gada vidējās ūdens temperatūras vērtības ir bijušas visai atšķirīgas. Viszemākā novērota 1956. gadā, vien 7,9°C, bet visaugstākā novērota 1989. gadā, kad gada vidējā ūdens temperatūra Burtnieku ezerā sasniegusi 10,8°C. Laika periodā no 1948. gada līdz 2002. gadam ilggadīgi vidējā ūdens temperatūra tika aprēķināta kā 9,3°C, laika periodā no 1946. gada līdz 1987. gadam kā 9,2°C, bet visaugstākā tā aprēķināta laika periodam no 1988. gada līdz 2002. gadam, proti, 9,6°C. Burtnieku ezera ilggadīgi vidējā maksimālā temperatūra novērojumu periodā no 1946. gada līdz 2002. gadam aprēķināta 25,3°C. Visaugstākā ūdens temperatūra Burtnieku ezerā fiksēta 1972. gada 19. jūlijā, kad tā bija 28,5°C.



4.5. attēls. **Burtnieku ezera ūdens temperatūras gada vidējās vērtības laika periodā no 1948. gada līdz 2002. gadam** (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

Kā redzams 4.6. attēlā, ievērojamas izmaiņas skārušas arī ledus parādību ilgumu Burtnieku ezerā. Ja laika periodā no 1948. gada līdz 1987. gadam ezers pilnībā ar ledu bija klāts vidēji 132 dienas gadā, tad laika periodā no 1988. – 2002. gadam šādā parādība vērojama vien 117 dienas gadā. Starpība ir ievērojama – 15 dienas. Ilggadīgi vidējais dienu skaits visā novērojumu periodā no 1948. – 2002. gadam tika aprēķināts kā 128 dienas, kad Burtnieku ezerā vērojama ledstāve, jeb ezeru pilnībā klāj ledus sega.



4.6. attēls. **Burtnieku ezera ledstāves ilgums laika periodā no 1946. – 1947. gada ziemas līdz 2001. – 2002. gada ziemai** (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.3. Usmas ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma analīze

Usmas ezers ir savdabīgs ar to, ka tā hidroloģisko režīmu ir ietekmējusi tieša antropogēna darbība, veicot zušu ķeramās ierīces izbūvi uz Engures upes 1969. gadā. Līdz ar to ir iespējams analizēt hidroloģiskā režīma izmaiņas laika periodā pirms cilvēka iejaukšanās, un pēc tās. 4.33. attēlā redzama zušu ķeramā ierīce, kas izvietota uz Engures upes, netālu no tās iztekas no Usmas ezera. Vietas apsekošana veikta 2010. gada 8. oktobrī.



4.7. attēls. Zušu ķeramā ierīce uz Engures upes, netālu no tās iztekas no Usmas ezera (Foto: Mārtiņš Kriķītis, 2010)

Manna – Kendala testa rezultātu Usmas ezera ūdenslīmeņim laika posmā no 1926. gada līdz 2002. gadam, kas redzami 4.4. tabulā parāda, ka vērojams pozitīvs trends laikā no janvāra līdz septembra mēnesim, kas varētu būt skaidrojams gan ar cilvēka iejaukšanos ezera ūdenslīmeņa regulēšanā, gan ar klimata pasiltināšanos.

Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdenslīmeņu izmaiņu tendencēm Usmas ezera hidroloģiskajā novērojumu stacijā laika periodā no 1926. līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Janvāris	75	3,02	0,003
Februāris	76	4,37	0,00001
Marts	76	4,93	0,000001
Aprīlis	76	5,34	0,0000001
Maijs	75	4,92	0,000001
Jūnijs	75	5,34	0,0000001
Jūlijs	75	5,52	0,00000003
Augusts	75	4,38	0,00001
Septembris	76	3,16	0,002
Oktobris	75	1,57	0,12
Novembris	76	0,79	0,43
Decembris	75	1,43	0,15

Apskatot 4.5. tabulu redzams, kurā parādīti Manna – Kendala testa rezultāti laika periodā kopš ūdenslīmeņa novērojumu sākšanas līdz brīdim, kad ezera ūdenslīmenis ezerā sāks regulēt cilvēka ietekmē, ir vērojams pozitīvs trends marta un aprīļa mēnešos. Laika periodā no zušķērāja izbūves līdz 2002. gadam netika konstatētas statistiski ticamas ūdenslīmeņa izmaiņas, un ūdenslīmenis šajā laika posmā bija salīdzinoši viendabīgs. Šis apskatāmais periods tika sadalīts 2 posmos – no zušķērāja izbūves 1969. gadā līdz 1987. gadam, un kopš laika 1988. gada, kas uzskatāms par klimata pasiltināšanās sākuma gadu līdz 2002. gadam. Salīdzinot šos periodus, var secināt, ka laika periodā no 1988. gada ūdenslīmenis šajā laikā ir paaugstinājies pavasara sezonās, bet ziemas, rudens, un vasaras sezonās pēc 1988. gada ir novērojami zemāki ūdenslīmeņi, kā laika posmā no 1969. - 1987. gadam.

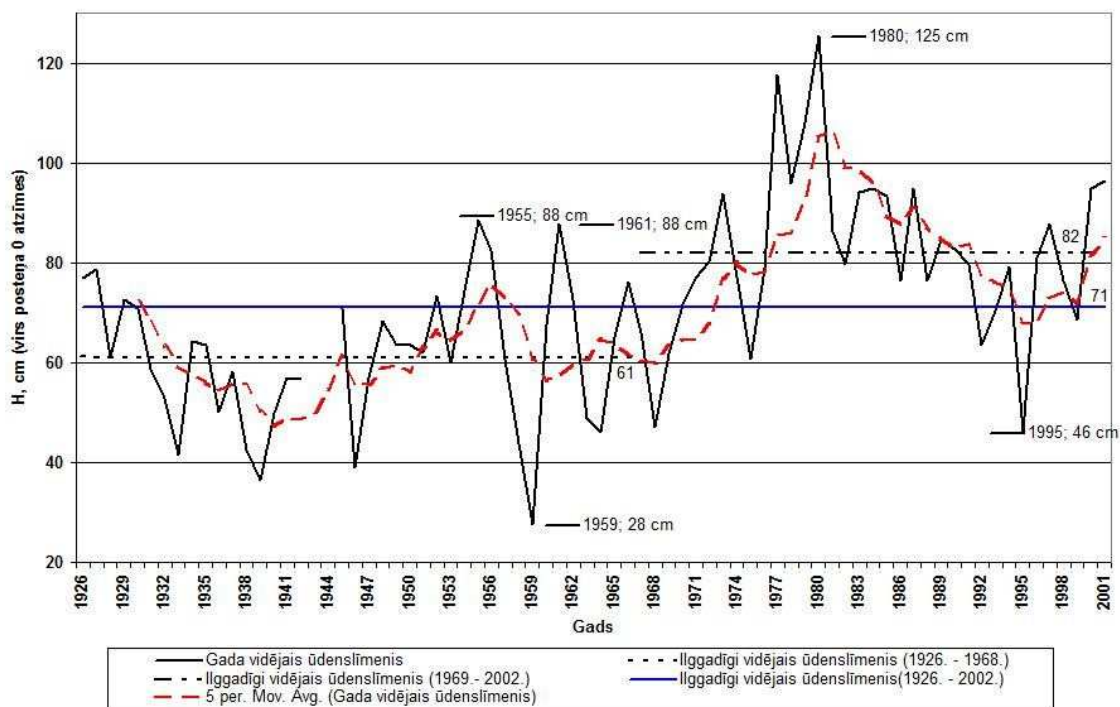
Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdenslīmeņu izmaiņu tendencēm Usmas ezera hidroloģiskajā novērojumu stacijā laika periodā no 1926. līdz 1968. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Janvāris	41	0,93	0,35
Februāris	42	1,71	0,09
Marts	42	2,03	0,04
Aprīlis	42	1,99	0,05
Maijs	41	1,43	0,15
Jūnijs	41	1,08	0,28
Jūlijs	41	1,19	0,23
Augusts	41	0,47	0,64
Septembris	42	0,01	0,99
Oktobris	41	-0,27	0,79
Novembris	42	-1,27	0,20
Decembris	41	-0,40	0,69

Veiktie aprēķini, kuri redzami 4.8. attēlā liecina par to, ka no 1926. gada līdz 1968. gadam ilggadīgi vidējais ūdenslīmenis bija 62 cm virs posteņa nulles atzīmes (20,38 m vjl.), bet no 1969. gada līdz 2002. gadam ilggadīgi vidējais ūdenslīmenis bija 82 cm, jeb par 20 cm paaugstinājies.

