

DATORREDZES METODES PIELIETOJAMĪBA GRAUDZĀĻU KARTĒŠANĀ AR BEZPILOTA GAISA KUĢI

Līga ĀBOLIŅA, Jurijs JEŠKINS, Solvita RŪSIŅA

LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, e-pasts:

liga.abolina56@gmail.com; Jurijs.Jeskins@lu.lv; Solvita.Rusina@lu.lv

Pētījuma pamatteritorija ir Liepājas ezera piekraste, projekta GrassLIFE2 ietvaros tiks atjaunotas dabiskās pļavas, tas ir Eiropas Savienības LIFE programmas finansēts projekts, kura mērķis ir atjaunot izzūdošos zālājus Latvijā un veicināt to ilgtspējīgu apsaimniekošanu (GrassLIFE 2019).

Mūsdienās daudzi no aizsargājamajiem zālāju biotopiem ir sliktā aizsardzības stāvoklī, jo iepriekš ir bijusi intensīvāka apsaimniekošana, mēslošana, pamešana, tas ir radījis zālajos nepiemērotu veģetācijas struktūru kopējai biotopu daudzveidībai, kas zālājiem ir raksturīgi un viena no šīm problēmām ir ekspansīvās lakstaugu sugas. Dabisko zālāju atjaunošanā viens no uzdevumiem ir šo ekspansīvu sugu ierobežošana, ko veic izvēloties atbilstošāko ierobežošanas veidu atkarībā no savairošanās iemesla un sugas daudzuma zālājā. Lai novērtētu atjaunošanas sekmes, nepieciešams noskaidrot šo augu sugu izplatību un tās izmaiņas atjaunošanas faktoru ietekmē. Ekspansīvās sugas ir daudz un dažādas, bet šajā darbā uzmanība tiek pievērsta zilganajai molīnijai un parastajai ciņusmilgai, šīs sugas ir maz pētītas ar attālinātām metodēm. Abas pētāmās sugas ir graudzāles, un to uzskaitē ir laikietilpīga, taču, attīstoties tehnoloģijām, ir radušās iespējas sugu kartēšanu veikt izmantojot tālzipēti. Pētāmās sugas aug blīvā cerā, kas veido ciņus, tieši šī īpašība palielina iespēju sugu kartēt ar attālinātām metodēm.

Bezpilota gaisa kuģis jeb drons tiek uzskatīts par efektīvu instrumentu kā kartēt augu sugas attālināti, ar tā palīdzību ir iespējams iegūt augstas izšķirtspējas aerofotoattēlus, izveidojot ortofoto ir iespējams nokartēt atsevišķas augu sugas un veikt teritorijas monitoringu gan īstermiņā, gan ilgtermiņā (Jones et al. 2010).

2023. gada pavasarī, vasarā un rudenī tika veikti lauka darbi - lidojumi ar bezpilota gaisa kuģi *DJI Phantom 4 RTK* 35m, 50m un 70m augstumā, augu sugu zinātniskais monitorings, pētāmo augu sugu ciņa diametra mērīšana, augu indivīdu precīzo koordinātu uzņemšana ar GPS uztvērēju *Emlid Reach RS2* kopā ir iegūtas 259 koordinātas zilganās molīnijas augu eksemplāriem un 273 parastai ciņusmilgai.

Pētījums ietver metodiska darba izstrādi. Darba mērķis ir noskaidrot zilganās molīnijas un parastās ciņusmilgas augu indivīdu kartēšanas iespējas, izmantojot datorredzes metodi un ar bezpilota gaisa lidaparātu iegūto augstas izšķirtspējas ortofoto, noskaidrot metodes precizitāti, secinot kurā sezonā un augstumā to vislabāk izdodas veikt.

Lai pētāmās augu sugas varētu nokartēt, darbā tiek izmantota datorredzes metode, tā ietver objektu bāzēto attēlu atpazīšanu (angļu val. - *Object based image analysis* jeb *OBIA*). Šī metode ir alternatīva tradicionālajai uz pikseliem balstītajai attēlu klasifikācijai, kur katram pikselim tiek piešķirta klase, šī metode segmentē attēlu, sagrupējot pikselus vektoru objektos, ņemot vērā objekta formu un izmēru, kā arī spektrālās īpašības (GisGeography 2024).

Pirmais solis objektu bāzētajā attēlu atpazīšanā ir segmentācijas process, segmentācijas veikšanai tiek izmantots *Orfeo toolbox* brīvpieejas spraudnis, kas tika atvērts ar *QGIS 3.34.4* programmas palīdzību. Segmentācijas rezultātā tiek iegūts vektordatu slānis, kurā katrs poligons attēlo kāda objekta robežas. Veicot segmentāciju, nepieciešamie parametri tika pielāgoti gan aprēķinot segmenta minimālo laukumu pēc lauka darbos iegūtās informācijas par auga diametru, gan eksperimenta veidā vizuāli pielāgojot, lai izveidotie segmenti pēc iespējas precīzāk atbilstu abu pētāmo augu sugu kontūrām. *Orfeo toolbox* visbiežāk tiek pielietots pilsētvides pētījumos, pamatā izmantojot satelītattēlus, tas norāda uz metodes pielietošanas trūkumu pētījumos, kas fokusējas uz augu sugu klasifikāciju, izmantojot aerofoto (Luka et al. 2019). Nākošais solis ir klasifikācijas veikšana, katram pikselim piešķirot konkrētas klases vērtību, klasifikācija tika veikta ar *SNAP 9.0.0* programmu, klasifikācijai tika izmantots *Random Forest* klasifikācijas algoritms. Nākošais pētījuma solis ir apvienot segmentācijas procesā iegūtos segmentus ar klasifikācijas rezultātu. Katrā segmentā atrodas noteikts pikseļu skaits un katram pikselim ir piešķirta konkrēta klase, ko tas satur. Pēc klasifikācijas rezultātā iegūtās informācijas, katram segmentam tiek piešķirta sava klase, attiecīgi - kuras klases pikseli tajā atrodas visvairāk. Pēdējais pētījuma solis ir salīdzināt segmentu klases ar lauka darbos iegūtajiem augu indivīdu GPS punktiem un aprēķinot kļūdu secināt, cik precīzi ir sanākusi pētāmo sugu noteikšana.

Liela nozīme īpaši ilgtermiņa pētījumos ir precīzam veģetācijas monitoringam, tāpēc ir būtiski izvēlēties piemērotāko tehniku konkrētā monitoringa veikšanai. Vairākos pētījumos ir uzsvērts, ka augu sugu kartēšana ir precīzāka, ja aerofoto iegūšanai izmanto bezpilota gaisa kuģi ar multispektrālo kameru (López-Granados et al. 2016). Tāpat precizitāte ir augstāka, ja kartējamais augs izceļas vizuāli - ar formu, krāsu vai ideālā gadījumā zem tā vai tam apkārt ir kāds fons, kas augu izceļ, piemēram, ūdens. Pētījuma procesā tika secināts, ka zilganā molīnija pēc krāsas izceļas nedaudz vairāk nekā parastā ciņusmilga, taču abi pētāmie augi būtiski neizceļas zālāja struktūrā, tas ir, ap tiem nav atšķirīgs fons, kas tos izceļ, šis iemesls var būtiski ietekmēt kartēšanas rezultāta precizitāti.

Izmantotā literatūra:

- GisGeography. 2024. OBIA - Object Based Image Analysis. Pieejams <https://gisgeography.com/obia-object-based-image-analysis-geobia/>
- GrassLIFE. 2019. Projekts GrassLIFE: Zālāju atjaunošana un to dažādas izmantošanas veicināšana LIFE16NAT/LV/262. Pieejams <https://grasslife.lv/projekta-pase/>
- Jones, T. G., Coops, N. C., Sharma, T. (2010) Assessing the utility of airborne hyperspectral and LiDAR data for species distribution mapping in the coastal Pacific Northwest, Canada. *Remote Sensing of Environment*, 114(12): 2841-2852.
- Luca, D. G., Silva, N., Cerasoli, J. M., Araújo, S., Campos, J., Di Fazio, J., Modica, G. (2019) Object-based land cover classification of cork oak woodlands using UAV imagery and Orfeo ToolBox. *Remote Sensing*, 11(10): 1238.
- López-Granados, F., Torres-Sánchez, J., De Castro, A. I., Serrano-Pérez, A., Mesas-Carrascosa, F. J., Peña, J. M. (2016) Object-based early monitoring of a grass weed in a grass crop using high resolution UAV imagery. *Agronomy for sustainable development*, 36: 1-12.

**LATVIJAS UPJU GADA MAKSIMĀLĀ CAURPLŪDUMA APJOMA UN TĀ
IESTĀŠANĀS DATUMA SEZONĀLĀS UN ILGTERMIŅA IZMAIŅAS**
Elga APSĪTE¹, Didzis ELFERTS², Agrita BRIEDE¹, Jānis Lapinskis¹, Līga KLINTS³

¹ LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, e-pasts:

Elga.Apsite@lu.lv; Agrita.Briede@lu.lv; Janis.Lapinskis@lu.lv

² Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, e-pasts: didzis.elferts@silava.lv

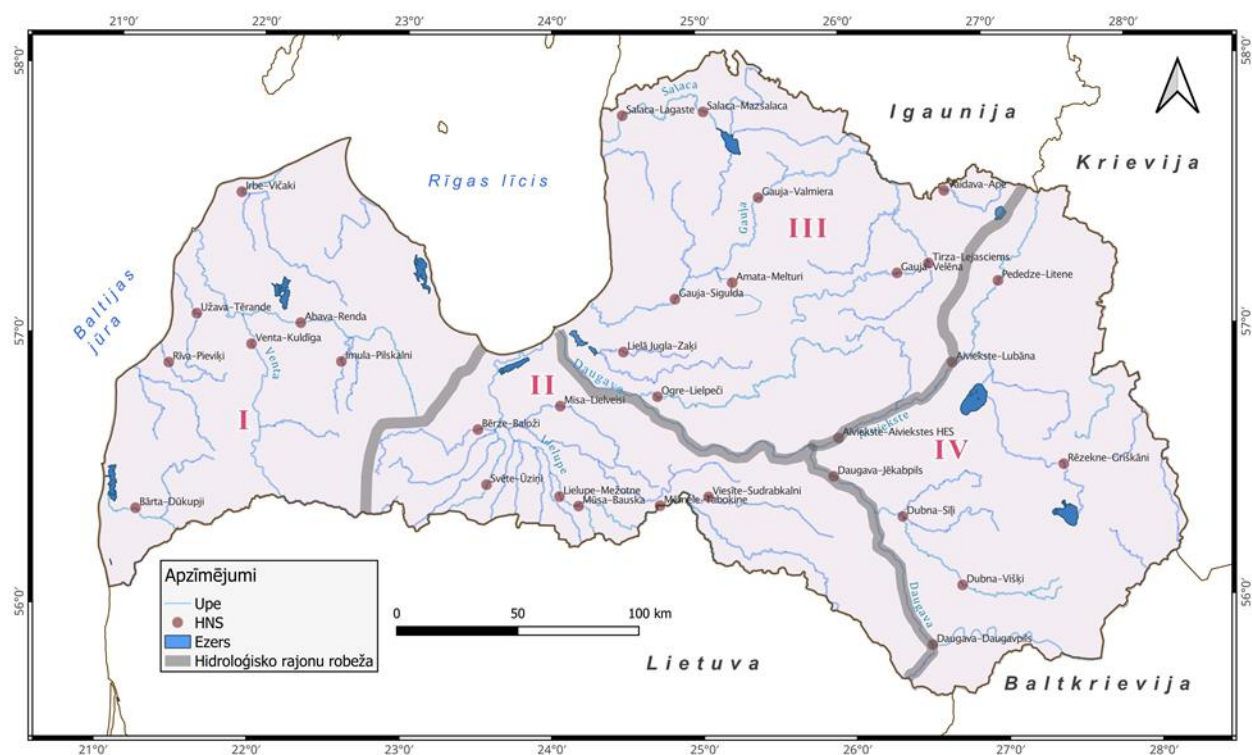
³ Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, e-pasts: liga.klints@lvgmc.lv

