



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMA 2023. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem**

LĪGUMA NR. 5-5.9.1_007n_101_21_76

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKĀ VADĪTĀJA:

Zane Lībiete, LVMI Silava vadošā pētniece

PĒTĪJUMS ĪSTENOTS AKCIJU SABIEDRĪBAS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" UN LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTA "SILAVA" 2021. GADA 13. SEPTEMBRA SADARBĪBAS LĪGUMA IETVAROS

Salaspils, 2023

Saturs

Kopsavilkums	3
Summary.....	4
Attēlu un tabulu saraksts	5
1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde.....	9
1.1. Algoritmu sagatavošana un/vai precizēšana izvēlēto ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru aprēķinam	9
1.2. Ainavu līmeņa ekosistēmu pakalpojumu kartējums valsts mežos	15
2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība	16
2.1. Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību	16
2.1.1. <i>Nokrišņu, nobiru, augšnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs.....</i>	<i>16</i>
2.1.2. <i>Veģētācijas novērtējums zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.</i>	<i>24</i>
2.1.3. <i>Nokrišņu, nobiru, augšnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings lapu koku audzēs</i>	<i>27</i>
2.1.4. <i>Augšnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana lapu koku audzēs.....</i>	<i>31</i>
2.1.5. <i>Augšnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana kopšanas ciršu objektos</i>	<i>32</i>
2.2. Meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes un mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augšnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte	40
2.2.1. <i>Paraugu ņemšana biogēno un citu elementu izneses novērtēšanai ainavas līmenī</i>	<i>40</i>
2.2.2. <i>Elementu izneses un dzīvudraba metilācijas risku analīze saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augšnes gatavošanu</i>	<i>45</i>
2.2.3. <i>Upju piekrastes aizsargjoslu platuma modelēšana un ietekmes uz funkcionāli pielāgotu meža aizsargjoslu gar ūdeņiem ietekmes uz meža ekosistēmu pakalpojumiem novērtējums</i>	<i>47</i>
3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana.....	51
3.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības pētījumi	51
3.2. Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības	53
3.2.1. <i>Dabisko meža biotopu apsaimniekošanas efektivitātes parauglaukumu pārmērīšana</i>	<i>53</i>
3.2.2. <i>Ekoloģisko koku un uz to sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums 15 jaunaudzēs..</i>	<i>71</i>
3.2.3. <i>Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums</i>	<i>72</i>
3.3. Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika	87
4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana.....	101
4.1. Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku.....	101
<i>Pamatojums</i>	<i>101</i>
4.1.1. <i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos.....</i>	<i>102</i>
4.1.2. <i>Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos</i>	<i>104</i>
4.1.3. <i>Meža ogu un sēņu ražas novērtējums, izmantojot transektu metodi testa teritorijās</i>	<i>111</i>
<i>Kopsavilkums.....</i>	<i>115</i>
<i>Literatūra</i>	<i>116</i>
4.2. Meža ainavas vizuālās kvalitātes komponentu izpēte un priekšlikumu izstrāde dažādu iedzīvotāju grupu rekreācijas preferenču praktiskai iekļaušanai daudzfunkcionālas meža apsaimniekošanas plānošanā	117
4.2.1. <i>Dažādu atpūtnieku tipu grupu rekreācijas preferenču noskaidrošana, izmantojot socioloģiskās aptaujas</i>	<i>117</i>
4.2.2. <i>Dažādu atpūtas aktivitāšu veidu un intensitātes ietekme uz vides digresijas pakāpi LVM apsaimniekotajās atpūtas vietās</i>	<i>124</i>
4.2.3. <i>Socioloģiskā aptauja par dažādu zemes lietojumu veidu, t.sk. mežsaimniecības, ietekme uz ainavas vizuālo kvalitāti</i>	<i>134</i>

Kopsavilkums

Pētījuma trešajā etapā īstenoti darba uzdevumi četrās aktivitātēs. Vairākās no tām darbi balstīti uz nepārtrauktu mērījumu nodrošināšanu iepriekš ierīkotos objektos un datu rindu pagarināšanu zinātniski pamatotas argumentācijas veidošanai par pētāmajiem jautājumiem. 2023.gadā darbs visumā norisinājās atbilstoši plānam, taču atsevišķas pārskata nodaļas 2024.gada janvāra pirmajās nedēļās vēl tiks papildinātas. Informācija par darba uzdevumu statusu iekļauta 1. pielikumā.

1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde, ietverot kritērijus, indikatorus un algoritmus mežsaimniecības un ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbības raksturošanai.

Izmantojot iepriekšējās pētījumu programmas fāzēs izveidotās iestrādes, turpināts darbs pie meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrādes. Sagatavoti trīs jauni algoritmi indikatoriem ekosistēmu pakalpojumu kartējumam valsts mežos – lietkoksnē, enerģētiskajai koksnē un oglekļa piesaistei koku dzīvajā virszemes un pazemes biomasā.

2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība.

Turpināts vielu aprites un ūdens kvalitātes monitorings Zinātniskās izpētes mežos, kur tiek vērtēta dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas circes ietekme trijos objektos skuju koku mežos un divos objektos lapu koku mežos. Skuju koku mežaudžu objektos veikta veģetācijas uzskaitē. Turpināta ūdens paraugu ņemšana un papildu ūdens kvalitātes un noteces apjoma mērījumi Zalvītes modeļteritorijā ainavas līmeņa mežsaimniecības ietekmes izvērtējuma objektā. Sagatavota publikācija no iepriekšējā pētījuma etapā ievāktajiem datiem par dzīvsudraba metilācijas riskiem saistībā ar smagās meža tehnikas pārvietošanos. Ievākti un paraugi augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības novērtējumam kopšanas ciršu objektos, analizēta sēņu mikrobioloģiskā daudzveidība tajos. Veikta meža ekosistēmu pakalpojumu modelēšana funkcionāli pielāgotās meža aizsargjoslās gar sešām upēm.

3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana.

Turpināts veģetācijas monitorings gar meža ceļiem Zalvītes, Cēsu un Jelgavas objektos, veicot invazīvo augu sugu uzskaiti visos maršrutos trijos pētījuma objektos. Pārmērīti deviņi pētījuma objekti dabisko meža biotopu apsaimniekošanas efektivitātes novērtēšanai. No iepriekšējā pētījuma etapā ievāktajiem datiem sagatavota un iesniegta publikācija par mikrodzīvotņiem uz iepriekšējās paaudzes kokiem jaunaudzēs. Pārmērīti seši melnalkšņu staigāju biotopi malas efekta novērtējumam. Veikts izvērtējums 10 bioloģiski vecās bērzu audzēs un kontroles audzēs.

4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana.

Turpināts meža nekoksnes produktu monitorings Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos, kā arī mērījumi kopšanas ciršu objektos ogulāju projektīvā seguma un ogu ražas novērtēšanai. Turpināts ogu un sēņu ražas monitorings Zalvītes un Ugāles modeļteritorijās atbilstoši iepriekšējā gadā precizētajai metodikai. Veikta aptauja triju atpūtnieku grupu rekreācijas preferenču noskaidrošanai. Veikti apsekojumi trijās problemātiskās atpūtas vietās atpūtas aktivitāšu un intensitātes ietekmes uz vidi noskaidrošanai. Veikta aptauja par dažādu zemes lietojuma veidu ietekmi uz ainavas vizuālo kvalitāti.

Summary

During the second stage of the research programme tasks in four activity groups have been accomplished. In several of them work is based on uninterrupted measurements in previously established research objects, thus prolonging the time-series for scientifically sound information and argumentation. No obstacles for research have occurred, and, overall, work in all activities was carried out according to plan, however, some additions to individual chapters are expected in the first weeks of 2024. Information on the status of research activities is included in Annex 1.

Activity 1. Development of a model for forest ecosystem service mapping and assessment of changes, including criteria, indicators and algorithms for assessment of forest management-ecosystem service interaction.

Building on the results of the previous stages of the research programme, work on the development of model for mapping and evaluating forest ecosystem services (ESs) and their changes in the result of forest management has been continued. Three new algorithms for ecosystem service indicators to be used in mapping ecosystem service potential in state forests have been developed – for timber, energy wood and carbon sequestration in alive above- and below-ground tree biomass.

Activity 2. Sustainable protection of water resources.

Nutrient cycling and water quality monitoring is being continued in three objects in conifer forest and two objects in broadleaved forest where the impact of different intensity clearfelling is analysed. In the conifer forest objects vegetation survey has been carried out. In Zalvīte model area, where landscape scale impact of forest management is evaluated, water sampling and measurements have been continued. Publication about mercury methylation risks after heavy forest machinery movement, based on data gathered in previous stage of the research, has been prepared. Samples for evaluating soil microbial diversity in forest thinning experiments has been taken and fungal diversity evaluated. Ecosystem services in functionally adjusted riparian bufferzones along six rivers has been carried out.

Activity 3. Promotion of biodiversity, ecosystem protection and ecosystem restoration.

Monitoring of invasive plant species along linear forest infrastructure objects has been continued along forest roads in all transects in Zalvīte, Cēsis and Jelgava research areas. Nine objects for evaluation of woodland key habitat management efficiency have been repeatedly assessed. Publication about microhabitats on retention trees, based on data gathered in the previous stage of research, has been published. Edge effect in six black alder swamp habitats has been evaluated. Ten biologically old birch stands and control stands have been assessed.

Activity 4. Ensuring of the quality of socioeconomic ecosystem services from forests.

Monitoring of non-wood forest products in National Forest Inventory sample plots and inventory of forest berry cover and yields in forest thinning objects has been continued. Berry and mushroom yield monitoring in model areas has been continued. Survey for studying preferences of three different recreational groups (walks, biking, berry/mushroom picking) has been performed. Field observations in three problematic recreation sites have been carried out. Survey on visual preferences of different land use types has been carried out.

Attēlu un tabulu saraksts

- 2.1. attēls. Nokrišņu daudzums, pH un elementu koncentrācijas nokrišņos 2012.-2023.gadā
- 2.2. attēls. Nitrātu, fosfātu un kālija ienese ar nokrišņiem Ln, Dm un Kp objektos 2012-2023.gadā
- 2.3. attēls. Ķīmisko elementu ienese ar nobirām un nobiru apjoms 2012.-2023.gadā
- 2.4. attēls. Augsnes ūdens pH, nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācijas Ln, Dm un Kp objektos 2012-2023.gadā
- 2.5. attēls. Gruntsūdens pH, nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācijas Dm un Ln objektos 2012.-2023.gadā
- 2.6. attēls. Virszemes ūdens pH, nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācijas Dm un Kp objektos 2012.-2023.gadā
- 2.7. attēls. Sugu skaits un daudzveidības indekss (H' indekss) Kp, Dm un Ln objektos piecos uzskaites gados
- 2.8. attēls. DCA sugu un parauglaukumu ordinācija visiem apsekotajiem parauglaukumiem
- 2.9. attēls. Nokrišņu daudzums, pH un elementu koncentrācijas Vr un Ap objektos 2022. un 2023.gadā
- 2.10. attēls. Nitrātu, fosfātu un kālija ienese ar nokrišņiem Vr un Ap objektos 2022. un 2023.gadā
- 2.11. attēls. Augsnes ūdens pH un elementu koncentrācijas dažādos izstrādes variantos VR un Ap objektos 2022. un 2023.gadā
- 2.12. attēls. Venna diagramma faktoram – biežība
- 2.13. attēls. Desmit izplatītāko sēņu rindu relatīvā sastopamība atbilstoši biežībai (a) un meža tipam (b)
- 2.14. attēls. Šenona indeksa salīdzinājums faktoram – biežība
- 2.15. attēls. Šenona indeksa salīdzinājums pa meža tipiem (a) un audzes vecumiem (b)
- 2.16. attēls. Kastveida diagrammas vides parametriem, sadalītas pēc meža tipa
- 2.17. attēls. Pricipiālās koordinātu analīzes (PCA) rezultāti
- 2.18. attēls. RDA analīze sēņu ģinšu līmenī
- 2.19. attēls. Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modeļteritorijā pa mēnešiem
- 2.20. attēls. Nozīmīgāko ūdens kvalitāti raksturojošo parametru (pH, NO₃--N, PO₄₃--P, K, TSS, DOC) vidējās vērtības virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. - 2023. gadā
- 2.21. attēls. Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas
- 2.22. attēls. Modelēšanai izvēlēto upju novietojums Latvijas teritorijā
- 3.1. attēls. Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu kopējais segums un parauglaukumu skaits, kurās šīs sugas konstatētas 2022. un 2023. gadā
- 3.2. attēls. Pētījumam izvēlēto ozolu audžu (objektu) lokācijas
- 3.3. attēls. Veģetācijas transektes un parauglaukuma izvietojums attiecībā pret pētāmajiem kokiem DMB audzēs
- 3.4. attēls. Veģetācijas sugu skaits atēnoto (nepārtrauktā līnija) un neatēnoto (raustītā līnija) ozolu parauglaukumos, atkarībā no veģetācijas stāva
- 3.5. attēls. Veģetācijas parauglaukumu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izkliede atkarībā no objekta lokācijas
- 3.6. attēls. Veģetācijas parauglaukumu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izkliede atkarībā no tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana
- 3.7. attēls. Detrendētās korespondanalīzes (DCA) ordinācijas attēls veģetācijas sugu procentuālajam segumam (a) un ierīkotajiem parauglaukumiem (b; c)
- 3.8. attēls. Epifītu sugu skaits uz atēnoto (nepārtrauktā līnija) un neatēnoto (raustītā līnija) ozolu stumbriem atkarībā no epifītu iedalījuma grupas

- 3.9. attēls. Epifītu sugu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izkliede ozoliem atkarībā no objekta lokācijas
- 3.10. Attēls. Epifītu sugu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izkliede ozoliem atkarībā no tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana
- 3.11. attēls. Detrendētās korespondanalīzes (DCA) ordinācijas attēls epifītu sugu procentuālajam segumam (a) un parauglaukumu (ozolu) izkliedei (b; c)
- 3.12. attēls. Uz ozoliem konstatēto mikrodzīvotņu tipu skaita vērtību izkliede atkarībā no tā, vai ap ozolu ir veikta atēnošana
- 3.13. attēls. Mikrodzīvotņu tipu un parauglaukumu (individuālo ozolu) izkliede CCA (Canonical Correspondence Analysis) ordinācijas attēlā
- 3.14. attēls. Transekšu izvietojums pētījuma objektos
- 3.15. attēls. Parauglaukumos konstatētā vidējā sugu skaita variācijas atšķirības dažādos veģetācijas stāvos
- 3.16. attēls. Parauglaukumos visbiežāk konstatētās sugas: a) lakstaugu stāvā; b) krūmu un koku stāvā; c) sūnu un ķērpju stāvā
- 3.17. attēls. Biotopā uzskaitīto veģetācijas sugu skaits, atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai
- 3.18. attēls. Parauglaukumos konstatētā vidējā sugu skaita variācijas atšķirības dažādos veģetācijas stāvos atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai
- 3.19. attēls. Parauglaukumu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksu vērtību izkliede atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai
- 3.20. attēls. Parauglaukumu Simpsona daudzveidības indeksu vērtību izkliede atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai
- 3.21. attēls. Vidējais sugu skaits parauglaukumos pa veģetācijas stāviem atkarībā no laika perioda (gados) kopš pēdējās saimnieciskās darbības blakus audzē
- 3.22. attēls. Parauglaukumu Šannona-Vīnera (a) un Simpsona (b) daudzveidības indeksu vērtību izkliede atkarībā no laika perioda, kad blakus audzē pēdējo reizi veikta mežsaimnieciskā darbība
- 3.23. attēls. Detrendētās sugu daudzveidības korespondentanalīzes (DCA) ordinācijas attēls ierīkotajiem parauglaukumiem (A) un sugu procentuālajam segumam (B)
- 3.24. attēls. Pētīto mežaudžu izvietojums
- 3.25. attēls. Parauglaukumu shēma
- 3.26. attēls. Sugu skaits parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 3.27. attēls. Vidējais procentuālais segums parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 3.28. attēls. Simpsona indekss parauglaukumā briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 3.29. attēls. Šenona indekss parauglaukumā briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 3.30. attēls. Sūnu procentuālā seguma ordinācija briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 3.31. attēls. Lakstaugu procentuālā seguma ordinācija briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 3.32. attēls. Koku un krūmu procentuālā seguma ordinācija briestaudzēs un vecās bērzu audzēs
- 4.2. attēls. Mellenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos
- 4.3. attēls. Citu nekoksnes resursu sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos
- 4.4. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā
- 4.5. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā

- 4.6. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā
- 4.7. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā
- 4.8. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā
- 4.9. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā
- 4.10. attēls. Brūkleņu potenciālā ogu raža $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ no 2017. līdz 2023. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.11. attēls. Melleņu potenciālā ogu raža $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ no 2017. līdz 2023. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.12. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos Ugāles testa teritorijā
- 4.13. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos Zalvītes testa teritorijā
- 4.13. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos Ugāles testa teritorijā
- 4.14. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos Zalvītes testa teritorijā
- 4.15. attēls. Brūkleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha^{-1} Zalvītes testa teritorijā
- 4.16. attēls. Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha^{-1} Zalvītes testa teritorijā
- 4.17. attēls. Brūkleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha^{-1} Ugāles testa teritorijā
- 4.18. attēls. Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha^{-1} Ugāles testa teritorijā
- 4.19. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādās meža tipu edafiskajās rindās 2021.-2023. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās
- 4.20. attēls. Atpūtnieku vajadzību, preferenču un kvalitatīvas rekreācijas iespēju meža vidē konceptuālais modelis
- 4.21. attēls. Respondentu pastāvīgā dzīves vieta un izglītības līmenis, pa respondentu grupām
- 4.22. attēls. Respondentu sadalījums vecuma grupās
- 4.23. attēls. Respondentu skaits, kas nodarbojas ar dažādām pastaigu aktivitātēm
- 4.24. attēls. Respondentu skaits, kas nodarbojas ar dažādām riteņbraukšanas aktivitātēm
- 4.25. attēls. Respondentu skaits, kas nodarbojas ar dažādām ogošanas/sēņošanas aktivitātēm
- 4.26. attēls. Vēlamais labiekārtojums dabas teritorijās, pa aktivitāšu grupām
- 4.27. attēls. Svarīgākās lietas, nodarbojoties ar izvēlēto aktivitāti
- 4.28. Respondentu iespējas nodarboties ar attiecīgo aktivitāti un nodarbošanās ar to atpūtas nolūkos, pa aktivitāšu grupām
- 4.29. Respondentu apmierinātība ar meža apsaimniekošanas paņēmieniem un vides pieejamību, pa aktivitāšu grupām
- 4.30. Meža apsaimniekošanas paņēmieni un vides pieejamības ietekme uz atpūtas kvalitāti, pa aktivitāšu grupām
- 4.31. attēls. Pētījuma objekti
- 4.32. attēls. Pētījuma teritorijas ar mežaudžu plānu, atzīmētu tūrisma infrastruktūru un dabas aizsardzības platībām
- 4.33. attēls. Noturība pret rekreācijas slodzi atpūtas vietā pie Irbes ietekas (tiks papildināts)
- 4.34. attēls. Irbes ietekas atpūtas vietā konstatēto problēmu fotofiksācijas
- 4.35. attēls. Noturība pret rekreācijas slodzi atpūtas vietā "Vasas" (tiks papildināts)
- 4.36. attēls. Atpūtas vietā "Vasas" konstatēto problēmu fotofiksācijas
- 4.37. attēls. Noturība pret rekreācijas slodzi atpūtas vietā Ančupānu meža parks (tiks papildināts)

- 4.38. attēls. Ančupānu meža parkā konstatēto problēmu fotofiksācijas
- 4.39. attēls. Pieejas atkritumu apsaimniekošanai piejūras atpūtas vietās
- 4.40. attēls. Ceļu/autostāvvietas un kāpu zonu nodalošais žogs atpūtas vietā pie Irbes ietekas
- 4.41. attēls. Rekreācijas teritoriju apsaimniekošanas vispārējais modelis
- 4.42. attēls. Respondentu sadalījums pēc vecuma
- 4.43. attēls. Zemes seguma kategoriju vidējais vērtējums ballēs
- 4.44. attēls. Mākslīgā seguma virsmu un lauksaimniecības platību vidējais vērtējums ballēs
- 4.45. attēls. Mežu un daļāji dabisku platību vidējais vērtējums ballēs
- 4.46. attēls. Mitrzemju un ūdensobjektu vidējais vērtējums ballēs

1.1.tabula. Ekosistēmu pakalpojumu (EP) uzskaitījums ar sagatavotiem un/vai precizētiem algoritmiem ekosistēmu pakalpojumu kartējumam valsts mežos

1.2. tabula. Atmirušo koku stumbru krāja mežaudzēs un izcirtumos dažādos attālumos no upmalām

1.3. tabula. Atmirušo koku krāja mežaudzēs ar dažādām valdošajām koku sugām dažādos attālumos no upmalām

2.1. tabula. Kopšanas ciršu objekti augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības novērtējumam

2.2. tabula. Mantela tests starp Breja-Kertisa distances matricu un vides parametriem

2.3. tabula. Elementu iznese (kg ha^{-1}) no Zalvītes strauta sateces baseina 2016.- 2023. gada pētījuma periodos

2.4.tabula. Modelēšanai izvēlētās upes un to raksturojums

3.1. tabula. Pētāmo ozolu morfoloģisko parametru vidējās vērtības

3.2. tabula. Multivariatīvās dispersijas analīzes rezultātu tabula veģetācijas sugu skaita un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību atkarībai no mežaudzes un parauglaukumu mainīgajiem

3.3. tabula. Multivariatīvās dispersijas analīzes rezultātu tabula epifītu sugu skaita un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību atkarībai no mežaudzes un parauglaukumu mainīgajiem

3.4. tabula. Biotopa nogabalu un to blakus audžu raksturojums

3.5. tabula. Pētījumā noteikto sugu skaits atkarībā no veģetācijas stāva

3.6. tabula. Vidējais sugu skaits biotopu parauglaukumos atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai dažādos veģetācijas līmeņos

3.7. tabula. Šenona-Vīnera un Simpsona daudzveidības indeksu vidējās vērtības atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai

3.8. tabula. Vidējais sugu skaits pa veģetācijas stāviem atkarībā no laika perioda, kas pagājis, kopš pēdējās saimnieciskās darbības blakus audzē

3.9. tabula. Šenona-Vīnera un Simpsona daudzveidības indeksu vidējās vērtības atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai

3.10. tabula. Pētīto audžu saraksts

3.11. tabula. Mežaudzes vidējie taksācijas rādījumi briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

3.12. tabula. Statistiski būtisko mežaudzes parametru korelācijas ar sugu skaitu

3.13. tabula. Mežaudzes parametru korelācijas ar bioloģiskās daudzveidības indeksiem

4.1. tabula. Izpētei izvēlēto problemātisko atpūtas vietu raksturojums

1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde

1.1. Algoritmu sagatavošana un/vai precizēšana izvēlēto ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru aprēķinam

Pamatojums

Ekosistēmu pakalpojumu modeļa izveides nepieciešamību nosaka gan arvien pieaugošā izpratne par ekosistēmu daudzveidīgo ieguldījumu cilvēces labklājībā, gan pašlaik aktuālās izmaiņas pasaules un Eiropas Savienības ekonomikā, kas paredz arvien ciešāku ekonomikas un vides sniegto pakalpojumu integrāciju. Jaunākie Eiropas Savienības politikas dokumenti (piemēram, ES Zaļā vienošanās, uz kuru balstās arī jaunā ES Meža stratēģija 2030) specifiski ņem vērā vides un ekonomikas savstarpējo sasaisti (Eiropas Komisija, 2019).

Process, kas virzīts uz Zaļās vienošanās mērķu sasniegšanu, ir Eiropas Savienības taksonomijas izveide, lai klasificētu ekonomiskās darbības atbilstoši to atbilstībai ilgtspējas principiem (European Commission, 2021c). 2020. gada 18.jūnija regulā Nr. 2020/852 par regulējuma izveidi ilgtspējīgu ieguldījumu veicināšanai “tiek paredzēti kritēriji, ar ko noteikt, vai kāda saimnieciskā darbība ir uzskatāma par vides ziņā ilgtspējīgu, lai konstatētu pakāpi, kādā ieguldījums ir vides ziņā ilgtspējīgs” (Eiropas Parlaments un Padome, 2020). Atbilstoši šai regulai, vides ziņā ilgtspējīgas darbības 1) būtiski sekmē vienu vai vairākus no definētajiem vides mērķiem, 2) nerada būtisku kaitējumu nevienam no definētajiem vides mērķiem, 3) tiek veiktas, ievērojot definētos minimuma aizsargpasākumus, un 4) atbilst tehniskās pārbaudes kritērijiem. Regulā definētie vides mērķi ir klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās klimata pārmaiņām, ilgtspējīga ūdens un jūras resursu izmantošana un aizsardzība, pāreja uz aprites ekonomiku, piesārņojuma novēršana un kontrole un bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu aizsardzība un atjaunošana.

No 2022. gada 1. janvāra spēkā stājās ES regula Nr. 2021/2139, kas nosaka tehniskās pārbaudes kritērijus, pēc kuriem nosaka, ar kādiem nosacījumiem saimnieciskā darbība ir uzskatāma par tādu, kas būtiski sekmē klimata pārmaiņu mazināšanu vai pielāgošanos tām, tātad iekļauj pirmos divus iepriekš minētos vides mērķus (Eiropas Komisija, 2021a). 2023.gada 27.jūnijā spēkā stājās ES regula Nr. 2023/2486, kas nosaka tehniskās pārbaudes kritērijus pārējiem četriem vides mērķiem. 27. jūnija dokumentam vēl nav pieejama oficiāla versija latviešu valodā, tādēļ izmantots brīvs tulkojums no angļu valodas (Eiropas Komisija 2023).

Lai aktivitāte tiktu definēta kā būtisks piensums bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu atjaunošanā, tai jāpalīdz saglabāt ekosistēmu, sugu vai dzīvotņu labs stāvoklis un/vai jāatjauno vai no jauna jāierīko ekosistēmas vai dzīvotnes, lai panāktu to labu stāvokli, tajā skaitā palielinot to aizņemto platību. Par teritoriju, kurā tiek veikta aktivitāte, jābūt pieejamai sākotnējai informācijai (esošās dzīvotnes un to stāvoklis, aizsardzības statuss, kur attiecināms, sastopamās sugas, aptuvens populācijas lielums, dzīvotnes izmēra un kvalitātes vērtējums). Teritorijai jābūt nozīmīgai sugas vai dzīvotnes laba stāvokļa sasniegšanā reģionālā, nacionālā vai starptautiskā mērogā un, kur iespējams, ar potenciālu sugu vai dzīvotņu stāvokli uzlabot, atjaunot dzīvotnes vai uzlabot dzīvotņu savienojamību.

Teritorijai nepieciešams apsaimniekošanas plāns vai līdzīgs dokuments ar sekojošu saturu:

- 1) Plānotais teritorijas piensums dabas aizsardzības mērķiem, ko definējušas kompetentas dabas aizsardzības iestādes;
- 2) Sugu un dzīvotņu saraksts, ko pozitīvi ietekmēs plānotie pasākumi;
- 3) Plāna darbības ilgums un skaidri aizsardzības mērķi katrai mērķa sugai vai dzīvotnei, ieskaitot mērķu sasniegšanas termiņus;

- 4) Draudi un faktori, kas varētu kavēt aizsardzības mērķu sasniegšanu (tajā skaitā ar klimata pārmaiņām saistītie);
- 5) Pasākumi, lai nodrošinātu, ka netiek nodarīts būtisks kaitējums;
- 6) Sociālo jautājumu iekļaušana (iesaistīto pušu iesaiste, ainavas saglabāšana);
- 7) Kur iespējams, uzlaboto ekosistēmu pakalpojumu apraksts (oglekļa piesaiste, ūdens attīrīšana, aizsardzība no plūdiem, erozijas novēršana, apputeksnēšana, rekreācijas iespējas), kā arī plašāki socioekonomiski ieguvumi;
- 8) Monitoringa shēma ar specifiskiem un izmērāmiem indikatoriem, kas ļaus novērtēt progresu aizsardzības mērķu sasniegšanā
- 9) Personas un organizācijas, kas iesaistītas teritorijas apsaimniekošanā un /vai atjaunošanā, un, ja attiecināms, nepieciešamās partnerības mērķu sasniegšanai
- 10) Pasākumi pārskatāmības un caurspīdīguma nodrošināšanai attiecībā uz mērķiem, pasākumiem un rezultātiem.
- 11) Aizsardzības pasākumu īstenošanai, monitoringam un auditam nepieciešamais finansējums.

Ekosistēmu pakalpojumu kartējums var nodrošināt nepieciešamo informāciju saimnieciskās darbības ietekmes izvērtēšanā regulas un ar to saistīto dokumentu kontekstā.

Pētījuma mērķis ir izstrādāt modeli ekosistēmu pakalpojumu vērtējumam valsts mežos.

Pētījuma virzība

Sagatavoti un/vai precizēti algoritmi 21 indikatora aprēķinam, izmantojot meža nogabalu taksācijas rādītājus (1.1.tabula). Izstrādātie indikatori raksturo ekosistēmu pakalpojumu potenciālu, kas ir atkarīgs no ekosistēmas biofizikālajām īpašībām.

1.1.tabula

Ekosistēmu pakalpojumu (EP) uzskaitījums ar sagatavotiem un/vai precizētiem algoritmiem ekosistēmu pakalpojumu kartējumam valsts mežos

Nr. p. k.	CICES v5.1. kods un grupa	EP /sekcija (A – apgādes, R – regulējošais, K – kultūras)	Indikatora statuss	Piezīmes
1	1.1.5.1. Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, ieskaitot sēnes, aļģes) lietošanai uzturā	Meža ogas/A	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	Mellenes Brūklenes
2	1.1.5.1. Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, ieskaitot sēnes, aļģes) lietošanai uzturā 1.1.5.2. Šķiedras un citi materiāli no savvaļas augiem tiešai izmantošanai vai pārstrādei (neskaitot ģenētisko materiālu)	Meža augi/A	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	Pārtikā lietojami augi Nektāraugi Ārstniecības augi Kosmētikā lietojami augi

Nr. p. k.	CICES v5.1. kods un grupa	EP /sekcija (A – apgādes, R – regulējošais, K – kultūras)	Indikatora statuss	Piezīmes
3	1.1.5.2. Šķiedras un citi materiāli no savvaļas augiem tiešai izmantošanai vai pārstrādei (neskaitot ģenētisko materiālu)	Koksne/A	Indikators pilnveidots šajā pētījuma etapā	Lietkoksne
4	1.1.5.3. Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, ieskaitot sēnes, aļģes) enerģijas ieguvei	Enerģētiskā koksne/A	Indikators pilnveidots šajā pētījuma etapā	Malka un ciršanas atliekas
5	1.1.6.1. Savvaļas dzīvnieki (sauszemes un ūdens) lietošanai uzturā	Meža dzīvnieki/A	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	Alnis Staltbriedis Stirna Mežacūka
6	2.1.1.2. Antropogēnas izcelsmes atkritumu un toksisku vielu filtrācija/piesaiste/uzglabāšana/uzkrāšana ar mikroorganismiem, aļģēm, augiem un dzīvniekiem dzīvniekiem	Fitoremediācija/R	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	
7	2.2.6.1. Atmosfēras un okeāna ķīmiskā sastāva regulācija	Ogleklis/R	Indikators pilnveidots šajā pētījuma etapā	
8	5.1.1.3. Mediācija ar citiem ķīmiskiem vai fizikāliem procesiem (pie., filtrācija, uztveršana, uzglabāšana vai akumulēšana)	Smago metālu stabilizācija/R	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	
9	2.1.2.2. Antropogēnas izcelsmes traucēkļu mediācija	Trokšņa mazināšana/R	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	
10	2.2.1.1. Pamatplūsmu un ekstrēmu notikumu regulācija	Erozijas mazināšana/R	Indikators pilnveidots šajā pētījuma etapā	
11	2.2.1.1. Pamatplūsmu un ekstrēmu notikumu regulācija	Noturība pret rekreācijas slodzēm/R	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	

Nr. p. k.	CICES v5.1. kods un grupa	EP /sekcija (A – apgādes, R – regulējošais, K – kultūras)	Indikatora statuss	Piezīmes
12	2.2.2.3. Dzīvotņu nodrošināšana	Dzīvotņu nodrošināšana piekrastes mežos/R	Indikators izstrādāts šajā pētījuma etapā	Atmirusī koksne kā indikators
13	3.1.1.1. Fiziska un pieredzē balstīta mijiedarbība ar dabisko vidi	Piemērotība rekreācijai/K	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	
14	3.1.1.2. Fiziska un pieredzē balstīta mijiedarbība ar dabisko vidi	Vizuālā kvalitāte/K	Indikators izstrādāts iepriekšējos pētījuma etapos	

Algoritmi

Lietkoksne

Lietkoksnes iznākums aprēķināts atbilstoši (Donis 2022, Šņepsts et al., 2020) par pamatu ņemot Meža valsts reģistrā doto nogabalu krāju, valdošo koku sugu, valdošās koku sugas vidējo caurmēru un vidējo krāju. Sortimentācija balstīta uz stumbra veidulēm (Ozolins 2002), koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm aprēķināts izmantojot Veibula sadalījumu (Šņepsts et al., 2020), Sortimentu iznākuma korekcija - augstvērtīgo sortimentu iznākuma samazinājums pēc (Šņepsts et al., 2020).

Enerģētiskā koksne

Lietkoksnes iznākums aprēķināts, izmantojot to pašus algoritmus, kas minēti pie lietkoksnes iznākuma algoritma. Enerģētiskās koksnes apjoms aprēķināts kā 80% no tās stumbru daļas, kura neatbilda lietkoksnei.

Ogleklis

Oglekļa piesaiste koku virszemes un pazemes dzīvajā biomasā aprēķināta atbilstoši Liepiņš et al. 2018, Liepiņš et al. 2021, Bārdule et al., 2021. Aprēķiniem par pamatu izmantota Meža valsts reģistrā dotā nogabalu krāja, valdošo koku suga, valdošās koku sugas vidējais caurmērs un vidējā krāja (koku skaits).

Erozijas mazināšana

Izmantotas RUSLE 2015 komponentes: R-, K-, C- and P-factors no Eiropas augšņu datu centra mājas lapas *European Soil Data Centre* (ESDAC) (R – nokrišņu erozivitāte (Paganos et al., 2015a), K – augsnes noturība pret eroziju (Paganos et al., 2014), C- augsnes apsaimniekošanas ietekmes faktors (Paganos et al., 2015b), P-, erozijas samazināšanas atbalsta faktors (Paganos et al., 2015c) . Atbilstošie slāņi pārveidoti LKS92 TM koordinātu sistēmā. Nogāzes garuma un slīpuma nozīme aprēķināta, izmantojot 20 m pikseli (LĢIA zemes virsmas

modelis), datu slānis izveidots, izmantojot datorprogrammas QGIS 3.22 rīku LS factor (one step) (Desmet&Govers 1996 metodi). C faktors aprēķināts divos variantos: 1) izmantojot vērtības, kādas ir pie pilna vainagu projektīvā seguma (C faktors=0.0001), un 2) pieņemot, ka kokaudze tiek nocirsta vienlaidu cirtē (C faktors=0,175).

Dzīvotņu nodrošināšana (atmirusī koksnes) upmalās

Vidējais atmirušās stumbru koksnes daudzums atbilstoši MSI 2017.-2021. g. datiem Latvijā mežaudzēs un mežaudzēs lauksaimniecības zemēs ir $19,74 \pm 0,34 \text{ m}^3/\text{ha}$. Savukārt mežaudzēs un izcirtumos 2021. g. vidēji konstatēti $18,95 \pm 0,73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ atmirušo koku stumbru.