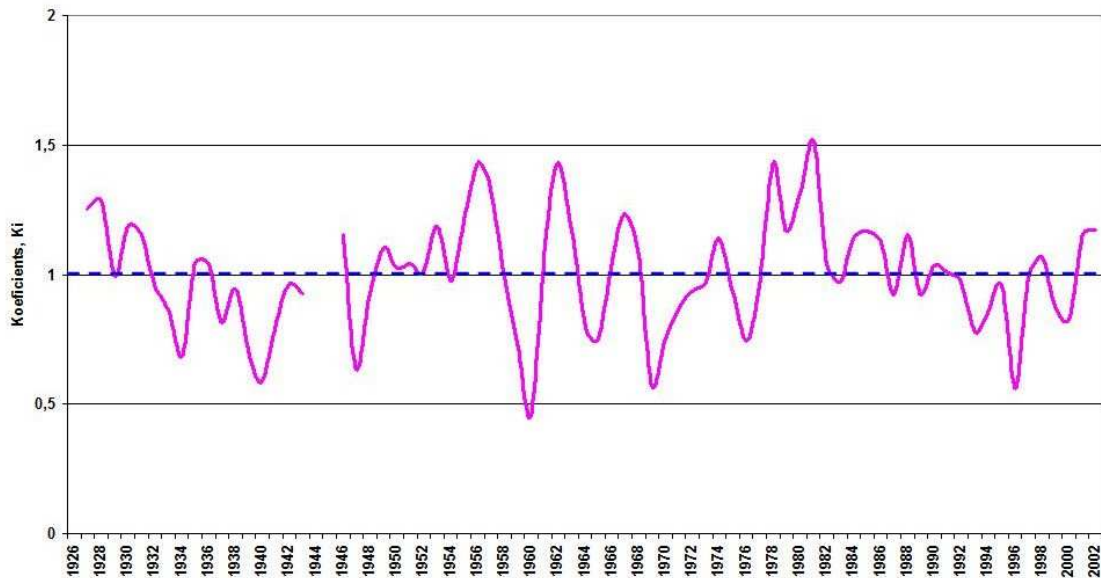
Tāpat tika salīdzināti maksimālo un minimālo ūdenslīmeņu izmaiņas. Laikā periodā līdz zušu ķeramās ierīces izveidošanai maksimālais ūdenslīmenis ezerā ticis fiksēts 130 cm, bet pēc tam - 177 cm virs posteņa nulles atzīmes. Starpība starp maksimālajiem ūdenslīmeņiem ezerā pirms antropogēnās ietekmes un pēc tās ir 47 cm. Savukārt minimālais ezera ūdenslīmenis līdz 1968. gadam bija 13 cm, bet periodā no 1969. – 2002. gadam tas bijis 27 cm. Novērojumu perioda no 1969. – 2002. gadam minimālais ūdenslīmenis bijis par 14 cm augstāks, ka no 1926.gada līdz 1968. gadam (Kriķītis, 2011).

4.8. attēlā atzīmēti gadi, kuros fiksēti katra konkrētā novērojumu perioda maksimālais un minimālais gada vidējais ūdenslīmenis, kā arī ūdenslīmeņa vidējais augstums virs novērojumu posteņa nulles atzīmes.



4.8. attēls. Usma ezera ūdenslīmeņa gada vidējās vērtības virs novērojumu posteņa nulles atzīmes no 1926. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.9. attēlā parādīts, ka novērojumu periodā no 1926. gada līdz 2002. gadam Usma ezerā par daudzūdens gadiem uzskatāmi – 1928., 1930., 1953., 1956., 1962., 1967., līdz zušķērāja izbūves uz Engures upes, un 1978., 1981., 1984. – 1986.gads un 2001. gads pēc zušķērāja uzbūvēšanas. Mazūdens gadi ir – 1934., 1940., 1947., 1960. un 1965. gads pirms zušķērāja uzbūvēšanas, un 1969., 1976., 1993., 1996. un 2000. gads pēc zušu ķeramās ierīces uzbūvēšanas. Attēlā redzams, ka kopš 1969. gada, kad Usma ezers kļuvis regulējams, tā ūdenslīmeņa izmaiņas ir izlīdzinātākas kā pirms tam.



4.9. attēls. Usmas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā līkne pēc koeficienta K_i HNS Usma no 1926. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.10. attēlā redzams, ka Usmas ezerā pirms tajā sāka ūdenslīmeņa regulēšana (1926. – 1968. gads) gada vidējā ūdenslīmeņa pārsniegšanas varbūtība visaugstākā ir pie 2%, kad ūdenslīmeņa augstums ir 88 cm virs posteņa 0 atzīmes. Visvairāk bijuši tādi gadījumi, kad vidējā ūdenslīmeņa pārsniegšanas varbūtība notikusi pie ūdenslīmeņa augstuma 28 cm.



4.10. attēls. Usmas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā histogramma HNS Usma no 1926. gada līdz 1968. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

Attēlā 4.11. parādīta Usmas ezera vidējā ūdenslīmeņa histogrammas līkne novērojumu periodā pēc tam, kad uzbūvēts zušķērājs. Visaugstākā vidējā ūdenslīmeņa pārsniegšanas varbūtība novērojumu periodam no 1969. gada līdz 2002. gadam ir 3%, pie ūdenslīmeņa augstuma 125 cm virs posteņa nulles. Visvairāk bijuši gadījumi, ka vidējā ūdenslīmeņa pārsniegšanas varbūtība notikusi pie ūdenslīmeņa ~ 45 cm.



4.11. attēls. Usmas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā histogramma HNS Usma no 1969. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.12. attēlā redzams, ka Usmas ezerā ūdenslīmeņa atkārtotāšanās, kur ezera ūdenslīmenis sasniedz 88 cm atzīmi līdz zušķērāja uzbūvēšanai bija 21 gads. Ik 10 gadus ūdenslīmenis sasniedza 79 cm augstumu, ik 5 gadus tas sasniedza augstumu 73 cm, ik pēc 2 gadiem atkārtotāšanās notikusi pie ūdenslīmeņa augstuma robežās no 58 – 64 cm, bet katru gadu atkārtotās caurplūdums no 28 – 57 cm virs posteņa 0 atzīmes.