Plūdu ietekme izpaužas divējādi uz cilvēku - sociāli un ekonomiski, kā arī uz ekosistēmām (piemēram, ekoloģisko stāvokli un piesārņojuma izplatīšanos). Mūsdienu klimata pasiltināšanās izmaina plūdu sezonalitāti no sniega kušanas dominantes uz sniega-lietus dominanti upju hidroģiskajā režīmā mērenajos platumā grādos, kas ietekmē ūdens apsaimniekošanas stratēģiju – plūdu riska mazināšanu, dzeramā ūdens nodrošināšanu un hidronerģētiku (Matti et al., 2017; Bari et al., 2023). Visbiežāk plūdu analīzē izmanto hidroģisko parametru kā gada maksimālo caurplūdumu. Mūsu pētījuma mērķis ir noskaidrot Latvijas upju gada maksimālā caurplūduma apjoma un tā iestāšanās datuma sezonālās un ilgtermiņa izmaiņu tendences un reģionālās īpatnības no 1950./51.-2021./22. hidroģiskajam gadam.

Pētījumā datu analīzē pamatā izmantots gada maksimālais caurplūdums (Q_{max} , m^3s^{-1}) un tā iestāšanās datums (laiks). Datu laika rindas analizētas ar statistiskajām metodēm. Sezonalitātes analīzē izmantoti matemātiskie aprēķini (procentos un procentpunktos) un cirkulārā jeb virziena statistika pēc Releja testa (Rayleigh test), kur dati apstrādāti ar datorprogrammatūru “R” 4.3.2.versiju (R Core Team, 2023). Savukārt trendu statistikā izmantotas trīs metodes: “Teila-Sena metode” (Theil-Sen method) trenda slīpuma un “Manna-Kendala tests” (Mann-Kendal test) trenda aprēķināšanai katrai hidroģiskajai novērošanas stacijai (HNS) ar datorprogrammatūru “MAKENSENS” (Salmi et al., 2002), kā arī “Valkera tests” (Walker test) trenda statistikas aprēķināšanai reģionālajā līmenī (Wilks, 2006). Visiem testiem nozīmības līmenis noteikts pie $\alpha < 0,05$.

Pētījums veikts par 32 upju HNS datu laika rindām, kuras sadalās pa četriem hidroģiskajiem rajoniem pēc L. Glazačevas (Glazacheva, 1980): Rietumu, Centrālais, Ziemeļu un Austrumu (1.att.); kā arī trijos pētījuma periodos: 1950./51.-2021./22. – ietver visu periodu; 1950./51.-1986./87. – periods, kur klimata pārmaiņas ir nebūtiskas un 1987./88. -2021./22. – periods ar būtisku klimata pārmaiņu ietekmi uz upju noteci, kur 1987. gads tiek saukts par “lūzuma punktu”

hidroklimatiskajās datu rindās (Kļaviņš et al, 2007; Briede et al., 2022). Ar sezonu tiek saprasts trīs mēnešu kopums, kā parasti to izmanto hidroklimatiskajos pētījumos: pavasaris (MAM), vasara (JJA), rudens (SON) un ziema (DJF). Šajā pētījumā izmantots hidroloģiskais gads, kas sākas ar tekošā gada 1. oktobri un beidzas nākamā gada 30. septembrī (International Glossary of Hydrology, World Meteorological Organization No 385). Ikdienas caurplūduma dati iegūti no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra datu bāzes. Iztrūkstošie dati iegūti no kompaktdiska (Zīverts un Strūbergs, 2000) un lineārās regresijas analīzes, kur determinācijas koeficients $r^2 \geq 0,7$.



1.attēls. Pētījumā izmantoto upju hidroloģisko novērošanas staciju (HNS) atrašanās vietas un hidroloģiskie rajoni: I – Rietumu; II – Centrālais; III – Ziemeļu un IV – Austrumu.

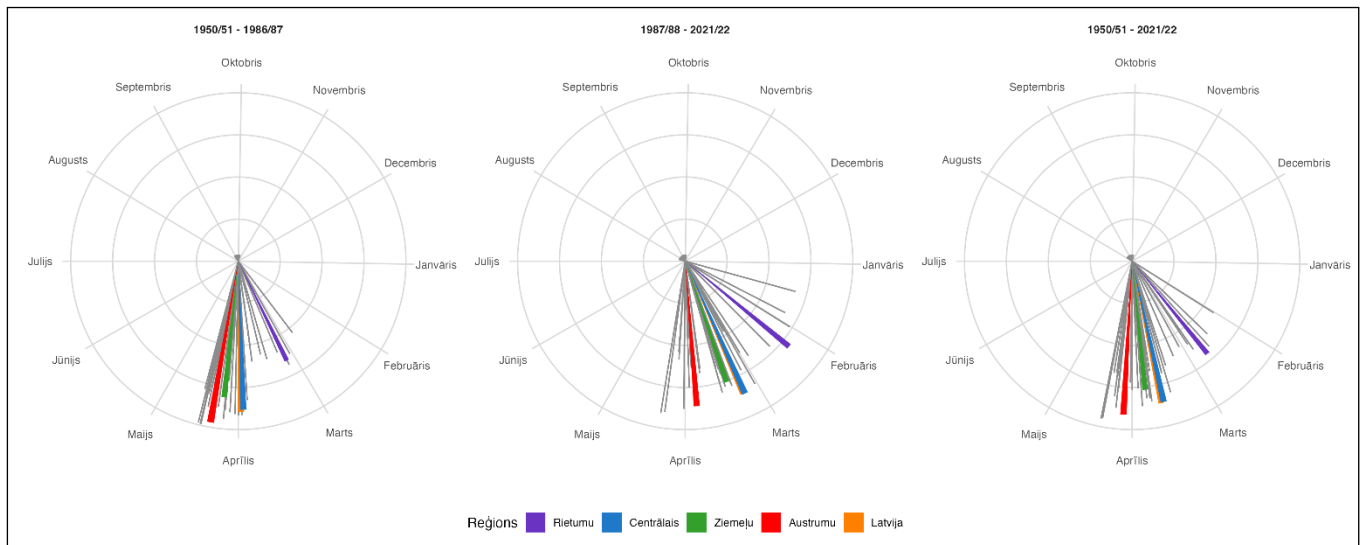
Gada Q_{max} novērojumu skaita izmaiņas pētījuma periodā no 1950./51.-1986./87. hidroloģiskajam gadam analīze parādīja, ka Q_{max} visvairāk Latvijas upēs ir iestājies aprīlī (56% gadījumu) un tā īpatsvars pieaug virzienā no rietumiem uz austrumiem. Respektīvi, vismazāk Q_{max} novērots Rietumu hidroloģiskā rajona (HR) upēm 39% no kopējā perioda novērojumu skaita, bet visvairāk – Austrumu HR 81%. Kā nākamais nozīmīgākais mēnesis ir marts no 11% Austrumu HR līdz 27% Rietumu HS un Latvijā kopumā – 18%. Gada Q_{max} vismazāk vai pat nemaz nav novērots vasaras mēnešos (jūnijā, jūlijā un augustā) visos HRs un sastāda no 0-0,8%. Ziemeļu HR Q_{max} gadījumu skaits ir nedaudz lielāks, salīdzinot ar pārējiem HR.

Var secināt, ka būtiska klimata pasiltināšanas ietekmes rezultātā uz upju noteci periodā no 1987./88.-2021./22. hidroloģiskajam gadam, Latvijā kopumā gada Qmax vēl joprojām visbiežāk novērots aprīlī (29%), tam seko marts (23%) februāris (15%) un janvāris (13%), maijs (4,8%) un decembris (4,6%). Salīdzinot hidroloģiskos rajonus, Austrumu un Ziemeļu HRs visbiežāk gada Qmax novērots aprīlī, attiecīgi par 42% un 36%. Savukārt Centrālajā HR – martā 31% un Rietumu HS februārī un janvārī, attiecīgi 22% un 21%. Visos HRs gada Qmax aizvien biežāk bija iestājies agrākos mēnešos, t.i., decembrī, janvārī, februārī un martā. Vismazāk gada Qmax gadījumu skaits bija novērots visos HRs vasarā un rudenī, attiecīgi 0-3,3% un 0-5,7% no kopējā novērojumu skaita pētījuma periodā.

Salīdzinot abus pētījuma periodus (t.i., 1987./88.-2021./22. pret 1950./51.-1986./87.), kā tas bija sagaidāms, tad vislielākās procentuālās izmaiņas Latvijas upēs ir konstatētas aprīlī, februārī un janvārī, attiecīgi par -33, 14 un 11 procentpunktiem. Aprīļa mēnesī vislielākais Qmax novērojumu skaita samazinājums bija Austrumu un Ziemeļu HRs (attiecīgi par -39 un -38 procentpunktiem), vismazākais - rietumu HR (-26 procentpunktiem). Savukārt lielākais novērojumu skaita pieaugums konstatēts februāra mēnesī Rietumu un Centrālajā HRs, attiecīgi par 22 un 19 procentpunktiem, bet martā Austrumu HR par 16 procentpunktiem un janvāra mēnesī Ziemeļu HR par 14 procentpunktiem.

Gada Qmax gadījuma mazākas skaita izmaiņas Latvijā kopumā novērotas vasaras un rudens mēnešos: pieaudzis – jūnijā (0,9 procentpunktiem), jūlijā (1,7), oktobrī (0,4) un novembrī (0,7), bet samazinājies – augustā (-0,1) un septembrī (-1,0). Novērojamas reģionālās atšķirības, piemēram, Rietumu HR Qmax gadījuma skaita daudzums ir samazinājies arī oktobrī un novembrī, attiecīgi par -1,5 un -2,0 procentpunktiem.