Iepriekšējos pētījumos modeļa izstrādei izmantoti 2017.-2021. g. meža resursu monitoringa parauglaukumu atmirušās koksnes apjoma dati. Katram MSI parauglaukumam aprēķināts attālums līdz tuvākai upei, izmantojot ArcGIS 10.5 rīku NEAR. Pēc tam aprēķināta katra parauglaukuma attāluma grupa (līdz 10m, 10.1 līdz 50m no upes, 50.1-100 m, 100<m).

Aprēķināts kopējais un vidējais atmirušās koksnes daudzums: 1) atkarībā no attāluma līdz ūdenstecei, 2) atkarībā no valdošās koku sugas un attāluma no ūdenstecei.

Salīdzinoši novērtējot atmirušo koku stumbru krāju mežaudzēs un izcirtumos dažādos attālos no upmalas (skat. 1.2. tabulu), konstatēts, ka vispārējā tendence ir, ka lielākā attālumā un upes atmirušās koksnes krāja ir mazāka nekā tiešā upmalā.

1.2. tabula

Atmirušo koku stumbru krāja mežaudzēs un izcirtumos dažādos attālos no upmalām

Distances grupa, m	Vid. krāja m^3/ha	Vid. vērtības kļūda, SE%	Vid. vērtības kļūda SE
<=10	47.0	16.2	7.6
10,1-50	32.5	8.8	2.9
50,1-100	25.6	9.2	2.4
100<	19.9	1.8	0.4
Kopā	20.5	1.7	0.4

Salīdzinot vidējo atmirušo koku stumbru koksnes krāju mežaudzēs ar dažādām valdošajām koku sugām dažādos attālos no upes krasta (skat. 1.3. tabulu), konstatēts, ka vairumam analizēto koku sugu (P, B, A, M, Ba) redzama tendence, ka vislielākā atmirušās koksnes krāja ir zonā līdz 50 m attālumā no krasta. Tomēr atšķirības starp blakus distancēm grupām nav statistiski būtiskas.

1.3. tabula.

Atmirušo koku krāja mežaudzēs ar dažādām valdošajām koku sugām dažādos attālos no upmalām

Valdošā suga	Distances grupa, m	Vid. krāja m^3/ha	Vid. vērtības kļūda SE
Priede	0-50	27.7	6.4
Priede	50.1-100	23.8	4.8
Priede	100.1-	17.9	0.6
Priede	Vidēji	18.1	0.6
Egle	0-50	32.5	5.4
Egle	50.1-100	32.9	5.6

Egle	100.1-	23.1	1.0
Egle	Vidēji	23.6	1.0
Bērzs	0-50	29.7	4.7
Bērzs	50.1-100	23.6	3.5
Bērzs	100.1-	18.8	0.6
Bērzs	Vidēji	19.2	0.6
Melnalksnis	0-50	28.0	5.3
Melnalksnis	50.1-100	22.8	8.8
Melnalksnis	100.1-	23.6	1.4
Melnalksnis	Vidēji	23.7	1.4
Apse	0-50	65.2	19.6
Apse	50.1-100	14.7	4.7
Apse	100.1-	24.4	1.6
Apse	Vidēji	25.0	1.6
Baltalksnis	0-50	28.7	3.0
Baltalksnis	50.1-100	16.4	3.9
Baltalksnis	100.1-	16.1	0.9
Baltalksnis	Vidēji	17.1	0.9

Aprēķinos pieņemts, ka atmirušās koksnes daudzums ir atbilstošs statistiski vidējam pēc meža valsts reģistrā reģistrētās koku sugas, atkarībā no zonas (1.3.tabula) un pieņemot, ka 10 m buferzonā atmirušās koksnes daudzums ir 1,3 reizes lielāks nekā vidēji 50 m buferzonā.

Literatūra

1. Bārdule, A., Liepiņš, J., Liepiņš, K., Stola, J., Butlers, A. and Lazdiņš, A., 2021. Variation in carbon content among the major tree species in hemiboreal forests in Latvia. *Forests*, 12(9), p.1292.
2. Donis J. 2022. Algoritmu izstrāde mežsaimniecības plānošanai. Pētījuma pārskats . LVMI SILava 99.lpp. Available online: https://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicācijas/Petijumi/nodevumi-2021/etapa_parskats_algorithmi.pdf (accessed on 7 December 2023).
3. Eiropas Komisija. 2019. Eiropas Zaļais kurss. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>
4. Eiropas Komisija. 2021a. Komisijas Deleģētā regula (ES) 2021/2139. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139&from=EN>
5. Eiropas Komisija. 2023. Komisijas deleģētā regula (ES) 2023/2486. Pieejams: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302486
6. Eiropas Parlaments un Padome. 2020. Regula (ES) (ES) 2020/852. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&from=LV>
7. European Commission. 2021c. EU Taxonomy for sustainable activities. Pieejams: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
8. Liepiņš, J., Lazdiņš, A. and Liepiņš, K., 2018. Equations for estimating above-and belowground biomass of Norway spruce, Scots pine, birch spp. and European aspen in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(1), pp.58-70.
9. Liepiņš, J., Liepiņš, K. and Lazdiņš, A., 2021. Equations for estimating the above-and belowground biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) and common alder (*Alnus glutinosa* L.) in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36(5), pp.389-400.
10. Ozoliņš, R. 2002. Forest stand assortment structure analysis using mathematical modeling. *For. Stud.* 7, 33-45
11. Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadić, M.P., Michaelides, S., Hrabalíková, M., Olsen, P. and Aalto, J., 2015. Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511, pp.801-814.

12. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E. and Montanarella, L., 2015. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land use policy*, 48, pp.38-50.
13. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Van Der Zanden, E.H., Poesen, J. and Alewell, C., 2015. Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale. *Environmental science & policy*, 51, pp.23-34.
14. Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P. and Alewell, C., 2014. Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the total environment*, 479, pp.189-200.
15. Šņepsts G., Donis J. Zariņš J. 2020. Priekšlikumi Latvijas meža resursu vērtības un apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanai ilgtermiņā un atbalsts meža apsaimniekošanas stratēģiskais ietekmes uz vidi novērtējumam. MAF pētījums. LVMI Silava, Salaspils, 74 lpp. Pieejams <https://silava.lv/images/Petijumi/2020-MAF-Snepsts/2020-MAF-Snepsts.pdf#page=19&zoom=100>

1.2. Ainavu līmeņa ekosistēmu pakalpojumu kartējums valsts mežos

Pētījuma mērķis ir veikt vispārēju ekosistēmu pakalpojumu valsts mežos.

Pētījuma virzība

Ekosistēmu pakalpojumu kartējums valsts mežos veikts 21 ekosistēmu pakalpojumu indikatoram (1.1. tabula), izmantojot 1.1. aktivitātē izstrādātos/papildinātos algoritmus. Kartējuma rezultātu vizuāls attēlojums valsts mežos lietkoksnei, oglekļa uzkrājumam koku dzīvajā virszemes un pazemes biomasā un erozijas mazināšanas potenciālam (divos variantos) pievienots 2.-5.pielikumā. Nodaļa vēl tiks papildināta ar paskaidrojumiem, kopsavilkuma tabulu un pārējo ekosistēmu pakalpojumu kartējuma attēliem.

2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība

2.1. Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību

2.1.1. *Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs*

Pamatojums.

Bioekonomikas principu ieviešana, atbildot uz globālo pārmaiņu radītajiem izaicinājumiem, paredz atjaunojamo dabas resursu izmantošanu pārdomātā un ilgtspējīgā veidā. Attīstot bioekonomiku, tiek mazināta atkarība no fosilajiem energoresursiem un risinātas ar to izmantošanu saistītās vides problēmas (Bugge et al. 2019). Koksnes biomasas izmantošana enerģētiskā Eiropas Savienībā uzrāda pieaugošu tendenci (European Commission, 2022). Vairāki nacionāla un Eiropas līmeņa plānošanas dokumenti, piemēram, Latvijas Bioekonomikas stratēģija un Eiropas Meža stratēģija, paredz aizsargāt un dažādot meža nodrošināto ekosistēmu pakalpojumu klāstu (LR Zemkopības ministrija 2017, European Commission 2021). Meža ekosistēmu nodrošinātie pakalpojumi ietver arī enerģētisko koksni, kas var ievērojami mazināt fosilo resursu izmantošanu un stiprināt enerģētisko neatkarību (Wieruszewski and Mydlarz 2022), taču ir nepieciešama zinātniski pamatota informācija par koksnes biomasas intensīvas izvākšanas ietekmi uz augsni, ūdens ekosistēmām, nākamās koku paaudzes produktivitāti un bioloģisko daudzveidību.

Līdzšinējo pētījumu rezultāti norāda uz pastiprinātiem barības vielu zudumiem pēc visas biomasas izvākšanas, sevišķi, ja tiek izvāktas arī skuju un lapas, kas satur daudz barības vielu (Achat et al. 2015, Bessaad 2021). Tomēr dati liecina par ģeogrāfisku, meteoroloģisku un augsnes apstākļu radītām ekosistēmas reakcijas atšķirībām. Piemēram, Vācijā augstākajās skuju koku audzēs reģionos ar lielu atmosfēras slāpekļa ienesi intensīva biomasas izvākšana pat kopšanas cirtēs var būtiski pasliktināt barības vielu nodrošinājumu (Knust et al. 2016). Somijā savukārt konstatēts, ka egļu audzēs atkārtota visas biomasas izvākšana (kopšanā un galvenajā cirtē) gan samazina augsnes oglekļa, slāpekļa un bāzisko katjonu saturu, taču neatstāj būtisku ietekmi uz nākamās koku paaudzes augšanu, turklāt visas biomasas izvākšana veicina lapu koku dabisko atjaunošanos (Kaarakka et al. 2014). Zviedrijā veiktas modelēšanas rezultātā vēsturiskais piesārņojums un esošais augsnes skābuma līmenis identificēts kā būtisks faktors, kas var palielināt visas biomasas izvākšanas radītos riskus un mazināt meža apsaimniekošanas ilgtspēju (Akselsson 2021). Lielbritānijā veikts pētījums norāda uz augsnes noplicināšanās un meža ražības samazināšanās risku tieši skābās augsnēs (Walmsley et al. 2009). Vangansbeke et al. (2015) uzsver visas biomasas izvākšanas negatīvo ietekmi uz barības vielu nodrošinājumu un koku augšanu mazauglīgās priežu audzēs ar sausu, smilšainu augsni. Kopumā pētījumu rezultāti norāda uz lokālu apstākļu un vietai specifisku faktoru būtisko ietekmi, kā arī uz nepieciešamību datus ievākt pietiekami ilgu laika periodu pēc mežizstrādes, lai varētu izdarīt secinājumus par atšķirīgas intensitātes mežizstrādes ietekmi uz nākamā meža paaudzi.

Barības vielu un citu elementu koncentrācija augsnes ūdenī ir informatīvs rādītājs, ko iespējams izmantot, lai pētītu piesārņojuma ietekmi, barības vielu nodrošinājumu ekosistēmā un tā izmaiņas saimnieciskās darbības ietekmē (piem., Wolt 1994, Smethurst 2000, Johnson et al. 2018). Papildus, lai kvantificētu elementu ienesi ekosistēmā, tiek izmantots nokrišņu un nobiru ķīmiskais sastāvs. Ūdenī nozīmīgākie rādītāji ir ūdens skābums (pH), nitrātjonu (NO_3^- -N), forfātjonu (PO_4^{3-} -P) un kālija (K) koncentrācija.

pH vērtība nosaka, cik skāba vai bāziska ir vide. Tas ir nozīmīgs ūdens kvalitāti raksturojošs rādītājs, jo limitē dažādu sugu izplatību ūdens ekosistēmās, nosakot gan barības vielu un citu

ķīmisko elementu šķīdību ūdenī, gan šo vielu bioloģisko pieejamību (vai smago metālu gadījumā – to toksiskuma līmeni). Dabas ūdeņu pH parasti ir robežās no 6 līdz 8 (Kļaviņš, Cimdiņš 2004).

Par vienu no nozīmīgākajām Latvijas ūdeņu kvalitātes problēmām tiek uzskatīts to piesārņojums ar augu barības vielām jeb biogēnajiem elementiem – slāpekļa, fosfora un silīcija savienojumiem, kā arī kālija joniem (Nikodemus et al., 2018). Slāpekļa savienojumu formas ir savstarpēji saistītas un var pāriet viena otrā, bet nitrāti ir nozīmīgākais ķīmisko analīžu rezultātā nosakāmais ūdens kvalitātes rādītājs, kam raksturīga no nitrātjonu pieplūdes un patēriņa avotiem atkarīga sezonālā variācija. Tīros virszemes ūdeņos nitrātu koncentrācija parasti ir līdz 0,4–8 mg L⁻¹, bet piesārņotos ūdeņos – pat līdz 50 mg L⁻¹, kas ir ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība. Galvenie nitrātu avoti meža ekosistēmās ir organisko un neorganisko vielu pārvērtības un transformācijas procesi. Slāpekļa savienojumu apriti nosaka mikroorganismu darbība (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

Fosfora savienojumiem ir liela nozīme ūdenskrātuvju eutrofikācijas procesos. Saldūdens ekosistēmās fosfors primāri ir sastopams organiskā un neorganiskā formā. Bioloģiski pieejamā neorganiskā fosfora forma ir ortofosfāti (PO₄³⁻), un šis rādītājs tiek izmantots ūdens kvalitātes raksturošanai. M.Kļaviņa (2004) dotā koncentrācijas robežvērtība fosfātiem ir 0,05 mg L⁻¹.

Kālijs ir dzīvajiem organismiem fizioloģiski nozīmīgs elements. Kālija jonu saturu ūdeņos ietekmē paaugstināta kālija jonu asimilācija augsnē, īpaši kālija joni spēj sorbēties uz minerālu daļiņām un iekļauties to struktūrā. Latvijas apstākļos vidējā kālija jonu koncentrācija gadā ir 4,8 mg L⁻¹, un paaugstināti kālija daudzumi var nokļūt ūdeņos, izskalojoties no augsnēm, kas nabadzīgas ar humusu (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

Pētījuma mērķis ir izpētīt mežizstrādes ar visas virszemes biomasas izvākšanu un mežizstrādes ar stumbru biomasas izvākšanu ietekmi uz vielu apriti, jaunaudzū augšanas gaitu un zemsedzes veģetāciju skuju koku audzēs.

Pētījuma virzība.

Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens, gruntsūdens un virszemes ūdens paraugu ņemšana un ķīmiskā analīze Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā ierīkotajos trijos pētījuma objektos lānā, damaksnī un šaurlapju kūdrenī uzsākta 2012.gadā un aptver veģetācijas sezonu (aprīlis/maijs-oktobris). 2013.gada sākumā visos trijos objektos veikta dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirte – ar visas virszemes biomasas izvākšanu un ar stumbru biomasas izvākšanu. Eksperiments ierīkots atbilstoši BACI (*before-after-control-impact*) principam (Smith 2002); objekti, lauka darbu un analīžu metodes un iepriekšējie rezultāti raksturoti šīs pētījumu programmas 1.etapa pārskatā (Lībiete un citi, 2022) un iepriekšējās pētījumu programmas 2.etapa pārskatā (Lībiete un citi, 2012).

Iepriekšējos gados iegūtie rezultāti apkopoti publikācijā Kļaviņš et al. 2023. **Harvest Intensity Impacts Nutrient Status and Young Stand Development in Latvian Hemiboreal Forest.** *Forests* 14: 764, <https://doi.org/10.3390/f14040764>.

2023.gadā līdz pārskata sagatavošanas brīdim paņemtas sešas vides paraugu sērijas, un no laboratorijas saņemti ķīmisko analīžu rezultāti par piecām paraugu sērijām. Tā kā šī ir monitoringa aktivitāte, kas atbilstoši vienai un tai pašai metodikai tiek turpināta katru gadu, šajā pārskatā ir iekļauti galvenie rezultāti apkopotā veidā, īsi raksturojot nozīmīgākos vielu apriti raksturojošos parametrus (pH, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P, K). Pārējo parametru kopsavilkums pievienots 6. pielikumā.

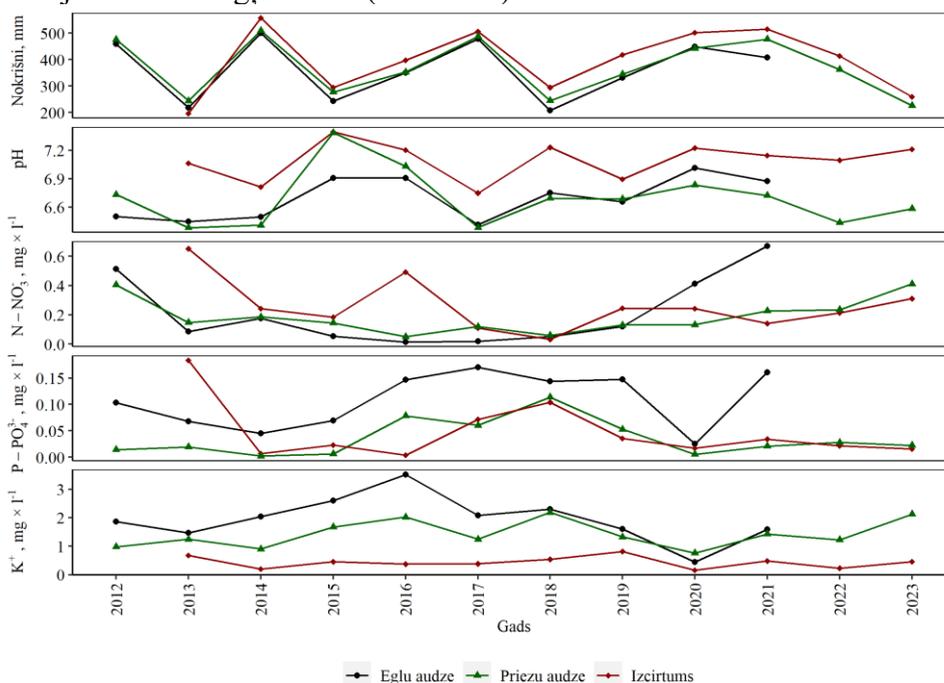
Pilna datu analīze tiks veikta pēdējā pētījuma gadā.

Rezultāti

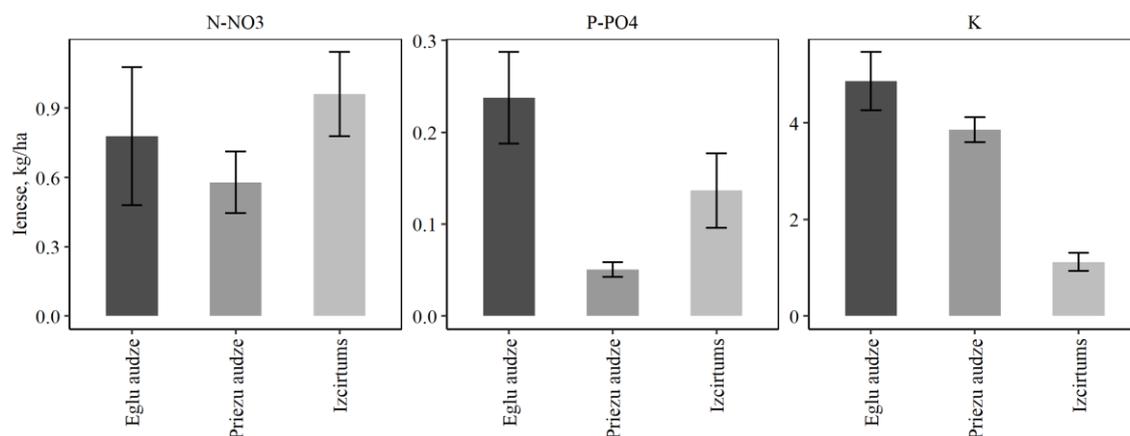
Nokrišņu ķīmiskais sastāvs

Sākot no 2022. gada, ieneses dati aprēķināti priežu audzei un izcirtumam, jo kūdreņa objektā kontroles parauglaukumā (egļu audzē) veikta vienlaidu sanitārā cirte vēja bojājumu un egļu astonezību mizgrauža invāzijas dēļ.

2023.gada veģetācijas sezonas nokrišņu daudzums bijis mazāks nekā iepriekšējos pētījuma gados. Konstatēta neliela pH vērtību palielināšanās tendence, nokrišņu ūdenim kļūstot bāziskākam, kā arī nitrātu un kālija jonu koncentrācijas pieaugums, kas izteiktāks bijis priežu audzē, tātad nokrišņos zem koku vainagiem. Fosfātu koncentrācijas, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, gandrīz nav mainījušās, un gan izcirtumā, gan priežu audzē bijušas visai līdzīgas (2.1. attēls). Lielākās nitrātu ieneses ar nokrišņiem konstatētas izcirtumā, bet lielākās fosfātu un kālija ieneses – egļu audzē (2.2. attēls).



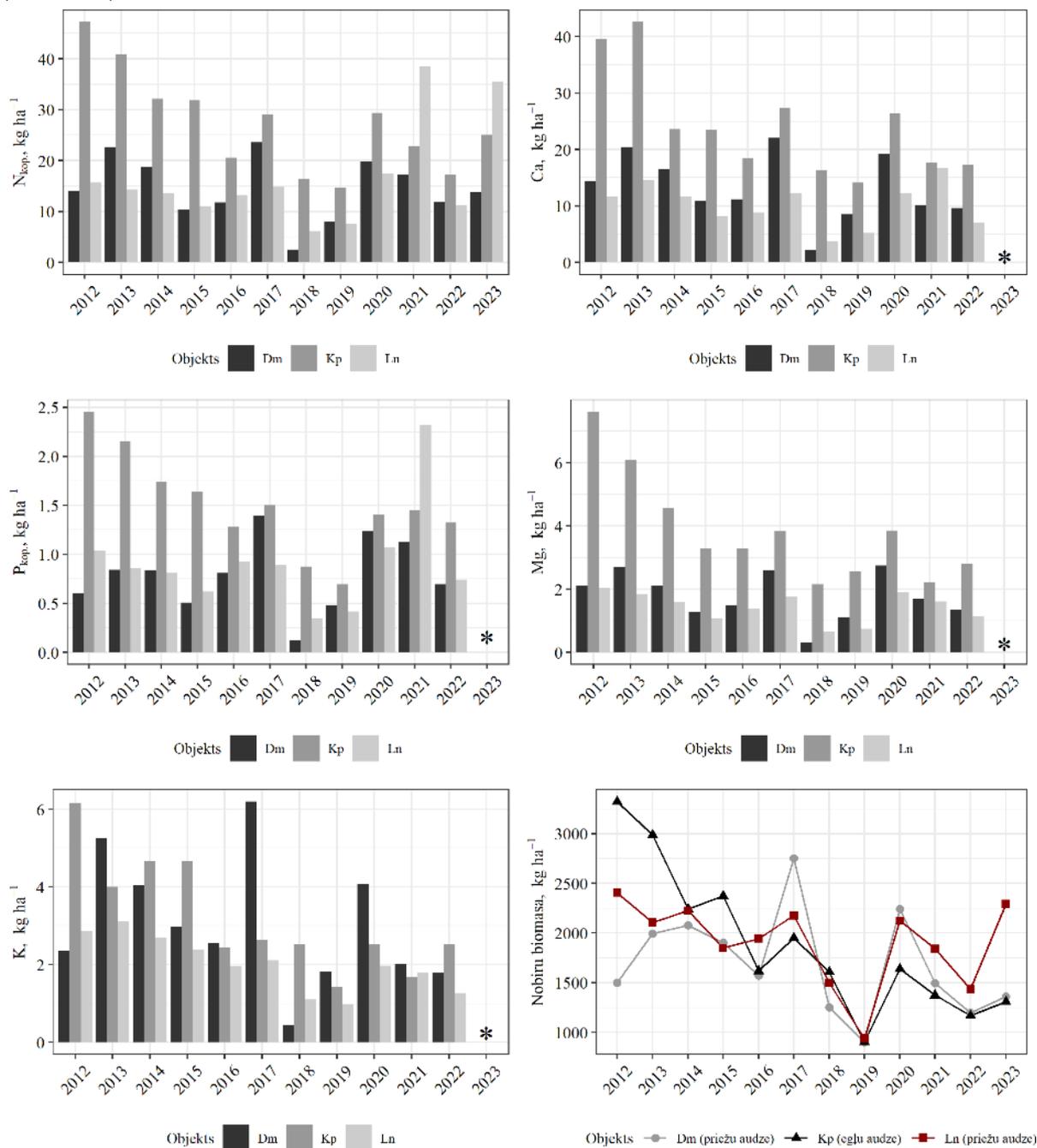
2.1. attēls. Nokrišņu daudzums, pH un elementu koncentrācijas nokrišņos 2012.-2023.gadā



2.2. attēls. Nitrātu, fosfātu un kālija ienese ar nokrišņiem Ln, Dm un Kp objektos 2012.-2023.gadā

Nobiru ķīmiskais sastāvs

2023. gadā, salīdzinot ar iepriekšējā gada veģetācijas sezonu, ir palielinājusies nobiru biomasa visos trijos pētījuma objektos. Sevišķi izteikts palielinājums vērojams lānā, kas visticamāk skaidrojams ar atsevišķu lielu zaru nonākšanu uztvērējos. 2023. gada veģetācijas sezonā konstatēta salīdzinoši liela slāpekļa ienese ar nobirām, jo sevišķi lāna objektā (2.3.attēls).



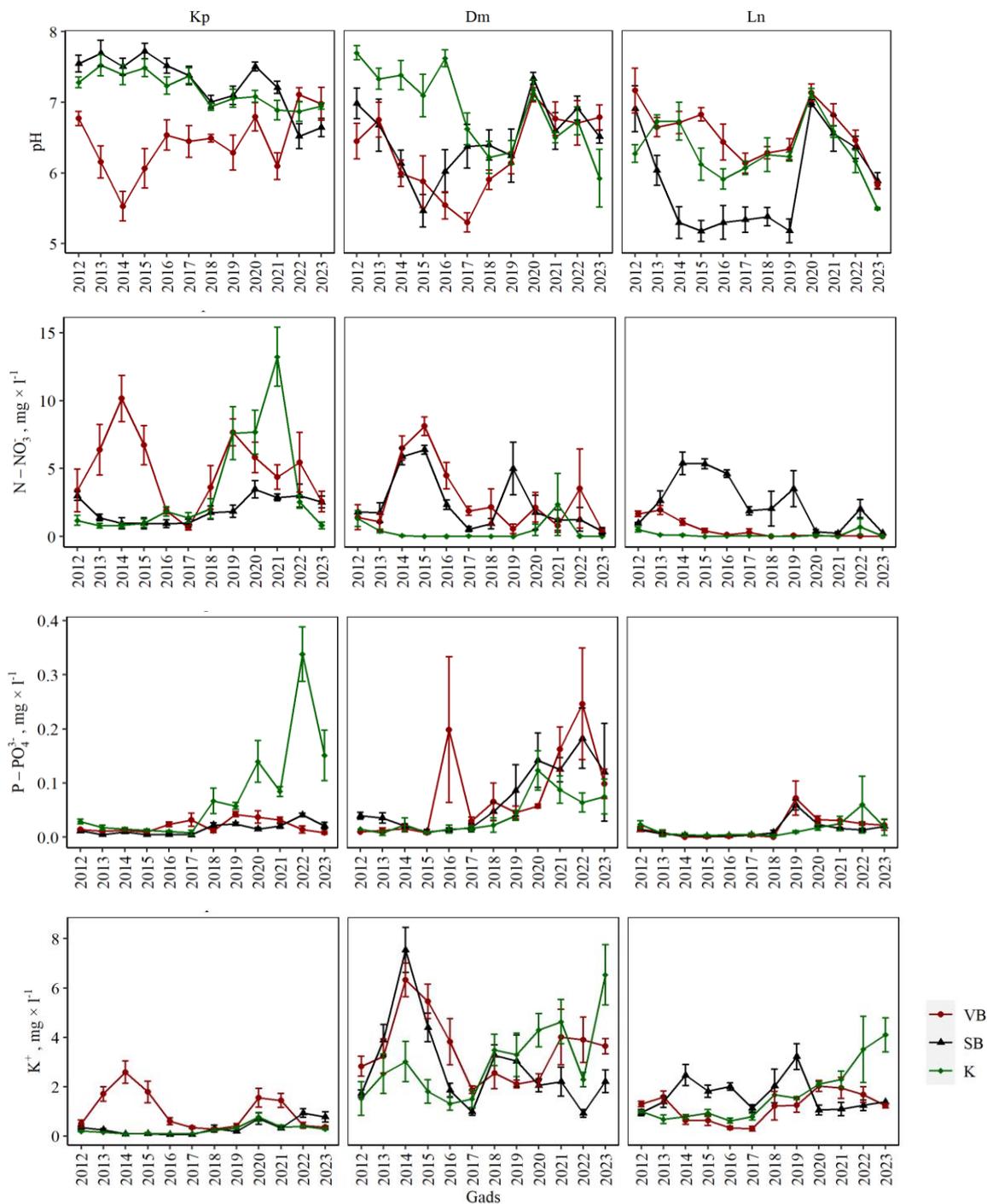
*Informācija par trūkstošajiem elementiem tiks pievienota pēc laboratorijas analīžu rezultātu saņemšanas

2.3. attēls. Ķīmisko elementu ienese ar nobirām un nobiru apjoms 2012.-2023.gadā

Augsnes ūdens ķīmiskais sastāvs

Abos objektos sausieņu mežos 2023.gadā vērojama turpmāka augsnes ūdens paskābināšanās tendence, kas visizteiktākā ir kontroles parauglaukumos. Nitrātu

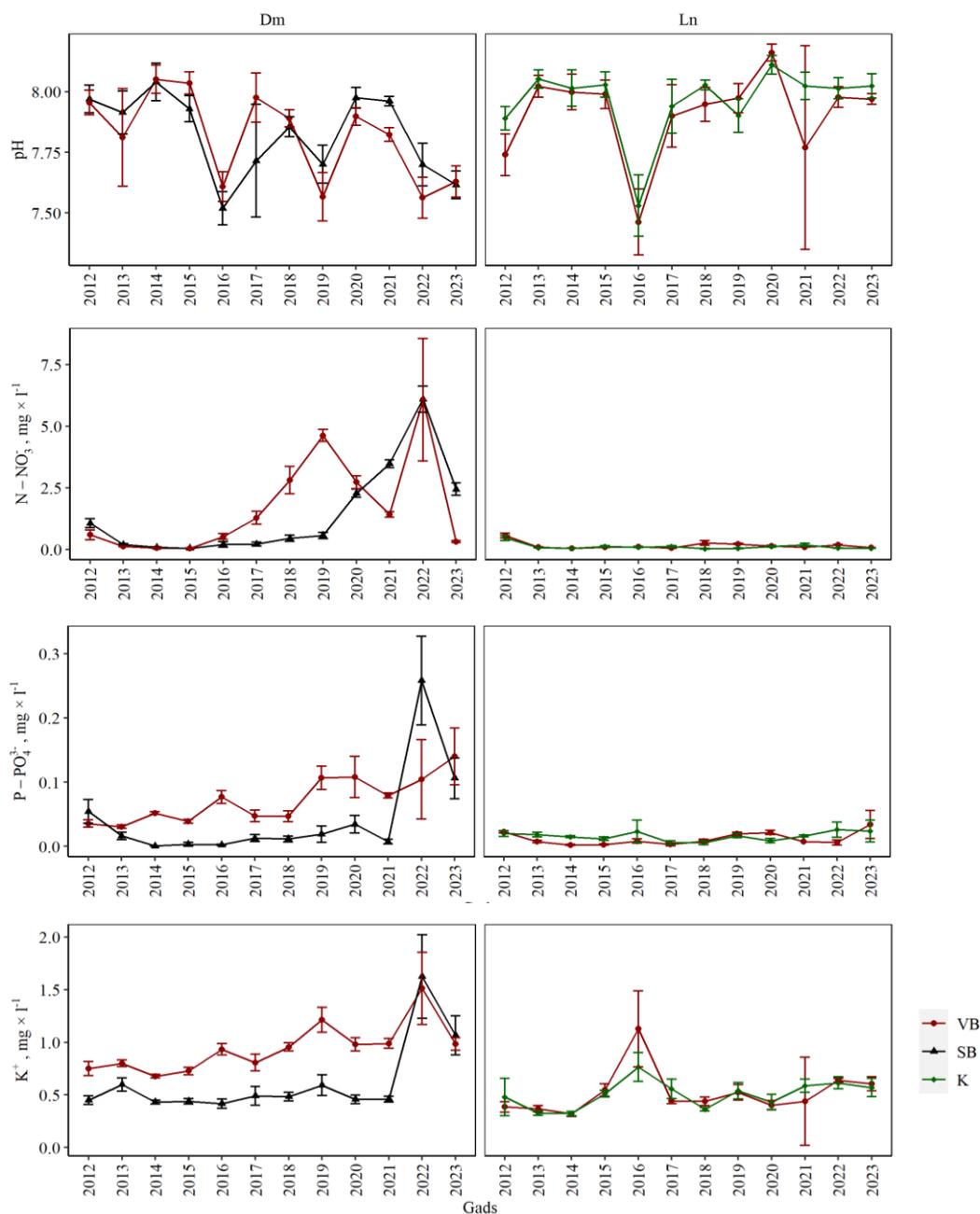
koncentrācijas visos objektos samazinās vai saglabājas būtiski nemainīgas, fosfātu koncentrācijas samazinās lielākajā daļā parauglaukumu, savukārt kālija koncentrācijām lānā un damaksnī vērojama pieaugoša tendence, kas visizteiktākā ir kontroles parauglaukumos. Kopumā izmaiņas augsnes ūdens ķīmiskajos rādītājos ir mazākas nekā iepriekšējās sezonās (2.4. attēls).