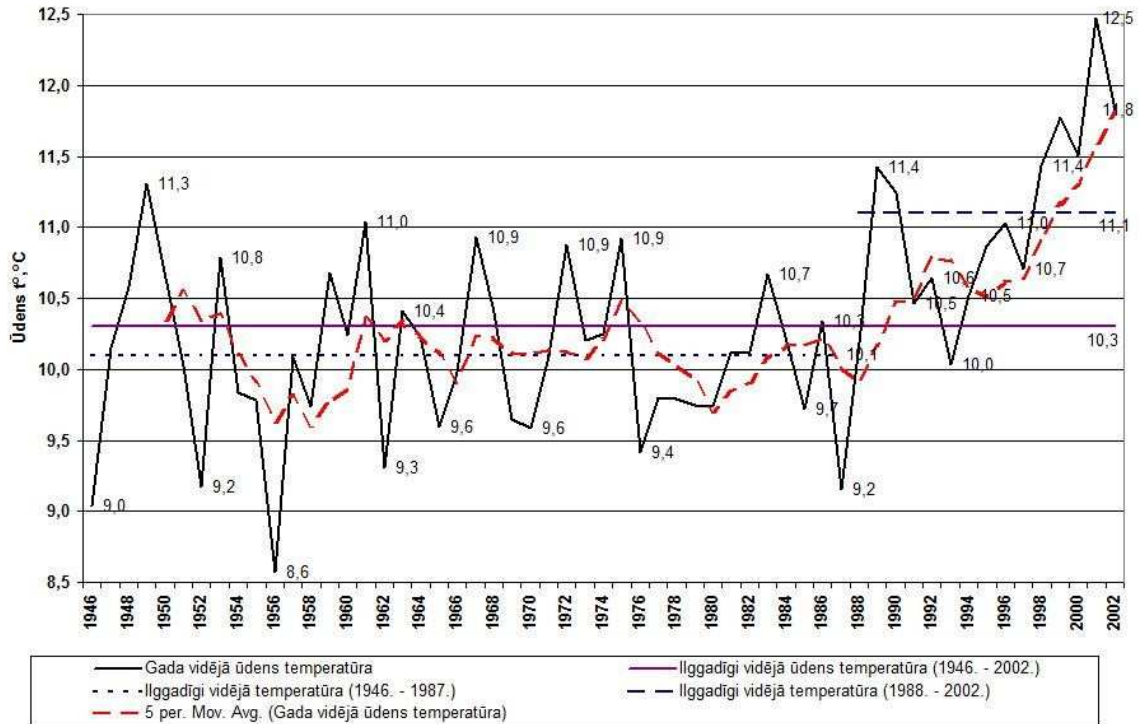
Manna-Kendala testa rezultāti ūdens temperatūrai virsējā slānī (skat. 4.6. tab.) parāda, ka būtiska ūdens temperatūras paaugstināšanās notikusi marta, aprīļa un maija mēnešos laika periodā no 1946. gada līdz 2002. gadam. Manna – Kendala tests veikts no marta līdz decembra mēnesim, jo šajos mēnešos ūdens temperatūras dati bija pieeja katrai dienai.

4.6. tabula

Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdens temperatūru izmaiņu tendencēm Usmas ezera hidroloģiskajā novērojumu stacijā laika periodā no 1946. līdz 2002. gadam (no marta līdz decembra mēnesim) (izstrādājis autors, izmantojot LVGMC, 2010)

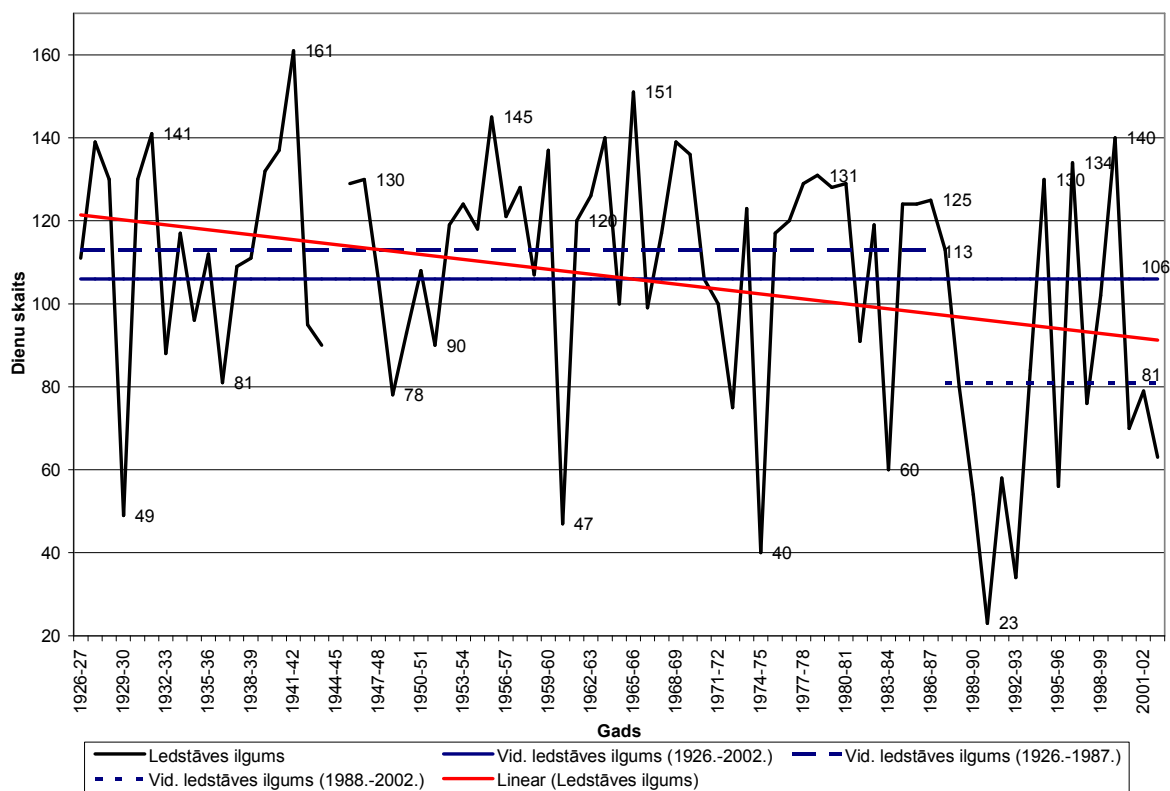
Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Marts	55	3,42	0,001
Aprīlis	57	2,51	0,01
Maijs	57	2,31	0,02
Jūnijs	57	0,95	0,34
Jūlijs	57	0,81	0,42
Augusts	57	1,52	0,13
Septembris	57	0,14	0,89
Oktobris	57	-0,01	0,99
Novembris	57	0,60	0,55
Decembris	55	0,42	0,67

Kā redzams 4.14. attēlā, tad laika posmā no 1946. gada līdz 2002. gadam ilggadīgi vidējā ūdens temperatūra ir bijusi 10,3°C, bet laika periodā no 1946. gada līdz 1987. gadam ilggadīgi vidējā ūdens temperatūra bijusi 10,1°C, laika periodā no 1988. gada līdz 2002. gadam tā vidēji bijusi 11,1°C. Visaugstākā gada vidējā ūdens temperatūra ir sasniegta 2001. gadā, kad tā bija 12,5°C, bet zemākā 1956. gadā, kad tā bija vien 8,6°C. Jāatzīmē, ka arī Burtnieku ezerā viszemākā gada vidējā ūdens temperatūra fiksēta tieši 1956. gadā.



4.14. attēls. Usmas ezera ūdens temperatūras gada vidējās vērtības laika periodā no 1946. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.15. attēlā redzami ledstāves ilgumi Usma ezerā dažādos laika periodos. Ilggadīgi vidējais ledstāves ilgums ezerā ir 106 dienas. No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka arī Usma ezerā, tāpat kā Burtnieku ezerā ievērojumi ir samazinājies ledstāves ilgums. Ja laika periodā no 1926. gada līdz 1987. gadam tas bija vidēji 113 dienas, tad laika periodā no 1988. – 2002. gadam, tas vidēji bija vairs tikai 81 diena, kad ezeru pilnībā klāj ledus sega. Starpība ir 32 dienas. Ir zināms, ka 2007. – 2008. gada ziemā ezers neaizsala vispār.