Izmantojot cirkulārās statistikas metodi pēc Releja testa, var noteikt gada Qmax sezonālītātes izteiktību (stiprumu), kuru nosaka pēc R vērtības (jeb rādiusa garuma). Tas ir, jo R vērtība ir tuvāk skaitlim viens, jo sezonālītāte ir vairāk izteikta (2. att.). Novērojuma periodā no 1987./88.-2021./22. hidroloģiskajam gadam mazākā vidējā R vērtība bija noteikta Rietumu HR ($R=0,66$), tam seko Ziemeļu ($R=0,81$), Centrālais ($R=0,86$), Austrumu ($R=0,97$), bet Latvijā kopumā $R=0,90$. Savukārt pēc gada Qmax vidējiem iestāšanās datumiem hidroloģiskie rajoni ir izkārtājušies šādā secībā: Rietumu HR – 5. marts, tam seko Centrālais – 29. marts, Ziemeļu – 6. aprīlis, Austrumu – 10. aprīlis un Latvijā kopumā vidēji – 30. marts.



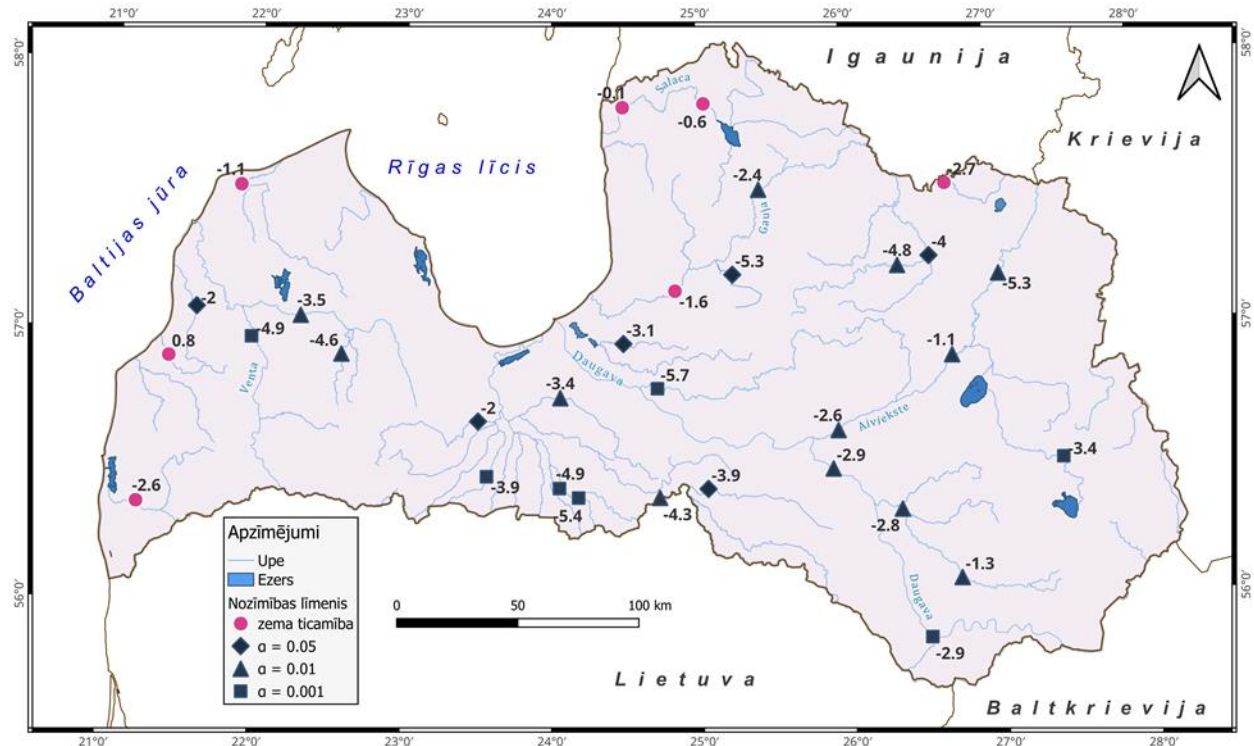
2.attēls. Cirkulārās statistikas metodes (pēc Releja testa) rezultāti.

Šāda hidroloģisko rajonu secība gan R garuma vērtībai, gan gada Q_{max} iestāšanās datumam saglabājas arī pārējos pētījuma periodos. Ja salīdzina pētījuma periodu 1987./88.-2021./22. pret 1950./51.-1986./87., tad gada Q_{max} R garuma vērtības ir nedaudz mazākas gandrīz visiem hidroloģiskajiem rajoniem un Latvijā kopumā, izņemot Rietumu HR. Savukārt gada Q_{max} iestāšanās vidējais datums novērots agrāk visiem hidroloģiskajiem rajoniem un Latvijā kopumā. Tas būtu skaidrojams ar to, ka paliek siltākas ziemas un pavasara pali novērojami ātrāk un to apjoms ievērojami samazinās. Turklāt pavasara palu veidošanās ir atkarīga no sniega kušanas un lietus ūdeņu komponentu izmaiņām.

Releja testa rezultāti parādīja, ka hipotēze par vienveidību tiek noraidīta un pastāv būtiska novirze no vienveidības visos pētāmajos baseinos ($\alpha < 0,0001$). Tas parāda, ka gada Q_{max} pastāv izteikta sezonālitate visos Latvijas upju baseinos, kuriem raksturīgs sniega kušanas ūdeņu un jaukta tipa sniega kušanas, kā arī lietus ūdeņu noteces režīms ar izteiktu vienu pīķi gada hidrogrāfā un kuriem ir izteikta asimetrija.

Lai trenda statistikas rezultāti būtu salīdzināmi starp dažāda izmēra upju baseiniem, gada Q_{max} tika pārrēķināts par īpatnējo noteces moduli (M_{max} , $Ls^{-1} km^{-2}$). Pēc Teila-Sena slīpuma metodes tika aprēķinātas trenda vērtības, kas parāda gada M_{max} apjoma izmaiņas desmitgadē. Pētījums parādīja, ka Latvijas upēm M_{max} apjoma trenda vērtības mainās no 0,8 (Rīva-Pievīķi) līdz -5,7 (Ogre-Lielpēči) $Ls^{-1} km^{-2} dekādē^{-1}$ (3.attēls). Desmit upju novērojuma stacijās trenda vērtība bija vienāda vai lielāka par $-4 Ls^{-1} km^{-2} dekādē^{-1}$. Vislielākā vidējā trenda vērtība ir Centrālajam HR

($-4 \text{ L/s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ dekādē}^{-1}$) un Ziemeļu HR ($-3 \text{ L/s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ dekādē}^{-1}$), vismazākās – Rietumu un Austrumu HR, attiecīgi $-2,6$ un $-2,7 \text{ l/s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ dekādē}^{-1}$. Latvijā vidēji trenda vērtība sastādīja $-3 \text{ L/s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ dekādē}^{-1}$.

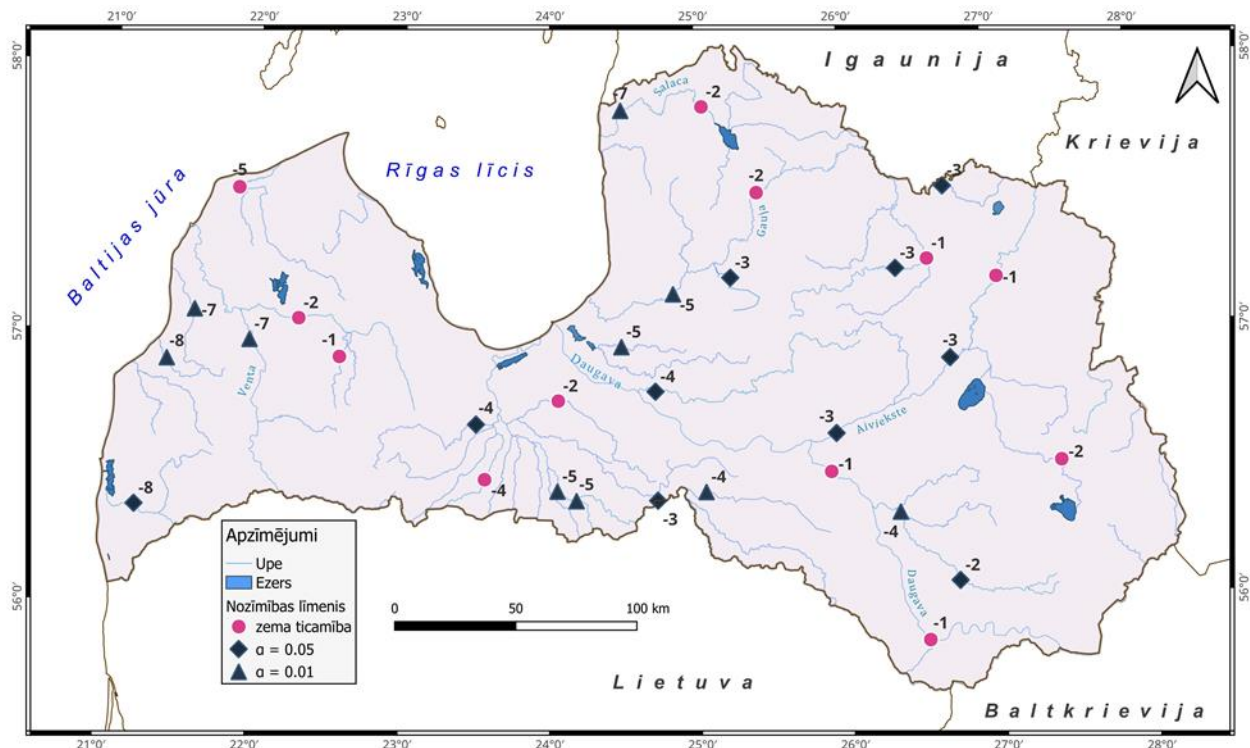


3.attēls. Gada Mmax apjoma trenda statistikas rezultāti, izmantojot Manna-Kendala testu (tumši zilo un rozā krāsu simboli) un Teila-Sena metodi (skaitļi pie simboliem). Ja vidējā trenda vērtība ir pozitīva, tad arī trends visās HNS būs pozitīvs un otrādi.

Manna-Kendella testa rezultāti parādīja (3. att.), ka visām pētītajām upēm gada Mmax apjoma trends ir negatīvs, izņemot Rīva-Pievīķi stacijai, kurai tas ir pozitīvs, bet statistiski nebūtisks trends. Divām Rietumu HR upju stacijām (Bārta-Dūkupji un Irbe-Vičaki) un četrām Ziemeļu HR upju stacijām (Gauja-Sigulda, Vaidava-Ape, Salaca-Lagaste un Salaca-Mazsalaca) trendi ir negatīvi un statistiski nebūtiski. Pārējās pētīto upju stacijās gada Mmax apjomam trendi bija negatīvi, statistiski būtiski pie $\alpha < 0,05$ ticamības līmeņa, tas ir 81% gadījumos.