2.4. attēls. Augsnes ūdens pH, nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācijas Ln, Dm un Kp objektos 2012-2023.gadā

Gruntsūdens ķīmiskais sastāvs

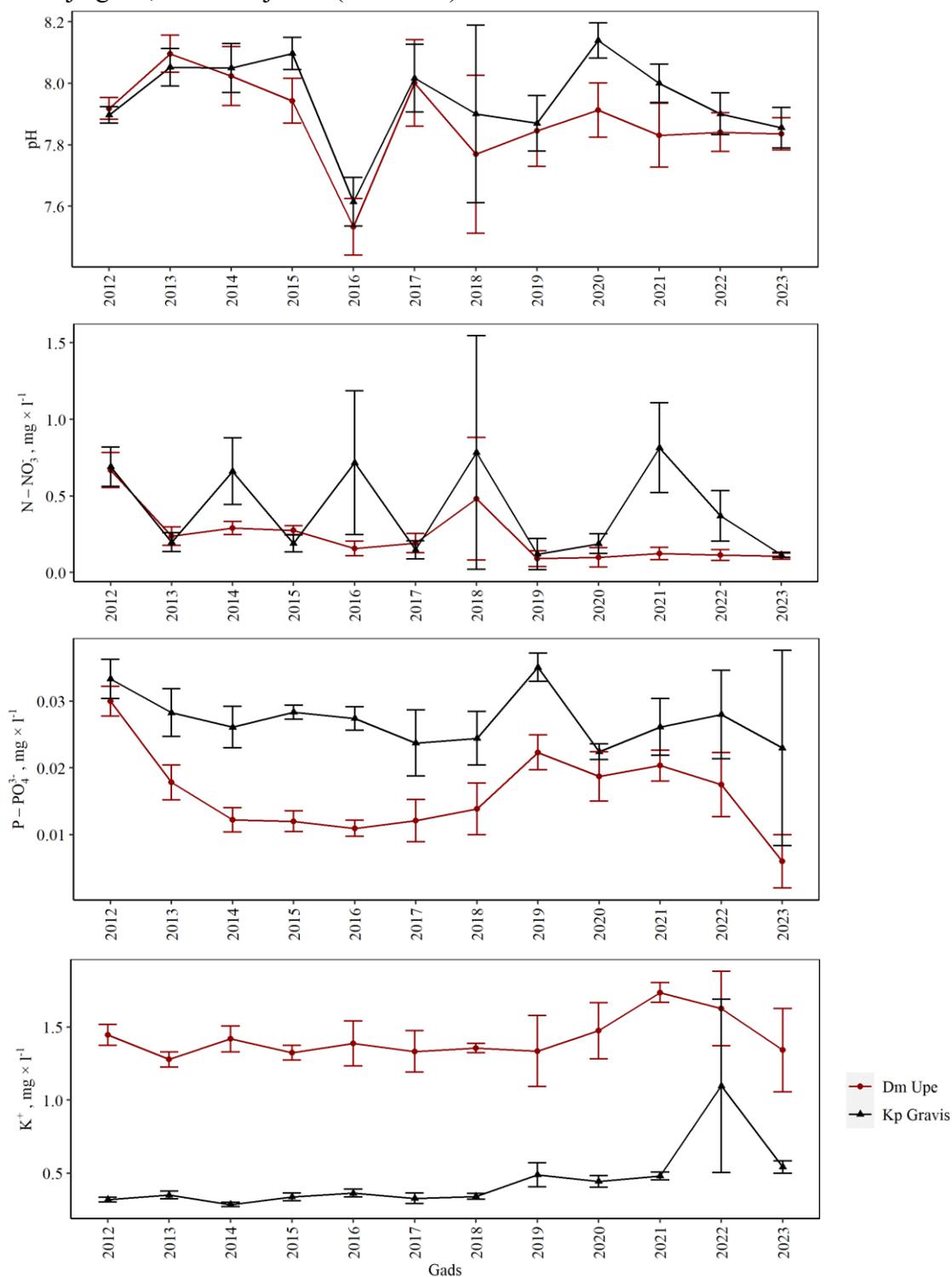
Gruntsūdens aku izvietojuma dēļ ir iespējams salīdzināt variantus sausieņu mežu objektos – abus parauglaukumus ar dažādas intensitātes mežizstrādi damaksnī un kontroles parauglaukumu ar parauglaukumu, kur izvēta visa virszemes biomasa lānā. Abos objektos pH vērtību izmaiņas gruntsūdenī, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, mainījušās nebūtiski. Gruntsūdens nitrātu koncentrācijas lānā saglabājušās ļoti zemas un nemainīgas, bet abus damakšņa parauglaukumos – būtiski samazinājušās. Damaksnī fosfātu koncentrācijas būtiski samazinājušās parauglaukumā, kur izvēta stumbru biomasa, bet nebūtiski pieaugušas parauglaukumā, kur izvēta visa virszemes biomasa. Lānā būtiskas fosfātu koncentrācijas izmaiņas gruntsūdenī netika konstatētas. Abos objektos visos parauglaukumos, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, samazinājušās kālija koncentrācijas gruntsūdenī (2.5. attēls).



2.5. attēls. Gruntsūdens pH, nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācijas Dm un Ln objektos 2012.-2023.gadā

Virszemes ūdens ķīmiskais sastāvs

Virszemes ūdens ķīmiskais sastāvs tiek vērtēts Svirējas upē blakus objektam damaksnī un meliorācijas grāvī blakus objektam kūdrenī. Nevienā no tiem 2023.gadā netika konstatētas būtiskas pH izmaiņas, bet nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācija abos objektos, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, samazinājusies (2.6. attēls).



2.6. attēls. Virszemes ūdens pH, nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācijas Dm un Kp objektos 2012.-2023.gadā

Kopsavilkums

2023.gada veģetācijas sezonā nedaudz pieaugusi nitrātu un kālija koncentrācija nokrišnos, fosfātu koncentrācijai saglabājoties iepriekšējā gada līmenī. Salīdzinot ar iepriekšējo gadu, palielinājusies nobiru biomasa un slāpekļa ienese ar nobirām. Lielākajā daļā parauglaukumu augsnes ūdenī elementu koncentrācijas samazinājušās, un atsevišķos gadījumos, kad konstatēts palielinājums, viziteiktākais tas bijis kontroles parauglaukumos, kur saimnieciskā darbība nav veikta. Gruntsūdenī visos variantos elementu koncentrācijas samazinājušās vai mainījušās nebūtiski. Virszemes ūdeņos nitrātu, fosfātu un kālija koncentrācija, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, samazinājusies.

Literatūra

1. Achat, D.L., Deleuze, C., Landmann, G., Pousse, N., Ranger, J. and Augusto, L., 2015. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth—A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 348, pp.124-141.
2. Akselsson, C., Kronnäs, V., Stadlinger, N., Zanchi, G., Belyazid, S., Karlsson, P.E., Hellsten, S. and Karlsson, G.P., 2021. A combined measurement and modelling approach to assess the sustainability of whole-tree harvesting—a swedish case study. *Sustainability*, 13(4), p.2395.
3. Bessaad, A., Bilger, I. and Korboulewsky, N., 2021. Assessing biomass removal and woody debris in whole-tree harvesting system: Are the recommended levels of residues ensured?. *Forests*, 12(6), p.807.
4. Bugge, M.M., Hansen, T. and Klitkou, A., 2019. What is the bioeconomy?. In *From Waste to Value* (pp. 19-50). Routledge.
5. European Commission. 2021. New EU Forest Strategy for 2030. Brussels. 28 p.
6. European Commission. 2022. EU Bioeconomy Strategy Progress Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 109 p.
7. Finer, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Härkönen, L., Huttunen, M., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S. and Sallantausta, T., 2021. Drainage for forestry increases N, P and TOC export to boreal surface waters. *Science of the Total Environment*, 762, p.144098.
8. Grayson, R.B., Finlayson, B.L., Gippel, C.J. and Hart, B.T., 1996. The potential of field turbidity measurements for the computation of total phosphorus and suspended solids loads. *Journal of environmental management*, 47(3), pp.257-267.
9. Johnson, J., Graf Pannatier, E., Carnicelli, S., Cecchini, G., Clarke, N., Cools, N., Hansen, K., Meesenburg, H., Nieminen, T.M., Pihl-Karlsson, G. and Titeux, H., 2018. The response of soil solution chemistry in European forests to decreasing acid deposition. *Global change biology*, 24(8), pp.3603-3619.
10. Kaarakka, L., Tamminen, P., Saarsalmi, A., Kukkola, M., Helmisaari, H.S. and Burton, A.J., 2014. Effects of repeated whole-tree harvesting on soil properties and tree growth in a Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand. *Forest Ecology and Management*, 313, pp.180-187.
11. Karlsson, J., Serikova, S., Vorobyev, S.N., Rocher-Ros, G., Denfeld, B. and Pokrovsky, O.S., 2021. Carbon emission from Western Siberian inland waters. *Nature communications*, 12(1), p.825.
12. Kirchner, J.W., Austin, C.M., Myers, A. and Whyte, D.C., 2011. Quantifying remediation effectiveness under variable external forcing using contaminant rating curves. *Environmental science & technology*, 45(18), pp.7874-7881.
13. Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. 2004. Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 208 lpp.
14. Knust, C., Schua, K. and Feger, K.H., 2016. Estimation of nutrient exports resulting from thinning and intensive biomass extraction in medium-aged spruce and pine stands in Saxony, Northeast Germany. *Forests*, 7(12), p.302.
15. Kritzberg, E.S., Hasselquist, E.M., Škerlep, M., Löfgren, S., Olsson, O., Stadmark, J., Valinia, S., Hansson, L.A. and Laudon, H., 2020. Browning of freshwaters: Consequences to ecosystem services, underlying drivers, and potential mitigation measures. *Ambio*, 49, pp.375-390.
16. Lībiete, Z. un citi. 2012. Atskaite par pētījuma “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” virziena “Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēti” otrā etapa darba uzdevumu izpildi. Salaspils, 107 lpp.
17. Lībiete Z. un citi. 2022. Pārskats par pētījuma “Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem” 2021. gada rezultātiem. Salaspils, 201 lpp

18. LR Zemkopības ministrija. 2017. Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030. 30 lpp.
19. Marx, A., Dusek, J., Jankovec, J., Sanda, M., Vogel, T., van Geldern, R., Hartmann, J. and Barth, J.A.C., 2017. A review of CO₂ and associated carbon dynamics in headwater streams: A global perspective. *Reviews of Geophysics*, 55(2), pp.560-585
20. Nikodemus, O., Kļaviņš, M., Krišjāne, Z., Zelčs, V. (zin.red.). 2018. Latvija. Zeme, tauta, valsts. Rīga: Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 752 lpp
21. Parkhill, K.L. and Gulliver, J.S., 2002. Effect of inorganic sediment on whole-stream productivity. *Hydrobiologia*, 472, pp.5-17.
22. Smethurst, P.J., 2000. Soil solution and other soil analyses as indicators of nutrient supply: a review. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), pp.397-411.
23. Smith, E.P., 2002. BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics*, 1, pp.141-148.
24. Solomon, C.T., Jones, S.E., Weidel, B.C., Buffam, I., Fork, M.L., Karlsson, J., Larsen, S., Lennon, J.T., Read, J.S., Sadro, S. and Saros, J.E., 2015. Ecosystem consequences of changing inputs of terrestrial dissolved organic matter to lakes: current knowledge and future challenges. *Ecosystems*, 18, pp.376-389.
25. Vangansbeke, P., De Schrijver, A., De Frenne, P., Verstraeten, A., Gorissen, L. and Verheyen, K., 2015. Strong negative impacts of whole tree harvesting in pine stands on poor, sandy soils: A long-term nutrient budget modelling approach. *Forest Ecology and Management*, 356, pp.101-111.
26. Walmsley, J.D., Jones, D.L., Reynolds, B., Price, M.H. and Healey, J.R., 2009. Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity. *Forest Ecology and Management*, 257(3), pp.1104-1111.
27. Wieruszewski, M. and Mydlarz, K., 2022. The potential of the bioenergy market in the European union— An overview of energy biomass resources. *Energies*, 15(24), p.9601.
28. Wolt, J.D., 1994. *Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture*. John Wiley and Sons, New York. 345 p.

2.1.2. Veģetācijas novērtējums zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.

Pamatojums

Zemsedzes veģetācija atspoguļo vides apstākļus augtenē. Zinot konkrētu augu vides prasības, ir iespējams izdarīt secinājumus par gaismu, mitrumu, barības vielu nodrošinājumu u.c. ekoloģiskajiem faktoriem (Wang 2000). Veģetācija kā viens no meža augšanas apstākļus raksturojošiem rādītājiem tiek izmantota daudzās valstīs (piem., Cajander 1926, Bušs 1981, Pojar et al. 1987, Wilson et al. 2001). Vairāki pētījumi uzsvēr veģetācijas spēju atspoguļot tieši augsnes auglības aspektu (piem., Hawkes et al. 1997, Wang 2000, Wilson et al. 2001). Francijā veiktā pētījumā noskaidrots, ka vairāk nekā 80% mežā uzskaitīto augu norāda uz barības vielu saturu augsnē (Gégout et al. 2003).

Zemsedzes veģetācijas izmaiņas ir pētītas arī kontekstā ar meža apsaimniekošanas pasākumiem un mežizstrādes intensitāti. Boreālā egļu mežā pēc dažādas intensitātes mežizstrādes (gan izlases, gan vienlaidu cirtes) būtiski samazinājās gan briofītu segums, gan sugu skaits, savukārt vaskulāro augu segums samazinājās visos variantos, ieskaitot kontroli, bet vaskulāro augu sugu skaits – tikai vienlaidu cirtē (Jalonen and Vanha-Majamaa 2001). Zviedrijā veiktā eksperimentā skujkoku audzēs konstatēta zemsedzes veģetācijas augu, sevišķi graudzāļu seguma samazināšanās pēc visas biomasas izvākšanas, savukārt ķērpju un melleņu segums šajā mežizstrādes variantā palielinājies (Olsson and Staaf 1995). Vanha-Majamaa et al. (2017) norāda, ka veģetācijas izmaiņas ir tieši atkarīgas no mežizstrādes intensitātes, bet Somijas centrālajā un dienvidu daļā veikta eksperimenta rezultāti liecina, ka mežizstrādes intensitātes ietekme uz zemsedzes veģetāciju ir ļoti atkarīga no konkrētajam nogabalam raksturīgajiem apstākļiem (Tarvainen et al. 2015).

Pētījuma mērķis ir novērtēt veģetācijas izmaiņas skuju koku audzēs pēc mežizstrādes ar visas virszemes biomasas izvākšanu un mežizstrādes ar stumbru biomasas izvākšanu.

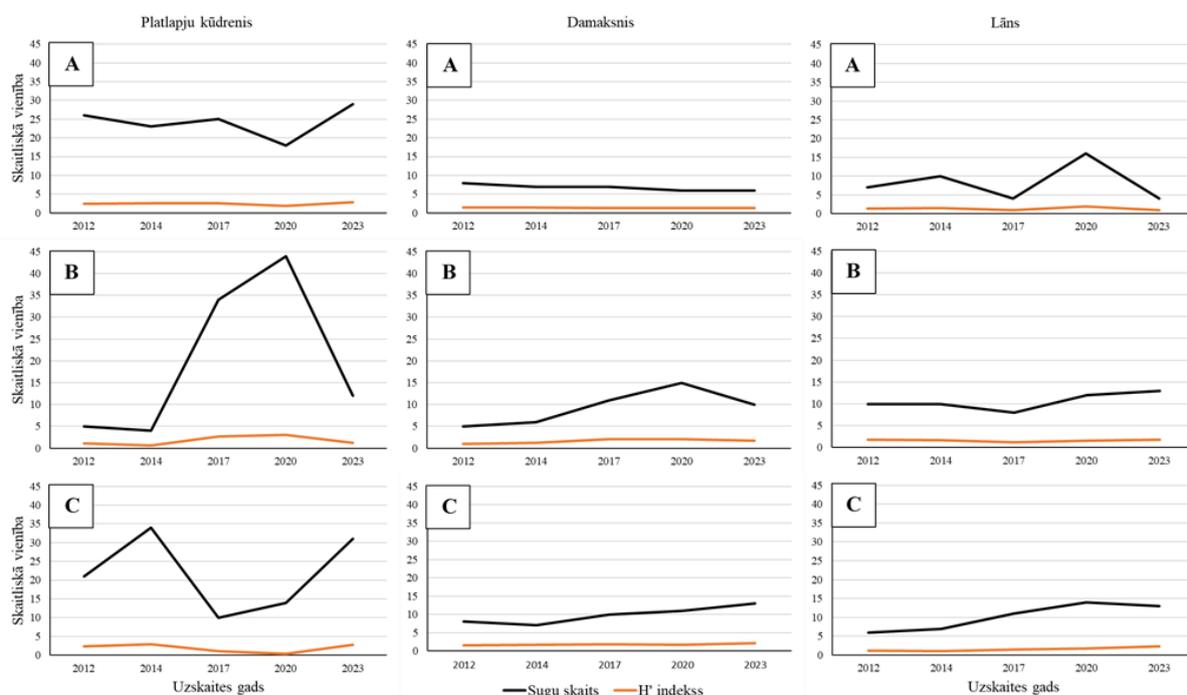
Pētījuma virzība

2023. gada veģetācijas sezonā objektos veikta pēc skaita piektā veģetācijas uzskaitē (iepriekšējās veiktas 2012., 2014., 2017. un 2020. gadā), izmantojot punktu metodi atbilstoši iepriekš aprakstītai metodikai (Lībiete un citi, 2012), fiksējot vaskulāros augus, sūnas un ķērpjus. Šī ir monitoringa aktivitāte, kas nodrošina papildu informāciju vielu aprites analīzei, kas tiks detālāk analizēta kopsakarībā ar ūdens ķīmiskā sastāva datiem monitoringa perioda beigās.

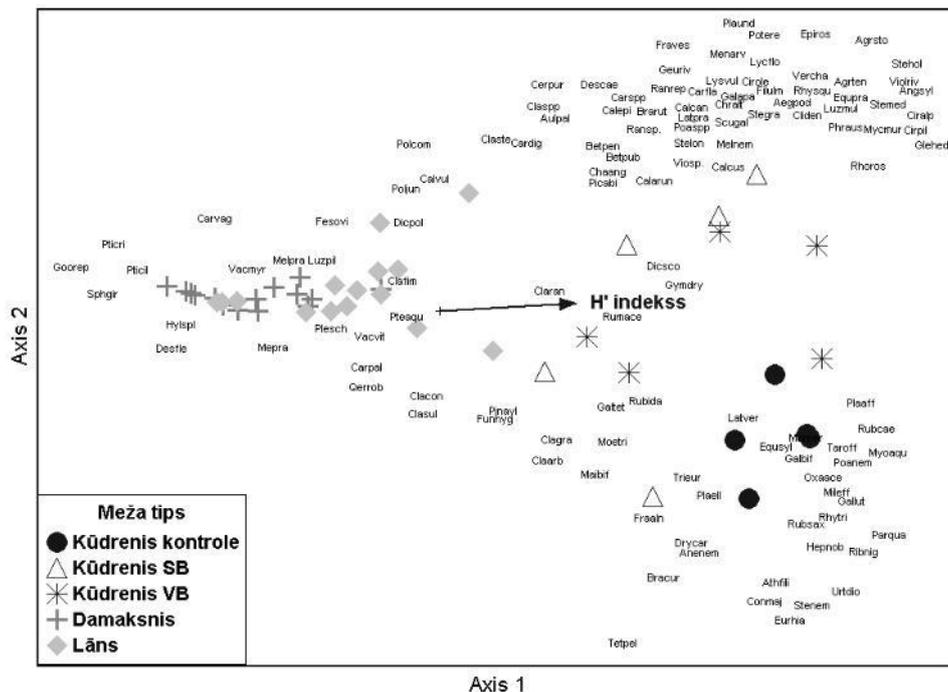
Rezultāti

Kopumā pētījuma gaitā objektos uzskaitīti 120 sugu taksoni, no kuriem 25 pārstāvēja sūnaugus un astoņi taksoni - ķērpju sugas. Platlapju kūdrenī dominēja šādas sugas - *Rubus idaeus*, *Oxalis acetosella* un *Aegopodium podagraria*. Savukārt, lānā un damaksnī dominēja *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Vaccinium vitis-idaea* (7. pielikums).

Rezultāti rāda, ka lielāks sugu skaits un daudzveidība sastopama platlapju kūdrenī. Lielākoties mežizstrāde (gan visas biomasas, gan stumbru biomasas izvākšana) veicina sugu skaita palielināšanos (2.7. attēls). Lānā un damaksnī novērota relatīvi neliela, bet vienmērīga sugu skaita palielināšanās tendence ietekmētajos parauglaukumos. Savukārt platlapju kūdrenī vērojamas straujākas izmaiņas. Kūdrenī B parauglaukumā vērojamā krasā zemsedzes sugu skaita samazināšanās pēdējā uzskaitē visticamāk saistīta ar jaunās paaudzes koku vainagu saslēgšanos, bet zemsedzes augu sugu skaita palielināšanās kontroles parauglaukumā – ar objektā veikto sanitāro cirti pēc vēja un mizgraužu bojājumiem 2021./2022. gadā.



2.7. attēls. Sugu skaits un daudzveidības indekss (H' indekss) Kp, Dm un Ln objektos piecos uzskaites gados. Apzīmējumi: A – kontroles parauglaukums, B – 2013. gadā veikta visas virszemes biomasas izvākšana, C – 2013. veikta mežizstrāde ar stumbru biomasas izvākšanu.



2.8. attēls. DCA sugu un parauglaukumu ordinācija visiem apsekotajiem parauglaukumiem. Apzīmējumi: SB – veikta visas virszemes biomasas izvākšana 2013. gadā, VB – veikta mežizstrāde ar stumbru biomasas izvākšanu 2013. gadā. Sugu akronīmi atrodami pielikumā.

DCA ordinācijas analīze visiem apsekotajiem parauglaukumiem laika posmā no 2012. līdz 2023. gadam rādīja, ka sugu sastāvs atšķirās starp meža tipiem, nodalot atsevišķas parauglaukumu grupas (2.8. attēls). Savā starpā līdzīgāks sugu sastāvs bija damaksnim un lānam, būtiski neizdalot sugu grupas, kas norādītu uz dažādu apsaimniekošanu. Savukārt apsekotie parauglaukumi platlapju kūdrēnī veidoja vienu grupu DCA ordinācijā, kur bija sastopama lielāka sugu daudzveidība (atspoguļota kā H' indekss). Kontroles parauglaukumi platlapju kūdrēnī veidoja atsevišķu sugu grupu DCA ordinācija labajā pusē, izdalot tādas sugas kā *Oxalis acetosella*, *Equisetum sylvaticum*, *Urtica dioica*, *Stellaria nemorum*. Liels sugu skaits raksturoja apsaimniekotos platlapju kūdreņa parauglaukumus, nodalot sugu grupu ordinācijas labajā augšējā pusē, ko varētu saistīt ar apkārtējās vides apstākļu maiņu.

Kopsavilkums

Sugu skaitam ir tendence palielināties pēc meža apsaimniekošanas, un mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu un ar stumbru biomasas izvākšanu veicina izteiktākas zemesaugu sugu sastāva izmaiņas kūdrēnī (auglīgākos augšanas apstākļos) salīdzinājumā ar lānu un damaksnī.

Literatūra

1. Bušs K. 1981. Meža ekoloģija un tipoloģija. Rīga, „Zinātne”. 68 lpp.
2. Cajander, A.K., 1926. The theory of forest types. Printing office of Society for the Finnish literary.
3. Gégout, J.C., Hervé, J.C., Houllier, F. and Pierrat, J.C., 2003. Prediction of forest soil nutrient status using vegetation. Journal of Vegetation Science, 14(1), pp.55-62.

4. Hawkes, J.C., Pyatt, D.G. and White, I.M.S., 1997. Using Ellenberg indicator values to assess soil quality in British forests from ground vegetation: a pilot study. *Journal of Applied Ecology*, pp.375-387.
5. Jalonen, J. and Vanha-Majamaa, I., 2001. Immediate effects of four different felling methods on mature boreal spruce forest understorey vegetation in southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), pp.25-34.
6. Lībiete, Z. un citi. 2012. Atskaite par pētījuma “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” virziena “Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz vidi un bioloģisko daudzveidību izpēte” otrā etapa darba uzdevumu izpildi. Salaspils, 107 lpp.
7. Olsson, B.A. and Staaf, H., 1995. Influence of harvesting intensity of logging residues on ground vegetation in coniferous forests. *Journal of Applied Ecology*, pp.640-654.
8. Pojar, J., Klinka, K. and Meidinger, D.V., 1987. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 22(1-2), pp.119-154.
9. Tarvainen, O., Hekkala, A.M., Kubin, E., Tamminen, P., Murto, T. and Tolvanen, A., 2015. Soil disturbance and early vegetation response to varying intensity of energy wood harvest. *Forest Ecology and Management*, 348, pp.153-163.
10. Vanha-Majamaa, I., Shorohova, E., Kushnevskaia, H. and Jalonen, J., 2017. Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests—A ten-year perspective. *Forest Ecology and Management*, 393, pp.12-28.
11. Wang, G.G., 2000. Use of understory vegetation in classifying soil moisture and nutrient regimes. *Forest ecology and management*, 129(1-3), pp.93-100.
12. Wilson, S.M., Pyatt, D.G., Malcolm, D.C. and Connolly, T., 2001. The use of ground vegetation and humus type as indicators of soil nutrient regime for an ecological site classification of British forests. *Forest Ecology and Management*, 140(2-3), pp.101-116.

2.1.3. Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings lapu koku audzēs

Pamatojums

Vielu aprite mežā ir atkarīga no kokaudzi veidojošajām sugām. Koku vainagi būtiski ietekmē caurteces apjomu (Calder et al. 2003) un nokrišņu ķīmisko sastāvu (Sollins et al. 1980, Lovett and Lindberg 1993). Dānijā mazāka slāpekļa ienese konstatēta zem lapu koku vainagiem (Gundesen et al. 2009); līdzīgi rezultāti iegūti arī Lielbritānijā (Vanguelova and Pitman 2019).

Lapu koku nobirām raksturīga straujāka sadalīšanās, tādējādi potenciāli veicinot kopumā straujāku vielu apriti un labāku barības vielu pieejamību (piem., Melvin et al. 2015), taču iegūtie rezultāti nav viennozīmīgi: citos pētījumos konstatēts, ka nobiru sadalīšanās ātrums būtiski atšķiras tikai sākumā (Prescott et al. 2000). Lai gan koku suga ietekmē nobiru apjomu un kvalitāti (ķīmisko sastāvu), šīs likumsakarības būtiski var izmainīt augšanas apstākļi un citi vietai raksturīgi faktori (Prescott 2022), kā, piemēram, meža fragmentācija un malas efekts (Vanguelova and Pitman 2019).

Lai iegūtu datus balstītu informāciju par vielu aprites īpatnībām lapu koku mežos ar dažādu apsaimniekošanas režīmu, 2022. gadā Zinātniskās izpētes mežā Kalsnavas meža novadā divos nogabalos ierīkoti pētījuma objekti lapu koku audzēs. Pētījuma dizains un monitoringa metodika ir līdzīga kā skuju koku audzēs 2012. gadā ierīkotajos objektos. Objekti, metodika un pirmie rezultāti detalizētāk aprakstīti šīs pētījumu programmas 1.etapa pārskatā (Lībiete un citi, 2022).

Pētījuma mērķis ir izpētīt mežizstrādes ar visas virszemes biomasas izvākšanu un mežizstrādes ar stumbru biomasas izvākšanu ietekmi uz vielu apriti, jaunaudžu augšanas gaitu un zemsedzes veģetāciju lapu koku audzēs.

Pētījuma virzība

Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens, gruntsūdens un virszemes ūdens paraugu ņemšana un ķīmiskā analīze Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā ierīkotajos divos pētījuma objektos vērī un šaurlapju ārenī uzsākta 2022.gadā un aptver veģetācijas sezonu (aprīlis/maijs-oktobris). 2023.gada sākumā visos trijos objektos veikta dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirte – ar visas virszemes biomasas izvākšanu un ar stumbru biomasas izvākšanu. Eksperiments ierīkots atbilstoši BACI (*before-after-control-impact*) principam (Smith 2002). 2023. gada augusta beigās veikta augsnes sagatavošana.

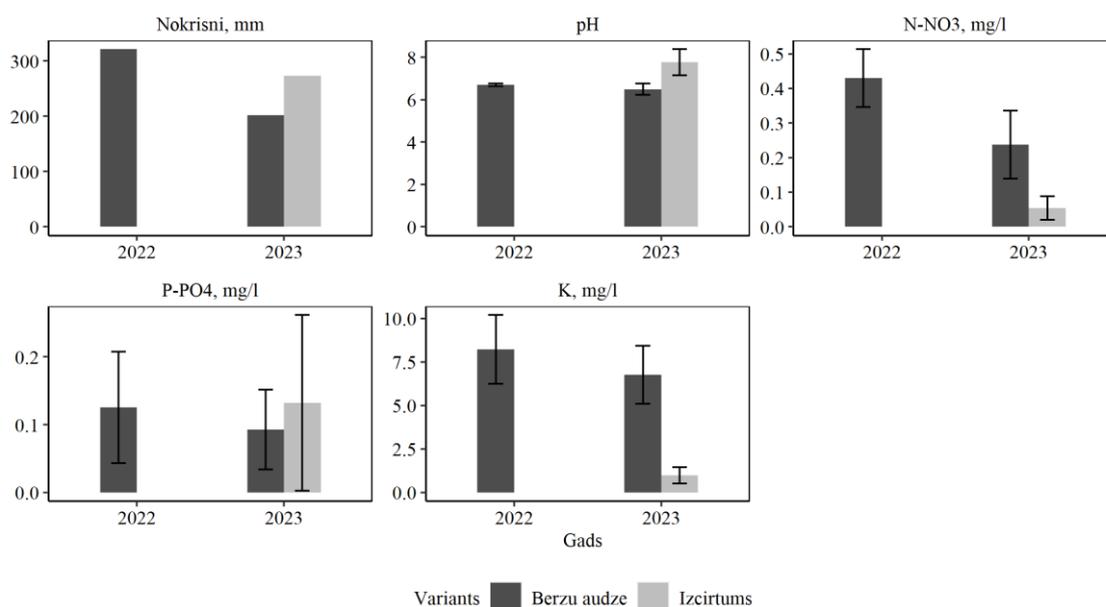
2023. gadā objektos turpināts vielu aprites monitorings, iegūstot informāciju par augsnes ūdens, nokrišņu un nobiru ķīmisko sastāvu pēc identiskas metodikas kā iepriekš aprakstītajos skuju koku objektos.

2023.gadā līdz pārskata sagatavošanas brīdim paņemtas sešas vides paraugu sērijas, un no laboratorijas saņemti ķīmisko analīžu rezultāti par piecām paraugu sērijām. Tā kā šī ir monitoringa aktivitāte, kas atbilstoši nemainīgai metodikai tiek turpināta katru gadu, šajā pārskatā ir iekļauti galvenie rezultāti apkopotā veidā, īsi raksturojot nozīmīgākos vielu apriti raksturojošos parametrus (pH, NO_3^- -N, PO_4^{3-} -P, K). Pārējo parametru kopsavilkums pievienots 8. pielikumā.

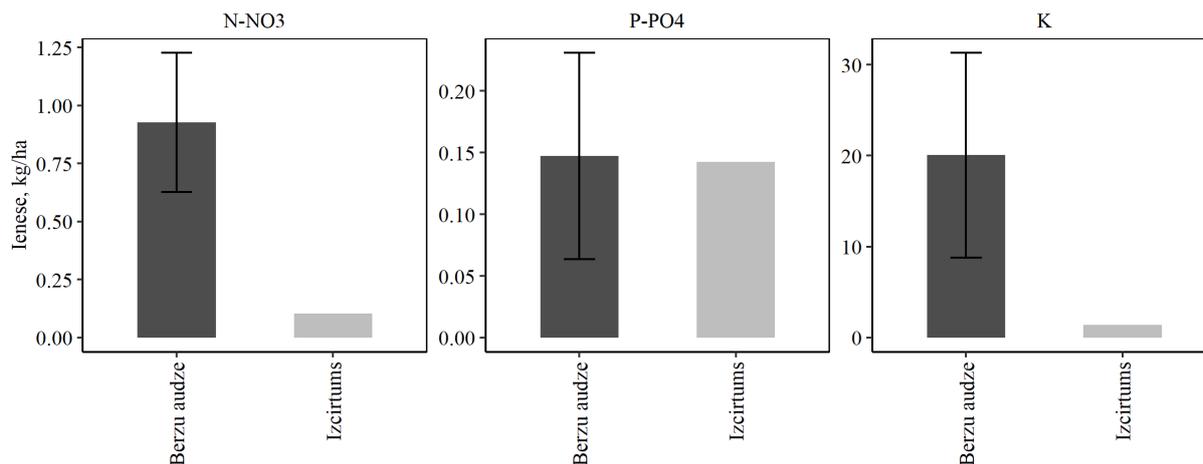
Rezultāti

Nokrišņu ķīmiskais sastāvs

2023. gada veģetācijas sezonā nokrišņu daudzums kopumā bijis mazāks nekā iepriekšējā gadā, un iezīmējas atšķirības starp mežaudzi un izcirtumu. Caur koku vainagiem izkrīt mazāks nokrišņu daudzums, nokrišņi mežaudzē ir skābāki, ar augstāku nitrātu un kālija koncentrāciju, bet zemāku fosfora koncentrāciju (2.9. attēls). Arī nitrātu un kālija ienese ekosistēmā ar nokrišņiem zem koku vainagiem ir būtiski lielāka nekā izcirtumā, bet fosfātu ienese gan mežaudzē, gan izcirtumā ir līdzīga (2.10. attēls).



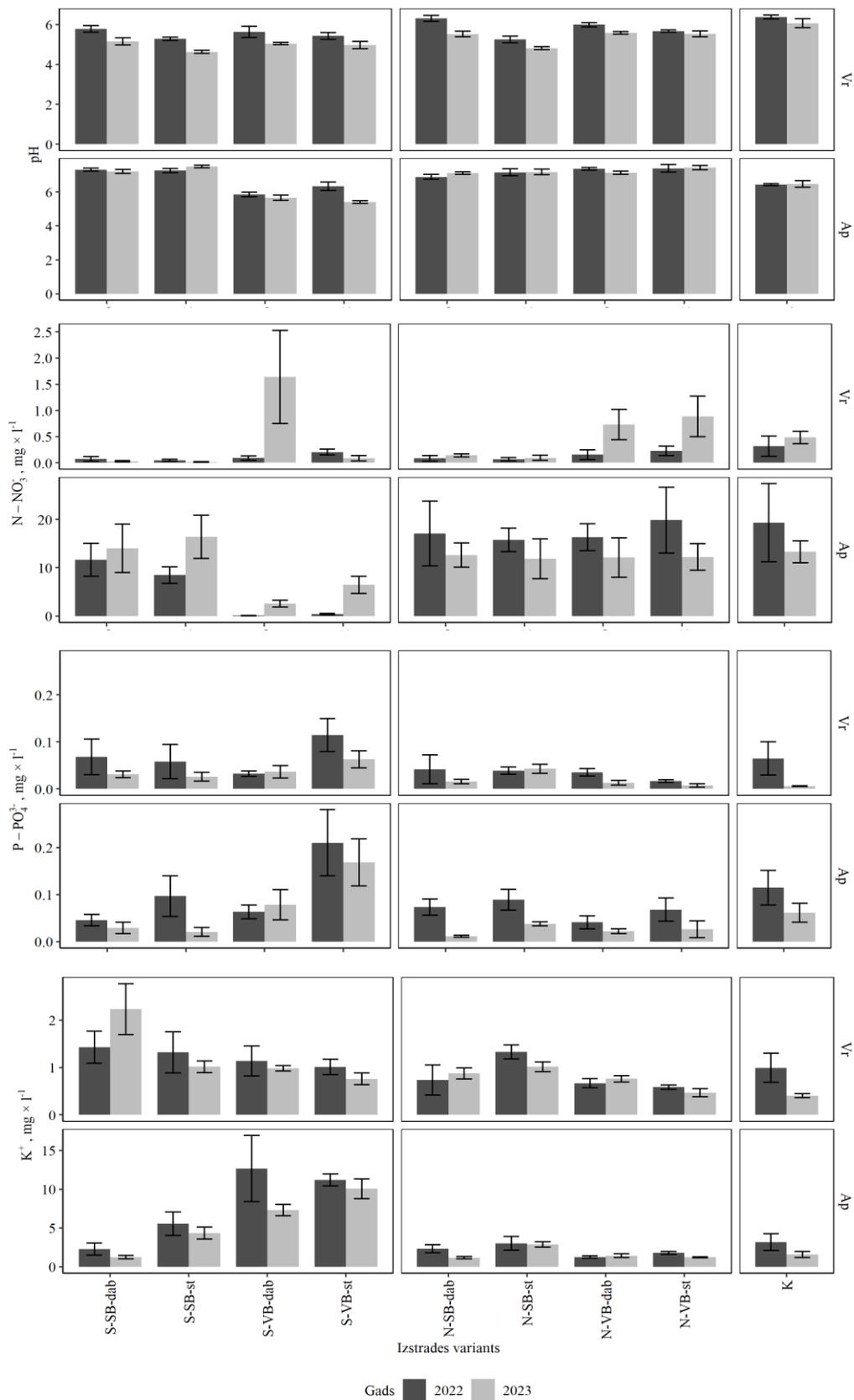
2.9. attēls. Nokrišņu daudzums, pH un elementu koncentrācijas Vr un Ap objektos 2022. un 2023.gadā



2.10. attēls. Nitrātu, fosfātu un kālija ienese ar nokrišņiem Vr un Ap objektos 2022. un 2023. gadā

Augsnes ūdens ķīmiskais sastāvs

Vēra objektā augsnes ūdens pH samazinājies gan visos izstrādes variantos, gan arī kontroles parauglaukumā. Platlapju kūdreņa objektā pH izmaiņas kopumā ir mazākas; izteiktāka augsnes ūdens paskābināšanās novērojama tikai parauglaukumā ar sagatavotu augsni, kur izvākta visa virszemes biomasā. Salīdzinot ar iepriekšējo gadu, vēri nitrātu koncentrācija palielinājusies trijos parauglaukumos, kur izvākta visa virszemes biomasā (gan sagatavotā, gan nesagatavotā augsnē), kā arī kontroles parauglaukumā. Šaurlapju ārenī vērojama nitrātu koncentrācijas palielināšanās parauglaukumos sagatavotā augsnē. Fosfātu koncentrācija abos objektos visos parauglaukumos samazinājusies vai nav bijusi būtiski atšķirīga no iepriekšējā gada, līdzīga tendence novērota attiecībā uz kālija koncentrāciju (2.11. attēls).