4.15. attēls. Usma ezera ledstāves ilgums laika periodā no 1926. – 1927. gada ziemas līdz 2001. – 2002. gada ziemai (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.4. Rāznas ezera ūdenslīmeņa, ūdens temperatūras un ledus režīma analīze

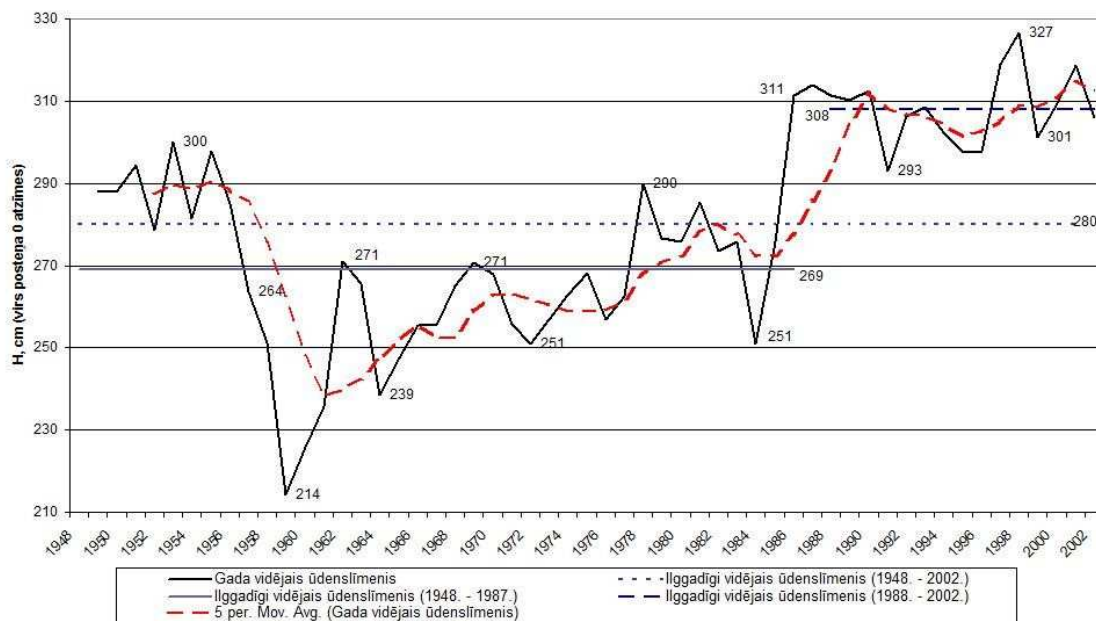
4.7. tabulā redzams, ka veicot Manna - Kendala testa rezultātu analīzi statistiski ticami ūdenslīmenis ir paaugstinājies jeb vērojams pozitīvs trends no janvāra līdz decembrim pētījuma periodā no 1946. – 2002. gadam. Šādam trendam visdrīzāk par iemeslu ir antropogēna ietekme un ūdenslīmeņa mehāniska regulācija. Tas varētu būt skaidrojams ar antropogēno darbību, kas ietekmējusi ezera ūdenslīmeni ilggadīgā skatījumā.

4.7. tabula

Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdenslīmeņu izmaiņu tendencēm Rāznas ezera hidroloģiskajā novērojumu postenī laika periodā no 1948. līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Janvāris	54	4,28	0,00002
Februāris	54	4,52	0,00001
Marts	54	4,64	0,0002
Aprīlis	54	4,24	0,000003
Maijs	54	3,82	0,00002
Jūnijs	54	3,92	0,0001
Jūlijs	55	4,15	0,00009
Augusts	55	4,26	0,00003
Septembris	55	4,17	0,00002
Oktobris	55	3,49	0,0005
Novembris	55	3,45	0,0006
Decembris	55	3,65	0,0003

4.16. attēlā redzams, Rāznas ezera ūdenslīmenis ir bijis visai mainīgs. Ūdenslīmeņa krasu samazinājumu laika posmā no 1955. gada līdz 1977. gadam izraisījusi Spruktu HES izbūve uz Rēzeknes upes, kuras darbināšanai tika izmantots Rāznas ezera ūdens. Spruktu HES uzbūvēta no 1951. – 1955. gadam un darbojās līdz 1977. gadam, kad tās darbība tika pārtraukta. Pēc Spruktu HES slēgšanas ezerā uz dažiem gadiem atjaunojās tā dabiskais ūdenslīmenis, līdz 1985. gadā tika uzbūvēta zušu ķeramā ierīce. 1993. gadā tika atjaunotas Kaunatas slūžas un Spruktu HES, kas turpina ezera līmeni uzturēt mākslīgā līmenī. Elektroenerģiju Spruktu HES atsāka ražot 1996. gadā. Viszemākais reģistrētais gada vidējais ūdenslīmenis ezera konstatēts 1959. gadā, kad tas vien 214 cm virs posteņa 0 atzīmes, bet augstākais gada vidējais ūdenslīmenis fiksēts 1998. gadā, kad tas bija vidēji 237 cm. Minimālais ūdenslīmenis Rāznas ezerā novērots 1959. gada oktobrī – 194 cm, bet maksimālais ūdenslīmenis 349 cm virs posteņa 0 atzīmes novērots 1998. gada jūlijā.



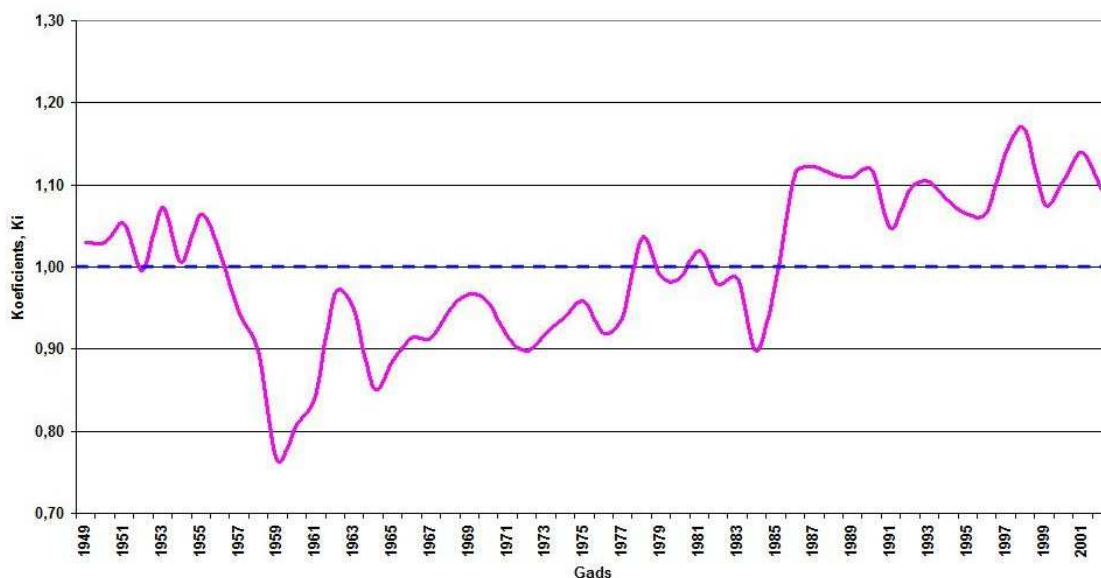
4.16. attēls. Rāznas ezera ūdenslīmeņa gada vidējās vērtības virs novērojumu posteņa nulles atzīmes no 1948. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.8. tabulā redzams kā izmainījies ezera vidējais ūdenslīmenis laikā, kad to ietekmējusi cilvēka darbība. Viskrasākās ūdenslīmeņa izmaiņas novērotas pēc Spruktu HES uzbūvēšanas, kad attiecīgajā HES darbības laikā ūdenslīmenis bija vidēji par 30 cm kā pirms cilvēka iejaukšanas ezera regulēšanā. Gandrīz tik pat krasas ūdenslīmeņa izmaiņas (ūdenslīmenis paaugstinājies par 29 cm) Rāznas ezers piedzīvojis periodā, kad uz Rāznas ezera iztekas uzbūvēts un darbojas zušķērājs.

Antropogēnā ietekme Rāznas ezerā (izstrādājis autors, izmantojot (interviju ar K.Tēraudu; LVĢMC, 2011))

Laika periods	Ietekmējošie faktori	Perioda vidējais ūdenslīmenis (cm)
1948. – 1954.	Nav	288
1955. – 1977.	Spruktu HES izveide un darbība	258 (pazeminās par 30 cm)
1978. – 1984.	Spruktu HES pārtrauc darbību, atjaunojas dabīgais ūdenslīmenis ezerā	275 (paaugstinās par 17 cm)
1985. – 1992.	Uzbūvē zušu ķeramam ierīci uz Rāznas ezera iztekas	304 (paaugstinās par 29 cm)
1993. – 2002.	Atjauno Kaunatas slūžas	309 (paaugstinās par 5 cm)

4.17. attēlā Rāznas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā līkne parāda, ka ezerā ir bijuši ilgstoši mazūdens un daudzūdens periodi, kas veidojušies antropogēnu darbību rezultātā. Par mazūdens periodu uzskatāms laika posms no 1957. gada līdz 1977. gadam, bet par daudzūdens periodu uzskatāms laiks no kopš 1987. gada. Zīmīgi, ka mazūdens periods beidzas reizē ar Spruktu HES darbības apturēšanu, savukārt daudzūdens periodu izraisījusi zušķerāja uzbūvēšana.