Kā redzams 4. attēlā, pēc Teila-Sena metodes Latvijas upēm gada Qmax iestāšanās datuma (dienu skaits no atskaites datuma 1. oktobra) trenda vērtības mainās no -1 diena dekādē⁻¹ (Imula-Pilskalni, Daugava-Daugavpils un Daugava-Jēkabpils) līdz -8 dienām dekādē⁻¹ (Bārta-Dūkupji un Rīva-Pievīķi). No 32 pētāmajām upju stacijām 9 stacijām ir trenda vērtība vienāda vai lielāka par -5 dienām dekādē⁻¹. Pētījums parādīja, ka vislielākā vidējā trenda vērtība bija Rietumu HR upēm (-6

dienas dekādē⁻¹), tam sekoja Centrālais un Ziemeļu HR (-4 dienas dekādē⁻¹) un Austrumu HR (-2 dienas dekādē⁻¹). Latvijā kopumā trenda vērtība sastāda -4 dienas dekādē⁻¹. Tas būtu skaidrojams ar to, ka paliek siltākas ziemas un pavasara pali novērojami ātrāk, un to apjomi ievērojami samazinās ar mazāk vai vairāk izteiktu gradāciju no rietumiem uz austrumiem, kas ir līdzīgs Latvijas klimata meridionālajai zonalitātei.



4.attēls. Gada Qmax iestāšanās datuma trenda statistikas rezultāti, izmantojot Manna-Kendala testu (tumši zilo un rozā krāsu simboli) un Teila-Sena metodi (skaitļi pie simboliem). Ja vidējā trenda vērtība ir pozitīva, tad arī trends visās HNS būs pozitīvs un otrādi.

Manna-Kendala testa rezultāti parādīja, ka visām Latvijas upēm ir novērojams negatīvs trends. divdesmitvienai novērošanas stacijai jeb 66% gadījumos trendi bija statistiski būtiski pie $\alpha < 0,05$ un $\alpha < 0,01$ ticamības līmeņiem.

Valkera testa rezultāti parādīja, ka gada Mmax apjomam un Qmax iestāšanās datumam ilgtermiņa izmaiņas reģionu līmenī bija statistiski nozīmīgas pie $\alpha < 0,01$ ticamības līmeņa visiem hidroloģiskajiem rajoniem un Latvijā kopumā, bet Centrālajā HR upes trends bija statistiski būtisks pat pie $p < 0,001$ ticamības līmeņa.

Šajā pētījumā tika arī meklēta sakarība, kāda pastāv starp gada M_{max} apjomu un gada Q_{max} iestāšanās datumu. Iegūtie rezultāti parādīja, ka nav izteikta sakarība starp šiem rādītājiem, jo pastāv salīdzinoši liela datu izkliede.

Izmantotā literatūra:

- Bari M.A., Amirthanathan G.E., Woldemeskel F.M., Paul Martinus Feikema P.M. (2023) Changes in Magnitude and Shifts in Timing of Australian Flood Peaks, *Water*, 15, 3665: 1-27. <https://doi.org/10.3390/w15203665>
- Briede A., Apsīte E., Elferts D., Koļcova T. (2022) Trends and regime shifts in climatic parameters and river runoff in Latvia for the period 1951–2020. The XXXI Nordic Hydrological Conference: Hydrology and Water-related Ecosystems, 15-18 August 2022, Tallinn, Estonia
- Glazacheva, L. (1980) Hydrological Districts. The Elaboration of Methodology. University of Latvia, Riga (in Russian)
- International Glossary of Hydrology, World Meteorological Organization No 385: <https://library.wmo.int/viewer/35589/?offset=#page=181&viewer=picture&o=search&n=0&q=YEAR> (skatīts 2024. gada 8. februārī)
- Kļaviņš, M., Rodinovs, V., and Draveniece, A. (2007) Largescale atmospheric circulation processes as a driving force in the climatic turning points and regime shifts in the Baltic region. In: B.M. Kļaviņš, ed. *Climate change in Latvia*. Rīga: Latvijas Universitāte, 45–57.
- Matti B., Dahlke H.E., Dieppois B., Lawler D.M., Lyon S.W. (2017) Flood seasonality across Scandinavia—Evidence of a shifting hydrograph? *Hydrological Processes*, 1–17. <https://doi.org/10.1002/hyp.11365>
- R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Salmi T., Määttä A., Anttila P., Ruoho-Airola T., Amnell T. (2002) Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimate - The Excel template application MAKESENS. *Publications on Air Quality* 31. Finnish Meteorological Institute, Helsinki.
- Wilks D.S. (2006) On “Field Significance” and the False Discovery Rate. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*: 45, 1181–1189. <https://doi.org/10.1175/JAM2404.1>
- Zīvertis A., Strūbergs J. (2000) Hidroloģiskie aprēķini Latvijā (CD). Jelgava, LLU

FISH INTRODUCTION IN LATVIA

Janis BIRZAKS

University of Daugavpils, e-mail: Janis.Birzaks@du.lv

Fish are simultaneously one of the most introduced and most threatened animal groups (Gozlan et al. 2010). Fish introductions have been made for many different reasons, but have mainly been driven by aquaculture (Welcomme, 1992). Aquaculture also includes the trade, import, transport, and intentional or accidental release of live freshwater fish (Britton et al., 2011). It is and will remain the most important pathway for fish introductions (Rabitsch et al., 2013). In Latvia, most of the non-native species were initially introduced for stocking into natural watercourses, but were subsequently reintroduced later, both for aquaculture and for release. In Europe, the introduction of fish began with the spread of Christianity (Balon, 1995), but on a larger scale began in the 19th century with the development of artificial fish farming technologies and improvements in the transport of alive fish (Welcomme, 1992). After World War II, it increased, declining substantially from the 1990s (Britton and Gozlan, 2013). In Latvia, the introduction and translocation of non- native fish species was a common fisheries management practice from the 19th century onwards (Andrušaitis, 1960; Aleksejevs and Birzaks 2011), which has persisted to some extent today.

History of fish introduction in Latvia

In total 28 species have been introduced into Latvian inland waters, of which four have naturalised. They represented 9.5% of the Latvian freshwater fish fauna, which includes 42 fish and lamprey species (Aleksejevs and Birzaks, 2011).

The introduction of fish into Latvia can be divided into three periods: 1) from the Middle Ages to 1940, 2) the Soviet period from 1940 to 1990, when Latvia was occupied and incorporated into the USSR, and 3) from the 1990s to the present.

Six fish species were introduced into Latvia during the first introduction period: carp *Cyprinus carpio*, sterlet *Acipenser ruthenus*, rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Peipsi whitefish *Coregonus maraenoides*, brook trout *Salvelinus fontinalis*. Carp is believed to have been cultivated in ponds belonging to monasteries from the 13th century (Andrušaitis, 1960).

In Latvia, the highest number of alien species was introduced between 1940 and 1990 (second period) - 21 species: Prussian carp *Carassius gibelio*, ripus *Coregonus ladogae*, ludoga *Coregonus luttoka*, Baikal cisco *Coregonus migratorius*, inconnu *Stenodus nelma*, peled *Coregonus peled*, broad whitefish *Coregonus nasus*, volkhov whitefish *Coregonus baerii*, striped bass *Morone saxatilis*, grass carp *Ctenopharyngodon idella*, black carp *Mylopharyngodon piceus*, bighead carp *Hypophthalmichthys nobilis*, silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*, beluga *Huso huso*, Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*, Siberian sturgeon *Acipenser baerii*, chum salmon *Oncorhynchus keta*, pink salmon

Oncorhynchus gorbuscha, coho salmon *Oncorhynchus kisutch* and Amur sleeper *Percottus glenii*. Most of the species introduced during this period were from the European and Asian parts of the former USSR.

Since 1990 (third period), only one species Atlantic sturgeon *Acipenser oxyrinchus* has been introduced into Latvia.

Objectives, rationale and results of fish introductions

The goals and motivation of the introduction of non-native fish species have been very diverse. In Eastern Europe, it has typically been carried out through the introduction of new species for aquaculture, supplementation of existing stocks with new species for fisheries or angling purposes, ornamental and aquarium purposes, accidental releases, biomanipulations and unknown ("trivial") reasons (Holčik, 1991).

The first hatchery in Latvia was established in 1885, followed by several others built between then and 1939. In 1929, a state-owned and subsidized hatcheries was established. Their main function was the rearing of juveniles of native fish species for restocking, as well as the hatching of non-native fish species (Andrušaitis, 1960).

Table 1. Stocking of non- indigenous fish in waterbodies by periods

Period		Type of waterbody			Rate of introduction	
		Lakes	Rivers	Reservoirs	Number of stockings	Number of introduced species
I	<1940	38	14	0	116	6
II	1941- 1990	308	16	40	2007	21
II	>1990	66	10	19	233	1

Latvia's occupation and incorporation into the USSR in 1940 and until its collapse in 1990-1991 (second period), the most extensive introductions were carried out. This was largely driven by the post-war recovery and ambitious plans of hydropower development in the region. Significant losses to fisheries were predicted due to the loss of reproductive habitats of diadromous species in the rivers and a decline of the biological productivity of the Gulf of Riga (Pischula, 1960; Malikova, 1966; Surin et al., 1967; Golovkov and Kuzmin, 1969; Rimsh, 1977).

Fish introductions have been significantly reduced since 1990 (Table 1). This was linked to the sturgeon recovery plan in the Baltic Sea basin, when Atlantic sturgeon stocking material was imported from Canada. Recent research suggests (Popovic et al., 2014) that it is the

introduction of a non-native species, which would perhaps fill the ecological niche of a lost native species.

In most cases, the introduced species failed to reproduce and disappeared from the recipient biota. Acclimatization does not necessarily result in increased fisheries and economic benefits. In the former USSR, which was a leader in fish introductions in Europe, only 3% of the stocking of alien fish resulted in a significant increase in commercial catches (Lifshits and Belousov, 1987). The results of the introduction and subsequent acclimatization were often over-optimistic and did not match the expected results.

Catches of introduced species in commercial, subsistence and recreational fisheries have in some years been no more than 3% of the total catch in inland waters of Latvia. Rainbow trout, carp, charr and Acipenseridae family and “Chinese carps” (grass, silver, bighead, and black carp) species are able to acclimatise to Latvian conditions and their populations (casual populations) can only persist with human help. Stocking of Coregonidae family species resulted in the establishment of small and economically insignificant populations of Peipus whitefish and peled in the lakes Rāznas, Alauksts, Lielais Nabas and Mazais Nabas (Aleksejevs and Birzaks, 2012). Prussian carp and Amur sleeper naturalized and are found throughout the country and into coastal waters of the Gulf of Riga (Vetemaa, 2005; Birzaks and Nitcis, 2023). Overall, the introduction of alien species into the natural waters of Latvia has failed; it did not provide new opportunities for economically important food fisheries.

In contrast to the generally ineffective introduction of fish by stocking in the wild, some species have become beneficial in aquaculture. Latvia's modern aquaculture structure was established after the collapse of the USSR in 1991. Total aquaculture production, driven by carp farming in ponds, fell from 3000 to 500 t. In addition to the carp and rainbow trout farmed during the Soviet period, the Acipenseridae (Siberian sturgeon, sterlet, and hybrid bester) and Salmonidae (artic charr) were introduced, while peled farming was discontinued. Aquaculture is the only fishery sector in Latvia that has benefited from fish introductions in terms of increased diversity of production.