2.11. attēls. Augsnes ūdens pH un elementu koncentrācijas dažādos izstrādes variantos VR un Ap objektos 2022. un 2023.gadā (S – sagatavota augsne, N-nesagatavota augsne, SB – izvākta stumbru biomasa, VB – izvākta visa virszemes biomasa; dab un st attiecas uz kokaudzes atjaunošanas veidu)

Kopsavilkums

Nokrišņu daudzums 2023.gada veģetācijas sezonā bijis mazāks nekā iepriekšējā gadā, un caur koku vainagiem izkritušie nokrišņi bijuši skābāki un ar augstāku nitrātu un kālija saturu nekā izcirtumā. Augsnes ūdens pH izmaiņām 2023. gadā netika konstatēta vienota tendence ne attiecībā uz mežizstrādes intensitāti, ne augsnes apstrādi. Nitrātu koncentrācijas pieaugums augsnes ūdenī konstatēts atsevišķos parauglaukumos, tajā skaitā kontroles parauglaukumā vērī. Fosfātu un kālija koncentrācija nākamajā gadā pēc mežizstrādes samazinājusies vai būtiski nav mainījusies.

Literatūra

1. Calder, I.R., Reid, I., Nisbet, T.R. and Green, J.C., 2003. Impact of lowland forests in England on water resources: Application of the Hydrological Land Use Change (HYLUC) model. *Water Resources Research*, 39(11).
2. Gundersen, P., Sevel, L., Christiansen, J.R., Vesterdal, L., Hansen, K. and Bastrup-Birk, A., 2009. Do indicators of nitrogen retention and leaching differ between coniferous and broadleaved forests in Denmark?. *Forest Ecology and Management*, 258(7), pp.1137-1146.
3. Lībiete Z. un citi. 2022. Pārskats par pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" 2021. gada rezultātiem. Salaspils, 201 lpp.
4. Lovett, G.M. and S.E. Lindberg. 1993. Atmospheric deposition and canopy interactions of nitrogen in forests. *Can. J. For. Res.* 23: 1603–1616.
5. Melvin, A.M., Mack, M.C., Johnstone, J.F., David McGuire, A., Genet, H. and Schuur, E.A., 2015. Differences in ecosystem carbon distribution and nutrient cycling linked to forest tree species composition in a mid-successional boreal forest. *Ecosystems*, 18, pp.1472-1488.
6. Prescott, C.E., Zabeck, L.M., Staley, C.L. and Kabzems, R., 2000. Decomposition of broadleaf and needle litter in forests of British Columbia: influences of litter type, forest type, and litter mixtures. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(11), pp.1742-1750.
7. Sollins, P., C.C. Grier, F.M. McCorison, K. Cromack, Jr., R. Fogel and R.L. Fredriksen. 1980. The internal element cycles of an old-growth Douglas-fir ecosystem in western Oregon. *Ecol. Monogr.* 50:261–285.
8. Vanguelova, E.I. and Pitman, R.M., 2019. Nutrient and carbon cycling along nitrogen deposition gradients in broadleaf and conifer forest stands in the east of England. *Forest Ecology and Management*, 447, pp.180-194.

2.1.4. Augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana lapu koku audzēs

Pamatojums

Augsnes mikrobiomam ir būtiska loma biogeoķīmiskajos ciklos un vielu aprites procesos. Kopumā organiskajā augsnes horizontā sastopama lielāka mikrobioloģiskā daudzveidība, kā arī lielāka augsnes sēņu biomasa (Mundra et al. 2021). Augsnes mikroorganismu sabiedrības un mikrobioloģisko daudzveidību kopumā būtiski ietekmē klimata pārmaiņu radītie un/vai veicinātie procesi, piemēram, globālā sasilšana, oglekļa dioksīda koncentrācijas pieaugums, slāpekļa depozicija, palielināts nokrišņu daudzums un plūdi (Meena et al. 2022).

Augsnes mikrobioms ir mainīgs laikā un telpā, un mežā šīs izmaiņas lielā mērā ietekmē kokaudzes dinamika (Bach et al. 2010). Pētījumos atrodami atšķirīgi secinājumi par meža apsaimniekošanas ietekmi uz augsnes mikroorganismu sabiedrībām: mežizstrādes ietekme tiek raksturota gan kā negatīva (piem., Pietikäinen and Fritze 1995), gan kā neitrāla (piem., Smolander et al. 1998) Siira-Pietikäinen (2002) pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes konstatēja būtiskas izmaiņas jutīgākās organismu grupās (mikrobos un mikorizu veidojošās sēnēs), kas neatspoguļojās augstākos trofiskajos līmeņos un organiskās vielas sadalītāju sabiedrībās

kopumā. Somijas dienvidos veiktā pētījumā tika konstatēts, ka pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes strauji palielinās mikrobioloģiskā aktivitāte tieši humusa slānī, norādot uz organiskās vielas būtisko nozīmi augsnes ekosistēmas vitalitātes saglabāšanā, kamēr izveidojas jauns zemes veģetācijas un kokaugu stāvs (Hernesmaa et al. 2008).

Pētījuma mērķis ir raksturot augsnes bioloģisko daudzveidību lapu koku audzēs un tās izmaiņas pēc mežizstrādes ar visas virszemes biomasas izvākšanu un mežizstrādes ar stubru biomasas izvākšanu.

Pētījuma virzība

Augsnes paraugi mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšanai tika ievākti 2023. gada rudenī, izmantojot modificētu protokolu, kas ir aprakstīts Tedersoo et al. (2014). Abos pētījuma objektos augsnes paraugi tika ievākti visos parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, kā arī kontroles parauglaukumos atbilstoši pētījumu programmas 2.etapa pārskatā aprakstītajai metodikai (Lībiete un citi, 2022). Paraugi iekonservēti un tiks analizēti nākamajos pētījuma etapas.

Literatūra

1. Bach, L.H., Grytnes, J.A., Halvorsen, R. and Ohlson, M., 2010. Tree influence on soil microbial community structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(11), pp.1934-1943.
2. Hernesmaa, A., Björklöf, K., Jørgensen, K.S., Haahtela, K. and Romantschuk, M., 2008. Potential impacts of clear-felling on microbial activities in boreal humus and mineral soil layers.
3. Lībiete Z. un citi. 2022. Pārskats par pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" 2021. gada rezultātiem. Salaspils, 201 lpp.
4. Meena, M., Yadav, G., Sonigra, P., Nagda, A., Mehta, T., Swapnil, P., Harish, Marwal, A. and Kumar, S., 2023. Multifarious responses of forest soil microbial community toward climate change. *Microbial Ecology*, 86(1), pp.49-74.
5. Mundra, S., Kjønaas, O.J., Morgado, L.N., Krabberød, A.K., Ransedokken, Y. and Kauserud, H., 2021. Soil depth matters: shift in composition and inter-kingdom co-occurrence patterns of microorganisms in forest soils. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(3), p.fiab022.
6. Pietikäinen, J. and Fritze, H., 1995. Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(1), pp.101-109.
7. Siira-Pietikäinen, A., 2002. Decomposer community in boreal coniferous forest soil after forest harvesting: mechanisms behind responses.
8. Smolander, A., Priha, O., Paavolainen, L., Steer, J. and Mälkönen, E., 1998. Nitrogen and carbon transformations before and after clear-cutting in repeatedly N-fertilized and limed forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(4), pp.477-490.
9. Tedersoo, L., Bahram, M., Pöhlme, S., Kõljalg, U., Yorou, N.S., Wijesundera, R., Ruiz, L.V., Vasco-Palacios, A.M., Thu, P.Q., Suija, A. and Smith, M.E., 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *science*, 346(6213), p.1256688.

2.1.5. Augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana kopšanas ciršu objektos

Pamatojums

Augsnes mikroorganismu sabiedrības mijiedarbojas ar augsnes biotiskajiem un abiotiskajiem apstākļiem. Lai gan mikrobiālā aktivitāte visizteiktāk ir atkarīga no augsnes fizikālajām un ķīmiskajām īpašībām, veģetācija var radīt specifisku augsnes mikrovidi, kas šos procesus modificē (Hernández-Cáceres et al. 2022). Rizosfēras baktēriju un sēņu sabiedrību α -

daudzveidība ir cieši saistīta ar augu sugām, veģetācijas daudzveidību un augu pazemes daļu īpašībām (Merino-Martín 2022).

Ņemot vērā iepriekš izdarītos secinājumus, ka ar konkrētu sugu saistītajai mikrobiotai var būt nozīmīga ietekme uz augu veselību, attīstību un ražību (Trivedi et al. 2020), meža ekosistēmās būtu svarīgi analizēt augsnes mikrobiomu kontekstā ar tām zemesdaļu augu sugām, kas nodrošina meža nekoksnes resursus, piemēram, par savvaļas ogām. Pētot vairākas melleņu (*Vaccinium*) sugas, konstatēts, ka ar katru sugu saistītajām rizobaktērijām un ektomikorizas sēnēm var būt būtiska loma augu adaptācijas uzlabošanā (Li et al. 2020), turklāt savvaļas mellenēm (*Vaccinium myrtillus* L.) ir konstatētas arī ģenētiskas līdzības starp ektomikorizas sēnēm un šīs sugas augus apdzīvojošajiem endofītiem (Perotto et al. 2022).

Pētījuma mērķis ir izpētīt augsnes bioloģiskās daudzveidības saistību ar mežaudzes parametriem, ogu projektīvo segumu un ogu ražu.

Objekti un metodika

Objekti

Augsnes paraugi mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšanai ņemti 20 kopšanas ciršu objektos, trijos atbilstoši biežībai atšķirīgākajos parauglaukumos katrā objektā 0,38, 0,68 un kontrole (2.1.tabula). Visos izvēlētajos objektos valdošā suga ir priede. Katrā parauglaukumā tiek ņemti deviņi augsnes paraugi no augsnes virskārtas (0-10 cm), paraugu ņemšanas vietas izvietojot pa diagonāli, pretējā diagonāles pusē ogu uzskaites laukumīniem.

2.1. tabula

Kopšanas ciršu objekti augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības novērtējumam

Kvartālapgabals	Kvartāls	Nogabals	Meža tips
101	425	13	Mr
103	310	17	Mr
105	142	8	Sl
109	212	9	Km
109	402	7	Ln
110	74	1	Sl/Ks
201	473	25	Ln
201	53	11	Ln
202	198	10	Mrs
202	415	13	Am/As
203	160	7	Sl
206	12	9	Dm
504	40	7	Dm
505	176	13	Mr
703	14	17	Ln
710	291	22	Mr
710	291	26	Ln
713	209	2	Ln
505	92	1	Mr/Mrs
703	276	5	Mr

Augsnes paraugu ievākšana

No parauglaukuma transektes viduspunkta atlika 3 punktus uz abām pusēm ik pēc trīs metriem. Kopā ievāca 9 paraugus 24 m garā transektes posmā. Paraugus ievāca tajā transektes pusē, kuru neizmantoja augu sugu uzskaitē, lai neizbojātu augu sugu dzīvotnes, taču ne tālāk par 50 cm no transektes. Paraugus ievāca ar asu nerūsējošā tērauda cauruli ($d=5\text{cm}$, $h=10\text{cm}$), to iedzenot zemē ar āmuru. Augsnes paraugam ar asu nazi nogrieza malas un centra daļu ievietoja biežā, tīrā, aizspiežamā plastmasas maisā. Visus instrumentus pēc katra parauglaukuma nomazgāja ar dejonizētu ūdeni, notīrīja ar 70% etilspirtu un izkarsēja ar butāna gāzes degli. Kad visi deviņi paraugi bija ievietoti maisā, tos homogenizēja 5 min, maisu beržot starp plaukstām, līdz izveidojās homogēna augsnes masa. 50 ml homogenizētās augsnes ievietoja sterilā plastmasas konteinerā un uzglabāja aukstumkastē $+4^{\circ}\text{C}$ līdz nogādāšanai laboratorijā, kur to uzglabāja -80°C līdz DNS izdalīšanai. Atlikušo augsni izmantoja ķīmisko parametru noteikšanai.

DNS izdalīšana

DNS izdalīja ar tam paredzētu DNS izdalīšanas komplektu *DNeasy PowerSoil kit* (*Qiagen*, Germany) ar izmaiņām ražotāja norādījumos – paraugus vispirms vorteksēja 5 min, pēc tam inkubēja 10 min 60°C un atkal vorteksēja 10 min. DNS kvalitāti un kvantitāti pārbaudīja spektrofotometriski ar *NanoDrop 8000* (*Thermo Scientific*). Izdalīto DNS uzglabāja -20°C .

PCR amplifikācija

DNS paraugus atšķaidīja līdz $20\text{ ng}/\mu\text{L}$. PCR amplifikācijai izmantoja 40 ng DNS, 5x *HOT FIREPol Blend Master Mix* (*Solis Biodyne*, Igaunija) reakcijas maisījumu, $0,2\ \mu\text{M}$ praimerus ITS9mun un ITS4ngsUni (Tedersoo & Lindahl, 2016), kas amplificēja aptuveni 850 bp garus sēņu specifiskus DNS fragmentus, kas iekļāva gan ITS1, gan ITS2 reģionus. PCR programma bija sekojoša: 15 min 95°C , 30 cikliem, kas sastāvēja no 30 s 95°C , 30 s 57°C un 1 min 72°C , beigu pagarināšana 10 min 72°C . PCR notika divos tehniskos atkārtojumos.

DNS sekvencēšana

Sekvencēšanas materiāla sagatavošanai (attīrīšanai, amplikonu labošanai, adapteru un barkodu ligēšanai) izmantoja komplektu *Native Barcoding Kit 96 V14* (SQK-NBD114.96, *Oxford Nanopore*, UK) un enzīmu komplektus: *NEB Blunt/TA Ligase Master Mix* (M0367, NEB, ASV), *NEBNext Ultra II End repair/dA-tailing Module* (E7546, NEB, ASV). Sekvencēšanai izmantoja plūsmas šūnu gariem nolasījumiem R10.4.1 (FLO-MIN114, *Oxford Nanopore*, UK) un sekvencēšanas iekārtu *MinION* (*Oxford Nanopore*, UK). Plūsmas šūna tika izmantota divas reizes, katrā no reizēm sekvencējot pusi no kopējā paraugu skaita (aptuveni 60 paraugi). Pēc pirmās sekvencēšanas sesijas, kura ilga 20 h, plūsmas šūna tikai izskalota ar tam paredzētu mazgāšanas komplektu (EXP-WSH004, *Oxford Nanopore*, UK). Otrā sekvencēšanas sesija ilga 41 h.

Sekvenču bioinformātiskā apstrāde

Sekvenču jēldatus vispirms pāranalizēja ar *High accuracy basecalling* mašīnmācīšanās modeli, izmantojot programmu *MinKNOW* un augstas veiktspējas darbstaciju *Dell Precision Tower*. Vienlaikus veica sekvenču grupēšanu pēc barkodiem. Pēc tam sekvences apstrādāja programmā *PipeCraft2* (Anslan et al., 2017; pipecraft2-manual.readthedocs.io/en/stable). Vispirms sekvences sakārtoja pareizā virzienā, pieļaujot ne vairāk kā divas kļūdas katram no

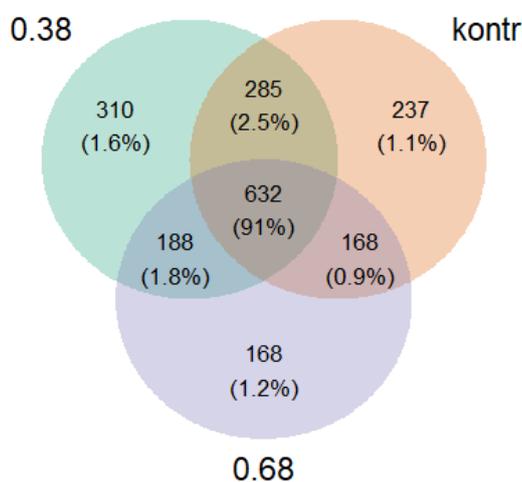
praimeriem, tad filtrēja ar programmu *TRIMMOMATIC*, atstājot tās sekvences, kurās jebkuri secīgi 50 nukleotīdi ir ar vidējo kvalitāti virs Q20 un garumā no 177 bp līdz 1400 bp. Himērās sekvences aizvāca ar de novo algoritmu programmā *UCHIME*. Pilnu ITS reģionu (ITS1 un ITS2) atlasīja ar programmu *ITSX*. Sekvenču klāsterēšanu veica ar līdzību 97% programmā *vsearch*. Klāsterus (taksonomiskās vienības), kuri sastāvēja no mazāk nekā piecām sekvencēm visā datu kopā, atmeta, bet atlikušos identificēja ar blast algoritmu un UNITE sēņu sekvenču datubāzi (v9.0, izdota 2023-07-18, <https://doi.org/10.15156/BIO/2938067>).

Taksonomiskās vienības (identificētie un neidentificētie sekvenču klāsteri) tālāk apstrādāja programmā R, izmantojot pakotnes *phyloseq*, *microeco*, *vegan* un citas. Vispirms normalizēja to skaitu, lai visiem paraugiem būtu līdzīga taksonomisko vienību summa. Alfa daudzveidību raksturoja ar Šenona indeksu. Beta daudzveidībai izmantoja Breja-Kurtis distanču matricu, ko vizualizēja ar PCoA ordinācijas metodi. Atšķirības sēņu sugu kompozīcijā starp faktoriem – biežība, meža tips, paraugu objekts – apstiprināja vai noliedza ar permutāciju testu PERMANOVA.

Rezultāti

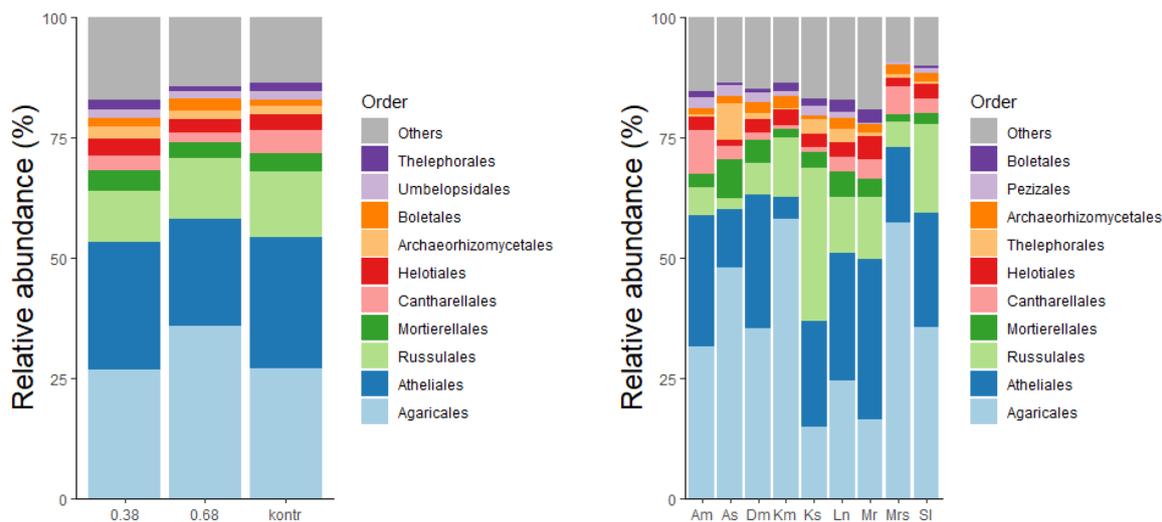
Pēc sekvenču kvalitātes kontroles, klāsterēšanas un taksonomijas noteikšanas ieguva datu tabulu ar 2126 taksonomiskajām vienībām kopā un vidējo nolasījumu skaitu 3197 sekvences vienam paraugam (1036 līdz 8064). Nolasījumu skaitu normalizēja līdz 1036 visiem paraugiem.

Abām kopšanas ciršu biežībām un kontroles parauglaukumiem bija kopīgs 91% no visām taksonomiskajām vienībām (2.12. attēls).



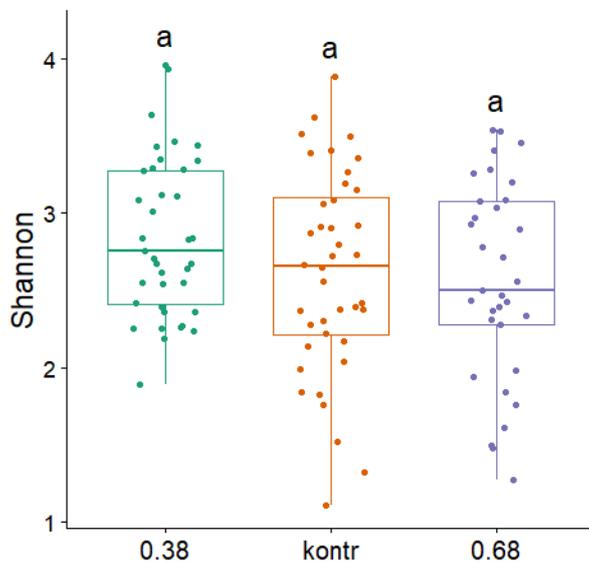
2.12. attēls. Venna diagramma faktoram – biežība

Taksonomiskās vienības veidoja galvenokārt dažādas ektomikorizu, saprofitu un pelējumsēņu rindas, piemēram, atmateņu (*Agaricales*), atēliju (*Atheliales*), bērzlapju (*Russulales*), gaileņu (*Cantharellales*), helociju (*Helothiales*), beku (*Boletales*), kārpsēņu (*Thelephorales*), *Archaeorhizomycetales*, *Mortierelalles* un *Umbelopsidales* rindas, kuru relatīvā sastopamība kopumā bija līdzīga arī ar taksoniem dažādos meža tipos. (2.13. attēls).

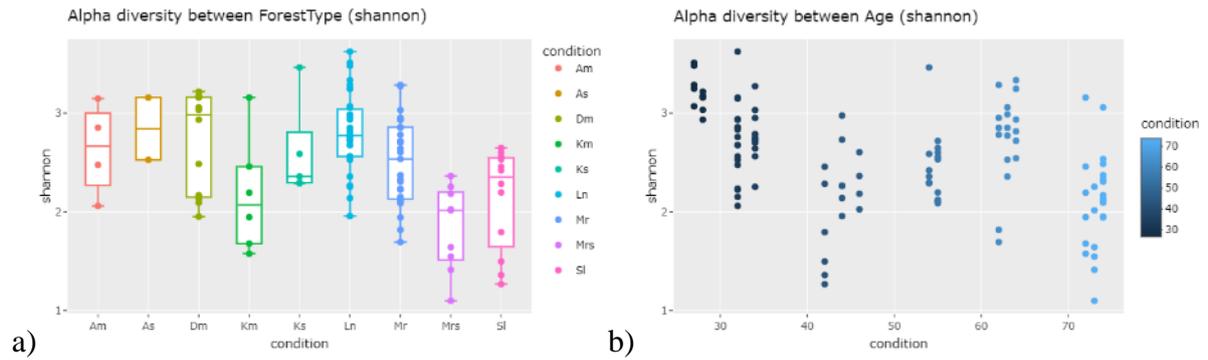


a) b)
2.13. attēls. Desmit izplatītāko sēņu rindu relatīvā sastopamība atbilstoši biežībai (a) un meža tipam (b)

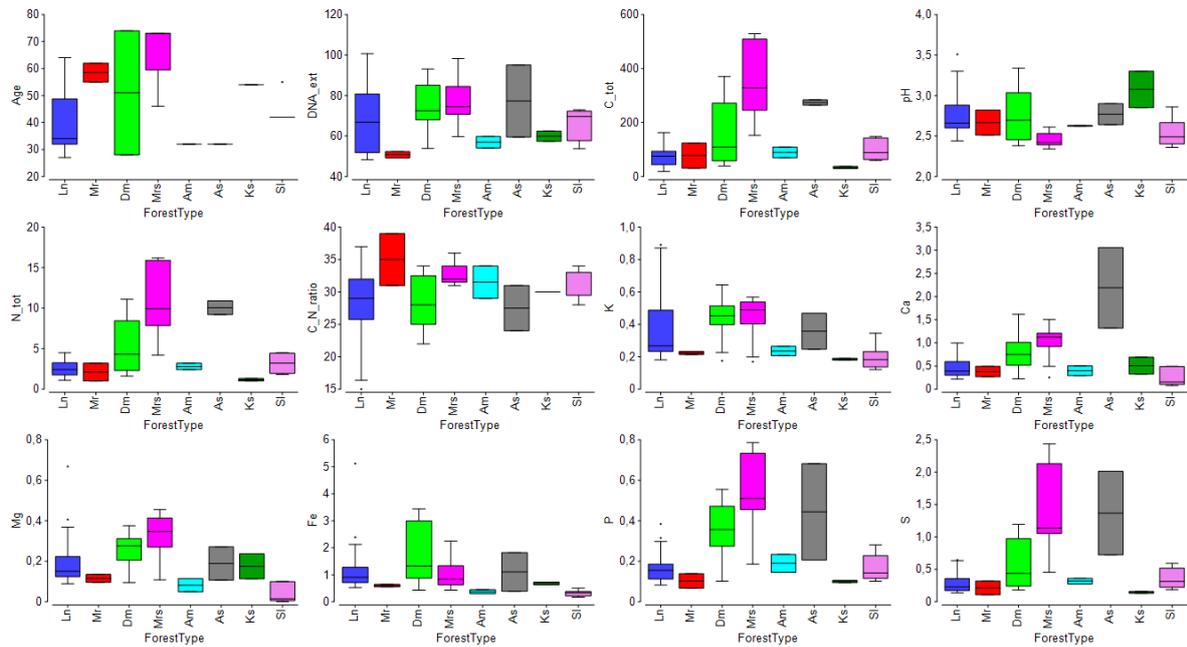
Anova tests neuzrādīja būtiskas atšķirības starp Šenona indeksu kopšanas ciršu biežībām (2.14. attēls), savukārt *Kruskal-Wallis* tests norādīja, ka pastāv būtiskas atšķirības starp atsevišķiem meža tipiem (2.15. attēls, a), kas varētu būt saistīta ar atšķirībām starp meža tipu augsnes ķīmijas parametriem (2.16. attēls). Iespējams, alfa daudzveidība korelē arī ar audzes vecumu (2.15. attēls, b).



2.14. attēls. Šenona indeksa salīdzinājums faktoram – biežība. Dažādi burti kastveida diagrammas augšpusē norāda uz statistiski atšķirīgām grupām, ņemot vērā ANOVA testa rezultātus

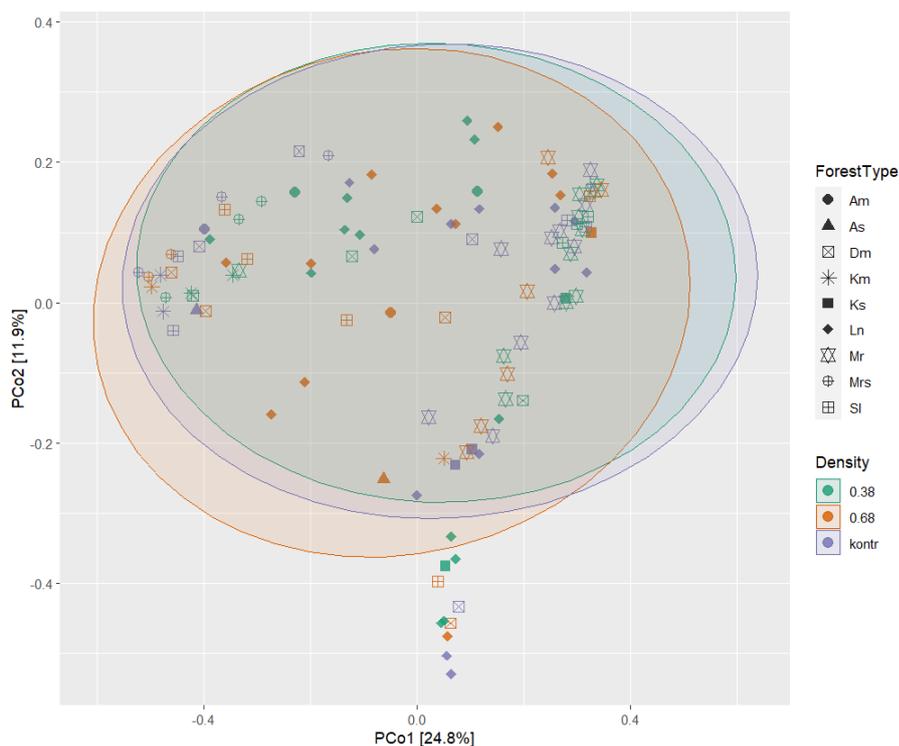


2.15. attēls. Šenona indeksa salīdzinājums pa meža tipiem (a) un audzes vecumiem (b)



2.16. attēls. Kastveida diagrammas vides parametriem, sadalītas pēc meža tipa

Kopumā principiālā koordināšu analīze nenorāda uz vērā ņemamām atšķirībām sēņu sugu kompozīcijā starp kopšanas ciršu biežībām (2.17. attēls); to neapstiprina arī permutāciju tests ($R^2 = 0.01535$, $F = 0.8494$, $p = 0.66$).



2.17. attēls. Pricipiālās koordinātu analīzes (PCA) rezultāti. Elīses ataino paraugu grupēšanos pēc sugu sastāva un kopšanas ciršu biežības, taču individuālo paraugu forma norāda arī uz meža tipu

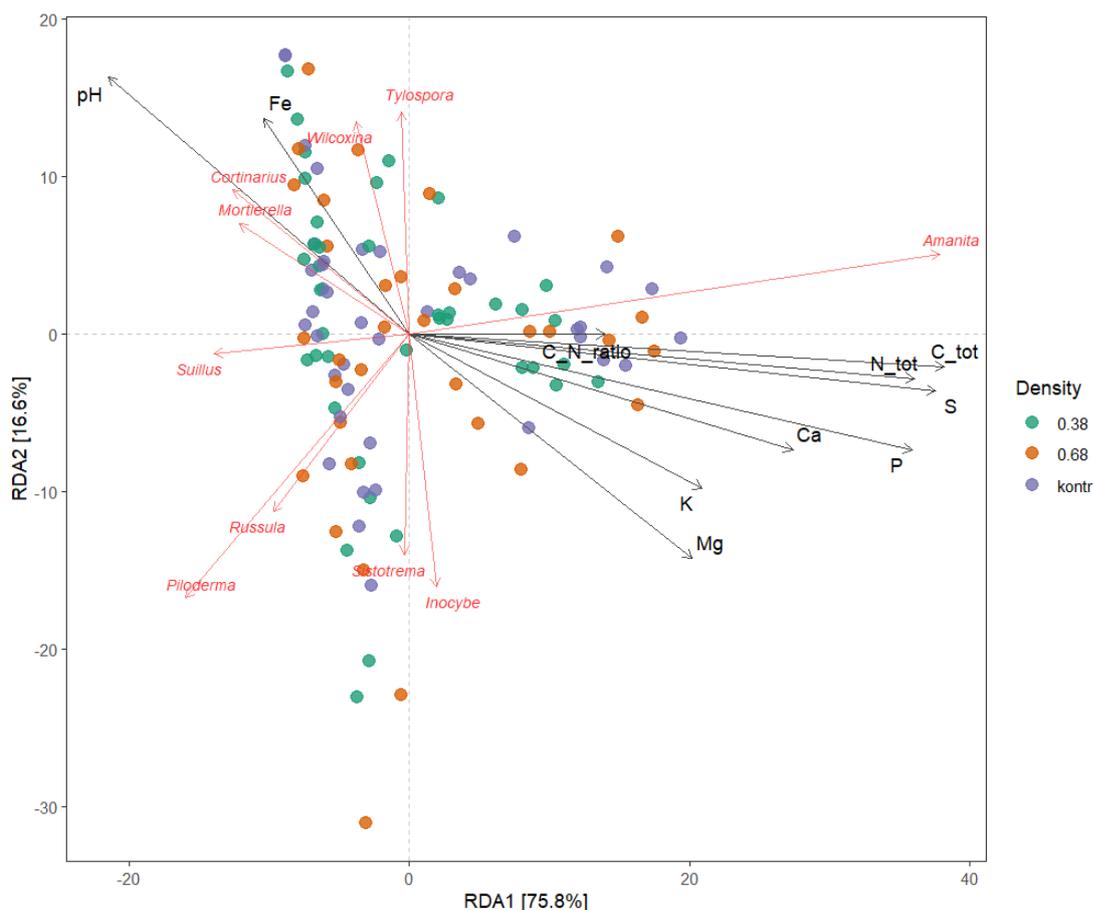
Permutāciju tests gan norāda uz meža tipu ietekmi ($R^2 = 0.20355$, $F = 3.2905$, $p = 0.001$). Tas atkal varētu būt saistīts ar to, ka meža tipi atšķiras pēc augsnes ķīmijas (2.16. attēls). To apstiprina Mantela tests (2.2. tabula), kas norāda, ka visiem augsnes ķīmijas parametriem, izņemot C/N attiecību, ir būtiska korelācija ar Breja-Kertisa distances matricu, tātad arī ar beta daudzveidību.

2.2. tabula

Mantela tests starp Breja-Kertisa distances matricu un vides parametriem

Vides parametri	Korelācijas koeficients	koriģēta p vērtība
C kopējais	0,15	0,008
pH	0,45	0,002
N kopējais	0,13	0,018
C/N attiecība	0,02	0,299
K	0,26	0,002
Ca	0,13	0,018
Mg	0,28	0,002
Fe	0,39	0,002
P	0,18	0,002
S	0,15	0,009

RDA analīze (2.18. attēls) mēģina sasaistīt un attēlot sēņu ģinšu kompozīciju ar augsnes ķīmisko sastāvu. Grafikā uzreiz izceļas Amanita ģints, ko pagaidām nevar izskaidrot.