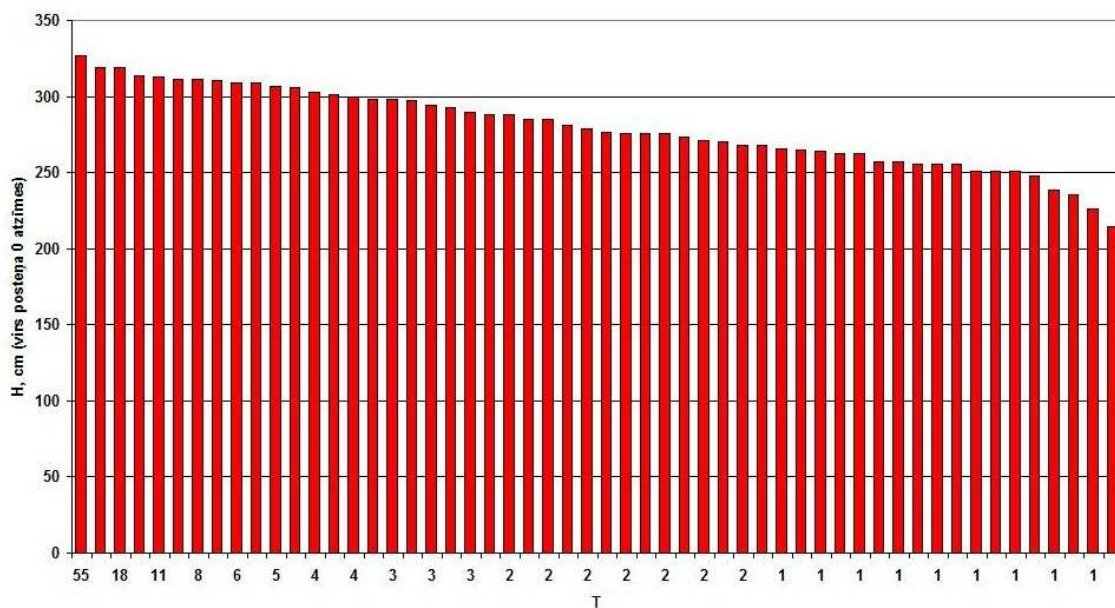
4.17. attēls. Rāznas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā līkne pēc koeficienta K_i HNS Burtņieki no 1949. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.18. attēlā parādīts, ka Rāznas ezerā laika periodā no 1949. gada līdz 2002. gadam vidējā ūdenslīmeņa pārsniegšanas varbūtība visaugstākā ir pie 2%, kad ūdenslīmenis ezerā sasniedz 327 cm atzīmi virs posteņa nulles. Visbiežāk novērotais ūdenslīmenis, kad pārsniegta vidējā ūdenslīmeņa varbūtība ir 214 cm.



4.18. attēls. Rāznas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa integrālā histogramma HNS Kaunata no 1949. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.19. attēlā redzams, ka kopš laika kad uzsākti novērojumi HNS Kaunata līdz 2002. gadam, ezers tikai reizi ir sasniedzis ūdenslīmeņa atzīmi 327 cm virs posteņa 0 atzīmes. Reizi 18 gados ūdenslīmenis sasniedz 319 cm augstumu, reizi 5 gados 306 cm augstumu, ik pēc 2 gadiem ūdenslīmenis sasniedz 268 – 288 cm augstumu, bet katru gadu no 214 – 266 cm augstumu virs posteņa 0 atzīmes.



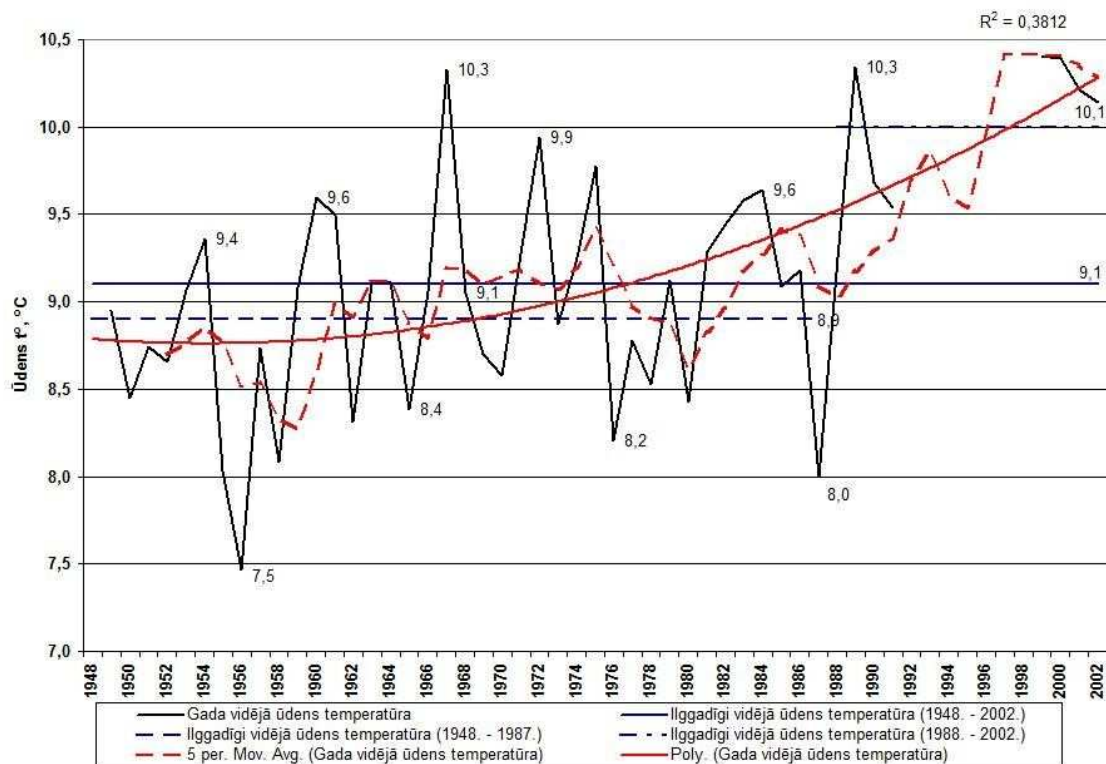
4.19. attēls. Rāznas ezera gada vidējā ūdenslīmeņa atkārhošanās laiks gados HNS Kaunata no 1949. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.9. tabulā attēlotie Manna – Kendala testa rezultāti, kuri veikti Rāznas ezera mēnešu vidējām ūdens temperatūrām parāda, ka statistiski ticama ir temperatūru paaugstināšanās aprīļa, maija, jūlija, augusta un decembra mēnešos. Tas varētu būt saistīts ar klimata pasiltināšanos. Aprīlī un maijā temperatūru kāpums varētu būt skaidrojams ar to, ka ātrāk izkūst ledus ezerā. 1960-os gados ezers no ledus attīrījās lielākoties aprīļa pēdējā nedēļā un pat maija sākumā. Kopš 1988. gada ezers vidēji no ledus ir attīrījies jau aprīļa vidū, bet 1988-89. un 1989-90. gada ziemā ezers no ledus jau bija attīrījies marta mēnesī. Savukārt jūlija un augusta ūdens temperatūru celšanās saistāmā ar vasaras sezonā saņemto palielinātu saules radiācijas daudzumu. Arī decembra ūdens temperatūru celšanās saistīta ar to, ka ezers aizsalst nedaudz vēlāk, kā tas bijis agrāk. Rāznas ezerā, tāpat kā abos iepriekš apskatītajos ezeros viszemākā gada vidējā ūdens temperatūra ir konstatēta 1956. gadā, kad tā bija 7,5°C. Temperatūru analīzei izvēlēts mēnesī no aprīļa līdz decembrim, jo janvāra, februāra un marta mēnešos iztrūkst liela daļa datu par ūdens temperatūru Rāznas ezerā.