Impact of introduced species

In addition to the clear benefits for aquaculture, fish introductions have had a wide range of negative impacts and associated consequences. The integration of an introduced species into an ecosystem is associated with risks to biodiversity through habitat modification, predation and competition, and the spread of new diseases and parasites (Cucherousset et al., 2011). The impact of Amur sleeper as a predator on biota has been more extensively studied. In Latvia, its impact on protected species of toads and newts has been assessed as negative (Pupins et al., 2023).

C. gibelio can cause significant changes in the structure of fish communities, becoming the dominant species. Recently, gibel carp has become one of the most abundant and dominant Cyprinidae species in the coastal waters of the Gulf of Riga, likely having a significant impact on food chains (Vetemaa et al., 2005).

Introduced species can carry diseases and parasites that can infect native fish species. The eel nematode *Anguillicolla crassus* and the Asian fish tapeworm (*Bothriocephalus acheilognathi*) were introduced into Europe and are now also found in Latvia during transport of live fish for aquaculture (Koops and Haartmann 1989; Vismanis, 1998).

Conclusions and prospects

Aquaculture and related trade, import, transport and intentional or accidental release of live freshwater fish are the most important factors for fish introductions in Latvia. Although no significant impacts of introduced fish species on biodiversity have been observed in Latvia so far, the situation may change in the future. This will be determined by the potential impacts of climate change and their interactions with anthropogenic modifications to freshwater ecosystems that have taken place in the past. In particular, the breaking down of geographical barriers between rivers created potential implementation pathways.

Due to current climate change and its interaction with other natural and anthropogenic changes in freshwater ecosystems, species (including invasive) introduced and able to naturalize in milder climates are spreading northwards (Carosi et al., 2023). In Latvia, a small country in terms of area, changes in the distribution ranges and abundance of warm- and cold-water species are also being observed (Aleksejevs and Birzaks, 2010; Aleksejevs and Birzaks, 2011). It can be foreseen that species already naturalized in geographically close areas to the SE of Latvia in Lithuania and Belarussia could potentially be introduced into Latvian freshwaters. Potentially, these could be Ictaluriade (*Ameiurus* spp.) and Centrarchiade (*Lepomis* spp.) families.

Experience also shows that even the most stringent control measures have been ineffective or insufficiently effective because the pathways of spread are so diverse and often uncontrolled. Given that alien species are still being introduced for both aquaculture and fisheries enhancement, it is more likely that introductions of species, with all their consequences, will continue (Britton et al., 2010). Nevertheless, even with the best management strategies and practices, new species will be introduced. Specific management measures for mixed fish communities with both native and non-native components will need to be developed to protect native species. There is also a need for a better understanding of the interaction between anthropogenic environmental change and climate warming on the distribution of alien species and their effects on native species, their communities, and their habitats.

References

- Aleksejevs E., Birzaks J. (2010) Zivis - potenciālie klimata izmaiņu indikatori [Fishes-potential climate change indicators]. Klimata mainība un ūdeņi. LU 68.zinātniskā konference. Rīga. 6-14. (In Latvian)
- Aleksejevs E., Birzaks J. (2011) Long-term changes in the ichthyofauna of Latvia's inland waters. *Sc. Journal of Riga Techn. Univ. Environmental and Climate Technologies*, 13 (7): 9- 18.
- Aleksejevs Ē., Birzaks J. (2012) The current status of Coregonidae in lakes of Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp., Suppl.* 3, 2012: 3 – 13.
- Andrušaitis G. (1960) Zivju savairošana un aklimatizācija Latvijā. Latvijas PSR iekšējo ūdeņu zivsaimniecība IV., Rīga: LPSR Zinātņu akadēmija, lpp. 41-70.
- Balon E.K. (1995) Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture* 129(1):3–48
- Birzaks J., Nīcis M. (2023) The importance of Natura 2000 sites and their management for the conservation of freshwater fish, lamprey and crayfish in Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 23(1): 41–57. [https://doi.org/10.59893/abud.23\(1\).004](https://doi.org/10.59893/abud.23(1).004)
- Britton J.R., Copp G.H., Brazier, M., Davies, G.D., (2011a) A modular assessment tool for managing introduced fishes according to risks of species and their populations, and impacts of management actions. *Biological Invasions* 13, 2847–2860.
- Britton J.R., Gozlan R.E. (2013) Geo-politics and freshwater fish introductions: How the Cold War shaped Europe's fish allodiversity. *Global Environ. Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.09.017>
- Carosi A., Lorenzoni, F., Lorenzoni, M. (2023) Synergistic Effects of Climate Change and Alien Fish Invasions in Freshwater Ecosystems: A Review. *Fishes*, 8, 486. <https://doi.org/10.3390/fishes8100486>
- Cucherousset J., Olden J.D. (2011) Ecological impacts of non-native freshwater fishes. *Fisheries*, 36, 5: 215- 229.
- Golovkov G. A., Kuzmin A. N. (1969) Osnovnije napravlenija ribovodnovo osvojenija peljadji v evropeiskoj castji SSSR (Main directions of fisheries exploitation of peled in the European part of the USSR) In: Kirsipuu A. *Gidrobiologijas i ribnoje hozjaistvo vnutrennih vodojemov pribaltiki*. pp. 276-281. (In Russian)
- Gozlan R.E, Britton J.R, Cowx I, Copp G.H. (2010) Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. *J. Fish Biol.* 76(4):751–86
- Holčík J. (1991) Fish introductions in Europe with particular reference to its central and eastern part. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48 (Suppl. 1): 13–23. DOI: 10.1139/f91–300
- Koops H., Haartmann F. (1989) *Anguillicola* infestations in Germany and in German eel imports. *Journal of Applied Ichthyology* 1: 41-45
- Lifsits S.M., Belousov A.M. (1979) Itogi i effektivnosti aklimatizacionnih rabot v SSSR. (Results and efficiency of acclimatization works in USSR). *Obzor informatsii TsNIITERKh* (3): 1-8. (In Russian)
- Malikova E. M. (1966) K voprosu o sohranении запасов i promisla cennih porod rib v svjzji s zaregulirovanijem Daugavi. (On the issue of hydro-engineering of valuable fish stocks in the Daugava). In: Poljakov M. N. *Ribohozjaistvennije issledovanija v baseinje Baltijskogo morja*, 1, pp.61-75. (In Russian)
- Pischula G.V. (1950) Putji razvitija ribnovo hozjaistva v Latvijskoj SSR (Directions for fisheries development in the Latvian SSR). *The bulletin of the University of Leningrad*, 8, pp. 42-56. (In Russian)
- Popovic D., Panagiotopoulou H., Baca M., Stefaniak K., Mackiewicz P., Makowiecki D., King T.L., Gruchota J., Weglenski P., Stankovic A. (2014) The history of sturgeon in the Baltic Sea – *J. Biogeogr.* 41: 1590-1602.

- Pupins M., Nekrasova, O., Marushchak, O., Tytar, V., Theissinger, K., Ceirans, A., Skute, A., Georges, J.-Y. (2023) Potential Threat of an Invasive Fish Species for Two Native Newts Inhabiting Wetlands of Europe Vulnerable to Climate Change. *Diversity* 15, 201. <https://doi.org/10.3390/d15020201>
- Rabitsch W., Milasowszky N., Nehring S., Wiesner C., Wolter C., Essl F. 2013. The times are changing: temporal shifts in patterns of fish invasions in central European fresh waters. *J. Fish Biol.* 82:17-33.
- Rimsh E. J. (1977) Opitnije raboti po aklimatizaciji tihoookeanskih lososei v Baltijskom more (Experimental works on the acclimatization of Pacific salmon in the Baltic Sea). In: Poljakov M. P. Ribohozjaistvennije issledovanija v baseinje Baltijskogo morja, 13, Zvaigzne, Rīga, pp. 100- 107. (In Russian)
- Surin A.T., Kairov E.A., Kostrickina E.M. (1967) Biologiceskoje obosnovanije Introdukii severokaspiiskogo i baikalskogo osetr v Rizskij zaljiv. (The rationale for the introduction of Caspian and Baikal sturgeons into the Gulf of Riga). In: Poljakov M.P. Ribohozjaistvennije issledovanija v baseinje Baltijskogo morja, 2, pp. 66- 82 (in Russian).
- Vetemaa M., Eschbaum R., Albert A., Saat, T. (2005) Distribution, sex ratio and growth of *Carassius gibelio* (Bloch) in coastal and inland waters of Estonia (eastern Baltic Sea). *Journal of Applied Ichthyology* 21, 287–291. doi: 10.1111/j.1439
- Vismanis K. (1998) Jauna zivju slimiba Latvijā. (New fish disease in Latvia). *Veterinārais Žurnāls* 2(36): 20–21. (In Latvian)
- Welcomme R.L. (1992) Introductions and transfers of aquatic species. *ICES mar. Sci. Symp.* 194, pp. 3-14

IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF CULTURAL ECOSYSTEM SERVICES IN THE ENGURE ECOREGION

Eriks LEITIS

Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia, e-mail:

Eriks.Leitis@lu.lv

The identification and assessment of cultural ecosystem services is gaining increasing importance in biodiversity protection and sustainable management processes at international level. In the last decade, successful preconditions for the improvement of this field of research have also developed in Latvia. Of particular appreciation are the multidisciplinary studies published within the framework of ILTER (*International Long-Term Ecological Research Network*) for the development of a conceptual model for the Engure ecoregion (Engure Ecoregion, 2013). Currently, the recent document at the national level - "Plan for the Implementation of Landscape Policy" defines relatively broadly the importance of cultural values in nature protection, including in the context of biodiversity, preserving and developing the unified cultural and natural heritage, promoting economic activity, as well as strengthening the identity of place, improving the quality of life of people (Plan for the Implementation of Landscape Policy, 2024). Significant is the section dedicated by the UN-organised Millennium Ecosystem Assessment stating that cultural services provide recreational, aesthetic, and spiritual benefits; cultures, knowledge systems, religions, and social interactions have been strongly influenced by ecosystems, Cultural Services are the nonmaterial benefits people obtain from ecosystems through spiritual enrichment, cognitive development, reflection, recreation, and aesthetic experiences (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Conceptual Framework adopted by the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) includes six interlinked elements, including anthropogenic assets, constituting a social-ecological system, promotes biodiversity conservation and other relational and instrumental values associated with human health and cultural identity (IPBES, 2015). Academic researches indicate a number of approaches to the definitions and interpretation of cultural ecosystem services. Some publications analyse the Life Framework of Values developed by IPBES: framing of people–nature relations: *Living from Nature* (respect for tradition, livelihood, employment and revenue, heritage relation to living from nature); *Living in Nature* (respect for tradition, protecting the environment, place-based identity, historic and scenic values); *Living with*

Nature (desire to protect nature or heritage, living well with other species); *Living as Nature* (heritage of cultural and natural landscapes and identities are inextricably linked); (Willemen et al., 2023; Azzopardi et al., 2023). Cultural ecosystem services are understood as relational processes and entities that people actively create and express through interactions with ecosystems (Fish et al., 2016).