2.18. attēls. RDA analīze sēņu ģinšu līmenī

Secinājumi

1. Sākotnējā sēņu sekvenču novērtēšana norāda, ka nepastāv būtiskas atšķirības starp kopšanas ciršu biežībām un kontroles laukumiem ne alfa daudzveidības līmenī, ne beta daudzveidības līmenī. To apstiprina arī permutāciju tests, kas norāda, ka kopšanas ciršu biežība varētu izskaidrot tikai 1,5% no sugu kompozīcijas. Būtiskāka loma varētu būt meža tipam un parauglaukumam. Permutāciju tests ir būtisks un norāda, ka aptuveni 20% no variācijas sugu kompozīcijā varētu būt skaidrojami ar meža tipu, tomēr ir jāņem vērā arī tas, ka betadisper tests norāda uz to, ka meža tipi Breja-Kurtisa distanču matricā nav homogēni izkliedēti, tātad būtisks permutāciju tests varētu būt arī statistisks artefakts.
2. Sēņu sugu sastāvu konkrētā vietā būtiski ietekmē augsnes ķīmiskais sastāvs un augu sugu sastāvs (mikorizas sēnēm). Visos parauglaukumos valdošā koku suga bija priede, savukārt augsnes ķīmiskais sastāvs variēja starp meža tipiem, kas arī varētu izskaidrot, kāpēc starp meža tipiem sēņu sabiedrības ir nelielā mērā atšķirīgas. Iespējamā atšķirību tendence starp audzes vecumu un alfa daudzveidību varētu būt skaidrojama ar izteiktāku sugu piesaisti konkrētiem saimniekaugiem, taču tas vēl būtu jāanalizē detalizētāk, piemēram, noskaidrojot, kā variē sēņu sugu trofiskais statuss un indikatorsugu īpatsvars starp vecuma grupām.
3. Augsnes DNS profilēšanai izmantoja jaunu un inovatīvu tehnoloģiju – garo nolasījumu sekvencēšanas iekārtu *Oxford Nanopore MinION*, kas ir būtiski attīstījusies tikai pēdējo divu gadu laikā, tāpēc vēl nav ieguvusi lielu popularitāti metabarkodina un mikrobiālās ekoloģijas jomā. Tehnoloģija dod iespēju nolasīt garas DNS sekvenču (desmiti tūkstošu nukleotīdu) pietiekami labā kvalitātē, tomēr tā vēl joprojām ir ar salīdzinoši augstu kļūdu

īpatsvaru, kas var rezultēties ar mākslīgi palielinātu taksonomisko vienību skaitu (tātad arī daudzveidību). Ir pamats uzskatīt, ka šīs tehnoloģijas priekšrocības (vienkāršāka lietošana un garāki nolasījumi – precīzāka taksonu identifikācija) jau atsver tās trūkumus, tomēr būtu lietderīgi salīdzināt iegūtos rezultātus ar citām populārām sekvencēšanas tehnoloģijām, piemēram, *PacBio* vai *Illumina*.

Literatūra

1. Anslan, S., Bahram, M., Hiiesalu, I. and Tedersoo, L., 2017. PipeCraft: Flexible open-source toolkit for bioinformatics analysis of custom high-throughput amplicon sequencing data. *Molecular ecology resources*, 17(6), pp.e234-e240.
2. Hernández-Cáceres, D., Stokes, A., Angeles-Alvarez, G., Abadie, J., Anthelme, F., Bounous, M., Freschet, G.T., Roumet, C., Weemstra, M., Merino-Martín, L. and Reverchon, F., 2022. Vegetation creates microenvironments that influence soil microbial activity and functional diversity along an elevation gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 165, p.108485.
3. Li, J., Mavrodi, O.V., Hou, J., Blackmon, C., Babiker, E.M. and Mavrodi, D.V., 2020. Comparative analysis of rhizosphere microbiomes of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), Darrow's blueberry (*V. darrowii* Camp), and rabbiteye blueberry (*V. virgatum* Aiton). *Frontiers in Microbiology*, 11, p.370.
4. Merino-Martín, L., Hernández-Cáceres, D., Reverchon, F., Angeles-Alvarez, G., Zhang, G., Dunoyer de Segonzac, D., Dezette, D. and Stokes, A., 2023. Habitat partitioning of soil microbial communities along an elevation gradient: from plant root to landscape scale. *Oikos*, 2023(1), p.e09034.
5. Perotto, S., Daghino, S., Martino, E. and Voyron, S., 2022. Metabarcoding Reveals Diverse Endophytic Fungal Communities in *Vaccinium Myrtillus* Plant Organs and Suggests Systemic Distribution of Some Ericoid Mycorrhizal and DSE Fungi.
6. Tedersoo, L. and Lindahl, B., 2016. Fungal identification biases in microbiome projects. *Environmental microbiology reports*, 8(5), pp.774-779.
7. Trivedi, P., Leach, J.E., Tringe, S.G., Sa, T. and Singh, B.K., 2020. Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. *Nature reviews microbiology*, 18(11), pp.607-621.

2.2. Meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes un mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte

2.2.1. Paraugu ņemšana biogēno un citu elementu izneses novērtēšanai ainavas līmenī

Pamatojums

Neraugoties uz Eiropas Savienības ambiciozajiem bioloģiskās daudzveidības mērķiem, kas paredz ievērojami palielināt aizsargājamo teritoriju, tajā skaitā mežu, īpatsvaru (EC 2020), un nepieciešamība veicināt ekosistēmu un sociāli ekonomisko sistēmu adaptāciju klimata pārmaiņām, arvien lielāks uzsvars uz atjaunojamo resursu ieguvī un izmantošanu un aprites ekonomikas principu ieviešana nozīmē to, ka vismaz daļā saimnieciski izmantojamo Eiropas mežu mežsaimniecība tiks veikta vismaz tikpat intensīvi kā līdz šim (Betts et al. 2021, Blatter et al. 2023).

Ūdens ekosistēmas, no kurām tieši ir atkarīga dzīvība uz Zemes, mūsdienās ir izteikti pakļautas cilvēku saimnieciskās darbības radītajiem riskiem (piem., Vörösmarty et al. 2010), un pastāv cieša sakarība starp ūdens kvalitāti un zemes izmantošanas veidu sateces baseinā (Giri and Qiu 2016). Mežainās teritorijās virszemes ūdeņu kvalitāte parasti ir labāka nekā platībās, kur dominē lauksaimniecības zemes vai apdzīvotas vietas (Neary et al. 2009). Tomēr mežsaimnieciskās darbības, it īpaši mežizstrāde vienlaidu platībās (Kreutzweiser et al. 2008, Wall 2008) un meža meliorācijas sistēmu atjaunošana (Ecke 2009, Nieminen et al. 2010), var palielināt augu barības vielu un citu ķīmisko elementu iznesi uz ūdensobjektiem un negatīvi

ietekmēt to ekoloģisko kvalitāti. Dati no dažādiem pētījumiem ir atšķirīgi un nereti pretrunīgi, turklāt ietekme ir atkarīga no augsnes tipa, hidroloģiskā režīma u.c. faktoriem, un tā ir arī atšķirīga vietas un ainavas līmenī (Marttila et al. 2020). Turklāt šāds monitorings ir ļoti nozīmīgs pašreizējos klimata pārmaiņu apstākļos, kad īpaši svarīgi nošķirt, kādas izmaiņas ūdens kvalitātē saistītas ar arvien biežākajiem laikapstākļu ekstrēmiem, un kādas izmaiņas saistāmas ar mežsaimniecisko darbību un būtu novēršamas, attiecīgi pielāgojot apsaimniekošanu.

Ūdens kvalitāti iespējams vērtēt atbilstoši dažādu ķīmisku elementu koncentrācijai. Nozīmīgākie rādītāji ir ūdens skābums (pH), nitrātjonu (NO_3^- -N), forfātjonu (PO_4^{3-} -P), kālija (K), kopējo suspendēto daļiņu (*total suspended solids* – TSS) un izšķīdušā organiskā oglekļa (*dissolved organic carbon* – DOC) koncentrācija. Lielākā daļa minēto rādītāju sīkāk raksturoti iepriekš, 2.1.1. apakšnodaļā, šeit pievienota informācija par diviem rādītājiem, kas šajā aktivitātē ūdenī analizēti papildus.

Suspendētās jeb koloidālās daļiņas (*total suspended solids* - TSS) ir daļiņas, kuru diametrs ir lielāks par 2 μm ; lielāko to daļu dabas ūdeņos veido neorganiskā viela. Saules siltuma absorbcijas rezultātā liels suspendēto daļiņu saturs ūdenī var veicināt ūdens temperatūras paaugstināšanos un izšķīdušā skābekļa satura samazināšanos, ietekmējot ūdens objekta veģetācijas struktūru un ekoloģisko produktivitāti (Parkhill and Gulliver 2002) turklāt tās iesaistītas arī dažādu piesārņotāju, piemēram, fosfora un dzīvsudraba transportēšanā (Grayson et al. 1996, Kirchner et al. 2011).

Izšķīdušajai organiskajam ogleklim (*dissolved organic carbon* – DOC) ir būtiska nozīme vides piesārņojuma veidošanā un pārvietošanā, ietekmējot temperatūru, bioģeoķīmiskos procesus, barības ķēdes un produktivitāti ūdens ekosistēmās (Solomon et al. 2015, Kritzberg et al. 2020). Tā mineralizācija saldūdens ekosistēmās var būtiski palielināt SEG emisijas (Marx et al. 2017, Karlsson et al. 2021). Atbilstoši pētījumu rezultātiem boreālos mežos, meža meliorācijas sistēmu ierīkošana kūdras augsnēs tiek uzskatīta par vienu no izšķīdušā C iznesi veicinošiem faktoriem (Finér et al. 2021).

Pētījuma mērķis ir izpētīt pēc vispārējiem principiem veiktas mežsaimniecības ietekmi uz biogēno un citu elementu iznesi un ūdens kvalitāti sateces baseina un objekta mērogā.

Pētījuma virzība

Ūdens kvalitātes un noteces monitorings Zalvītes sateces baseina modeļteritorijā uzsākts 2016. gadā, un tas aptver visu kalendāro gadu. 2023. gadā tas tiek turpināts sešos paraugu ņemšanas punktos grāvjos/strautā. Virszemes ūdens kvalitātes raksturošanai tiek izmantoti sekojoši parametri: izšķīdušā skābekļa (ODO) saturs, duļķainība, suspendēto daļiņu (TSS) saturs, pH, elektrovadītspēja (EVS), biogēno elementu saturs (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturs, kopējā slāpekļa ($\text{N}_{\text{kop.}}$) un izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs. Papildus ūdens kvalitātes monitoringam pētījuma teritorijā uzstādītā lokālā meteoroloģiskajā stacijā tiek nepārtraukti fiksēta gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums. Detalizēts objekta apraksts, paraugošanas vietu raksturojums un darbu metodika iekļauta iepriekšējās un šīs pētījumu programmas 1. etapa pārskatos (Lībiete un citi, 2017, 2022).

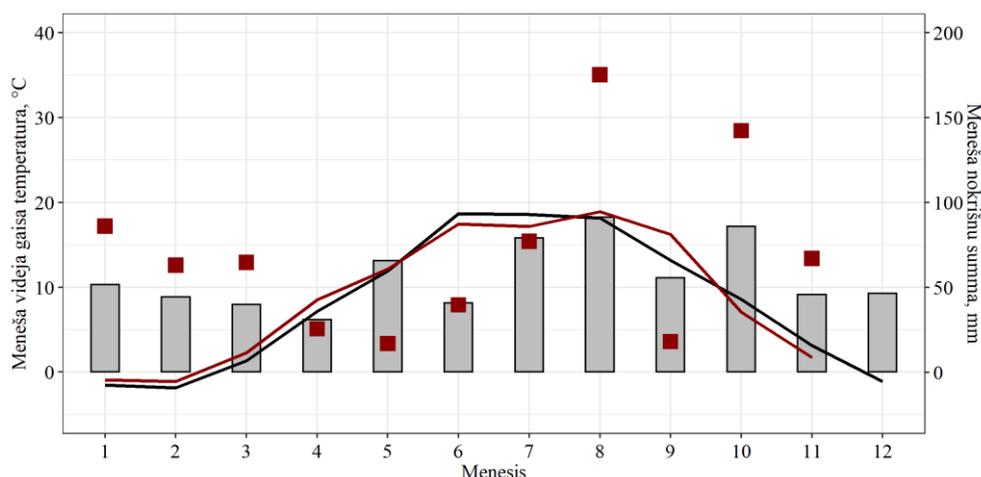
2023.gadā līdz pārskata sagatavošanas brīdim paņemtas divpadsmit ūdens paraugu sērijas, un no laboratorijas saņemti ķīmisko analīžu rezultāti par 11 paraugu sērijām. Tā kā šī ir monitoringa aktivitāte, kas atbilstoši vienai un tai pašai metodikai tiek turpināta katru gadu,

šajā pārskatā ir iekļauti galvenie rezultāti apkopotā veidā, īsi raksturojot nozīmīgākos ūdens kvalitāti raksturojošos parametrus (pH, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P, K, TSS, DOC). Pārējo ūdens kvalitāti raksturojošo parametru kopsavilkums pievienots 9. pielikumā. Pilna datu analīze tiks veikta pēdējā pētījuma gadā.

Rezultāti

Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modeļteritorijā

Pārskata iesniegšanas brīdī dati pieejami par vienpadsmit 2023. gada mēnešiem. Līdz novembra beigām kopējais nokrišņu daudzums 2023.gadā bija 775 mm, kas ir līdz šim augstākais rādītājs pētījuma periodā (2018.-2023.g.). Janvārī-martā, kā arī augustā, oktobrī un novembrī nokrišņu daudzums bijis lielāks par pētījuma perioda vidējiem rādītājiem attiecīgajos mēnešos. Vidējā gaisa temperatūra no 2023.gada janvāra līdz novembrim bija 9°C. Vidējā gaisa temperatūra bijusi augstāka par pētījuma perioda vidējo janvārī-aprīlī, jūnijā, jūlijā, kā arī oktobrī un novembrī (2.19. attēls).

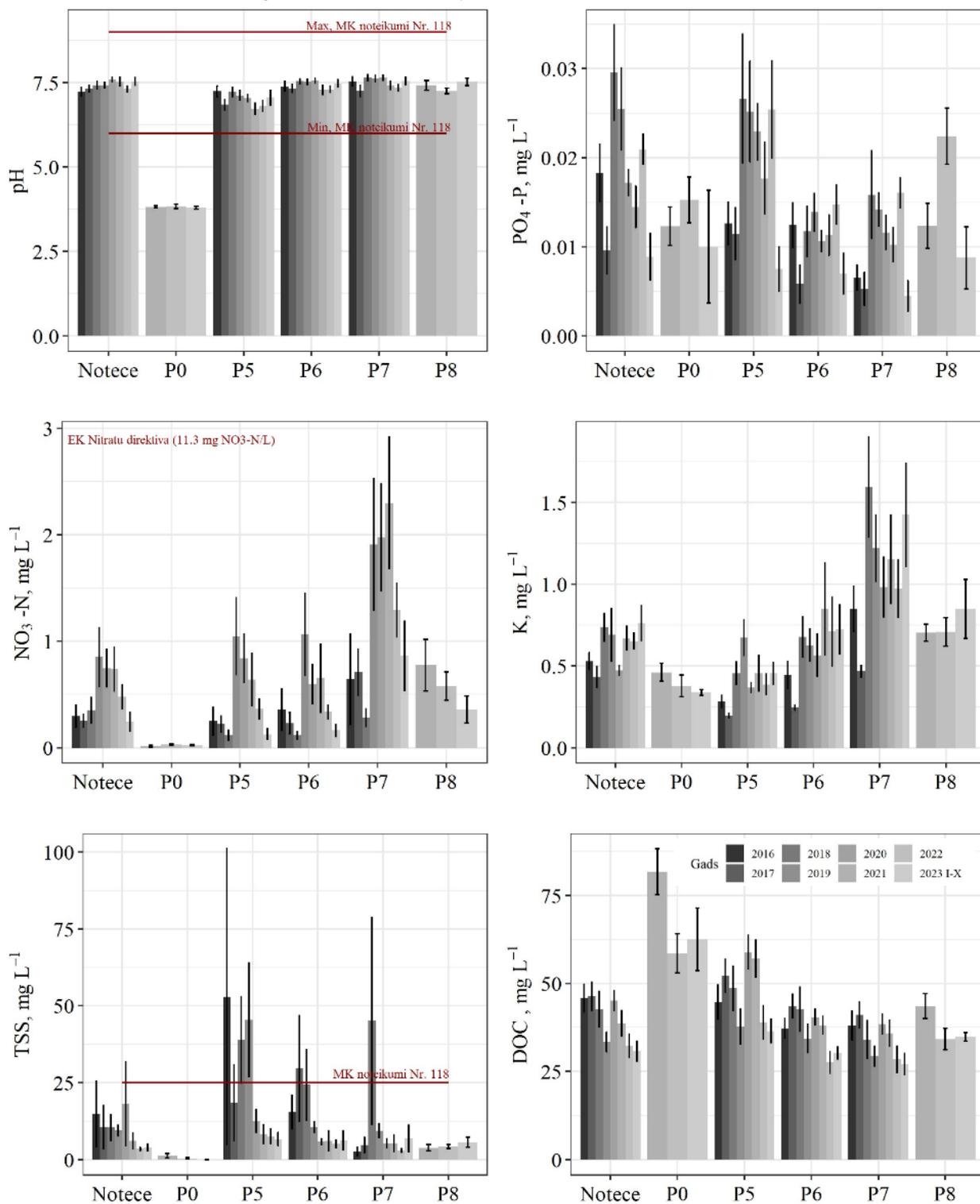


2.19. attēls. Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modeļteritorijā pa mēnešiem. Pelēkie stabiņi – pētījuma perioda (2018.-2023.g.) vidējās nokrišņu vērtības; sarkanie kvadrāti – 2023.gada nokrišņu vērtības; melnā līnija – pētījuma perioda vidējā gaisa temperatūra; sarkanā līnija – 2023.gada vidējā gaisa temperatūra

Virszemes ūdens kvalitātes rādītāji Zalvītes modeļteritorijā

Salīdzinot ar iepriekšējiem pētījuma gadiem, visos paraugu ņemšanas punktos, izņemot P0, kas atrodas tiešā Saukas purva tuvumā, konstatēta neliela ūdens pH vērtības paaugstināšanās, reakcijai kļūstot bāziskākai. Visos paraugu ņemšanas punktos, salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem, samazinājušās fosfātu un nitrātu koncentrācijas, bet lielākajā daļā punktu nedaudz palielinājušās kālija koncentrācijas, un dažos punktos – izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācijas. Nebūtiski palielinājušās kopējo suspendēto daļiņu koncentrācijas, kas visticamāk saistīts ar spēcīgiem nokrišņiem un mehānisku uzduļķošanu. Salīdzinot ar iepriekšējo pētījuma gadu, noteces paraugu ņemšanas punktā, kas raksturo no sateces baseina notekošo ūdeņu ķīmisko sastāvu, ir samazinājusies fosfātu, nitrātu un izšķīdušā organiskā oglekļa koncentrācija noteces ūdenī, bet nebūtiski palielinājusies kālija un kopējo suspendēto daļiņu koncentrācija. Nevienu no paraugu ņemšanas punktiem vielu un daļiņu koncentrācijas 2023.gadā nesasniedza un nepārsniedza normatīvos

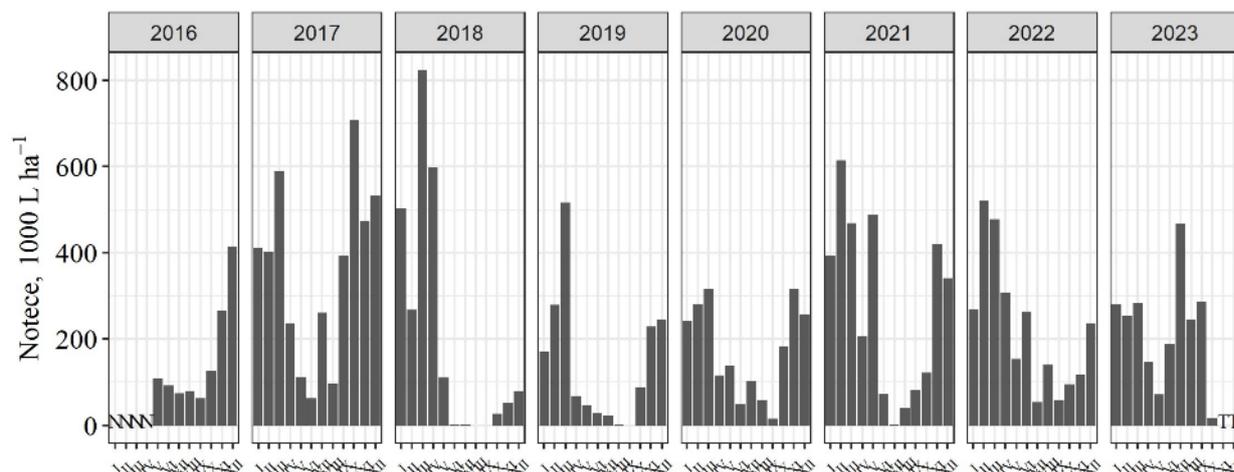
definētos robežlielumus. Ūdens pH normas robežās bija visos paraugu ņemšanas punktos, izņemot P0, kas raksturo no Saukas purva iztekošos ūdeņus un ir dabiski skābi.



2.20. attēls. Nozīmīgāko ūdens kvalitāti raksturojošo parametru (pH, NO₃⁻-N, PO₄³⁻-P, K, TSS, DOC) vidējās vērtības virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. - 2023. gadā

Elementu iznese no Zalvītes modeļteritorijas

Lielākais mēneša summārais noteces apjoms no Zalvītes modeļteritorijas fiksēts 2018. gada martā – 824 kL ha⁻¹ (2.21. attēls). Noteces sadalījums gada griezumā nav vienmērīgs, un atšķirības konstatējamas arī starp gadiem, piemēram, 2023.gada vasarā (sevišķi jūlijā un augustā), atšķirībā no šiem pašiem mēnešiem iepriekšējā gadā, vērojams izteikti liels noteces apjoms, kas skaidrojams ar lielo nokrišņu daudzumu.



2.21. attēls. Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas (N – noteces mērījumi nav veikti, T – noteces apjoma vērtība tiks pievienota)

Neraugoties uz lielo nokrišņu daudzumu, vielu un daļiņu izneses no modeļteritorijas 2023.gadā nav vērtējamas kā augstas (2.3.tabula). Tas skaidrojams ar salīdzinoši zemākām elementu koncentrācijām un to atšķaidīšanos lielākā ūdens daudzumā.

2.3. tabula

Elementu iznese (kg ha⁻¹) no Zalvītes strauta sateces baseina 2016.- 2023. gada pētījuma periodos. Pelēkā krāsā iekrāsoti periodi, kad pieejami dati par summāro gada elementu iznesi (janvāris-decembris), treknrakstā izceltas maksimālās izneses vērtības.

Elements	Periods							
	2016. gada maijs-decembris	2017. gada janvāris-decembris	2018. gada janvāris-decembris	2019. gada janvāris-decembris	2020. gada janvāris-decembris	2021. gada janvāris-decembris	2022. gada janvāris-decembris	2023. gada janvāris-oktobris
NO ₃ ⁻ -N	0,61	0,96	0,68	2,38	1,99	3,23	1,47	0,57
PO ₄ ³⁻ -P	0,017	0,029	0,031	0,028	0,034	0,042	0,054	0,022
NH ₄ ⁺ -N	0,065	0,098	0,535	0,171	0,225	0,416	0,232	0,097
K	0,56	1,79	1,83	1,12	1,02	1,50	1,60	1,77
Ca	29,6	79,6	53,7	44,3	62,7	77,1	75,2	69,6
Mg	9,0	23,1	17,3	12,9	17,1	22,1	21,0	19,2
N _{kop.}	2,00	6,20	3,50	3,40	4,30	6,76	4,28	2,77
TSS	13,2	19,5	24,0	17,1	51,8	24,7	10,6	7,7
DOC	58,2	181,9	117,9	58,5	98,5	143,1	95,9	67,4

Secinājumi

Zalvītes modeļteritorijā 2023.gadā novērtētās vielu un daļiņu koncentrācijas bija zemākas vai nebūtiski atšķirīgas no iepriekšējiem pētījuma gadiem. Galīgos secinājumus būs iespējams izdarīt monitoringa beigās, taču starprezultāti indikatīvi liecina, ka mežsaimniecība sateces baseina mērogā pastiprinātu vielu izskalošanos veicina īslaicīgi, un vielu koncentrācijas un izneses apjomi atkal samazinās 1-3 gadus pēc mežsaimnieciskās darbības.

Literatūra

1. Betts, M.G., Phalan, B.T., Wolf, C., Baker, S.C., Messier, C., Puettmann, K.J., Green, R., Harris, S.H., Edwards, D.P., Lindenmayer, D.B. and Balmford, A., 2021. Producing wood at least cost to biodiversity: Integrating Triad and sharing-sparing approaches to inform forest landscape management. *Biological Reviews*, 96(4), pp.1301-1317.
2. Blattert, C., Eyvindson, K., Mönkkönen, M., Raatikainen, K.J., Triviño, M. and Duflot, R., 2023. Enhancing multifunctionality in European boreal forests: The potential role of Triad landscape functional zoning. *Journal of Environmental Management*, 348, p.119250.
3. EC, E., 2017. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions on the 2017 list of critical raw materials for the eu. Brussels: European Commission.
4. Ecke, F. 2009. Drainage ditching at the catchment scale affects water quality and macrophyte occurrence in Swedish lakes. *Freshwater Biology* 59: 119–126.
5. Giri, S. and Qiu, Z., 2016. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of environmental management*, 173, pp.41-48.
6. Kreuzweiser, D.P.; Hazlett, P.W.; Gunn, J.M. Logging impacts on the biogeochemistry of boreal forest soils and nutrient export to aquatic systems: A review. *Environ. Rev.* 2008, 16, 157-179.
7. Lībiete Z. un citi. 2017. Pārskats par pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" 2016. gada rezultātiem. *Salaspils*, 257 lpp
8. Marttila, H., Lepistö, A., Tolvanen, A., Bechmann, M., Kyllmar, K., Juutinen, A., Wennig, H., Skarbøvik, E., Futter, M., Kortelainen, P. and Rankinen, K., 2020. Potential impacts of a future Nordic bioeconomy on surface water quality. *Ambio*, 49, pp.1722-1735.
9. Neary, D.G., Ice, G.G. and Jackson, C.R., 2009. Linkages between forest soils and water quality and quantity. *Forest ecology and management*, 258(10), pp.2269-2281.
10. Nieminen, M., E. Ahti, H. Koivusalo, T. Mattsson, S. Sarkkola, and A. Laure'n. 2010. Export of suspended solids and dissolved elements from peatland areas after ditch network maintenance in south-central Finland. *Silva Fennica* 44: 39–49.
11. Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R. and Davies, P.M., 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *nature*, 467(7315), pp.555-561.
12. Wall, A. Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand. *For. Ecol. Manage.* 2008, 256, 1372-1383.

2.2.2. Elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku analīze saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu

Pamatojums

Dzīvsudrabs (Hg) ir globāli nozīmīgs piesārņojošs elements, kas būtiski pasliktina vides kvalitāti sauszemes un ūdens ekosistēmās un apdraud gan faunas, gan cilvēku veselību (HELCOM, 2018; Mergler et al., 2007, 2021). Monitoringa rezultāti liecina, ka Baltijas jūras baseinā dzīvsudraba koncentrācijas zivju muskuļaudos un ūdenī daudzviet pārsniedz pieļaujamās normas (Korpinen et al. 2010; HELCOM, 2018). Latvijā 2022. gadā dzīvsudraba koncentrācija sedimentos QL pārsniedza sešās no 39 monitoringa stacijām, bet dzīvsudraba koncentrācija biotā (asaru un gliemju audos) visās 29 apsekotajās monitoringa stacijās pārsniedza nacionālo vides kvalitātes standartu (LVGMC, 2022).

Galvenie Hg piesārņojuma riski saistīti ar Hg organiskās formas metildzīvsudraba (MeHg), kas ir spēcīgs neirotoksīns, ļoti mobils vidē un spējīgs uzkrāties barības ķēdes augstākajos posmos, koncentrācijas palielināšanos vidē (Mergler et al., 2007; Castoldi et al., 2003). Līdzšinējo pētījumu dati liecina, ka mežsaimniecības rezultātā notiekošā augsnes virskārtas sajaukšana meža zemēs (īpaši ar organiskām augsnēm) var būt cēlonis vēsturiski uzkrātā Hg metilācijai un transportam uz ūdens ekosistēmām (Eklöf et al., 2016; Hsu-Kim et al., 2018; Bishop et al. 2020).

Smagās meža tehnikas radītās rises, kurās uzkrājas stāvošs ūdens, ir viens no Hg metilācijas "karstajiem punktiem". Zems skābekļa saturs vai tā pilnīgs trūkums ir viens no priekšnosacījumiem mikrobiāliem procesiem, kuru rezultātā Hg neorganiskā forma pārveidojas organiskajā MeHg (Compeau et al., 1985; Gilmour et al., 1992; Fleming et al., 2005). Turklāt rises var darboties kā potenciāli transporta kanāli, pa kuriem mobilizētais MeHg var pārvietoties tālāk uz ūdenstecēm.

Aktivitātes mērķis ir zinātniskas publikācijas sagatavošana, izmantojot iepriekšējā gadā iegūtos datus par dzīvsudraba un metildzīvsudraba un citu elementu īstermiņa dinamiku meža tehnikas atstātajās risēs un blakus tām.

Pētījuma virzība

Pārskata iesniegšanas brīdī sagatavota publikācija Kļaviņš et al. "Increased Hg methylation risks in management-induced terrain depressions in forests with organic-matter-rich soils", kas 2024.gada janvāra pirmajās nedēļās tiks iesniegta žurnālā "Hydrology". Pētījuma objektu raksturojums, iepriekšējā gadā veikto mērījumu metodika un rezultātu apkopojums iekļauts šīs pētījumu programmas 2. etapa pārskatā (Lībiete un citi, 2023).

Literatūra

1. Åkerblom, S.; Nilsson, M.B.; Skyllberg, U.; Björn, E.; Jonsson, S.; Ranneby, B.; Bishop, K. Formation and Mobilization of Methylmercury across Natural and Experimental Sulfur Deposition Gradients. *Environ. Pollut.* 2020, 263, 114398.
2. Bārdule A., Gerra-Inohosa L., Kļaviņš I., Kļaviņa Z., Bitenieks K., Butlers A., Lazdiņš A., Lībiete Z. 2022. Variation in the Mercury Concentrations and Greenhouse Gas Emissions of Pristine and Managed Hemiboreal Peatlands. *Land*, 11(9), 1414; <https://doi.org/10.3390/land11091414>
3. Bishop, K.; Shanley, J.B.; Riscassi, A.; de Wit, H.A.; Eklöf, K.; Meng, B.; Mitchell, C.; Osterwalder, S.; Schuster, P.F.; Webster, J.; et al. Recent Advances in Understanding and Measurement of Mercury in the Environment: Terrestrial Hg Cycling. *Sci. Total Environ.* 2020, 721, 137647.
4. Bishop, K.; Shanley, J.B.; Riscassi, A.; de Wit, H.A.; Eklöf, K.; Meng, B.; Mitchell, C.; Osterwalder, S.; Schuster, P.F.; Webster, J.; et al. Recent advances in understanding and measurement of mercury in the environment: Terrestrial Hg cycling. *Sci. Total Environ.* 2020, 721, 137647.
5. Bitenieks K., Bārdule A., Eklöf K., Espenberg M., Ruņģis D.E., Kļaviņa Z., Kļaviņš I., Hu H., Lībiete Z. 2022. The Influence of the Degree of Forest Management on Methylmercury and the Composition of Microbial Communities in the Sediments of Boreal Drainage Ditches. *Microorganisms*, 10(10), 1981; <https://doi.org/10.3390/microorganisms10101981>
6. Bravo, A.G.; Bouchet, S.; Tolu, J.; Björn, E.; Mateos-Rivera, A.; Bertilsson, S. Molecular Composition of Organic Matter Controls Methylmercury Formation in Boreal Lakes. *Nat. Commun.* 2017, 8, 14255.
7. Castoldi, A.F.; Coccini, T.; Manzo, L. Neurotoxic and Molecular Effects of Methylmercury in Humans. *Rev. Environ. Health* 2003, 18, 19–31.
8. Compeau, G.C.; Bartha, R. Sulfate-Reducing Bacteria: Principal Methylators of Mercury in Anoxic Estuarine Sediment. *Appl. Environ. Microbiol.* 1985, 50, 498–502.

9. Eklöf, K.; Bishop, K.; Bertilsson, S.; Björn, E.; Buck, M.; Skyllberg, U.; Osman, O.A.; Kronberg, R.-M.; Bravo, A.G. 2018. Formation of mercury methylation hotspots as a consequence of forestry operations, *Science of The Total Environment*, 613–614, 1069–1078
10. Eklöf, K.; Lidskog, R.; Bishop, K. Managing Swedish forestry's impact on mercury in fish: Defining the impact and mitigation measures. *Ambio* 2016, 45, 163–174.
11. Fleming, E.J.; Mack, E.E.; Green, P.G.; Nelson, D.C. Mercury methylation from unexpected sources: Molybdate-inhibited freshwater sediments and an iron-reducing bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 2005, 72, 457–464.
12. Gilmour, C.C.; Henry, E.A.; Mitchell, R. Sulfate stimulation of mercury methylation in freshwater sediments. *Environ. Sci. Technol.* 1992, 26, 2281–2287.
13. Gorospe, J. 2012. Growing Greens and Soiled Soil: Trends in Heavy Metal Contamination in Vegetable Gardens of San Francisco. Master's Theses. 4131. Koncentrāciju robežlielumi pieejami: <https://sites.google.com/site/healthygardeners/safe-levels#:~:text=While%20each%20location%20will%20have,et%20al.%2C%202008>
14. HELCOM Core Indicator Report. Available online: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Metals-HELCOM-core-indicator-2018.pdf> (accessed 22 July 2021).
15. Howell, J. 2013. Organic Matter: Key to Soil Management. Pieejams: <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/soil-basics-part-iii-organic-matter-key-to-management>
16. Hsu-Kim, H.; Eckley, C.S.; Achá, D.; Feng, X.; Gilmour, C.C.; Jonsson, S.; Mitchell, C.P.J. Challenges and opportunities for managing aquatic mercury pollution in altered landscapes. *Ambio* 2018, 47, 141–169.
17. Korpinen, S.; Laamanen, M.; Andersen, J.H.; Asplund, L.; Berger, U.; Bignert, A.; Boalt, E.; Broeg, K.; Brzozowska, A.; Cato, I.; et al. Hazardous Substances in the Baltic Sea: An Integrated Thematic Assessment of Hazardous Substances in the Baltic Sea; Helsinki Commission: Helsinki, Finland, 2010, p. 116.
18. LVGMC. 2023. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2022. gadā. Rīga, 285 lpp. Pieejams: https://videscentrs.lv/mc/files/Udens/udens_kvalitate/Parskats_par_virszemes_un_pazemes_ude_nu_stavokli_2022_g.pdf
19. Lībiete un citi. 2023. Pārskats par pētījuma “Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem” 2.etapa rezultātu pārskatu. Salaspils, 201.lpp.
20. Mergler, D. Ecosystem approaches to mercury and human health: A way toward the future. *Ambio* 2021, 50, 527–531.
21. Mergler, D.; Anderson, H.A.; Chan, L.H.M.; Mahaffey, K.R.; Murray, M.; Sakamoto, M.; Stern, A.H. Methylmercury exposure and health effects in humans: A worldwide concern. *Ambio* 2007, 36, 3–11.
22. Morel, F.M.M.; Kraepiel, A.M.L.; Amyot, M. The Chemical Cycle and Bioaccumulation of Mercury. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1998, 29, 543–566.
23. O'Connor, D.; Hou, D.; Ok, Y.S.; Mulder, J.; Duan, L.; Wu, Q.; Wang, S.; Tack, F.M.G.; Rinklebe, J. Mercury Speciation, Transformation, and Transportation in Soils, Atmospheric Flux, and Implications for Risk Management: A Critical Review. *Environ. Int.* 2019, 126, 747–761.
24. Xu, J.; Buck, M.; Eklöf, K.; Ahmed, O.O.; Schaefer, J.K.; Bishop, K.; Skyllberg, U.; Björn, E.; Bertilsson, S.; Bravo, A.G. Mercury Methylating Microbial Communities of Boreal Forest Soils. *Sci. Rep.* 2019, 9, 518.