Manna – Kendala testa rezultāti par gada vidējo ūdens temperatūru izmaiņu tendencēm Rāznes ezera hidroloģiskajā novērojumu stacijā laika periodā no 1948. līdz 2002. gadam (no aprīļa līdz decembra mēnesim) (izstrādājis autors, izmantojot LVGMC, 2010)

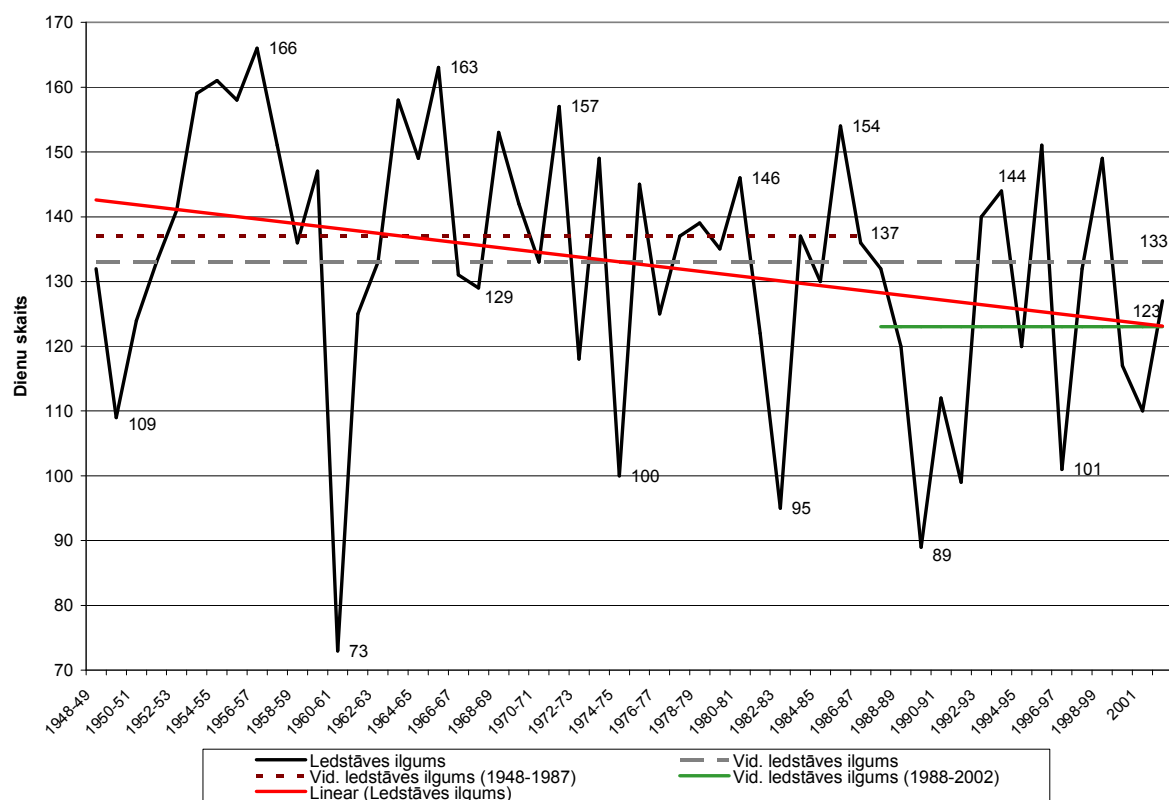
Mēnesis	Novērojumu skaits	Testa vērtība	p - vērtība
Aprīlis	54	3,69	0,0002
Maijs	54	2,45	0,01
Jūnijs	54	1,46	0,14
Jūlijs	55	2,22	0,03
Augusts	55	2,85	0,004
Septembris	55	0,47	0,64
Oktobris	55	1,32	0,19
Novembris	55	0,93	0,35
Decembris	49	3,29	0,001

4.20. attēlā redzams, ka ilggadīgi vidējā ūdens temperatūra Rāznes ezerā laika periodā no 1948. gada līdz 2002. gadam bija 9,1°C, ilggadīgi vidējā ūdens temperatūra no 1948. līdz 1987. gadam bija 8,9°C. Ievērojamas ir atšķirības starp šo periodu ilggadīgi vidējām ūdens temperatūrām un perioda no 1988. gada līdz 2002. gada ilggadīgi vidējo ūdens temperatūru. Šī novērojumu perioda ilggadīgi vidējā ūdens temperatūra ir 10,1°C, kas ir par 1°C augstāka kā visa novērojumu laikā un par 1,2°C augstāka kā periodā pirms klimata pasiltināšanās sākuma.



4.20. attēls. Rāznas ezera ūdens temperatūras gada vidējās vērtības laika periodā no 1948. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

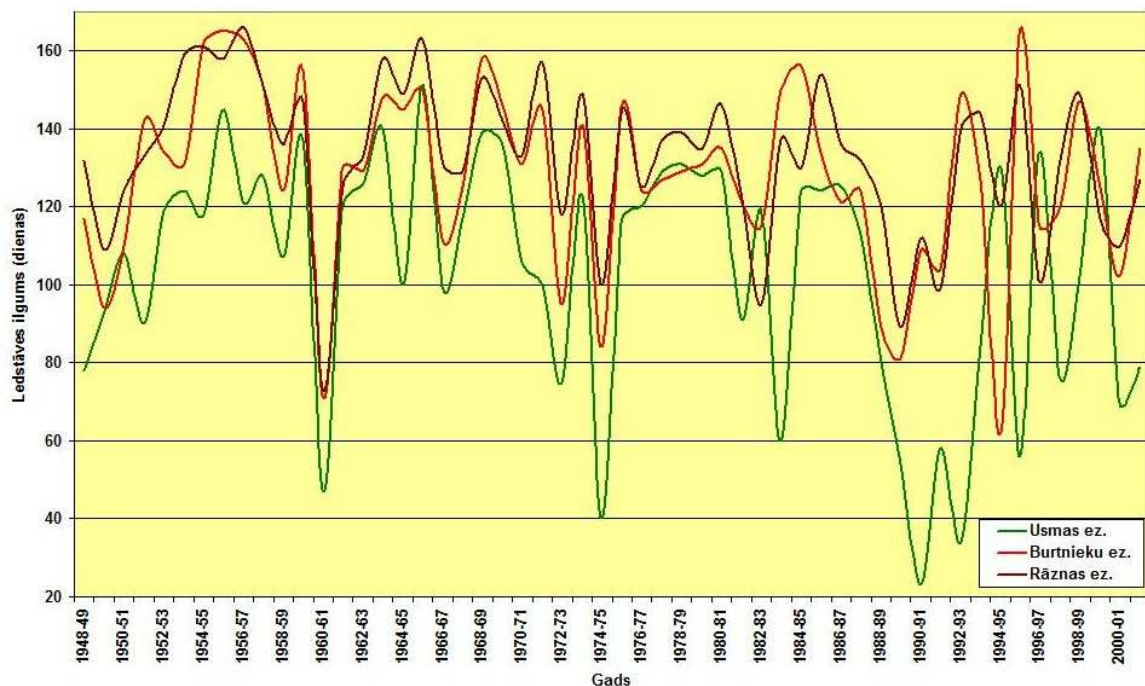
4.21. attēlā redzamas ledus režīma izmaiņas. Visa novērojuma ilggadīgi vidējais ledstāves ilgums ir 133 dienas. Kopš 1988. gada ledstāves ilgums ir par desmit dienām īsāks - vidēji 123 dienas. Bet laika periodā no 1948. – 1987. gadam tas bija vidēji par 2 nedēļām ilgāks kā visā periodā ilggadīgi novērotais, proti, 137 dienas. Tik liela atšķirība starp dienu skaitu, kad ezers pilnībā klāts ar ledus segu ir vēl viens apliecinājums tam, ka norit klimata pasiltināšanās.