There is underestimated the potential of sustainable tourism and ecotourism in the Engure ecoregion, especially the use of cultural ecosystem services and biodiversity resources. Such an approach is already of increasing importance in similar ecoregions elsewhere in the world. Understanding the future is fundamentally important for making adequate business and industry strategies, management decisions, informing policy makers, and contributing to a development of sustainable tourism (Haukeland et al., 2023), sharing information with tourists about the natural history of different wildlife species and their habitats and by helping tourists to interpret the behaviours they witness (Sthapit et al., 2023), paths and trails are essential for movement, access, and egress, provide opportunities for social interaction (Fossgard and Stensland, 2021), it represents a local knowledge case, with the purpose of exploring local stakeholders' opinions on ecotourism, assessing ecotourism as a learning tool to link conservation and sustainable development objectives (Mondino and Beery, 2019), natural and cultural heritage is at the heart of the nature-based tourism experience, quality experiences are often dependent on more than that heritage (Mandić and McCool, 2023).

Significant resources of cultural ecosystem services are located in the parishes of the Engure ecoregion municipalities: 87 cultural monuments under state protection belong to archaeological, architectural, artistic, historical and industrial heritage typology groups (Heritage, 2024), diversity of Livonian and Curonian ethnography, including the names of species and habitats, toponyms (e.g. Livonian language: *Aņģōrkilā* - the village of Engure) and hydronyms.

The research and management capacity of cultural ecosystem services has also increased due to the interdisciplinary study programme "Cultural Environment Heritage" established at the Faculty of Geography and Earth Sciences of the University of Latvia, research conducted by the faculty scientists in paleobotany, paleogeography, human geography, ecology and environmental management. It is essential to link the development of the municipal strategies, development programmes and spacial planning of the Engure eco-region to the identification and assessment of cultural ecosystem services accompanied by active public participation. Good practice in the functioning of the conceptual model of the Engure ecoregion will serve as a basis for the

development of further scientific research in earth and environmental sciences, academic discussions and the creation of equivalent ecoregions.

References:

- Azzopardi, E., Kenter, J.O., Young, J., Leakey, C., O'Connor, S., Martino, S., Flannery, W., Sousa, L.P., Mylona, D., Frangoudes, K., Béguier, I., Pafi, M., da Silva, A.R., Ainscough, J., Koutrakis, M., da Silva, M. F., & Pita, C. (2023). What are heritage values? Integrating natural and cultural heritage into environmental valuation. *People and Nature*, 5: 368–383. <https://doi.org/10.1002/pan3.10386>
- Engure Ecoregion, 2013 – Man and Nature: The Engure Ecoregion (2013) Kļaviņš, M., Meleciš, V., Eds., University of Latvia, 423 p.
- Fish, R., Church, A., Winter, M.(2016) Conceptualising cultural ecosystem services: A novel framework for research and critical engagement. *Ecosystem Services*, Volume 21, Part B: 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.002>.
- Fossgard, K., Stensland, S. (2021) Broadening the scope of resources in nature: an explorative study of nature-based tourism firms. *Journal of Ecotourism*, 20(1): 35-50. DOI: [10.1080/14724049.2020.1751650](https://doi.org/10.1080/14724049.2020.1751650)
- Haukeland, J.V., Peter Fredman, P., Tyrväinen, L., Siegrist, D., Lindberg, K. (2023) Prospects for nature-based tourism: identifying trends with commercial potential. *Journal of Ecotourism*: 1-18. DOI: [10.1080/14724049.2023.2178444](https://doi.org/10.1080/14724049.2023.2178444)
- IPBES (2022). Summary for Policymakers of the Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Pascual, U., Balvanera, P., Christie, M., Baptiste, B., González-Jiménez, D., Anderson, C.B., Athayde, S., Barton, D.N., Chaplin-Kramer, R., Jacobs, S., Kelemen, E., Kumar, R., Lazos, E., Martin, A., Mwampamba, T.H., Nakangu, B., O'Farrell, P., Raymond, C.M., Subramanian, S.M., Termansen, M., Van Noordwijk, M., and Vatn, A. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6522392>
- Mandić, A., McCool, S.F. (2023) Sustainable visitor experience design in nature-based tourism: an introduction to the Special Issue. *Journal of Ecotourism*, 22(1): 1-3, DOI: [10.1080/14724049.2022.2124765](https://doi.org/10.1080/14724049.2022.2124765)
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and human wellbeing synthesis*. Island Press.
- Mondino, E., Beery, T. (2019) Ecotourism as a learning tool for sustainable development. The case of Monviso Transboundary Biosphere Reserve, Italy, *Journal of Ecotourism*, 18:2, 107-121, DOI: [10.1080/14724049.2018.1462371](https://doi.org/10.1080/14724049.2018.1462371)
- Plan for the Implementation of Landscape Policy (2024) – Cabinet of Ministers Republic of Latvia Cabinet Order No. 238 (28.0.2024) On the Landscape Policy Implementation Plan for 2024-2027.
- Sthapit, E., Garrod, B., Coudounaris, D.N., Björk, P., Erul, E., Song, H. (2023) Antecedents and outcomes of memorable wildlife tourism experiences. *Journal of Ecotourism*: 1-24. DOI: [10.1080/14724049.2023.2272063](https://doi.org/10.1080/14724049.2023.2272063)
- Willemen, L., Kenter, J.O., O'Connor, S., Van Noordwijk, M.V. (2023) Nature living in, from, with, and as people: exploring a mirrored use of the Life Framework of Values. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 63: 101317. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101317>

LATVIJAS ILGTERMIŅA EKOĻOĢISKIE PĒTĪJUMI (LTER) UZ STARPTAUTISKO EKOSISTĒMU PĒTĪJUMU FONĀ

Viesturs MELECIS^{1,2}, Gunta SPRINĢE^{1,2}

¹LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, ²LU Bioloģijas institūts, e-pasts: Viesturs.Melecis@lu.lv,
Gunta.Springe@lu.lv

Kopš 2015. gada Latvijas Universitāte ir piedalījies četros HORIZON 2020 projektos (eLTER, Advance-LTER, eLTER PPP un eLTER PLUS) kuru mērķis ir kopējas Eiropas ilgtermiņa ekoloģisko pētījumu infrastruktūras izveidošana. Šajā laika periodā ir izstrādāta Eiropas LTER infrastruktūras shēma un darbības principi. Galvenajos vilcienos izstrādāta pētījumu programma, kontrolējamo parametru saraksts un metodiskie norādījumi šo parametru mērīšanai. Veikta dalībvalstīs esošo pētījumu vietu klasifikācija pēc to ekoloģiskās struktūras, pētījumu programmās iekļautajiem parametriem un veicamo novērojumu biežuma, izdalot 3 pētījumu vietu kategorijas. Šobrīd tiek diskutēta pētījumu metožu izvēle un precizētas potenciālās izmaksas. Lai pētījumu vieta tiktu iekļauta Eiropas LTER sistēmā kā 1. vai 2. kategorijas vieta, tai ir jāatbilst WAILS (*Whole system Approach for In-situ & Long-term environmental System research on life supporting systems*) principiem. Tie ietver 5 galvenos sistēmas blokus: *Atmosphere, Hydrosphere, Geosphere, Biosphere* un *Sociosphere* kā LTSE platformas pamatbloku. Lai konkrētas dalībvalsts pētījumu vietas kvalificētos Eiropas LTER 1. vai 2. kategorijai, tām ir nepieciešams paplašināts ilgtermiņa pētījumu parametru saraksts, kas ietvertu 4 galvenos blokus. Tas ir nopietns izaicinājums Latvijai, lai kļūtu par pilntiesīgu Eiropas LTER dalībvalsti.

Latvijas ekosistēmu ilgtermiņa pētījumi līdz šim pamatā bija orientēti uz ekosistēmas biokomponentu (*Biosphere*). Šajos pētījumos 15-20 gadu laikā uzkrāti dati par sauszemes, iekšējo udeņu un jūras biokopu un sugu populāciju izmaiņām, kas deva nozīmīgu ieguldījumu starptautiska līmeņa pētījumos par vides un ekoloģiskajām izmaiņām Eiropā un pasaulē un atspoguļojās augsta līmeņa starptautisko zinātnisko žurnālu publikācijās (Vihervaara et al. 2013; Dick et al., 2014; Angelstam et al., 2018; Dick et al., 2018; Djukic et al. 2018; Jourdan et al. 2018; Angelstam et al., 2019; Muelbert et al., 2019; Pilotto et al. 2020; Kwon et al., 2021; Haase et al., 2023). Vienlaikus jāatzīst, ka ierobežoto finanšu resursu dēļ sauszemes biokomponenta pētījumu datu interpretācijā līdz šim pārsvarā izmantoti tikai hidrometeoroloģisko staciju dati par klimatisko faktoru izmaiņām. Attiecībā uz hidroekosistēmu pētījumu vietām stāvoklis ir labāks, jo paralēli biokomponenta izpētei veikta arī dažu hidroekosistēmu fizikālo un hidroķīmisko parametru reģistrācija.

Šāda daļēji vienpusīga ekosistēmu ilgtermiņa pētījumu nacionālā programma izskaidrojama ar zemo finansējumu un no tā izrietošo nepietiekamo Latvijas iesaisti Eiropas un pasaules nozīmīgāko pētījumu programmās un projektos. Neliels ieskats par Latvijas vietu svarīgākajās starptautisko ekoloģisko pētījumu programmās un projektos.

EU BON - ir 7. ietvara programmas projekts. Realizē novatorisku pieeju bioloģiskās daudzveidības informācijas sistēmu integrācijai no lokāli iegūstamiem un tālīzpētes datiem, lai savlaicīgi un pielāgoti risinātu vides politikas un informācijas vajadzības. Sugu un biodaudzveidības telpiskā sadalījuma modeļu veidošana izmantojot režģa kvadrātu principu sugu sadalījuma prognozēšanā pie dažādas izšķirtspējas (2012.-2017. g.). Latvija nav iesaistīta.

ENVRIplus - programmas Apvārsnis 2020 projekts, kas apvieno vides un Zemes sistēmu pētniecības infrastruktūras, projektus un tīklus, iesaistot tehnisko speciālitāšu partnerus, lai izveidotu saskaņotāku, starpdisciplinārāku un sadarbībspējīgāku vides pētniecības infrastruktūru kopu visā Eiropā (2016. - 2019. g.). Latvija nav iesaistīta.

LifeWatch ERIC - Eiropas infrastruktūras konsorcijs, kas nodrošina e-zinātnes pētniecības iespējas zinātniekiem, kuri vēlas papildināt mūsu zināšanas un padziļināt mūsu izpratni par bioloģiskās daudzveidības organizāciju un ekosistēmu funkcijām un pakalpojumiem, lai atbalstītu pilsonisko sabiedrību galveno planētas problēmu risināšanā. Dibināts 2017. g. Ar centru Seviljā Spānijā, sadarbībā ar Dāniju). Latvija nav iesaistīta.