2.2.3. Upju piekrastes aizsargjoslu platuma modelēšana un ietekmes uz funkcionāli pielāgotu meža aizsargjoslu gar ūdeņiem ietekmes uz meža ekosistēmu pakalpojumiem novērtējums

Pamatojums

Ūdensobjektu piekrastes joslas veic nozīmīgas ekoloģiskās funkcijas: aizsargā ūdensobjektu no piesārņojuma un erozijas, nodrošina mikroklimatu gan ūdenī, gan krastā, nodrošina dzīvotnes sauszemes un ūdens organismiem, kā arī saglabā apkārtnei raksturīgo kultūrainavu. Tieši mežainas piekrastes joslas ir potenciāli efektīvākās ūdens kvalitātes aizsardzībai (Anbumozhi et al. 2005), samazinot gan augu barības vielu, galvenokārt slāpekļa un fosfora transportu uz ūdensobjektu (Mayer et al. 2007, Craig et al. 2008, Fennessy and

Cronk 2009), gan arī uztverot augsnes sedimentu (Sheridan et al. 1999, Moriasi et al. 2011) un mazinot eroziju (Broadmeadow and Nisbet 2004, Zaimis et al. 2005).

Lai maksimāli saglabātu šīs funkcijas, piekrastes ekosistēmām parasti tiek noteikts aizsardzības režīms, veidojot ūdensobjektu aizsargjoslas. Dažādās valstīs tiek noteiktas dažāda platuma piekrastes aizsargjoslas, taču tipiskais platums, atkarībā no ūdensobjekta izmēra, augsnes tipa piekrastes ekosistēmās, zemes izmantošanas veida un no tā atkarīgā riska ūdeņu kvalitātei ir no 10 līdz 30 metriem (Broadmeadow and Nisbet 2004).

Principiālā pieeja un rekomendācijas tam, kādā veidā tiek nospraustas aizsargjoslas pie konkrētiem ūdensobjektiem, pasaulē atšķiras. Dažās valstīs aizsargjoslu platums ir noteikts likumdošanā un ir atkarīgs no ūdensobjekta izmēra. Latvijā pašlaik likumdošana nosaka fiksēta platuma (10-500 m atkarībā no ūdensobjekta izmēra) virszemes ūdensobjektu piekrastes aizsargjoslas ar saimnieciskās darbības ierobežojumiem. Mežā tas nozīmē vienlaidu atjaunošanas cirtes aizliegumu 50 m platā joslā (izņemot baltalkšņu audzēs, kas nepārsniedz 1 ha izmēru), galvenās cirtes aizliegumu 10 m platā joslā u.c. ierobežojumus (Aizsargjoslu likums 1997). Citur, piemēram, Ziemeļvalstīs, aizsargjoslai ir rekomendējošs raksturs, un tās platums var būt mainīgs, atkarīgs no vietai raksturīgiem faktoriem (Ring et al. 2017). Aizsargjoslas platuma (un izvietojuma) noteikšana atbilstoši konkrētās vietas apstākļiem labāk nodrošina aizsargjoslas aizsardzības funkcijas, jo ņem vērā teritorijas un tajā notiekošo ekoloģisko procesu heterogenitāti.

Viena no pieejām ekoloģiski funkcionālas piekrastes aizsargjoslas platuma modelēšanai ir augsnes mitruma, precīzāk, gruntsūdens līmeņa izmantošana aprēķinos. Ūdensobjekta tuvumā esošas mitras ieplakas mežā ir ar zemu augsnes nestspēju un nav piemērotas smagās meža tehnikas kustībai (), turklāt konstatēts, ka mitrās vietās sastopama lielāka augu sugu daudzveidība, un tās var veidot bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgus elementus (Kuglerová et al 2014). Šo iemeslu dēļ tām nepieciešama aizsardzība, un to integrācija piekrastes aizsargjoslā ir viens no potenciāli efektīviem veidiem, kā īstenot gan ūdens aizsardzības, gan bioloģiskās daudzveidības aizsardzības mērķus (Mykrä et al. 2023). Tajā pašā laikā ir svarīgi izvērtēt ekonomisko ietekmi, proti, kādi varētu būt ieguvumi un zaudējumi, izmantojot alternatīvas piekrastes mežu apsaimniekošanas pieejas (Gundersen et al 2010).

Pētījuma mērķis ir hipotētiski modelēt dažāda (vienas upes garumā variējoša) platuma virszemes ūdensobjektu aizsargjoslas teorētiskai piekrastes mežu apsaimniekošanas prakses maiņas ietekmes uz meža ekosistēmu pakalpojumiem izpētei.

Objekti un metodika

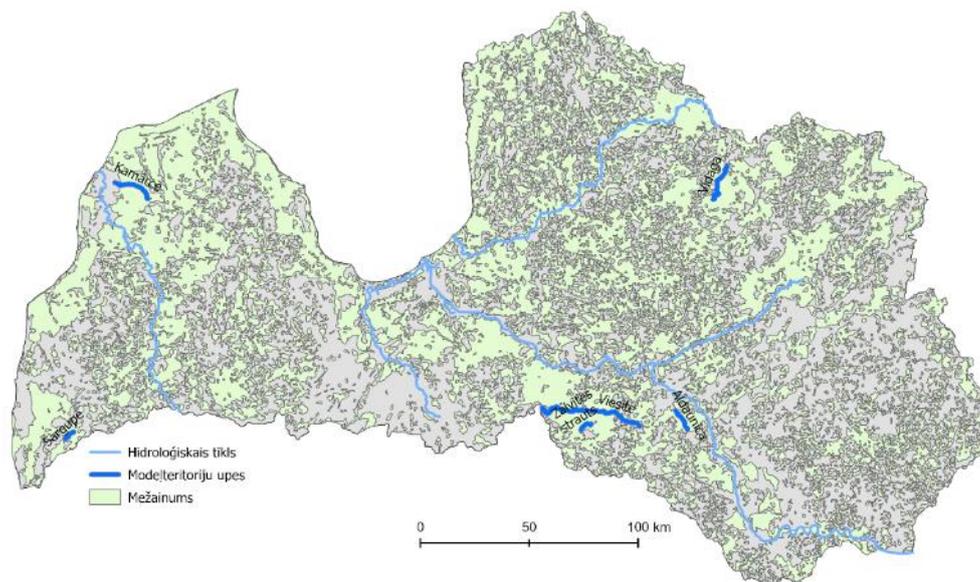
Modelēšanai atlasītas sešas upes dažādos Latvijas reģionos; galvenais kritērijs – krasti iespēju robežās klāti ar mežu. Objekti izvēlēti tā, lai katrā garuma un līdz ar to arī aizsargjoslu platuma klasē (līdz 10 km, līdz 25 km, virs 25 km) būtu divi ūdensobjekti (2.4. tabula, 2.22.attēls).

2.4.tabula

Modelēšanai izvēlētās upes un to raksturojums

Nr.p.k.	Upes nosaukums	Upes garums, m	Upju baseinu apgabals	Aizsargjoslas platums, m
1	Zalvītes strauts	7435	Lielupes	10
2	Sargupe	7481	Ventas	10

Nr.p.k.	Upes nosaukums	Upes garums, m	Upju baseinu apgabals	Aizsargjoslas platums, m
3	Aldaunīca	13388	Daugavas	50
4	Kamārce	20352	Ventas	50
5	Viesīte	65420	Lielupes	100
6	Vidaga	27615	Gaujas	100



2.22. attēls. Modelēšanai izvēlēto upju novietojums Latvijas teritorijā

Katrai upei izdalīta piekrastes aizsargjosla divos variantos: 1) nominālā platumā atbilstoši Aizsargjoslu likumam – 10, 50 un 100 m; 2) pielāgotā platumā, atbilstoši gruntsūdens līmenim piekrastes joslā, izmantojot mitro vietu kartes (depyh-to-water; pieejamas <https://silava.forestradar.com/geoserver/silava/wms>). Iegūtas 16 telpisko datu kopas ekosistēmu pakalpojumu kartēšanai, izmantojot 2021.gada Meža valsts reģistra datu bāzi. Telpiskajās vienībās atbilstoši iepriekš izstrādātai un publicētai metodikai (Jūrmalis un citi 2023) kartēti sekojoši ekosistēmu pakalpojumi: lietkoksnis un enerģētiskās koksnis apjoms, aizsardzība no erozijas, dzīvotņu nodrošinājums un meža ainaviskā kvalitāte.

Rezultāti

Tiks papildināts.

Secinājumi

Tiks papildināts.

Literatūra

1. Anbumozhi, V., Radhakrishnan, J. and Yamaji, E., 2005. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. *Ecological Engineering*, 24(5), pp.517-523.
2. Broadmeadow, S. and Nisbet, T.R., 2004. The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(3), pp.286-305.

3. Craig, L.S., Palmer, M.A., Richardson, D.C., Filoso, S., Bernhardt, E.S., Bledsoe, B.P., Doyle, M.W., Groffman, P.M., Hassett, B.A., Kaushal, S.S. and Mayer, P.M., 2008. Stream restoration strategies for reducing river nitrogen loads. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(10), pp.529-538.
4. Fennessy, M.S. and Cronk, J.K., 1997. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of nonpoint source pollution, particularly nitrate. *Critical reviews in environmental science and technology*, 27(4), pp.285-317.
5. Gundersen, P., Laurén, A., Finér, L., Ring, E., Koivusalo, H., Sætersdal, M., Weslien, J.O., Sigurdsson, B.D., Högbom, L., Laine, J. and Hansen, K., 2010. Environmental services provided from riparian forests in the Nordic countries. *Ambio*, 39, pp.555-566.
6. Jūrmalis, E., Bārdule, A., Donis, J., Gerra-Inohosa, L. and Lībiete, Z., 2023. Forest Inventory Data Provide Useful Information for Mapping Ecosystem Services Potential. *Land*, 12(10), p.1836.
7. Kuglerová, L., Ågren, A., Jansson, R. and Laudon, H., 2014. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 334, pp.74-84.
8. Mayer, P.M., Reynolds Jr, S.K., McCutchen, M.D. and Canfield, T.J., 2007. Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. *Journal of environmental quality*, 36(4), pp.1172-1180.
9. Mykrä, H., Annala, M., Hilli, A., Hotanen, J.P., Hokajärvi, R., Jokikokko, P., Karttunen, K., Kesälä, M., Kuoppala, M., Leinonen, A. and Marttila, H., 2023. GIS-based planning of buffer zones for protection of boreal streams and their riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 528, p.120639.
10. Moriasi, D.N., Steiner, J.L. and Arnold, J.G., 2011. Sediment measurement and transport modeling: impact of riparian and filter strip buffers. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), pp.807-814.
11. Ring, E., Johansson, J., Sandström, C., Bjarnadóttir, B., Finér, L., Lībiete, Z., Lode, E., Stupak, I. and Sætersdal, M., 2017. Mapping policies for surface water protection zones on forest land in the Nordic–Baltic region: Large differences in prescriptiveness and zone width. *Ambio*, 46, pp.878-893.
12. Sheridan, J.M., Lowrance, R. and Bosch, D.D., 1999. Management effects on runoff and sediment transport in riparian forest buffers. *Transactions of the ASAE*, 42(1), pp.55-64.
13. Zaines, G.N., Schultz, R.C., Isenhardt, T.M., Mickelson, S.K., Kovar, J.L., Russell, J.R. and Powers, W.P., 2005, June. Stream bank erosion under different riparian land-use practices in northeast Iowa. In *Proceedings of the 9th North American Agroforestry Conference* (pp. 1-10).

3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana

3.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemesaugu sugu izplatības pētījumi

Pamatojums

Šobrīd Latvijas svešzemju augu sugu sarakstā ir ap 640 taksoniem ar dažādu invazivitātes pakāpi, kas veido 33% no visas Latvijas floras. No tām 35 sugas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē, no kurām 15 sugām nepieciešams prioritārs monitorings (sugas no tā sauktā “Melnā saraksta”) un 20 sugām – monitorings (“Pelēkais saraksts”). Literatūras dati liecina, ka vairāk nekā trešdaļa no sugām, kas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē, saistītas ar meža ekosistēmām (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020), un ceļa malas darbojas gan kā biotopi, gan kā koridors, kas veicina augu populāciju ekspansiju (Christen, Matlack 2009). Ceļu izbūve palielina meža floras daudzveidību, taču arī veicina floras sinantropizāciju (Zielińska 2007). Biotopu fragmentācija un meža ceļi, kas raksturīgi apsaimniekotām mežu platībām, var veidot nozīmīgus biotopam neraksturīgo, tajā skaitā invazīvo sugu izplatīšanās ceļus (Priēde 2009). Pētījumi rāda, ka ceļa efekts var ietekmēt veģetācijas sastāvu līdz par 30 metru attālumā no ceļa malas (Deljouei et al. 2018). Lai labāk izprastu invazīvo sugu izplatīšanās procesus un to ietekmi, nozīmīgi veikt ilglaicīgus pētījumus, kas ļautu uzraudzīt vairākus bioloģiskās daudzveidības aspektus, tajā skaitā sūnu, ķērpju un vaskulāro augu sabiedrību struktūru izmaiņas saistībā ar ceļa izbūvi (Deljouei et al. 2018).

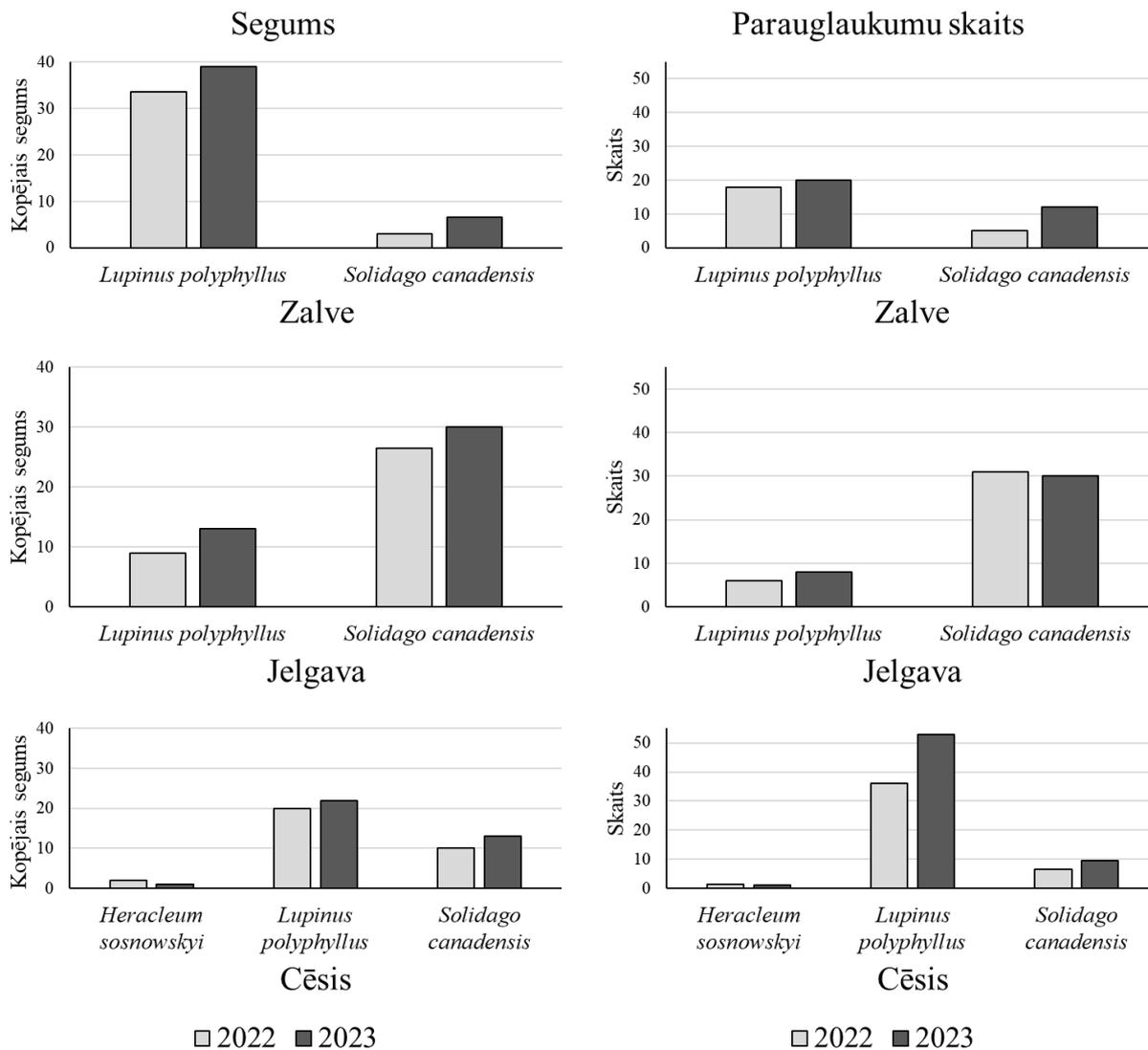
Pētījuma mērķis ir novērtēt veģetācijas izmaiņas un invazīvo augu sugu izplatību gar dažādās ietekmētības pakāpes meža ceļiem apsaimniekotos mežos.

Pētījuma virzība

Invazīvo augu sugu monitorings gar meža infrastruktūras objektiem Zalvītes modeļteritorijā uzsākts 2016. gadā, 2022. gadā aktivitāte paplašināta, izvēloties vēl divas teritorijas Jelgavas un Cēsu apkārtnē. 2023. gada vasaras sezonā visās trijās teritorijās veikts atkārtots invazīvo un potenciāli invazīvo sugu monitorings, kopumā apsekojot 11 meža ceļu posmus. Aktivitātes sīkāks pamatojums, objektu raksturojums un metodika atrodama šī pētījuma programmas posma iepriekšējo periodu pārskatos (Lībiete un citi, 2022). Šī ir monitoringa aktivitāte, kas pēc nemainīgas metodikas turpinās visa pētījuma garumā, tādēļ šajā pārskatā iekļauti 2023.gada rezultāti apkopotā veidā. Pilna rezultātu analīze tiks veikta pētījuma beigās.

Rezultāti

Šī pētījuma etapa apsekojumā konstatēta viena invazīvā augu suga – Sosnovska latvānis *Heracleum sosnowkyi* Manden (Ministru kabineta noteikumi Nr. 468, 2008) – un divas potenciāli invazīvās svešzemju sugas – daudzlapu lupīna *Lupinus polyphyllus* Lindl. un Kanādas zeltgalvīte *Solidago canadensis* L. s.l. (Evarts-Bunders un Evarte-Bundere, 2020). *Solidago canadensis* dominēja gar apsekotajiem rekonstruētajiem meža ceļiem Jelgavas objektā, savukārt *Lupinus polyphyllus* - gar ceļiem Zalvītes objektā. Suga *Heracleum sosnowkyi* atkārtoti konstatēta tikai Cēsu objekta parauglaukumos, un ir samazinājies tās segums (3.1. attēls).



3.1. attēls. Invazīvo un potenciāli invazīvo sugu kopējais segums un parauglaukumu skaits, kurās šīs sugas konstatētas 2022. un 2023. gadā

Kopsavilkums

Abu potenciāli invazīvo augu sugu segums 2023. gadā, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir palielinājies, un palielinājies ir arī to parauglaukumu skaits, kuros šīs sugas ir konstatētas, izņemot *Solidago canadensis*, kura netika konstatēta atkārtoti vienā no Jelgavas objekta parauglaukumiem. Izņemot vienu parauglaukumu pie meža ceļa ar dabisku brauktuvi Jelgavas teritorijā, kur atkārtoti uzskaitīta *Solidago canadensis*, gan latvānis, gan abas potenciāli invazīvās augu sugas 2023. gadā konstatētas tieši gar rekonstruētajiem meža ceļiem.

Literatūra

1. Christen D.C., Matlack G. R. 2009. The habitat and conduit functions of roads in the spread of three invasive plant species. *Biological Invasions*, 11: 453-465.
2. Deljouei A., Sadeghi S.M.M., Abdi E., Bernhardt-Römermann M., Pascoe E.L., Marcantonio M. 2018. The impact of road disturbance on vegetation and soil properties in a beech stand, Hyrcanian forest. *European Journal of Forest Research*, 137: 759-770.

3. Evarts-Bunders P., Evarte-Bundere. 2020. Development and approbation of methodology for monitoring invasive plant species: the case of Latvia. *Thaiszia Journal of Botany* 30 (1): 059-079.
4. Lībiete Z. un citi. 2022. Pārskats par pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" 2021. gada rezultātiem. Salaspils, 201 lpp.
5. Ministru kabineta noteikumi Nr.467, Invazīvo augu sugu izplatības ierobežošanas noteikumi. 2008. <https://likumi.lv/ta/id/177513-invazivo-augu-sugu-izplatibas-ierobezosanas-noteikumi> (Skatīts 2023. gada 6. decembris).
6. Priede A. 2009. Invazīvie neofīti Latvijas florā: izplatība un dinamika. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 127 lpp.
7. Zielińska K. 2007. The influence of roads on the species diversity of forest vascular flora in Central Poland. *Biodiversity: Research and Conservation*, 5-8: 74-80

3.2. Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības

3.2.1. Dabisko meža biotopu apsaimniekošanas efektivitātes parauglaukumu pārmērīšana

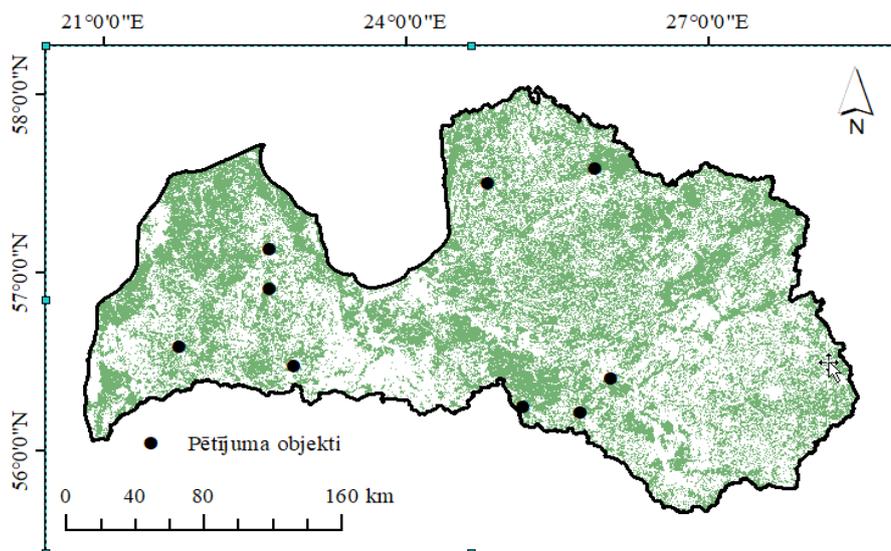
Pamatojums

Eiropas Savienības mēroga dokumenti - Bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030. gadam, ES Meža stratēģija 2030. gadam, Dabas atjaunošanas regula u.c. - nozīmīgi ietekmē mežsaimniecības nākotni, paredzot gan palielināt tās platības, kurās bioloģiskās daudzveidības uzturēšana ir prioritāte, gan veicinot tās saglabāšanu saimnieciskajos mežos. Lai mazinātu šo potenciālo ierobežojumu ietekmi uz bioekonomiku un nodrošinātu bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas mērķu sasniegšanu, būtiski izvēlēties piemērotu īstenojamo pasākumu kopu. To iespējams izdarīt, novērtējot šādu pasākumu ilgtermiņa efektu, t.sk. veicot mērījumus iepriekš ierīkotos biotopu apsaimniekošanas pasākumu objektos, lai, pamatojoties uz objektīviem datiem, izdarītu secinājumus par dabas aizsardzības pasākumu efektivitāti.

Pētījuma mērķis šī etapa ietvaros ir novērtēt biotopu apsaimniekošanas pasākuma – ozolu atēnošanas – ilgtermiņa ietekmi uz bioloģiskās daudzveidības rādītājiem 9 pētījuma objektos.

Objekti un metodika

Mērījumi veikti deviņās ozolu audzēs, kurās 2003. un 2004. gadā Latvijas valsts mežu ekspertu vadībā veikta ozolu atēnošana (3.2. attēls). Katrā no audzēm atēnošana veikta ap četriem ozoliem un attiecīgi papildus četri ozoli izvēlēti kā kontroles koki, ap kuriem nekāda veida saimnieciskā darbība pētījuma laikā netika īstenota.



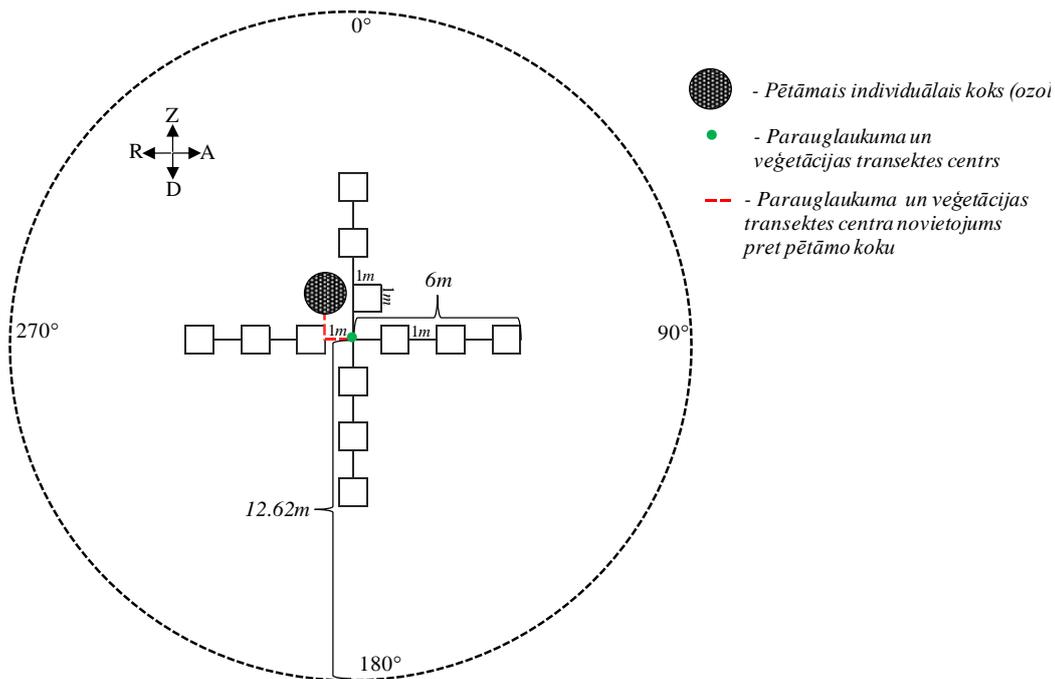
3.2. attēls. Pētījumam izvēlēto ozolu audžu (objektu) lokācijas

Kokaudzes uzmērīšanas parauglaukums ierīkots pie katra no pētāmajiem kokiem, un tā centra pozicionējums attiecībā pret ozolu sakrīt arī ar veģetācijas transektes centru. Mērījumi veikti 500 m² laukumā saskaņā ar iepriekšējā etapā aprakstīto metodiku.

Veģetācija raksturota transektēs izvietotos 1x1m parauglaukumos (3.3. attēls). Parauglaukuma un transektes centrs pozicionēts novirzoties vienu metru D virzienā no ozola stumbra un pēc tam vienu metru A virzienā. Šāds pozicionējums izvēlēts, lai izvairītos no situācijas, kurā pirmais veģetācijas transektes Z virziena 1x1m parauglaukums netiek raksturots, jo iespējams novietots pētāmā ozola stumbra augšanas laukumā.

Veģetācijas raksturošanai parauglaukumos izdalīti trīs stāvi – koku un krūmu, lakstaugu, sūnu un ķērpju stāvs.

- Katrā parauglaukumā noteikts augu sugu sastāvs un to procentuālais segums.
- Koku un krūmu stāvā iekļauti tie koki, kuru caurmērs ≤ 6 cm un augstums ≤ 2 m, kā arī gadījumos, kad koka augstums ≥ 2 m, taču caurmērs saglabājas ≤ 6 cm.
- Fiksēts nobiru, atsegtas augsnes, kritalu un koku sakņu kaklu aizņemtais procentuālais segums parauglaukumā, kas kopā ar sūnu un ķērpju stāvu veido 100% segumu.



3.3. attēls. Veģetācijas transektes un parauglaukuma izvietojums attiecībā pret pētāmajiem kokiem DMB audzēs

Mikrodzīvotņu vērtēšanas metodika aprakstīta Larrieu et.al. 2018. un ietverta iepriekšējā etapa pārskatā. Šajā metodikā mikrodzīvotnes iedala 7 formās: dobumi, koka ievainojumi un eksponēta koksne, atmirusi koksne vainagā, izaugumi, saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi, epifītiskas un epiksīlas struktūras, izdalījumi. Katru no šīm formām hierarhiski iedala grupās (kopumā 15 grupas), kuras sīkāk iedala mikrodzīvotņu tipos (kopumā 47). Katram kokam piefiksētas novērotās mikrodzīvotnes bezlapu stāvoklī. Vērtēšana veikta visiem atēnotajiem un kontroles ozoliem.

Epifītisko un epiksīlo sūnu un ķērpju sugu uzskaiti veic uz katra no pētāmo ozolu stumbriem. Pirmkārt, nodala koka ziemeļu (Z), rietumu (R), dienvidu (D) un austrumu (A) puses. Katrā noteiktajā debess pusē uzstāda 10x50 cm lielu rāmi, to sīkāk iedalot piecos 10x10 cm lielos laukumos. Rāmja īsākā mala (10 cm) horizontāli piestiprināta pie koka 1.3 m augstumā, un garākās malas virziens vērsts uz leju. Katrā laukumā uzskaita visas sūnu un ķērpju sugas, norādot to segumu procentos. Kopumā uz katra no pētāmajiem kokiem informācija par epifītisko un epiksīlo sūnu un ķērpju sugu sastopamību tiek iegūta novērtējot 20 mazos (10x10 cm) parauglaukumus, kā arī, lai gūtu pilnīgāku ieskatu, tiek pierakstītas citviet uz stumbra konstatētās sugas, kuras netika fiksētas parauglaukumos.

Datu analīze

Veģetācijas raksturošanai ozolu audzēs no katras transektes 12 parauglaukumiem iegūtas sugu procentuālā seguma vidējās vērtības, kuras izmantotas tālākajā analīzes posmā, lai raksturotu veģetācijas daudzveidību ap katru no pētāmajiem ozoliem. Līdzīgi katram ozolam iegūtas arī epifītu sugu proporcionālā seguma vidējās vērtības, tās aprēķinot no četriem uz katra koka uzstādītajiem rāmjiem. Veģetācijas un epifītu sugu, kā arī daudzveidības novērtēšanai programmā *R studio* (R Core Team, 2023) aprēķināts vidējais parauglaukumu Šenona–Vīnera (*Shannon-Wiener*) daudzveidības indekss.

Veģetācijas un epifītu sugu sabiedrību novērtēšanai ozolu audzēs, izmantojot programmu *R studio*, veikta detrendētā sugu daudzveidības korespondentanalīze (*DCA*). Galvenajā datu

matricā apkopoti veģetācijas sugu procentuālā seguma dati (epifītu sugu gadījumā - epifītu sugu procentuālā seguma dati), bet sekundārajā datu matricā – kokaudzes faktori (pirmā stāva koku vidējais augstums (m); otrā stāva koku vidējais augstums (m); parastās egles *Picea abies* šķērslaukuma attiecība pret kopējo audzes šķērslaukumu parauglaukumā; pameža stāvā uzskaitītais koku un krūmu skaits (n/ha); kopējais audzes biežums (n/ha); audzes pirmā stāva koku šķērslaukums ($m^2 ha^{-1}$), audzes mežu tips) un pētāmo ozolu morfoloģiskie parametri (ozola apkārtmērs (m); ozola augstums (m); ozola vainaga laukums (m^2)). DCA analizē samazināta reto sugu ietekme, kā arī samērots X un Y ass mērogs.

Tā kā mikrodzīvotņu pārstāvība netika novērtēta ar procentuālo segumu, bet gan veicot mirodzīvotņu tipu sastopamības novērtējumu – ir/nav konstatēta (1/0) -, mikrodzīvotņu sastopamības analizēšanai izmantota tiešā gradientu analīzes metode “CCA” jeb *Canonical Correspondence Analysis*. Galvenajā datu matricā apkopoti dati par mikrodzīvotņu sastopamību, taču sekundārajā matricā augstāk minētie kokaudzes uz ozolu morfoloģiskie faktori.

Lai noskaidrotu, kuri no audzes faktoriem statistiski būtiski ietekmē veģetācijas un epifītu daudzveidību, tajā skaitā, lai noskaidrotu, vai 20 gadus pēc atēnošanas ir novērojama statistiski būtiska atšķirība starp daudzveidību atēnoto un neatēnoto ozolu audzes daļās, izmantota multivariāto dispersiju analīze (*Multivariate variation analysis (MANOVA)*). Sugu daudzveidība raksturota apvienojot sugu skaitu un Šenona–Vīnera daudzveidības indeksu.

Rezultāti

No kopumā atrastajiem un apsekotajiem 62 ozoliem, kopš 2003. gada septiņi ozoli izgāzušies vai atmiruši, turklāt tas noticis kā atēnoto, tā neatēnoto koku grupā. Starp abām vērtētajām grupām nav novērojamas nozīmīgas atšķirības kādā no parametriem – vidēji lielāks stumbra apkārtmērs, ozola augstums un vainaga platums pētīja objekta ietvaros vienlīdz bieži konstatēts kā atēnotiem, tā neatēnotiem ozoliem (3.1. tabula).