4.21. attēls. Rāznas ezera ledstāves ilgums laika periodā no 1948. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.5. Pētāmo ezeru ūdens temperatūras un ledstāves ilguma analīze

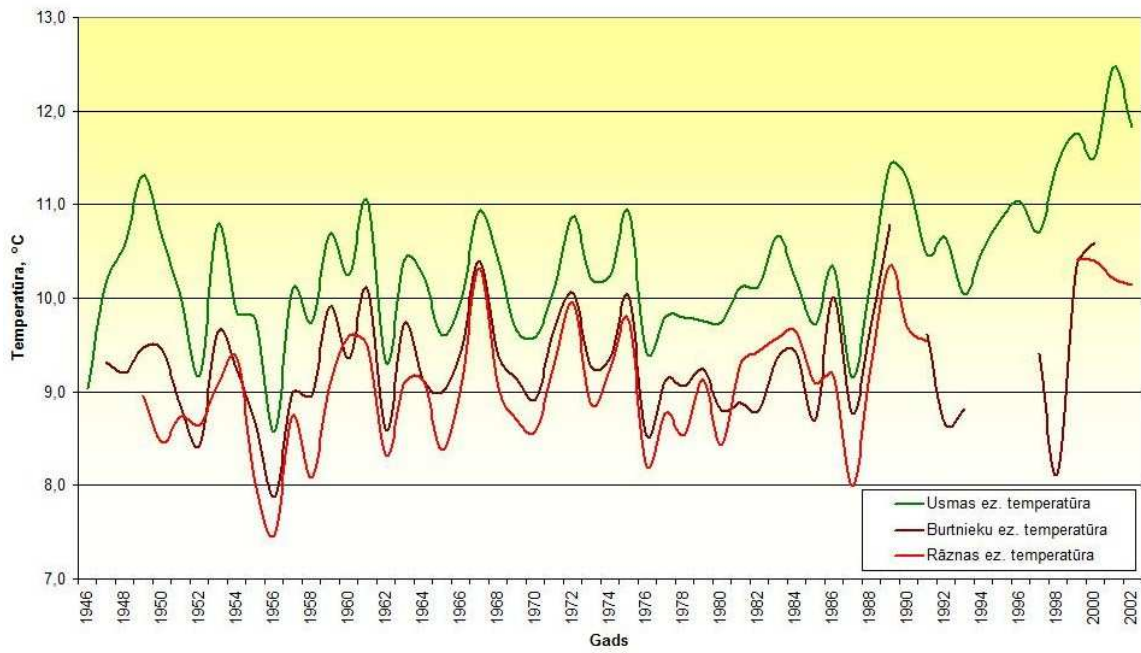
4.22. attēlā redzams ledstāves ilguma salīdzinājums pētāmajiem ezeriem. Kā redzams 65% gadījumu visilgākā ledstāve no šiem ezeriem attiecīgajā ziemā ir bijusi Rāznas ezerā, 28% gadījumu Burtnieku ezerā, bet tikai 7% gadījumu Usmas ezerā, kur novērojumu periods ietver laiku no 1948. – 1949. gada ziemas līdz 2001. – 2002. gada ziemai. Tik ievērojamas atšķirības nosaka ezeru novietojums, jeb reģionālās īpatnības. Usmas ezers atrodas Latvijas rietumu daļā, kur Baltijas jūras tuvuma ietekmē ziemas ir ievērojami maigākas un līdz ar to ledus sega izveidojas krietni vēlāk, bet izzūd ātrāk kā tas ir Rāznas ezerā, kurš atrodas Latvijas austrumu daļā, kur klimats ir kontinentālāks un ziemas bargākas.



4.22. attēls. Pētāmo ezeru ledstāves ilgums periodā no 1948. - 1949. ziemas gada līdz 2001. - 2002. gada ziemai (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

4.23. attēlā redzams, ka gada vidējās ūdens temperatūras visaugstākās ir Usmas ezerā, bet salīdzinot Burtnieku un Rāznas ezerus tās ir visai svārstīgas. Tas saistīts ar ezeru novietojumu. Ledus visātrāk izzūd Usmas ezerā, līdz ar to, ūdens arī agrāk sāk saņemt saules radiāciju, un ezerā palielinās ūdens temperatūra.

Gada maksimālā ūdens temperatūra lielākoties jeb 67% gadījumu ir fiksēta ir Burtnieku ezerā, 22 % gadījumu Rāznas ezerā, bet 11% gadījumu Usmas ezerā.



4.23. attēls. Pētāmo ezeru gada vidējo ūdens temperatūru salīdzinājums novērojumu periodā no 1946. gada līdz 2002. gadam (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC, 2010)

SECINĀJUMI

- Pētījums parādīja, ka Latvijas lielo ezeru – Usmas, Burtnieku un Rāznas – hidroloģiskā režīma ilgtermiņa izmaiņas ir noteicis antropogēno un dabisko ietekmes faktoru kopums. Regulēšanas darbi ir veikti visos trijos pētāmajos ezeros, kuri ir būtiski noteikuši ūdenslīmeņa ilgtermiņa režīma izmaiņas, savukārt klimatisko apstākļu mainība vairāk noteikusi ūdens temperatūras un ledus režīma, kā arī ūdens režīma izmaiņas.
- Burtnieku un Rāznas ezeros ūdenslīmeņi bija pazemināti. Burtnieku ezerā, kuram pirms 80 gadiem ūdenslīmenis bija pazemināts apmēram par 1 m Salacas iztekas padziļināšana rezultātā, novērojams, ka ūdenslīmenis atjaunojas dabiskā veidā sākotnējā stāvoklī. Savukārt Rāznas ezerā ūdenslīmenis no vidēji 288 cm atzīmes bija pazemināts līdz 258 cm (t.i. par 30 cm) virs posteņa nulles atzīmei, bet tālāku cilvēka darbību rezultātā ir cēlies līdz 309 cm (t.i. par 51 cm) virs posteņa nulles atzīmei. Usmas ezerā, sakarā ar zušu ķeramās ierīces izbūvi 1968. gadā, ūdenslīmenis bija paaugstināts vidēji par 20 cm.
- Manna – Kendala testa rezultāti Burtnieku ezera ūdenslīmenim par laika periodu no 1946. gada līdz 2002. gadam parāda, ka ūdenslīmenim statistiski ticams pozitīvs trends vērojams no janvāra līdz martam un no jūnija līdz septembrim. Ūdenslīmeņa paaugstināšanos janvāra - marta mēnešos var skaidrot ar klimata pasiltināšanos, īpaši pēdējās divās desmitgadēs, kad agrāk nokusa sniega un ledus sega, kas veicināja agrāku palu sākšanos ezerā. Toties ūdenslīmeņa paaugstināšanos no jūnija līdz septembrim varētu skaidrot ar ezera aizaugšanas procesu un Salacas gultnes iztekas aizsērēšanu, kas aizkavējis ūdens noteci no Burtnieku ezera.
- Pēc Manna – Kendala testa rezultātiem no 1946. gada līdz 2002. gadam var secināt, ka visos trijos pētāmajos ezeros ūdens temperatūras pieaugums ir gan būtisks jeb statistiski ticams marta un aprīļa mēnešos, kas saistīts ar agrāku ledus segas izzušanu un Saules radiācijas pieplūdi ezeros. Rāznas ezeram statistiski ticams pozitīvs trends bija konstatēts arī jūlijā, augustā un decembrī. To savukārt iespējams skaidrot ar to, ka vasarā ūdens ir saņēmis lielāku Saules radiāciju un iesildījis dziļākus ūdens slāņus, kā arī vēlāku ūdens masu atdzišanu un ledus segas veidošanos pie salīdzinoši austākām gaisa temperatūrām, kādas bija novērojamas pēdējās dekādēs.
- Ledstāves datu rindu analīze parādīja, ka kopš 1988. gada pētāmajos ezeros samazinājies vidējais ledstāves ilgums. Usmas ezerā tas samazinājies par 32 dienām,

Burtnieku ezerā par 15 dienām, bet Rāznas ezerā vidēji par 14 dienām. Šādas atšķirības starp pētāmajiem ezeriem var skaidrot ar to ģeogrāfisko novietojumu un klimata reģionālajām īpatnībām, kas noteikuši, ka Latvijas rietumu daļas ezeriem ir ievērojami īsāks ledstāves ilgums salīdzinot ar ezeriem, kuri atrodas Latvijas ziemeļos un austrumos.