GEOS - Global Earth Observation System. GEOS ir iesaistītas vairāk nekā 100 valstis un ar vairāk nekā 100 iesaistīto organizāciju. Misija ir izveidot Globālo Zemes novērošanas sistēmu sistēmu (GEOSS). GEOSS ir koordinētu, neatkarīgu Zemes novērošanas, informācijas un apstrādes sistēmu kopums, kas mijiedarbojas un nodrošina piekļuvi dažādi informācijai plašam lietotāju lokam gan valsts, gan privātajā sektorā. GEOSS saista šīs sistēmas, lai stiprinātu Zemes stāvokļa monitoringu. Iesaistītas 115 valstis, piedalās Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra.

ICOS - Integrated Carbon Observation System. Consorcija misija ir veikt standartizētus, augstas precizitātes ilgtermiņa pētījumus, lai padziļinātu izpratni par oglekļa ciklu un sniegtu sabiedrībai nepieciešamo informāciju par siltumnīcefekta gāzēm. Piedalās 14 Eiropas valstis, Latvija nav iesaistīta.

EXPEER - Experimentation in Ecosystem Research. Projekta uzdevums apvienot galvenās novērošanas, eksperimentālās, analītiskās un modelēšanas iekārtas ekosistēmu pētniecībā Eiropā, lai tās varētu izmantot, kopējās Eiropas Pētniecības telpas (ERA) strukturēšanā un

uzlabošanā sauszemes ekosistēmu pētniecībā. FP7 projekts (2010. – 2015.g.). Projektā piedalījās 38 Eiropas valstu un Izraēlas pētniecības institūcijas. Latvija nav iesaistīta.

EnvEurope - Vides kvalitātes un spiediena novērtējums visā Eiropā kā integrēta un kopīga sistēma ekosistēmu uzraudzībai. Life projekts, 11 dalībvalstis (2010. – 2013. g.). No Baltijas valstīm iesaistīta tikai Lietuva.

AlterNet - apvieno starptautiskus dabas un sociālo zinātņu pētniekus no 21 Eiropas valsts, lai integrētu mūsu izpratni par bioloģisko daudzveidību, ekosistēmām un pakalpojumiem, ko tie sniedz sabiedrībai, un radītu platformu jēgpilnai saziņai ar politikas veidotājiem un sabiedrību. Latvija nav pārstāvēta.

ILTER - International Long Term Ecological Research Network. Starptautiskais ilgtermiņa ekoloģisko pētījumu tīkls dibināts 1980. gadā pēc ASV iniciatīvas, tā programma tika un sākotnēji to finansēja ASV Nacionālais zinātnes fonds (NSF). Pašlaik tīklā ir 39 dalībvalstis. Ar NSF atbalstu Latvija tika uzņemta ILTER 2004. gadā.

IMP - Integrated monitoring program of terrestrial ecosystems. Pēc mikrosateces baseina principiem organizēta starptautiska programma. Latvijā bija ierīkotas divas kompleksā meža monitoringa stacijas Taurenē un Rucavā, kur tika veikti kompleksi meža ekosistēmas ilgtermiņa pētījumi no 1995. – 2008. gadam.

Eiropas LTER infrastruktūra būtībā bazējas uz minēto projektu iestrādņēm. Valstīm, kuras bijušas vai joprojām ir iesaistītas šajās programmās, ilgtermiņa pētījumu vietas ir aprīkotas atbilstoši WAILS prasībām un daudzas no tām turpinās funkcionēt ar minimālām izmaiņām arī Eiropas eLTER izveidotajā infrastruktūras programmā. Latvijai šai ziņā nepieciešami būtiski ieguldījumi infrastruktūrā, lai tā kļūtu par pilntiesīgu dalībvalsti topošajā eLTER ESFRI struktūrā un varētu pārstāvēt mūsu valsti uz starptautisko ekoloģisko pētījumu programmu fona.

Izmantotā literatūra:

- Angelstam P., Elbakidze M., Lawrence A., Manton, M., Melecis V., Perera A.H. (2018) Barriers and Bridges for Landscape Stewardship and Knowledge Production to Sustain Functional Green Infrastructures. In: Perera A., Peterson U., Pastur G., Iverson L. (eds) Ecosystem Services from Forest Landscapes. Springer: 216-267. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74515-2_6
- Angelstam, P., Manton, M., Elbakidze, M., Sijtsma, F., Adamescu, M. C., Avni, N., Beja, P., Bezak, P., Zyablikova, I., Cruz, F., Bretagnolle, V., Diaz-Delgado, R., Ens, B., Fedoriak, M., Flaim, G., Gingrich, S., Lavi-Neeman, M., Medinets, S., Melecis, V., Munoz-Rojas, J., Schackermann, J., Stocker-Kiss, A., Setala, H., Stryamets, N., Taka, M., Tallec, G., Tappeiner, U., Tornblom, J., Yamelnyets, T. (2019) LTSER platforms as a place-based

- transdisciplinary research infrastructure: learning landscape approach through evaluation. *Landscape Ecol.* 34: 1461–1484. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0737-6>
- Dick J., Al-Assaf A., Andrews C., Díaz-Delgado R., Groner E., Halada L., Izakovičová Z., Kertész M., Khoury F., Krasíć D., Krauze K., Matteucci G., Melecis V., Mirtl M., Orenstein D. E., Preda E., Santos-Reis M., Smith R. I., Vadineanu A., Veselić S., Vihervaara P. (2014) Ecosystem services: a rapid assessment method tested at 35 sites of the Iter-europe network. *Ekológia (Bratislava)* 33, 3: 217–231.
- Dick, J., Orenstein, D. E., Holzer, J., Wohner, Ch., Achard, A.-L., Andrews, Ch., Avriël-Avni, N., Beja, P., Blond, N., Cabello, J., Chen, Ch., Díaz-Delgado, R., Giannakis, G.V., Gingrich, S., Izakovicova, Z., Krauze, K., Lamouroux, N., Leca, St., Melecis, V., Miklós, K., Mimikou, M., Niedrist, G., Piscart, Ch., Postolache, C., Psomas, A., Santos-Reis, M., Tappeiner, U., Vanderbilt, K., Van Ryckegem, G. (2018) What is socio-ecological research delivering? A literature survey across 25 international LTSER platforms. *Science of the Total Environment* 622–623: 1225–1240. <https://hdl.handle.net/10.1016/j.scitotenv.2017.11.324>
- Djukic, I., Kepfer-Rojas, S., Schmidt, I. K., Larsen, K. S., Beier, C., Berg, B., Verheyen, K., Caliman, A., Paquette A., Melece, I. ... [et al.]. (2018) Early stage litter decomposition across biomes. *Science of the Total Environment* 628-629: 1369-1394. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.01.012.,URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718300123?via%3Dihub> ISSN 0048-9697.
- Haase, P., Bowler, D.E., Baker, N.J. ...Ozolins, D., Skuja, A., et al. (2023) The recovery of European freshwater biodiversity has come to a halt. *Nature* 620: 582–588 <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06400-1>
- Jourdan, J., O'Hara, R.B., Bottarin, R., Huttunen, K.-L, Kuemmerlen, M., Monteith, D., Muotka, T., Ozoliņš, D., Paavola, R., Pilotto, F., Springe, G., Skuja, A., Sundermann, A, Tonkin, J.D., Haase, P. (2018) Effects of changing climate on European stream invertebrate communities: A long-term data analysis. *Science of the Total Environment*, 621: 588-599. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.242
- Kwon, T., Shibata, H., Kepfer-Rojas, S., Schmidt, I. K., Larsen, K.S., Beier, C., Berg, B., Verheyen, K., Lamarque, J-F., Hagedorn, F., Eisenhauer, N., Djukic, I., Melece, I. (2021) Effects of Climate and Atmospheric Nitrogen Deposition on Early to Mid-Term Stage Litter Decomposition Across Biomes. *Front. For. Glob. Change* 4: 678480. doi: 10.3389/ffgc.2021.678480
- Muelbert, J. H., Nidzieko, N. J., Acosta, A. T. R., Beaulieu, S. E., Bernardino, A. F., Boikova, E., Bornman, T. G., Cataletto, B., Deneudt, K., Eliason, E., Kraberg, A., Nakaoka, M., Pugnetti, A., Ragueneau, O., Scharfe, M., Soltwede, T., Sosik, H. M., Stanisci, A., Stefanova, K., Stéphan, P., Stier, A., Wikner, J., Zingone, A. (2019) ILTER – The International Long-Term Ecological Research Network as a Platform for Global Coastal and Ocean Observation. *Frontiers of Marine Science* 6: 527. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00527>
- Pilotto, F., Kühn, I., Adrian, R., Alber, R., Alignier, A., Andrews, C., Bäck, J., Barbaro, L., Beaumont, D., Beenaerts, N., Benham, S., Boukal, D.S., Bretagnolle, V., ...Ozoliņš, D., Skuja, A., Springe, G. ... Haase, P. (2020) Meta-analysis of multidecadal biodiversity trends in Europe. *Nature Communications* Vol. 11 (1): 1-11 DOI: 10.1038/s41467-020-17171-y
- Vihervaara, P., D'Amato, D., Forsius, M., Angelstam, P., Baessler, C., Balvanera, P., Boldgiv, B., Bourgeron, P, Dick, J., Kanka, R., Klotz, S., Maass, M., Melecis, V., Petřík, P., Shibata, H., Tang, J., Thompson, J., Zacharias, S. (2013) Using long-term ecosystem service and biodiversity data to study the impacts and adaptation options in response to

climate change: Insights from the global ILTER sites network. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(1): 53-66. DOI: 10.1016/j.cosust.2012.11.002

SLĀPEKĻA UN FOSFORA SAVIENOJUMU NOPLŪDES NO LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒM: ILGTERMIŅA TENDENČU NOVĒRTĒJUMS

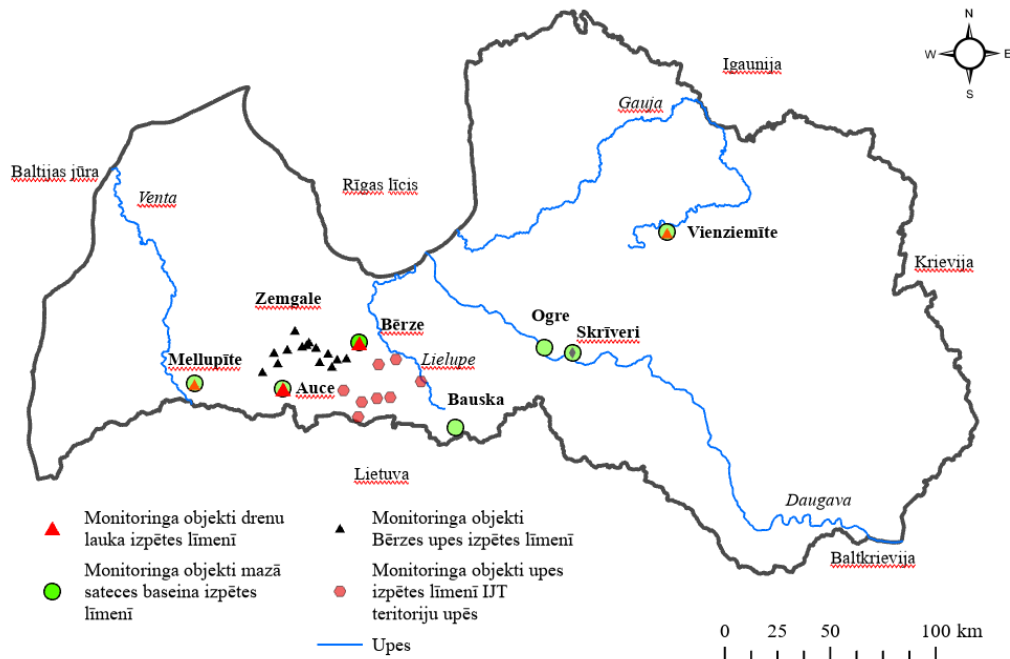
Ieva SIKSNĀNE¹, Ainis LAGZDIŅŠ²

¹ Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, Meža un ūdens resursu zinātniskā laboratorija, e-pasts:

Ieva.Siksname@lbtu.lv

² Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, Meža un vides zinātņu fakultāte, Ainavu arhitektūras un vides inženierijas institūts, e-pasts: Ainis.Lagzdins@lbtu.lv

Ūdensobjektu kvalitāte ir mainīga laikā un ir atkarīga no daudzu faktoru ietekmes, t.sk., antropogēno un dabisko faktoru. Lai prognozētu augu barības vielu noplūdes, nepieciešams veikt virszemes ūdensobjektu kvalitātes izmaiņu ilgtermiņa tendenču novērtēšanu. Hidroloģisko parametru tendenču novērtēšanai tiek izmantots neparimetriskais Manna-Kendala tests. Testā tiek izvērtētas parametru ilgtermiņa mainības tendences (augšupejoša vai lejupejoša) un būtiskuma līmenis (Stålnacke *et al.*, 2003). Ūdens paraugu ievākšana drenu lauku (seši pētījuma objekti), mazo sateces baseinu (deviņi pētījuma objekti) un mazo un vidējo upju izpētes līmeņos (divdesmit trīs pētījuma objekti) (1. attēls) tiek veikta Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes īstenotā Lauksaimniecības noteču monitoringa ietvaros. Ūdens paraugu ķīmiskais sastāvs tiek noteikts akreditētās laboratorijās.



1. att. Pētījuma vietu raksturojums

Pētījuma mērķis ir novērtēt slāpekļa (kopējais slāpeklis, nitrātu-slāpeklis, amonija-slāpeklis) un fosfora (kopējais fosfors, ortofosfātu-fosfors) savienojumu koncentrāciju ilgtermiņa tendence monitoringa objektos, izmantojot Manna-Kendala testu.

Pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka drenu lauka izpētes līmenī četros no sešiem pētījuma objektiem N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta lejupejoša tendence (statistiski ticami ($p < 0.05$) divi rezultāti), augšupejoša tendence NH_4-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta piecos pētījuma objektos (statistiski ticams viens rezultāts), savukārt P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām piecos pētījuma objektos konstatēta lejupejoša tendence (statistiski ticami četri rezultāti). Mazā sateces baseina izpētes līmenī sešos no deviņiem pētījuma objektiem N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta augšupejoša tendence (statistiski ticami trīs rezultāti), lejupejoša tendence NH_4-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta piecos pētījuma objektos (statistiski ticams viens rezultāts), savukārt P_{kop} un PO_4-P koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām septiņos pētījuma objektos konstatēta lejupejoša tendence (statistiski ticami astoņi rezultāti). Bēzres upes daļbaseinu izpētes līmenī 12 no 15 pētījuma objektiem N_{kop} koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta augšupejoša tendence (statistiski ticams viens rezultāts), 14 pētījuma objektiem NO_3-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta augšupejoša tendence (statistiski ticams četri rezultāts), augšupejoša tendence NH_4-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta 11 pētījuma objektos (statistiski ticami divi rezultāti), savukārt P_{kop} koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām 11 monitoringa objektos konstatēta lejupejoša tendence (statistiski ticami seši rezultāti) un PO_4-P koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām 13 monitoringa objektos konstatēta lejupejoša tendence (statistiski ticami deviņi rezultāti).

Īpaši jūtīgo teritoriju upju izpētes līmenī četros no astoņiem pētījuma objektiem N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta augšupejoša tendence, augšupejoša tendence NH_4-N un P_{kop} koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām konstatēta sešos pētījuma objektos (statistiski ticams viens rezultāts), savukārt PO_4-P koncentrāciju ilgtermiņa vērtībām septiņos monitoringa objektos konstatēta lejupejoša tendence.

Kopumā izvērtējot Manna-Kendala tendenču testa vērtības vērojamas atšķirības gan izpētes līmeņos, gan monitoringa objektos, taču novērojama tendence N_{kop} koncentrācijām palielināties un P_{kop} vērtībām samazināties. Iegūtie rezultāti liecina, ka, lai uzlabotu virszemes ūdensobjektu stāvokli nākotnē, nepieciešams pastiprināti pievērst uzmanību slāpekļa savienojumu koncentrācijām notecē.

Izmantotā literatūra:

Stålnacke, P., Grimvall, A., Libiseller, C., Laznik, M. and Kokorite, I (2003). Trends in Nutrient Concentrations in Latvian Rivers and the Response to the Dramatic Change in Agriculture. *Journal of Hydrology* 283(1–4):184–205. doi: 10.1016/S0022-1694(03)00266-X

**PARASTĀ SPIRODELA *Spirodela polyrhiza* Schleid. KĀ VIDES
FITOTOKSIKUMA INDIKATORS VIDES ZINĀTNES STUDENTU
ZINĀTNISKAJOS PĒTĪJUMOS**

Gunta SPRINĢE, Viesturs MELECIS, Ināra MELECE

LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte/LU Bioloģijas institūts, e-pasts:

Gunta.Springe@lu.lv; Viesturs.Melecis@lu.lv; Inara.Melece@lu.lv

Mūsdienu vides piesārņojums ar dažādiem toksiskiem savienojumiem ir problēma, kas rada draudus ūdens un sauszemes ekosistēmām un sabiedrības veselībai. Piesārņojuma ietekmes novērtēšanai tiek izmantotas dažādas metodes, to skaitā fitotoksicitātes testi, kas ļauj aprakstīt jebkādu nelabvēlīgu ietekmi uz augu augšanu, fizioloģiju vai vielmaiņu, ko izraisa dažādi toksiski savienojumi. Viens no organismiem, kas plaši tiek izmantots kā vides fitotoksiskuma indikators, ir parastā spirodela *Spirodela polyrhiza* Schleid.

Nelielais izmērs, straujš augšanas ātrums, daudzveidīga morfoloģija un neotenisks dzīvesveids padara šos augus ideāli piemērotus laboratorijas pētījumiem (Fourounjian et al. 2021). Latvijā LZA (tagad – LU) Bioloģijas institūtā ir izveidots *Spirodela polyrhiza* Schleid. klons CR, kurš sākotnēji ticis izmantots autotransporta izmešu fitotoksiskuma izpētē. Testa rezultāti pierādījuši arī Skrundas radio lokācijas stacijas elektromagnētiskās radiācijas negatīvo ietekmi uz dzīvajiem organismiem (Magone 1996).

Turpmākajos gados šis klons veiksmīgi izmantots dažādu vidi ietekmējošo faktoru novērtēšanai. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē veikti vairāki studentu zinātniskie pētījumi, kas apliecina, ka spirodelu tests ir labs fitotoksiskuma indikators. Ūdeņu ekosistēmu stāvokļa izpētē tests izmantots, lai novērtētu ūdens kvalitāti Daugavā dabas lieguma "Daugava pie Kaibalas" teritorijā (Lukašunas 2014), peldūdeņos (Timmer 2014), kā arī pilsētvidē - Rīgas ezeros (Šturma 2009). Pētījumi Rīgā apliecina sniega piesārņojumu (Plingeu, 2002, Makarenko 2011). Savukārt Pļavnieku izgāztuvē ir konstatēts augsnes piesārņojums, kas izraisa spirodelu turionu hlorozi un deformācijas (Šeiko 2012). Pārbaudīts notekūdeņu dūņu fitotoksiskums ar uzsvāru uz smago metālu ietekmi (Šulte 2009). Smago metālu toksiskā ietekme uz spirodelām parādās arī Mārupītes sedimentos (Valters 2017). Šī pētījuma rezultāti tālāk izmantoti zinātniskā rakstā (Sprinģe et al. 2024). Interesanti rezultāti iegūti, analizējot dažādu kosmētisko līdzekļu (Helmane 2021) un veļas mīkstinātāju ietekmi uz spirodelām (Dauga 2022). Veiktie pētījumi apliecina, ka *Spirodela polyrhiza* Schleid. klons CR labi atspoguļo gan dabas vides substrātu (ūdens, sniegs, augsne), gan notekūdeņu dūņu un mākslīgi radītu savienojumu fitotoksiskumu.

Izmantotā literatūra:

- Dauga, K. A. (2022). Veļas mīkstinātāju fitotoksicitātes pārbaude ar spirodelu testu. Bakalaura darbs.
- Fourounjian P, Slovin J, Messing J, (2021) Flowering and seed production across the lemnaeae. Int J Mol Sci. <https://doi.org/10.3390/ijms22052733>.
- Helmane, L. (2021). Kosmētisko līdzekļu fitotoksicitātes pārbaude ar Spirodelu laboratorijas kultūru. Bakalaura darbs.
- Lukašunas, M (2014) Daugavas ūdens ekoloģiskās kvalitātes novērtēšana dabas lieguma "Daugava pie Kaibalas". Maģistra darbs.
- Magone, I. (1996). The effect of electromagnetic radiation from the Skrunda Radio Location Station on *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleiden cultures. *Science of the total environment*, 180(1), 75-80.
- Makarenko, A. (2011) Rīgas pilsētas vides stāvokļa novērtēšana izmantojot spirodelu testu. Maģistra darbs.
- Plingeu, N. (2005) Spirodelu testa un sfagnu kā piesārņojuma absorbentu izmantošana Rīgas pilsētas vides stāvokļa novērtēšanā. Maģistra darbs.
- Sprīņģe, G., Grīne, I., Melece, I., Melecis, V. Purmalis O., Valters, K. (2024) Heavy metal pollution and phytotoxicity of small urban stream sediments. Sustainable Water Resources Management. DOI:10.1007/s40899-024-01096-1.
- Šeiko, S. (2012) Pļavnieku izgāztuves vides piesārņojuma bioindikācija. Maģistra darbs.
- Šturma, A. (2009) Rīgas pilsētas ezeru ūdens kvalitātes novērtējums, izmantojot spirodelu testu. Bakalaura darbs.
- Šulte, I. (2009). Notekūdeņu dūņu fitotoksiskuma noteikšana ar bioindikācijas metodēm. Maģistra darbs.
- Timma, S. (2014) Spirodelu testa izmantošanas iespējas peldūdeņu kvalitātes novērtēšanā. Maģistra darbs.
- Valters, K. (2017) Mārupītes sedimentu fitotoksiskums un smago metālu saturs tajos. Maģistra darbs.