3.1. tabula

Pētāmo ozolu morfoloģisko parametru vidējās vērtības (\pm standartnovirze)

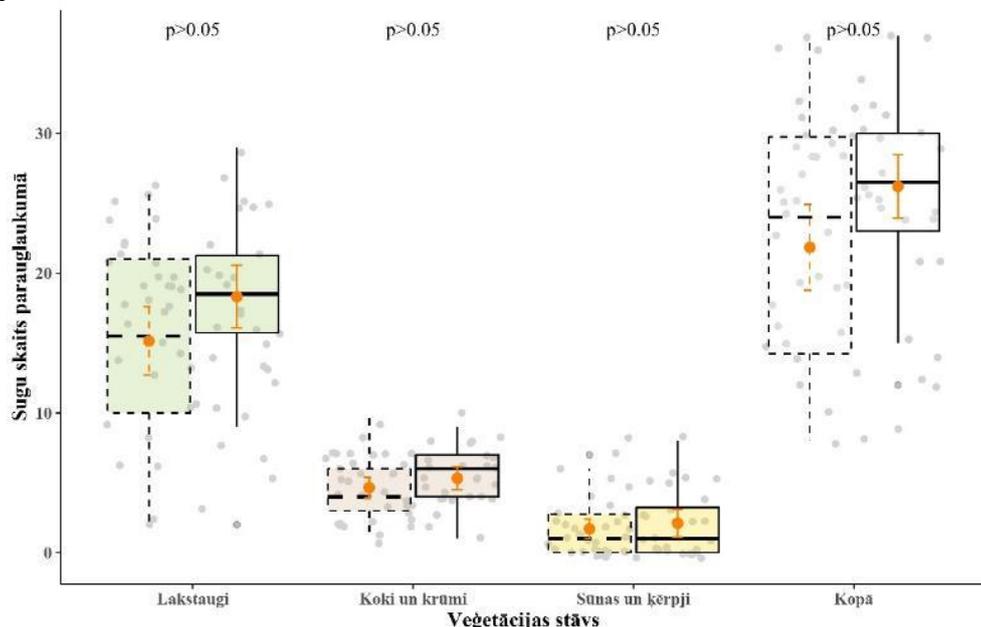
Objekts	Apsaimniekošana	n	Apkārtmērs, m		H, m		Vainaga laukums, m	
			Vid	\pm sd	Vid	\pm sd	Vid	\pm sd
Ābeles	Atenots	3	3.26	1.75	29.48	4.39	110.52	157.54
	Nav_atenots	3	3.32	1.79	29.70	6.16	178.10	185.01
Auce	Atenots	4	3.18	0.63	25.63	8.35	197.90	166.17
	Nav_atenots	3	2.33	0.13	23.10	2.27	104.50	34.28
Ērberģe	Atenots	4	2.55	0.75	27.35	9.32	148.46	133.74
	Nav_atenots	4	2.70	0.31	26.45	5.15	91.05	182.10
Kandava	Nav_atenots	8	2.61	0.53	29.96	4.13	111.85	62.30
Limbaži	Atenots	4	2.58	0.41	28.28	1.96	85.14	44.12
	Nav_atenots	3	2.58	0.37	31.67	2.46	104.74	72.03
Skrunda	Atenots	3	2.20	0.37	29.07	2.28	182.97	75.38
	Nav_atenots	3	2.34	0.06	30.63	0.45	97.94	9.42
Strenči	Atenots	2	1.87	0.16	30.40	3.68	85.71	36.97
	Nav_atenots	3	1.67	0.19	24.17	12.56	26.26	31.66
Talsi	Atenots	4	2.94	0.81	31.00	3.37	178.64	74.09

Objekts	Apsaimniekošana	n	Apkārtmērs, m		H, m		Vainaga laukums, m	
			Vid	±sd	Vid	±sd	Vid	±sd
	Nav_atenots	4	2.75	0.29	28.45	5.23	100.18	18.75
Viesīte	Atenots	4	3.13	1.17	25.80	4.37	232.36	153.22
	Nav_atenots	3	3.47	0.51	27.27	2.00	144.06	73.91

n – uzņēmēto ozolu skaits, ņemot vērā, ka daļa no pētījuma sākotnējiem paraugkokiem nebija izdzīvojuši

Ozolu audzēs kopumā konstatētas 157 dažādas veģētācijas sugas, no kurām lielākā daļa jeb 116 sugas pieskaitāmas lakstaugu stāvam. Koku un krūmu stāvā konstatētas 25 sugas, bet sūnu un ķērpju stāvā – 16. Vidējais lakstaugu stāva procentuālais segums sasniedza ~ 32.9%, koku un krūmu stāvā ~ 5.9% un sūnu un ķērpju stāvā ~ 4.1%. No veģētācijas parauglaukumu platības kritiskas aizņēma vidēji ~4.9%, nobiras ~89.9%, atklāta augsne ~0.18%, koks parauglaukumā ~ 0.74%.

Ap atēnotajiem kokiem kopumā parauglaukumā vidēji konstatētas 26.21 ($s = \pm 5.89$) dažādas veģētācijas sugas (3.4. attēls). Šo ozolu grupas parauglaukumos vidēji sastopamas 18.32 ($s = \pm 5.82$) dažādas lakstaugu stāva sugas, 5.32 ($s = \pm 2.14$) dažādas krūmu un koku stāva sugas un vidēji 2.11 ($s = \pm 2.53$) dažādas sūnu un ķērpju sugas. Ozoliem, ap kuriem atēnošana netika veikta, parauglaukumos konstatēts mazāks skaits veģētācijas sugu nekā atēnotajos parauglaukumos jeb vidēji 21.85 ($s = \pm 8.77$) sugas. Neatēnoto ozolu grupas parauglaukumos vidēji sastopamas 15.15 ($s = \pm 7.01$) lakstaugu stāva sugas, 4.65 ($s = \pm 2.17$) koku un krūmu stāva sugas un 1.71 ($s = \pm 1.99$) dažāda sūnu un ķērpju stāva suga. Lai gan vidējais sugu skaits parauglaukumā starp atēnoto un neatēnoto ozolu grupām dažādos veģētācijas stāvos ir atšķirīgs, šīs atšķirības nav statistiski būtiskas.

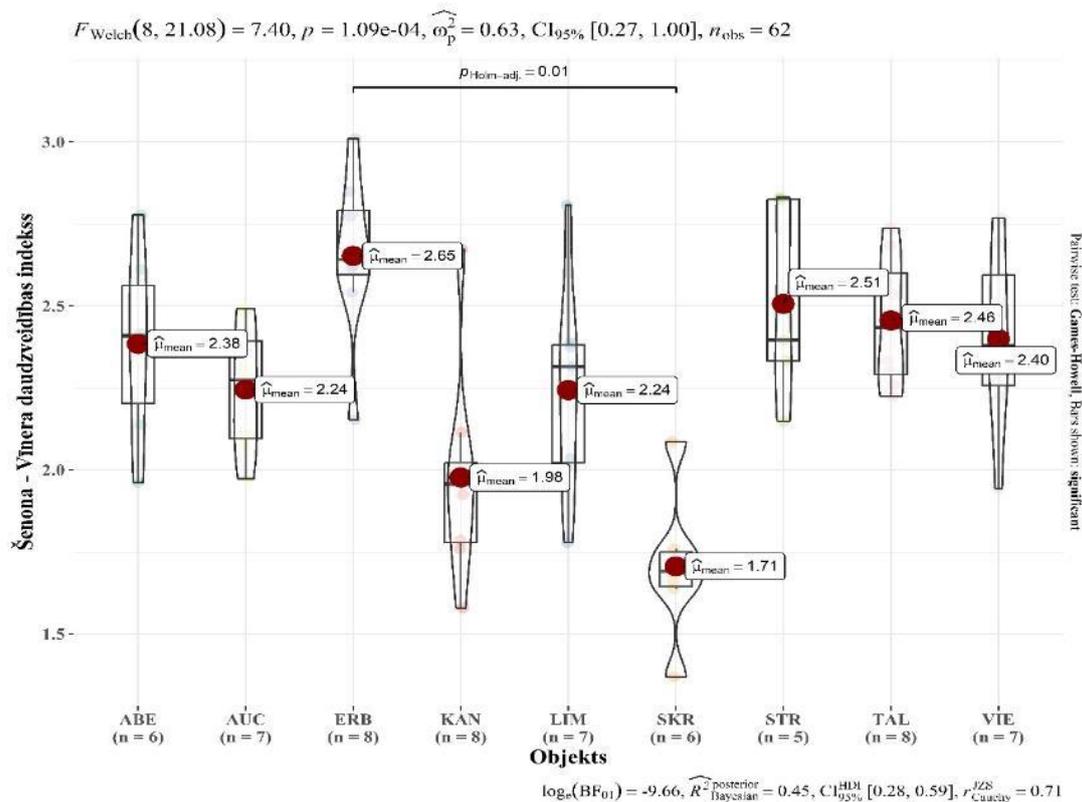


$p > 0,05$ – Wilcox Rank Sum neparametriskā testa p -vērtība atšķirībām starp atēnoto un neatēnoto koku grupām konkrētajā veģētācijas stāvā

3.4. attēls. Veģētācijas sugu skaits atēnoto (nepārtrauktā līnija) un neatēnoto (raustītā līnija) ozolu parauglaukumos, atkarībā no veģētācijas stāva. Oranžie punkti apzīmē vidējās vērtības ar $\pm 95\%$ ticamības intervāla izkliedi. Starp paraugu kopām veikts, kuras norāda, vai starp pāriem pastāv statistiski būtiskas atšķirības.

Kopumā ozolu audžu parauglaukumos lakstaugu stāvā visbiežāk sastopamās sugas bija meža zaķskābene *Oxalis acetosella*, dažādas vijoliņu *Viola sp.* ģints sugas, dzeltenā zeltņārtīte *Galeobdolon luteum*, divlapu žagatiņa *Maianthemum bifolium* un baltais vizbulis *Anemone nemorosa*. Visas šīs sugas bija sastopamas vairāk kā pusē (>50%) no visiem parauglaukumiem. Koku un krūmu stāvā visbiežāk konstatētas tādas sugas, kā parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia* un parastā lazda *Corylus avellana*, kuras sastopamas vairāk kā pusē parauglaukumu. Aptuveni 40% parauglaukumu sastopamas tādas koku un krūmu sugas, kā meža avene *Rubus idaeus* (~43%), parastā apse *Populus tremula* (~37%) un klinšu kaulene *Rubus saxatilis* (~37%). Sūnu un ķērpju stāvā visbiežāk vija sastopamas platlapu knābīte *Eurhynchium angustirete* (~45% parauglaukumu), sausienes skrajlape *Plagiomnium affine* (~29% parauglaukumu), viļņainā divzobe *Dicranum polysetum* (~34% parauglaukumu) un viļņainā skrajlape *Plagiomnium undulatum* (~19% parauglaukumu).

Sugu daudzveidības raksturošanai izvēlēts Šenona-Vīnera daudzveidības indekss, tā vērtības parauglaukumiem kopumā variē no 1.36 līdz 3.00. Vispirms veģetācijas sugu daudzveidība parauglaukumos analizēta starp objektiem. Vidēji augstākā Šenona-Vīnera indeksa vērtība 2.65 ($s = \pm 0.25$) konstatēta Ērberģes objektā (3.5. attēls). Līdzīgas vērtības jeb relatīvi augsta daudzveidība novērojama arī Strenču un Talsu objektā – indeksa vērtības attiecīgi 2.51 ($s = \pm 0.31$) un 2.46 ($s = \pm 0.20$). Vidēji zemākā Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtība 1.71 ($s = \pm 0.23$) fiksēta Skrundas objektā. Relatīvi zema daudzveidība novērojama arī Kandavas objektā jeb indeksa vidējā vērtība 1.98 ($s = \pm 0.33$).

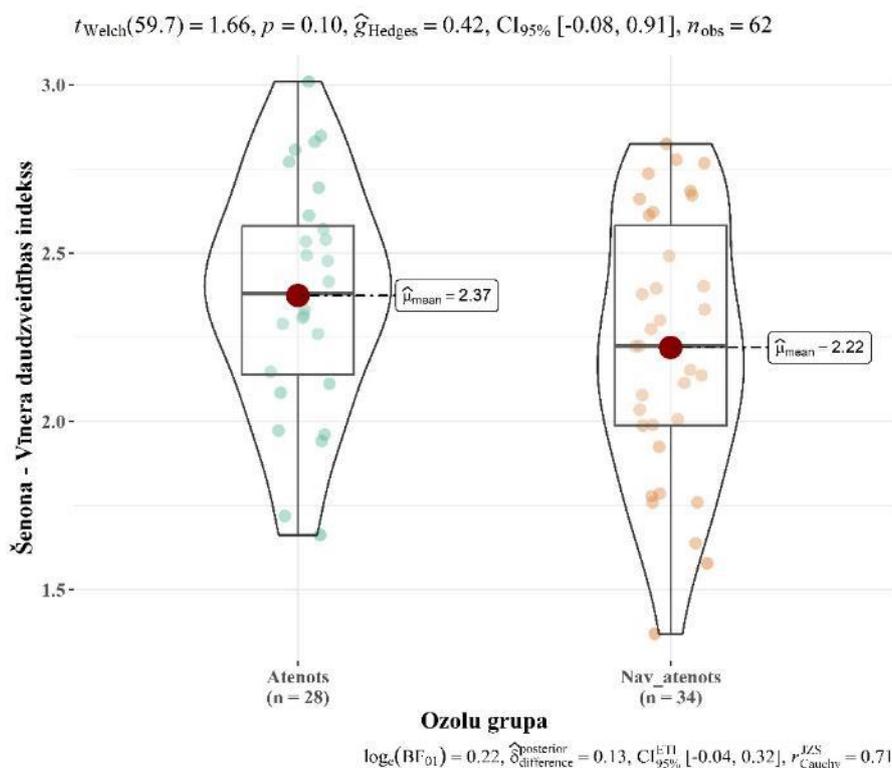


Sarkanie punkti apzīmē vidējo vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu/koku indeksu vērtības, melnā horizontālā līnija – mediānas vērtība. Horizontālās līnijas grafika augšpusē apvieno objektus, kuru starpā novērojamas statistiski būtiskas atšķirības, virs līnijām norādītas p-vērtības.

3.5. attēls. Veģetācijas parauglaukumu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izkliede atkarībā no objekta lokācijas

Objektu lokācijās novērojama dažāda parauglaukumu veģetācijas daudzveidības indeksa vērtību izkliedes amplitūda, kā arī starp diviem objektiem ir novērojamas statistiski būtiskas atšķirības veģetācijas daudzveidībā. Skrundas objekta parauglaukumiem ir novērojamas zemākas indeksa vērtības nekā citos objektos. Veģetācijas daudzveidība šajā objektā ir statistiski būtiski atšķirīga no daudzveidības Ērberģes ($p < 0.001$) objektā. Veģetācijas daudzveidības atšķirības objektos norāda uz to, ka izvēlētajās audzēs visticamāk ir dažādi augšanas apstākļi, kā arī, iespējams, lokācijas ģeogrāfiskais novietojums ietekmē dažu sugu sastapšanas iespējamību.

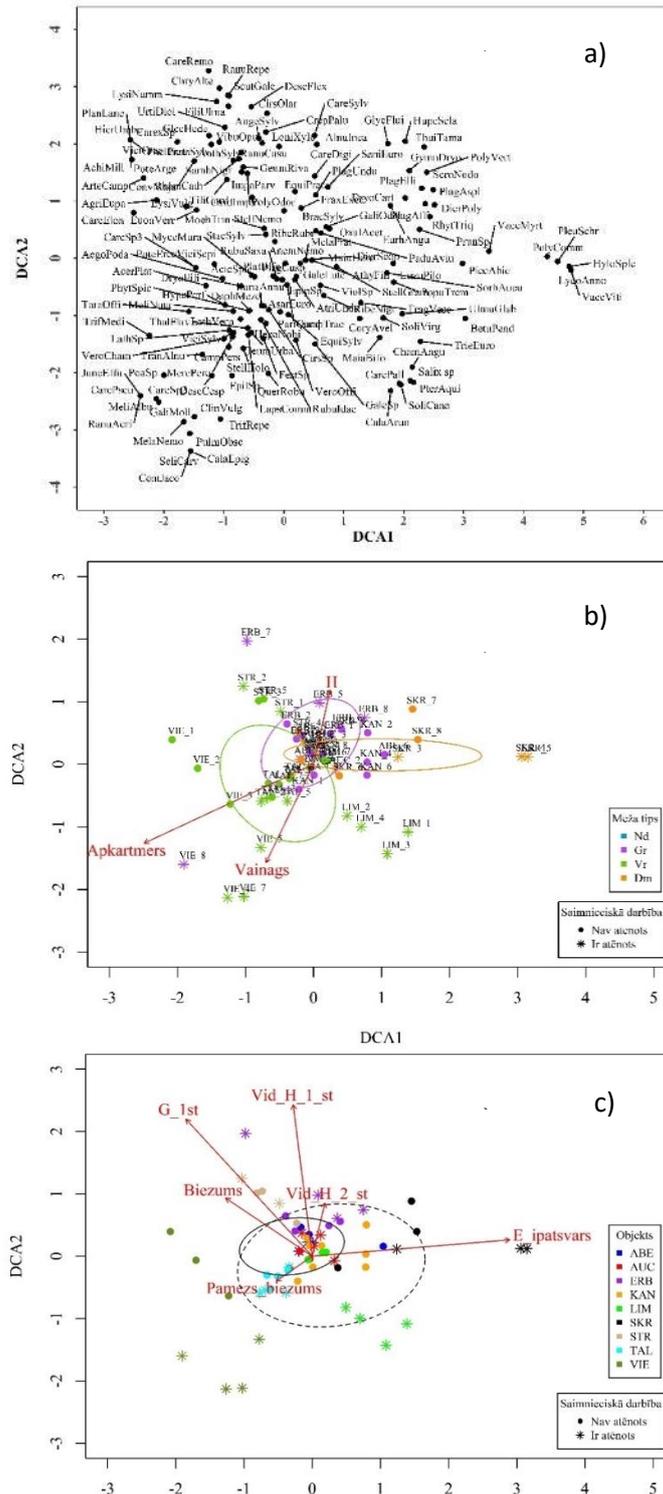
Daudzveidības indeksa vērtību izkliedes amplitūda atēnoto un neatēnoto koku grupām ir līdzīga (3.6. attēls). Atēnoto ozolu grupai novērojama augstāka vidējā veģetācijas daudzveidības indeksa vērtība – 2.37 ($s = \pm 0.34$), kas gandrīz sakrīt ar paraugkopas mediānas vērtību. Neatēnoto ozolu vidējā veģetācijas daudzveidības indeksa vērtība ir 2.22 ($s = \pm 0.38$), kas līdzīgi sakrīt arī ar paraugkopas mediānas vērtību. Lai gan atēnotajās audzes daļās kopumā vidējais daudzveidības indekss ir augstāks, starp abām grupām nav novērojamas statistiski būtiskas atšķirības ($p=0.10$).



Sarkanie punkti apzīmē vidējo vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu (koku) indeksu vērtības

3.6. attēls. Veģetācijas parauglaukumu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izklide atkarībā no tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana

Lai novērtētu veģetācijas sugu sabiedrību saistību ar dažādiem parauglaukumu kokaudzes faktoriem un pašu ozolu morfoloģiskajiem parametriem, veikta detrendētā korespondanalīze DCA (3.7. attēls). Galvenajā matricā apkopoti dati par sugu sastopamību parauglaukumos, taču sekundārajā matricā apkopota informācija par parauglaukumu kokaudzes faktoriem, kā arī paša ozola (ap kuru ierīkots parauglaukums) morfoloģiskajiem parametriem. Parauglaukumu izklide un grupēšanās ordinācijas telpā aplūkota atkarībā gan no audzes lokācijas, gan meža tipa, gan tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana. Pirmās ass (DCA1) eigenvērtība ir 0.635, bet otrās ass (DCA2) eigenvērtība ir 0.426.



Mainīgie audzes parametri attēloti kā vektori (b) attēlā (Vid_H_1_st – pirmā stāva koku vidējais augstums (m); Vid_H_2_st – otrā stāva koku vidējais augstums (m); E_ipatsvars – parastās egles *Picea abies* šķērslaukuma attiecība pret kopējo audzes šķērslaukumu parauglaukumā; pameza_biezums – pameža stāvā uzskaitītais koku un krūmu skaits (n/ha); Biezums – kopējais audzes biežums (n/ha); G_1st – audzes pirmā stāva koku šķērslaukums (m²/ha)). Elipses (b) attēlā: nepārtrauktā līnija apzīmē neapsaimniekoto koku grupēšanos; raustītā līnija – atēnoto ozolu grupēšanos. Mainīgie ozolu parametri attēloti kā vektori (c) attēlā (Apkarmers – ozola apkārtmērs (m); H – ozola augstums (m); Vainags – ozola vainaga laukums (m²)). Elipses (c) attēlā apzīmē ozolu grupēšanos atkarībā no piederības konkrētajam meža tipam. Nd tips konstatēts tikai vienā parauglaukumā, tāpēc netiek zīmēta elipse.

3.7. attēls. Detrendētās korespondanalīzes (DCA) ordinācijas attēls veģetācijas sugu procentuālajam segumam (a) un ierīkotajiem parauglaukumiem (b; c)

Aplūkojot ozolu grupēšanos atkarībā no piederības objektam jeb konkrētajai audzei, nav novērojama izteikta koku grupu nodalīšanās – vairāki ozoli no dažādām lokācijām ordinācijas telpā pārklājas, kas nozīmē to, ka parauglaukumos ap šiem kokiem sastopamas līdzīgas veģetācijas sugas. Kopumā novērojams, ka lielāks pirmā stāva koku šķērslaukums un audzes biežums konstatēts neatēnoto ozolu parauglaukumos, taču Limbažu, Viesītes un Skrundas objektu atēnoto ozolu parauglaukumiem novērojama izteiktākā saistība ar mazāku pirmā stāva koku šķērslaukumu. Šie rezultāti varētu būt saistāmi ar atēnošanas ietekmi, kuras rezultātā samazināts audzes biežums ozolu tuvumā. Ar atēnotajiem ozoliem Skrundas un Limbažu audzē saistāms arī lielāks egļu īpatsvars. Skrundas audzē, pēc atēnošanas ap ozoliem veidotajos atvērumos, bija novērojams liels skaits jaunu egļu, taču Limbažu audzē atēnošana veikta lielākā apjomā, atstājot konkrētos ozolus kā ekoloģiskos kokus, ap kuriem šobrīd aug egļu jaunaudze. Talsu un Viesītes objektu atēnotie ozoli saistīti ar lielāku pameža biežumu, kā arī zemāku vidējo pirmā un otrā stāva koku augstumu.

Aplūkojot ozolu grupēšanos ordinācijas attēlā atkarībā no audzes mežu tipa un pašu ozolu morfoloģiskajiem parametriem, novērojama izteiktāka koku izkliede grupās. Mežu tipu grupēšanās saistās ar iepriekšējā attēlā projicēto egļu īpatsvara vektoru, tāpēc iespējams, ka X ass sugu ordinācijas attēlā ataino egļu īpatsvara pieaugumu. Viesītes un Talsu parauglaukumiem novēroti lielāki ozolu vainagi, īpaši atēnotajiem ozoliem. Strenču un Ērberģes ozoliem, kā arī Viesītes neatēnotajiem ozoliem raksturīgs relatīvi lielāks stumbrā apkārtmērs.

Lielākā daļa ozolu mežiem raksturīgo sugu novērojama ordinācijas daļā, kurā konstatēta lielākā parauglaukumu grupēšanās un savstarpējā pārklāšanās, kas nozīmē to, ka vairumā parauglaukumu stopamas konkrētās sugas. Pie raksturīgajām sugām, kas saistītas ar lielāko daļu parauglaukumu, izteikti ar Talsu parauglaukumiem, kuri veido klāsteri šo sugu saistībā, pieskaitāmas: baltais vizbulis *Anemone nemorosa*, melnā ozolpāpārde *Dryopteris filix-mas*, parastā zelnātrīte *Galeobdolon luteum*, parastā kumeļpēda *Asarum europaeum*, zilais vizbulis *Hepatica nobilis*, četrlapu čūskoga *Paris quadrifolia*, vārpainā septiņvīre *Phyteuma spicatum*, parastā lazda *Padus avium*, viļņainā lācīte *Atractichum undulatum*. Nereti parauglaukumos tika konstatēta arī aizsargājamā suga (sarkanās grāmatas 4. kategorija) smaržīgā naktsvijole *Platanthera bifolia*.

Ar Viesītes atēnoto ozolu parauglaukumiem izteiktāk saistītas tāda ozolu mežiem raksturīgā suga kā daudzgadīgā kaņepene *Mercurialis perrenis*, ārstniecības lakacis *Pulmonaria obscura* un lietussargsuga – cietā virza *Stellaria holostea*. Viesītes atēnotajos parauglaukumos ir kopumā lielāks pameža biežums un arī lielāka saistība ar parasto ozolu *Quercus robur* veģetācijas koku un krūmu stāvā, kas varētu nozīmēt to, ka šajos atēnotajos parauglaukumos relatīvi izteiktāk novērojama ozolu dabiskā atjaunošanās. Ērberģes atēnoto ozolu parauglaukumi izteiktāk saistīti ar tādām ozolu mežu raksturīgajām sugām, kā Kasūbijas gundega *Ranunculus cassubicus*, viļņainā skrajlape *Plagiomnium undulatum* un parastais sausserdis *Lonicera xylosetum*, kā arī ar ozolu mežu lietussargsugu – smaržīgo madaru *Galium odoratum*. Turpretī, Skrundas atēnoto ozolu parauglaukumos, kuriem ir novērojama lielāka saistība ar augstu egļu īpatsvaru, sastopamas skujukoku mežiem raksturīgākas sugas, piemēram, parastā mellene *Vaccinium myrtillus*, parastā brūklene *Vaccinium Vitis-idaea*, sūnas – spīdīgā stāvaine *Hylocomnium splendens*, Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi*, parastais dzegužlins *Polytrichum commune*, koku un krūmu stāva – parastā egle *Picea abies*. Šajos parauglaukumos sastopams arī gada staipekņis *Lycopodium annotinum*.

Vērtējot tikai vienu faktoru (atēnots vai neatēnots), starp izdalītajām grupām netika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības sugu skaitā un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtībā. Tomēr, veicot kompleksu multivariatīvo dispersijas analīzi (MANOVA), konstatētas, ka atēnošanai ir statistiski būtiska ietekme (3.2. tabula), iespējams liecinot par dažādu faktoru mijiedarbībām, kas nosaka iegūto rezultātu. Tāpat konstatēts, ka daudzveidību būtiski ietekmē

konkrētais pētījuma objekts (vieta) un ozola augstuma. Vieta jeb audzes lokācija un tās mežu tips, atšķiras starp audzēm, kā rezultātā, ņemot vērā šos faktorus, ir iespējams konstatēt arī veģetācijas sugu daudzveidības atšķirības atēnošanas ietekmē. Arī paša ozola augstumam ir statistiski būtiska ietekme uz veģetācijas daudzveidību parauglaukumos. Iespējams, ka šis faktors drīzāk reprezentē saistību ar ozola vecumu, jo pastāv sakarība starp koku primāro augšanu (augšanu garumā) koku vecumu. Pētījuma laikā ievākti arī ozolu koksnes paraugi, taču ozolu lielo caurmēru dēļ, nebija iespējams ievākt pietiekamu skaitu paraugu, kuros būtu saskatāma serde, lai būtu iespējams precīzi noteikt to vecumu.

3.2. tabula

Multivariatīvās dispersijas analīzes rezultātu tabula veģetācijas sugu skaita un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību atkarībai no mežaudzes un parauglaukumu mainīgajiem. Izceltās vērtības norāda uz mainīgo faktoru statistiski būtisku ietekmi.

	Df	Pillai	approx F	num	Df den	Df	Pr(>F)	
Apsaimniekosana	1	0.2071	5.0917		2	39	0.01085	*
MT	3	0.3046	2.3953		6	80	0.03522	*
Apkarmers	1	0.0716	1.5029		2	39	0.2351	
H	1	0.3351	9.8257		2	39	3.50E-04	***
Vainags	1	0.0059	0.1164		2	39	0.89042	
vieta	8	0.9658	4.6697	16		80	1.63E-06	***
E_ipatsvars	1	0.0054	0.1058		2	39	0.89985	
Vid_H_1_st	1	0.0433	0.8817		2	39	0.42215	
Pamezs_biezums	1	0.0771	1.6282		2	39	0.20935	
Biezums	1	0.0216	0.4297		2	39	0.65372	

Residuals 40

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Rezultātu
tabulā izmantotais
apzīmējums**

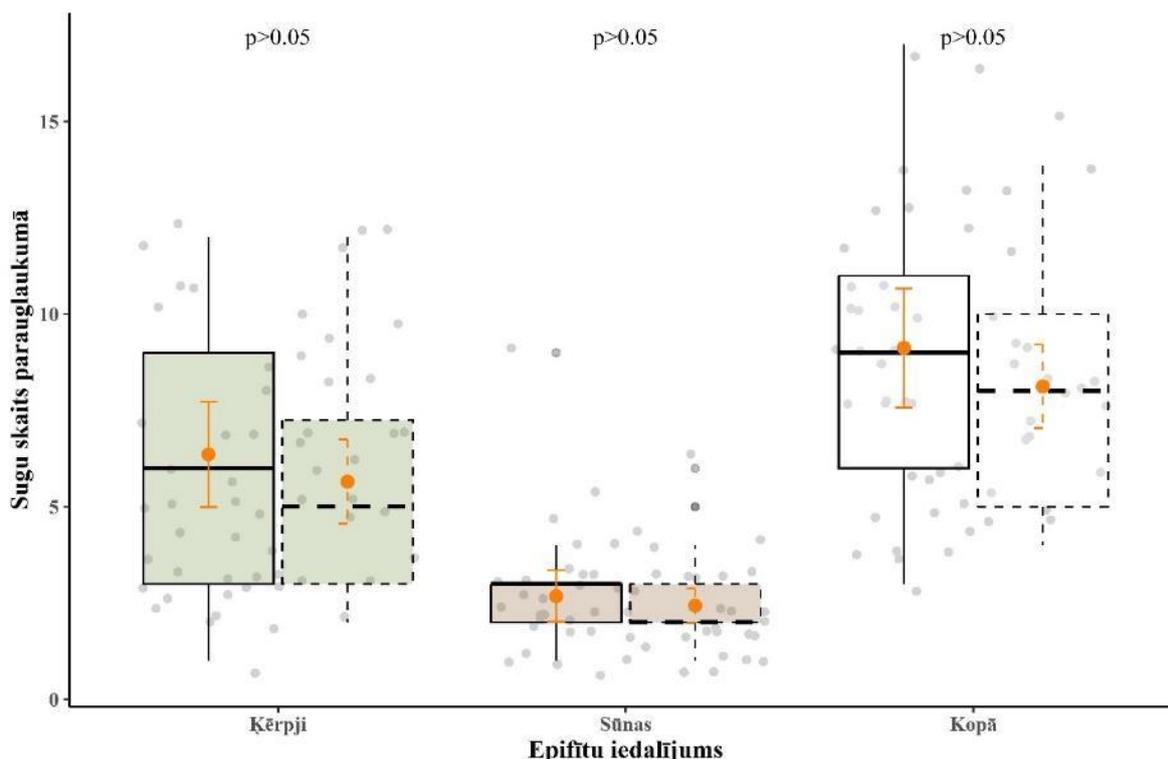
Atšifrējums

Apsaimniekosana	Vai ozols ir/nav atēnots
H	Ozola augstums, m
Apkarmers	Ozola stumbra apkarmers, m
Vainags	Ozola vainaga laukums, m ²
Vid_H_1_st	Pirmā stāva koku vidējais augstums (m)
MT	Mežu tips
E_ipatsvars	Parastās egles <i>Picea abies</i> šķērslaukuma attiecība pret kopējo audzes šķērslaukumu parauglaukumā
<i>Biezums</i>	Audzis biežums, n/ha
<i>Pamezs_biezums</i>	pameža stāvā uzskaitītais koku un krūmu skaits, n/ha

Tādiem faktoriem kā ozola stumbra apkarmēram, ozola vainaga laukumam, egļu īpatsvaram, pirmā stāva koku vidējam augstumam, audzis biežumam un pameža biežumam nav novērojama statistiski būtiska ietekme uz sugu daudzveidību parauglaukumos. Lai gan šiem faktoriem nav būtiskas ietekmes uz daudzveidību, DCA analīze akcentē atšķirības sugu

sabiedrībās starp, piemēram, parauglaukumiem, kuriem raksturīgs lielāks un mazāks egļu īpatsvars kokaudzes sastāvā.

Kopumā uz visiem pētāmajiem ozoliem (kuri nav izgāzušies) konstatētas 64 dažādas epifītu sugas, no kurām lielākā daļa jeb 39 ir ķērpju sugas, bet 25 – sūnu sugas. Uz atēnotajiem ozoliem vidēji konstatētas 6.36 ($s = \pm 3.32$) ķērpju un 2.68 ($s = \pm 1.62$) sūnu sugas, savukārt uz neatēnotajiem ozoliem - vidēji 5.65 ($s = \pm 3.03$) ķērpju un 2.43 ($s = \pm 1.24$) sūnu sugas (3.8. attēls). Atēnotajiem ozoliem novērojama lielāka sugu skaita vērtību izkliedes amplitūda, nekā neapsaimniekotajiem kokiem. Kaut arī uz atēnotajiem ozoliem vidējais konstatēto sūnu un ķērpju sugu skaits bija lielāks, nekā uz neatēnotajiem ozoliem, šīs atšķirības nebija statistiski būtiskas ($p > 0,05$).



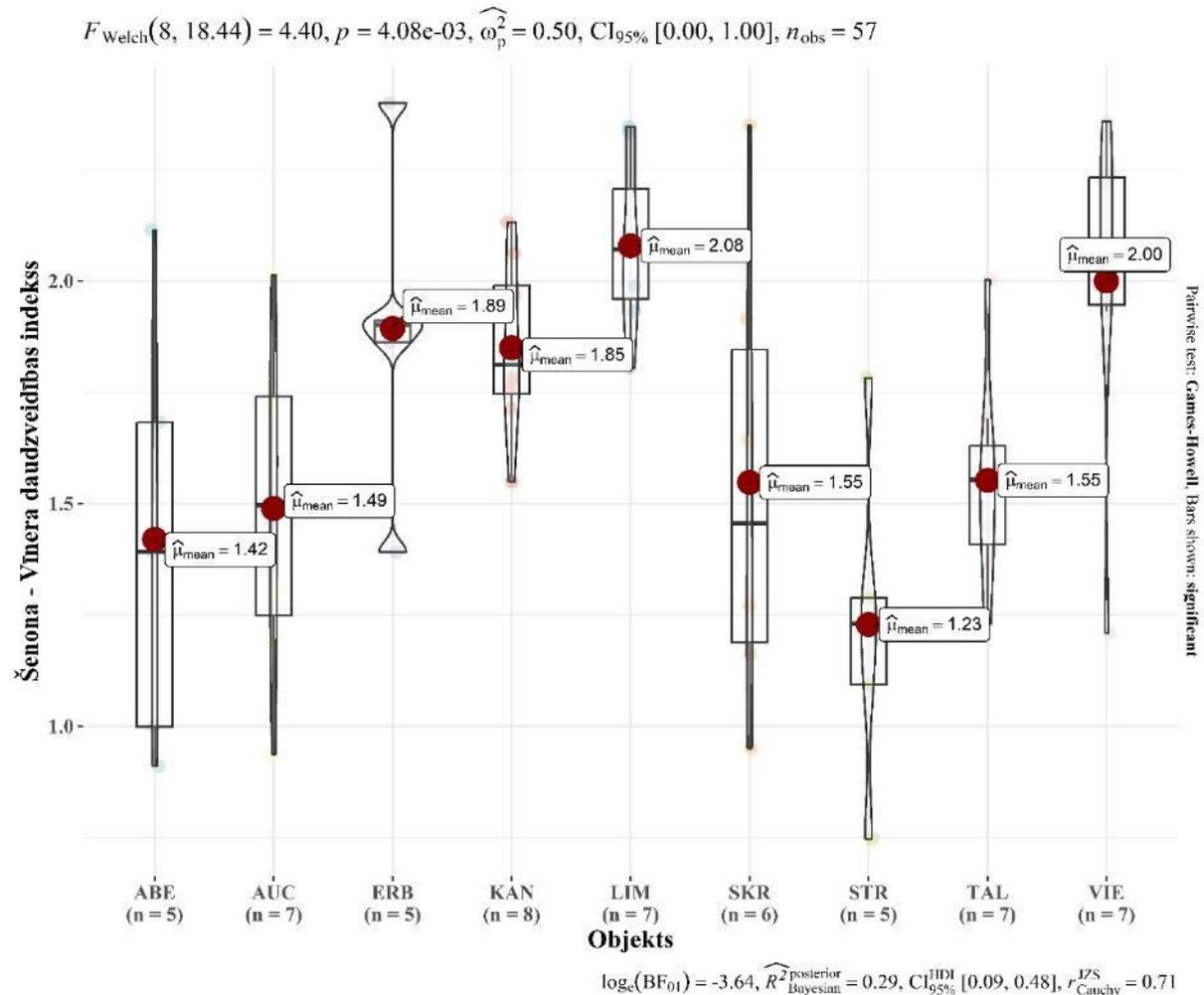
$p > 0,05$ – Wilcoxon Rank Sum neparametriskā testa p -vērtība atšķirībām starp atēnoto un neatēnoto koku grupām. Oranžie punkti apzīmē vidējās vērtības ar $\pm 95\%$ ticamības intervāla izkliedi.