Izmantotā literatūra

- Ancāne, I. 2000. *Dabas ģeogrāfija: skaidrojošā vārdnīca*. Rīga. Zvaigzne ABC, 334.
- Cukurs, R. 1930. *Burtnieku ezers un tā upes*. Rīga, Valters un Rapa izdevums, 6.
- Eipurs, I. 1998. Usmas ezers. Grām. G. Kavacs (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*. 6.sēj. Rīga. Preses nams, 16.
- Glazačeva, L. 1975. Iekšējie ūdeņi. Grām. V. Pūriņš (red.) *PSR ģeogrāfija*. Rīga, Zinātne, 74. – 89.
- Glazačeva, L. 2004. *Latvijas ezeri un ūdenskrātuves*, Jelgava, Latvijas lauksaimniecības ūdenssaimniecības un zemes zinātniskais institūts, 217.
- Hirsch, R.,M., Slack, J.,R. 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence, *Water Resources Research*, vol. 20, 727-732
- Jaunputniņš, A. 1975. Reljefs. Grām. V. Pūriņš (red.) *PSR ģeoloģija*. Rīga, Zinātne, 37.
- Leinerte, M. 1988. *Ezeri deg!*, Rīga, Zinātne, 18.
- Kalniņa, A. 1995. Klimatiskā rajonēšana. Grām. G. Kavacs (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*. 2. sēj. Rīga Latvijas enciklopēdija, 245.
- Kļaviņš, M., u.c. 2008. *Klimata mainība un globālā sasilšana*. Rīga. Latvijas Universitātes akadēmiskais apgāds, 9.
- Kronītis, J. 1977. *Dabas aizsardzība*. Rīga. Liesma, 91. – 98.
- Lettenmaier D.P., 1988, Multivariate non.parametric tests for trend in water quality, *Water Resources Bulletin*, 24, 505-512.
- Loftis J.C., Taylor C.H. and Chapman P.L., 1991, Multivariate tests for trend in water quality, *Water Resources Research* 27, 1419-1429.
- Lūmane, H. 1997. Rāznas ezers. Grām. G. Kavacs (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*. 4.sēj. Preses nams, Rīga, 225.
- Melluma, A., Leinerte, M. 1992. *Ainava un Cilvēks*, Avots, Rīga, 82. – 83.
- Pastors, A. 1967. *Latvijas PSR mazā enciklopēdija*. I sēj., Rīga, Zinātne, 278.
- Pastors, A. 1970. *Latvijas PSR mazā enciklopēdija*. III sēj., Rīga, Zinātne, 140. - 590.
- Stakle, P. 1931. *Hidrometriskie novērojumi Latvijā par laiku līdz 31/X 1929.g*. Rīga, Jūrnieceības departaments, 408.
- Stakle, P. un Kanaviņš, E. 1941. *Latvijas iekšzemes ūdeņu hidrometriskie pētījumi no 1929.g. 1. XI līdz 1940.g. 31.X*. Rīga, Jūrnieceības pārvaldes izdevums, 624.
- Temņikova, N. 1975. Klimats. Grām. V. Pūriņš (red.) *PSR ģeogrāfija*, Rīga, Zinātne, 45. – 54.
- Tidriķis, A. 1994. Burtnieku ezers. Grām. G. Kavacs (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*. 1. sēj. Rīga. Latvijas enciklopēdija, 175. - 176.
- Zelčs, V. 1994. Burtnieka līdzenums. Grām. G. Kavacs (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*. 1. sēj. Rīga. Latvijas enciklopēdija, 174. - 175.
- Zelčs, v. 1995. Ezeru ģenēze. Grām. G. Kavacs (red.) *Latvijas daba: enciklopēdija*. 2. sēj. Rīga Latvijas enciklopēdija, 65.
- Zīvertis, A. 2004. *Hidroloģija (Ievads un hidroloģiskie aprēķini)*, Jelgava, LLU, 104.

Ziņojums konferencē:

Kriķītis, M. 2011. Usmas ezera hidroloģiskā režīma ilgtermiņa izmaiņas. *Latvijas Universitātes 64.zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 124.–126.

Kartogrāfiskie materiāli:

Fizioģeogrāfiskā karte. 1997. Turlajs, J.(galv. red.) *Pasaules ģeogrāfijas atlants*. Rīga, Apgāds Jāņa sēta, 10 – 11.

Interneta resursi:

- Biedrība "Latvijas ezeri" [Bez dat.] *Rāzņas ezers*. Ezeri.lv. Sk. 28.03.2011 Pieejams <http://www.ezeri.lv/database/2196/>
- Biedrība "Latvijas ezeri" [Bez dat.] *Burtnieku ezers.*. Ezeri.lv. Sk. 28.03.2011 Pieejams <http://www.ezeri.lv/database/1846/>
- Biedrība "Latvijas ezeri" [Bez dat.] *Usmas ezers*. Ezeri.lv. Sk. 28.03.2011 Pieejams <http://www.ezeri.lv/database/2326/>
- LVĢMC [Bez dat.] Gaujas upju baseinu apgabals. LVĢMC. Sk. 11.04.2011 Pieejams http://www.meteo.lv/public/27823.html?doc_print=1
- LVĢMC [Bez dat.] Ventas upju baseinu apgabals. LVĢMC. Sk. 11.04.2011 Pieejams http://www.meteo.lv/public/27826.html?doc_print=1
- LVĢMC [Bez dat.] Daugavas upju baseinu apgabals. LVĢMC. Sk. 11.04.2011 Pieejams http://www.meteo.lv/public/27824.html?doc_print=1
- Burtnieku novads [Bez dat.] Burtnieku ezers. Burtnieku novada pašvaldība. Sk. 28.04.2011 Pieejams <http://www.burtniekunovads.lv/burtnieku-ezers>
- LIIS [Bez dat.] *Burtnieka ezera raksturojums un ekoloģija*, Latvijas izglītības informatizācijas sistēma. Skat. 11.04.2011 Pieejams <http://www.liis.lv/burtnieks/viss.html>
- Nikodemus, O. [Bez dat.]. *Latvijas fiziskā ģeogrāfija*. Sk. 03.04.2010. Pieejams <http://latvijas.daba.lv/ainava/>

Nepublicētie materiāli:

- Apsīte, E., Bakute, A., Rudlapa, I., 2009. Change of total annual runoff distribution, high and low discharges in Latvian Proc. of Latv. Acad. Sci., Section B.
- Vides monitoringa programma 2009. – 2014. LVĢMC. 2010.
- Apsīte, E. Lekciju materiāli. 2010.

Bakalaura darbs „Rāznas, Burtnieku un Usmas ezeru hidroloģiskā režīma ilgtermiņa izmaiņas” izstrādāts LU ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Mārtiņš Kriķītis

paraksts

datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: doc. Dr. geogr. Elga Apsīte

paraksts

datums

Recenzents: Mag. geogr. Dr. geogr. stud. Guntars Godiņš

Darbs iesniegts Ģeogrāfijas nodaļas lietvedībā 23.05.2011

Nodaļas lietvede

paraksts

datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvēts Dabas zinātņu bakalaura ģeogrāfijā akadēmisko studiju gala pārbaudījumu gala sēdē

.....
gads, datums, mēnesis

protokola nr.

vērtējums

Sekretārs

paraksts

datums