3.8. attēls. Epifītu sugu skaits uz atēnoto (nepārtrauktā līnija) un neatēnoto (raustītā līnija) ozolu stumbriem atkarībā no epifītu iedalījuma grupas

Uz atēnotajiem ozoliem un ozoliem, ap kuriem nav veikta mežsaimnieciskā darbība, biežāk konstatētas epifītu sugas ir vienādas, proti, abās grupās uz visiem apsekotajiem ozoliem konstatētas sūna - *Hypnum cupressiforme* un ķērpis - *Lepraria* spp. Līdzīgi, abās ozolu grupās vairāk nekā pusei apsekoto ozolu konstatētas epifītu sugas: ķērpis *Phlyctis argena* un sūna *Radula complanata*. Piektā biežāk konstatētā epifītu suga uz ozoliem bija dabisko mežu biotopu indikātorsuga *Arthonia spadicea*, kas uz atēnotiem un neatēnotiem ozoliem bija sastopama attiecīgi uz 52 % un 50 % koku.

Arī epifītu sugu daudzveidības raksturošanai izvēlēts Šenona-Vīnera daudzveidības indekss, tā vērtības ozoliem kopumā variē no 0.75 līdz 2.40. Vispirms epifītu sugu daudzveidība analizēta starp objektiem. Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vidējās vērtības pētāmajos objektos bija robežās no 1.23 ($s = \pm 0.37$) līdz 2.08 ($s = \pm 0.20$). Vidēji augstākā šī indeksa vērtība konstatēta Limbažu objektā, savukārt vismazākā tā bija Strenčos (3.9. attēls). Daudzveidības indeksa vērtību izkliedes amplitūda starp objektiem atšķiras, Kandavas un

Limbažu objektos tā ir mazāka, taču pārējos objektos ir novērojamas izteiktas izlecošās vērtības – uz dažiem kokiem novērota relatīvi lielāka vai mazāka daudzveidība. Kopumā Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vidējo vērtību atšķirības starp objektiem nebija statistiski būtiskas.

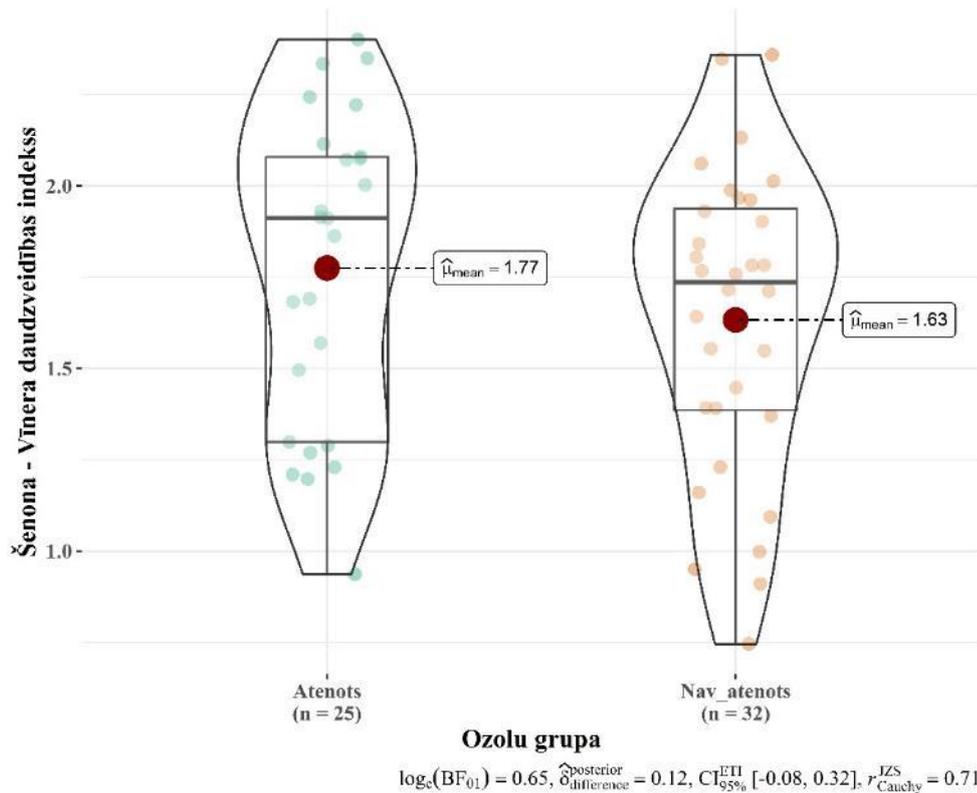


Sarkanie punkti apzīmē vidējo vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu (koku) indeksu vērtības. Horizontālās līnijas grafika augšpusē apvieno objektus, kuru starpā novērojamas statistiski būtiskas atšķirības, virs līnijām norādītas p-vērtības (šajā gadījumā nepastāv, kas nozīmē, ka starp grupām nav statistiski būtisku atšķirību).

3.9. attēls. Epifītu sugu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību izkliede ozoliem atkarībā no objekta lokācijas

Salīdzinot epifītu sugu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksu vērtības ozoliem, atkarībā no tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana, konstatēts, ka augstākā vidējā daudzveidības indeksa vērtība bija atēnotajiem ozoliem, to vidējā indeksa vērtība bija 1.77 ($s = \pm 0.43$), savukārt neatēnotajiem ozoliem – 1.63 ($s = \pm 0.42$). Daudzveidības indeksa vērtību izkliedes amplitūda abām grupām ir līdzīga, un kopumā indeksa vidējām vērtībām starp atēnoto un neatēnoto ozolu grupām nebija statistiski būtiskas atšķirības (3.10. attēls).

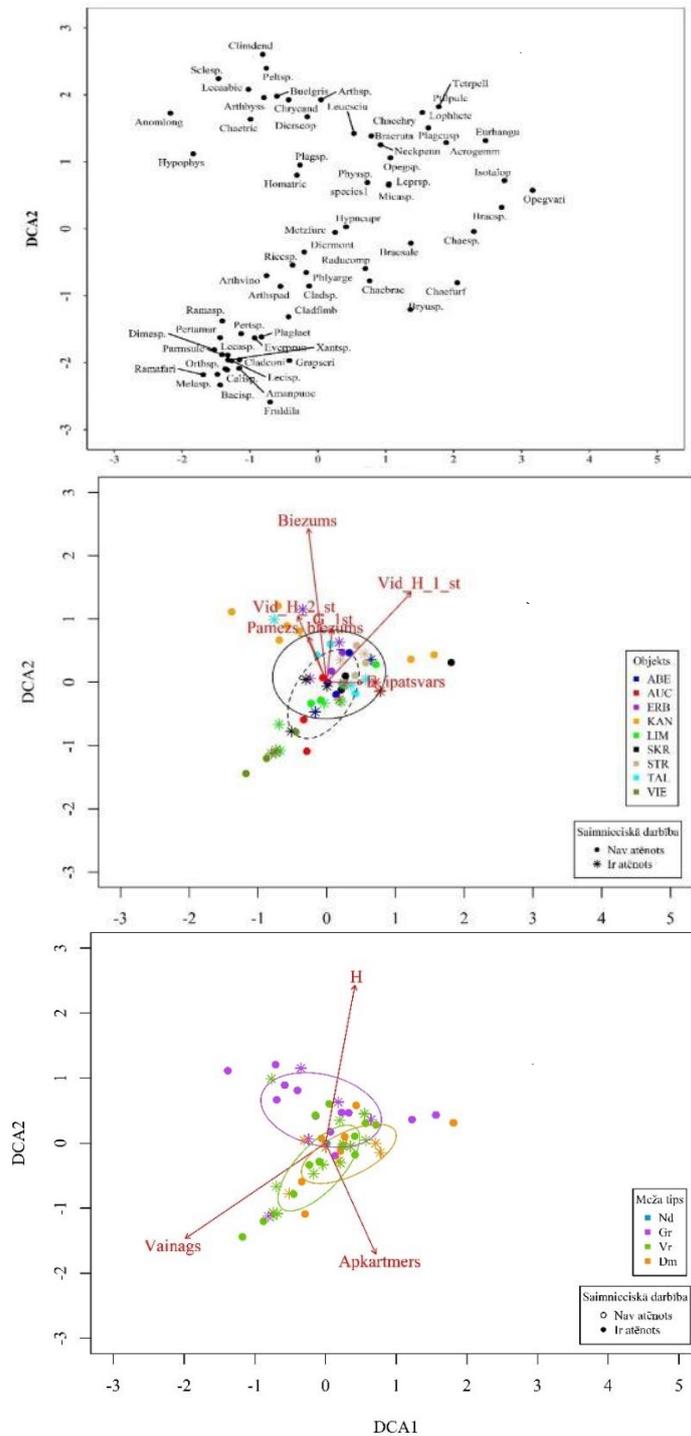
$t_{\text{Welch}}(50.8) = 1.25, p = 0.22, \hat{g}_{\text{Hedges}} = 0.33, \text{CI}_{95\%} [-0.19, 0.85], n_{\text{obs}} = 57$



Sarkanie punkti apzīmē vidējo vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu/koku indeksu vērtības. Horizontālās līnijas grafika augšpusē apvieno objektus, kuru starpā novērojamas statistiski būtiskas atšķirības, virs līnijām norādītas p-vērtības (šajā gadījumā nepastāv, kas nozīmē, ka starp grupām nav statistiski būtisku atšķirību).

3.10. Attēls. Epifītu sugu Šenona-Vinera daudzveidības indeksa vērtību izkliede ozoliem atkarībā no tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana

Lai novērtētu epifītu sugu sabiedrību saistību ar dažādiem parauglaukumu audzes faktoriem un pašu ozolu morfoloģiskajiem parametriem, veikta detrendētā korespondanalīze DCA. Galvenajā matricā apkopoti dati par epifītu sugu sastopamību uz ozolu stumbriem, taču sekundārajā matricā apkopota informācija par parauglaukumu kokaudzes faktoriem, kā arī paša ozola morfoloģiskajiem parametriem. Parauglaukumu izkliede un grupēšanās ordinācijas telpā aplūkota atkarībā gan no audzes lokācijas, gan meža tipa, gan tā, vai ap ozolu ir vai nav veikta atēnošana. Pirmās ass (DCA1) eigenvērtība ir 0.402, bet otrās ass (DCA2) eigenvērtība ir 0.404 (3.11.attēls).



Mainīgie audzes parametri attēloti kā vektori (b) attēlā (Vid_H_1_st – pirmā stāva koku vidējais augstums (m); Vid_H_2_st – otrā stāva koku vidējais augstums (m); E_ipatsvars – parastās egles *Picea abies* šķērslaukuma attiecība pret kopējo audzes šķērslaukumu parauglaukumā; pameza_biezums – pameža stāvā uzskaitītais koku un krūmu skaits (n/ha); Biezums – kopējais audzes biežums (n/ha); G_1st – audzes pirmā stāva koku šķērslaukums (m²/ha)). Elipses (b) attēlā: nepārtrauktā līnija apzīmē neapsaimniekoto ozolu grupēšanos; raustītā līnija – atēnoto ozolu grupēšanos. Mainīgie ozolu parametri attēloti kā vektori (c) attēlā (Apkarmers – ozola apkārtmērs (m); H – ozola augstums (m); Vainags – ozola vainaga laukums (m²)). Elipses (c) attēlā apzīmē ozolu grupēšanos atkarībā no piederības konkrētajam meža tipam. Nd tips konstatēts tikai vienā parauglaukumā, tāpēc netiek zīmēta elipse.

3.11. attēls. Detrendētās korespondanalīzes (DCA) ordinācijas attēls epifītu sugu procentuālajam segumam (a) un parauglaukumu (ozolu) izkliedei (b; c)

Epifītu sugu detrendētās korespondanalīzes (DCA) ordinācijas grafikā, aplūkojot ozolu grupēšanos atkarībā no piederības objektam, nav vērojama izteikta koku grupu nodalīšanās, proti, uz ozoliem dažādos objektos vērojams līdzīgs epifītisko sugu sastāvs. Izteiktāka grupēšanās vērojama atkarībā no piederības meža tipam. Ozoliem, kas atrodas vērī, ir lielāki vainagu laukumi. Analizējot sugu izvietojumu ordinācijas grafikā, var ievērot, ka uz kokiem, kas atradās vietās ar lielāku audzes biežumu, bija sastopama, piemēram, tāda suga kā *Climacium dendroides*, kas biežāk sastopama noēnotos biotopos. Savukārt ordinācijas grafika kreisajā apakšējā daļā izvietotas tādas gaismas prasīgas ķērpju sugas kā *Parmelia sulcata* un *Calicium* sp. Šajā ordinācijas grafika virzienā pieaug arī ozola vainaga laukums, kas varētu liecināt par to, ka ap konkrēto koku ir bijis pietiekami atklāts laukums, lai varētu izveidoties šāds lielāks vainags, un attiecīgi atklātais laukums radījis konkrēto ķērpju sugu augšanai piemērotus gaismas apstākļus. Turklāt redzams, ka ozolu vainagu pieauguma virzienā kopumā izvietotas vairāk ķērpju nekā sūnu sugas, kas arī varētu būt saistīts ar pieejamo apgaismojumu, proti, ķērpju sugas vairāk sastopamas vietās ar lielāku gaismas daudzumu, savukārt sūnas spēj tolerēt noēnotus apstākļus.

Lai gan, atsevišķi analizējot Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtības atkarībā no vietas (objekta), netika konstatētas būtiskas atšķirības, veicot multivariatīvo dispersijas analīzi (MANOVA), konstatēts, ka epifītu sugu skaits un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtības bija statistiski būtiski atkarīgas no vietas (p -vērtība = 4.06E-5) (3.3. tabula). Savukārt tādi faktori kā apsaimniekošana, meža tips, koka apkārtmērs, koka augstums, vainaga laukums, egļu īpatsvars, pirmā stāva koku vidējais augstums, pameža biežums un audzes biežums nebija būtiski. Agrāk veiktos pētījumos novērots, ka kokiem ar lielāku caurmēru ir lielāks epifītu sugu skaits. Iespējams, šajā gadījumā koka apkārtmērs nebija būtisks faktors epifītu sugu skaita un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību atšķirībai, jo konkrētā pētījuma ietvaros visi skatītie ozoli bija ar samērā lielu apkārtmēru (mazākais apkārtmērs 1.31(m)).

3.3. tabula

Multivariatīvās dispersijas analīzes rezultātu tabula epifītu sugu skaita un Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtību atkarībai no mežaudzes un parauglaukumu mainīgajiem. Izceltās vērtības norāda uz mainīgo faktoru statistiski būtisku ietekmi.

	Df	Pillai	approx F	num	Df den	Df	Pr(>F)
Apsaimniekosana	1	0.055	0.9901		2	34	0.38198
vieta	8	0.9381	3.8652		16	70	4.06E-05 ***
MT	3	0.2756	1.8647		6	70	0.09914 .
Apkarmers	1	0.1034	1.9613		2	34	1.56E-01
H	1	0.0602	1.0885		2	34	0.34816
Vainags	1	0.0694	1.2681		2	34	2.94E-01
E_ipatsvars	1	0.0829	1.5368		2	34	0.22963
Vid_H_1_st	1	0.1157	2.2247		2	34	0.1236
Pamezs_biezums	1	0.1494	2.9859		2	34	0.06387 .
Biezums	1	0.1291	2.5197		2	34	0.09541 .

Residuals 35

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Rezultātu
tabulā izmantotais
apzīmējums**

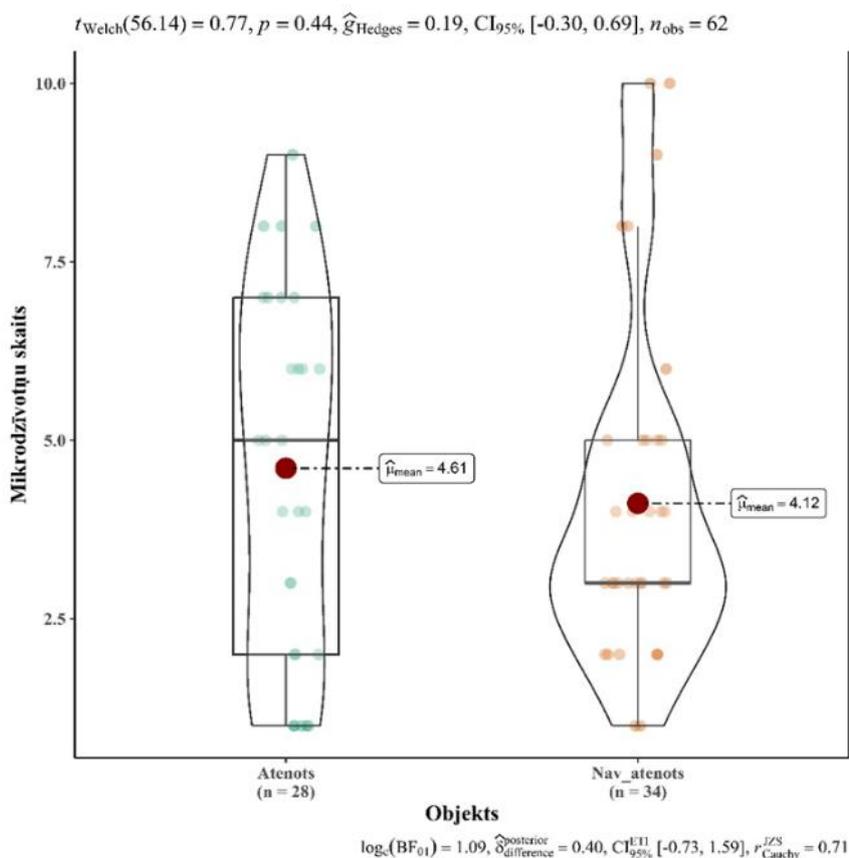
Atšifrējums

Apsaimniekosana
H

Vai ozols ir/nav atēnots
Ozola augstums, m

Apkartmers	Ozola stumbra apkārtmers, m
Vainags	Ozola vainaga laukums, m ²
Vid_H_1_st	Pirmā stāva koku vidējais augstums (m)
MT	Mežu tips
E_ipatsvars	Parastās egles <i>Picea abies</i> šķērslaukuma attiecība pret kopējo audzes šķērslaukumu parauglaukumā
Biezums	Audzies biezums, n/ha
Pamezs_biezums	pameža stāvā uzskaitītais koku un krūmu skaits, n/ha

Mikrodzīvotnes uz pētāmajiem kokiem bija plaši pārstāvētas: kopumā konstatēti 26 tipi, atēnotajos parauglaukumos konstatētas 22 tipu mikrodzīvotnes, bet neatēnotajos – 24 tipu mikrodzīvotnes, kas ir aptuveni puse no visiem tipoloģijā minētajiem mikrodzīvotņu tipiem (Larrieu et al., 2018). Vidējais mikrodzīvotņu skaits abās audžu grupās nav būtiski atšķirīgs ($p = 0.44$). Vidējais mikrodzīvotņu skaits, kas konstatēts uz atēnotajiem ozoliem bija 4.6 ($s = \pm 2.5$) mikrodzīvotnes, bet neatēnotajiem 4.1 ($s = \pm 2.3$) mikrodzīvotnes (3.12. attēls). Kopumā atēnotajos parauglaukumos konstatētas 130 mikrodzīvotnes, savukārt neatēnotajos 140 mikrodzīvotnes. Abās audžu grupās minimālais mikrodzīvotņu skaits, kas konstatēts uz viena koka bija viena mikrodzīvotne, bet maksimālais atēnotajos parauglaukumos bija 9 un neatēnotajos 10 mikrodzīvotnes.



Sarkanie punkti reprezentē konstatēto mikrodzīvotņu tipu vidējā skaita vērtību katrai no ozolu grupām, krāsainie punkti – mikrodzīvotņu tipu skaitu uz katra individuālā koka. Melnā hirizontālā līnija apzīmē mediānu.

3.12. attēls. Uz ozoliem konstatēto mikrodzīvotņu tipu skaita vērtību izkliede atkarībā no tā, vai ap ozolu ir veikta atēnošana

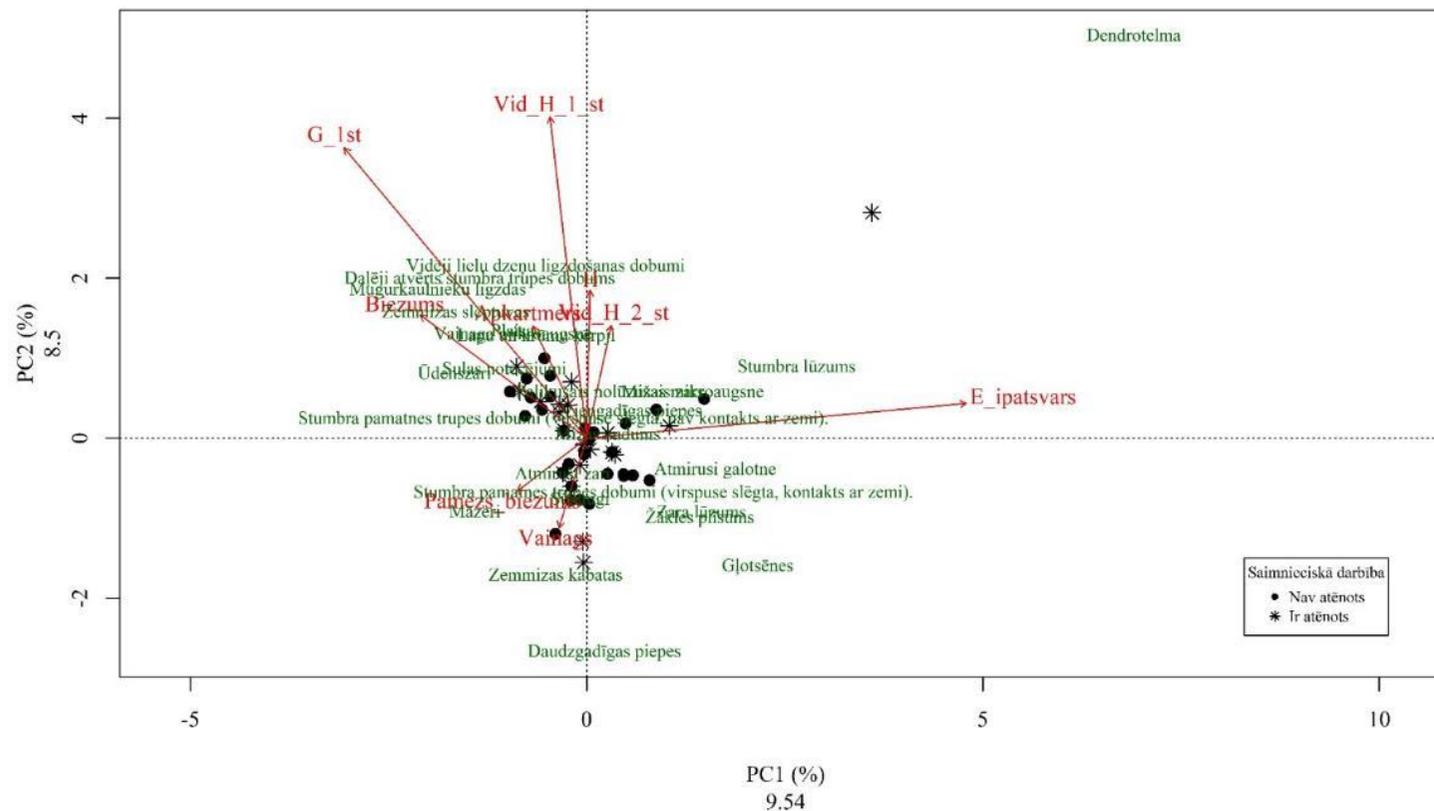
Atēnotajos parauglukumos mikrodzīvotne “stumbra lūzums” nav konstatēta, bet neatēnotajos parauglukumos tā konstatēta 11.7 % koku. Tāpat atēnotajos parauglukumos nav konstatētas “glotsēnes”, “lapu un krūmu ķērpji” un “mizas mikroaugšne”, kas neatēnotajos parauglukumos konstatētas attiecīgi 2.9 % jeb vienam no visiem novērtētajiem kokiem šajos apstākļos. Savukārt neatēnotajos parauglukumos nav konstatētas “zemizas kabatas” un “vainaga mikroaugšne”, kas atēnotajos parauglukumos konstatētas attiecīgi 7.1 % un 3.65 % no novērtētajiem kokiem.

Atēnotajos parauglukumos visbiežāk konstatētā mikrodzīvotne (atmiruši zari) bija konstatēta 96.2 % no apsekotajiem kokiem. Arī neatēnotajos parauglukumos šī mikrodzīvotne bija visbiežāk konstatētā (91.1% no apsekotajiem kokiem). Arī citos pētījumos vainaga atmiršana (tai skaitā atmiruši zari) konstatēti kā pārstāvētākā mikrodzīvotņu forma (Spīnu et al., 2022, Großmann et al 2023). Lieliem lapu kokiem veidojas liela izmēra zari, kuri atmirst konkurences ietekmē no blakus esošajiem vainagiem (Bouget et al., 2002). Lai arī būtu sagaidāms, ka parauglukumos, kas nav atēnoti un kur gaismas piekļuve ir mazāka, būtu lielāks atmirušo zaru īpatsvars, salīdzinot ar atēnotiem parauglukumiem, šāda sakarība netika novērota. Iespējams, būtiskas atšķirības starp abām grupām nav vērojamas, jo atēnošana veikta, kad ozolam jau izveidojies pietiekami liels un augsts vainags un atēnošana to maz ietekmējusi.

Otra vispopulārākā mikrodzīvotne atēnotajos parauglukumos (palikušais nolūzušais zars) konstatēta 60.7 % koku, savukārt neatēnotajos uz 50 % koku. Neatēnotajos parauglukumos otra visbiežāk konstatētā mikrodzīvotne (sūnaugi) konstatēta 67.6 % koku, savukārt atēnotajos 50 % koku. Tā kā vērtēto ozolu stumbrs atradās tādā augstumā, lai to ietekmētu atēnošana, tad iespējams, ka samazināta gaismas daudzuma un palielināta mitruma dēļ tieši neatēnotajos parauglukumos biežāk novērota šī mikrodzīvotne. Nākamā visbiežāk sastopamā mikrodzīvotne (stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, nav kontakts ar zemi) atēnotajos parauglukumos konstatēta 42.8 % koku, bet neatēnotajos 32.4 % koku. Trupes dobumu veidošanās bieži vien saistīta ar eksponētu koksni un mizas zudumu (Larrieu et al., 2018), tomēr šī pētījuma ietvaros šāda sakarība netika novērota. Mizas zudums neatēnotajos parauglukumos konstatēts 26.4% koku, bet atēnotajos ievērojami biežāk – 42.8 % novērtēto koku.

Ar mugurkaulniekiem saistītās mikrodzīvotnes (vidēji lielu dzeņu ligzdošanas dobumi, mugurkaulnieku ligzda) konstatētas tikai uz atēnotajiem kokiem (1 novērojums katram). Ar sēnēm saistītās mikrodzīvotnes (viengadīgas piepes, daudzgadīgas piepes, glotsēnes) novērotas vienlīdz bieži, neatēnotajos parauglukumos tās kopumā konstatētas 11 reizes, bet atēnotajos 12 reizes.

Veicot CCA analīzi, noskaidrots, ka nav vērojama izteikta grupēšanās starp atēnotajiem un neatēnotajiem kokiem (3.13. attēls). Ordinācijā iekļautie mežaudzes parametri izskaidro 18.04% no variācijas, kas nozīmē, ka lielākoties mikrodzīvotņu sastopamību un veidus ietekmē citi, nenoskaidroti mežaudzes faktori. Tādas mikrodzīvotnes, kā mugurkaulnieku ligzdas un vidēji lielu dzeņu ligzdošanas dobumi, saistīti ar lielāku audzes šķērslaukumu un lielāku ozola apkārtmēru. Tas ir saskaņā ar citu pētījumu, kur norādīts, ka dzeņi izvēlas kokus, kuri aug biežākā audzē, kuri tādā veidā ir ar samazinātu risku tikt izgāztiem vējā (Gustafsson et al., 2020). Lai arī būtu sagaidāms, ka ūdenszari izteiktāk veidojušies atēnotās audzēs, tomēr šāda sakarība netika novērota, CA ordinācijas attēlā redzams, ka ūdenszaru veidošanās pozitīvi saistīta ar audzes biežumu.



3.13. attēls. Mikrodzīvotņu tipu un parauglaukumu (individuālo ozolu) izkliede CCA (Canonical Correspondence Analysis) ordinācijas attēlā. Sarkanie vektori apzīmē koku audzes parametrus (Vid_H_1_st – pirmā stāva koku vidējais augstums (m); Vid_H_2_st – otrā stāva koku vidējais augstums (m); E_ipatsvars – parastās egles *Picea abies* šķērslaukuma attiecība pret kopējo audzes šķērslaukumu parauglaukumā; pameza_biezums – pameža stāvā uzskaitītais koku un krūmu skaits (n/ha); Biezums – kopējais audzes biezums (n/ha); G_1st – audzes pirmā stāva koku šķērslaukums (m²/ha), Vainags – vainaga laukums (m²), Apkartmers – ozola apkārtmērs (m), H – ozola augstums (m).

Secinājumi

1. Atēnošanai 20 gadus pēc tās izpildes konstatēta neliela, bet statistiski būtiska pozitīva ietekme uz veģetācijas sugu skaitu un daudzveidību, ko būtiski ietekmē arī lokālie faktori (audze) un meža tips. Attiecībā uz epifītu sugu skaitu un daudzveidību tendence ir līdzīga, taču nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp vērtētajām grupām (atēnots un neatēnots), bet ir konstatēta būtiska lokālu faktoru kompleksa (audzes) ietekme. Veiktajiem darbiem netika konstatēta nozīmīga vai statistiski būtiska ietekme uz mikrodzīvotņu skaitu, un abās ozolu grupās (atēnots un neatēnots) novērtētais mikrodzīvotņu komplekss bija līdzīgs.
2. Gan atēnoto, gan neatēnoto ozolu parauglaukumos nereti ir sastopamas ozolu mežiem raksturīgas veģetācijas sugas, daļai atēnoto parauglaukumu ir izteiktāka saistība ar tām, taču citos gadījumos novērojama pēc atēnošanas ieviesušos egļu ietekme un ar tām saistīto veģetācijas sugu klātbūtne. Gan uz atēnotajiem, gan neatēnotajiem kokiem pusē no gadījumiem konstatēta indikatorsauga *Arthonia spadicea*.
3. Rekomendējams veikt ap ozoliem esošo koku izzāģēšanu tajās platībās, kur mērķis ir bioloģiskās daudzveidības uzturēšanas kombinācijā ar saimniecisko darbību (dabai tuvāka mežsaimniecība), jo šāda pieeja 20 gadu posmā nodrošina nelielu pozitīvu ietekmi uz vērtētajiem bioloģiskās daudzveidības rādītājiem.
4. Audzēs, kur mērķis ir ar ozoliem saistītās bioloģiskās daudzveidības rādītāju nozīmīgāka izmaiņšana, rekomendējams veikt apkārt esošo koku (g.k. egļu, ar ko saistīta ozolu mežiem mazāk raksturīgu sugu klātbūtne) nozāģēšanu lielākā platībā. Šos darbus ieteicams izpildīt vairākos paņēmienos, tādejādi mazinot koku bojāejas risku, tiem nespējot pielāgoties gruntsūdens līmeņa vai citu vides faktoru krasām izmaiņām.

Literatūra

1. Bouget C, Brin A, Brustel H. 2011. Exploring the "last biotic frontier": Are temperate forest canopies special for saproxylic beetles? For. Ecol. Manag., 261(2), 211–20.
2. Großmann, J.; Carlson, L.; Kändler, G.; Pyttel, P.; Kleinschmit, J.R.G.; Bauhus, J. 2023. Evaluating Retention Forestry 10 Years after Its Introduction in Temperate Forests Regarding the Provision of Tree-Related Microhabitats and Dead Wood. Eur. J. For. Res., 142, 1125–1147.
3. Gustafsson, L., Bauhus, J., Asbeck, T., Augustynczyk, A. L. D., Basile, M., Frey, J., Gutzat, F., Hanewinkel, M., Helbach, J., Jonker, M., Knuff, A., Messier, C., Penner, J., Pyttel, P., Reif, A., Storch, F., Winiger, N., Winkel, G., Yousefpour, R., Storch, I. 2020. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. Ambio. 49 (1), 85–97.
4. Larrieu, L.; Paillet, Y.; Winter, S.; Büttler, R.; Kraus, D.; Krumm, F.; Lachat, T.; Michel, A.K.; Regnery, B.; Vandekerckhove, K. 2018. Tree Related Microhabitats in Temperate and Mediterranean European Forests: A Hierarchical Typology for Inventory Standardization. Ecol. Indic., 84, 194–207.
5. Spīnu, A.P.; Asbeck, T.; Bauhus, J. 2022. Combined Retention of Large Living and Dead Trees Can Improve Provision of Tree-Related Microhabitats in Central European Montane Forests. Eur. J. For. Res., 141, 1105–1120.

3.2.2. Ekoloģisko koku un uz to sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums 15 jaunaudzēs

Pamatojums

Hemiboreālajos mežos iepriekšējās paaudzes kokiem (ekoloģiskajiem kokiem) ir būtiska nozīme bioloģiskās daudzveidības veicināšanā un saglabāšanā. Pēc galvenās cirtes mežaudzēs saglabātie koki un koku grupas uzlabo jauno audžu strukturālo daudzveidību, biotopu telpisko

savienotību, kā arī veicina dažādu ekoloģisko funkciju nepārtrauktību (Rosenvald & Löhmus, 2008; Lindenmayer et al., 2012; Gustafsson et al., 2012a; Gustafsson et al., 2020).

Arī tādi bioloģiskās daudzveidības indikatori kā mikrodzīvotnes, ir nozīmīgi bioloģiskās daudzveidības veicināšanā atjaunotajās audzēs (Asbeck et al., 2021). Literatūrā mikrodzīvotnes galvenokārt tiek analizētas tieši ekoloģisko koku kontekstā (Gustafsson et al., 2012b; Fedrowitz et al., 2014). Izvēloties potenciālos ekoloģiskos kokus, mikrodzīvotņu novērtējums ir īpaši svarīgs, jo tās nodrošina biotopu ļoti specifiskām taksonomiskām grupām (Asbeck et al., 2021).

Aktivitātes mērķis ir zinātniskas publikācijas sagatavošana, izmantojot iepriekšējā gadā iegūtos datus par mikrodzīvotnēm uz izcirtumos atstātajiem iepriekšējās paaudzes kokiem.

Aktivitātes virzība

Saskaņā ar pētījuma plānu sagatavota publikācija: Jansone et al. 2023. **Dead Better than Alive - The Case of Retention Trees and Tree-Related Microhabitats in Young Stands of Hemiboreal Forests in Latvia.** *Forests* 14: 1949, <https://doi.org/10.3390/f14101949>.

Literatūra

1. Asbeck, T., Großmann, J., Paillet, Y., Winiger, N. and Bauhus, J., 2021. The use of tree-related microhabitats as forest biodiversity indicators and to guide integrated forest management. *Current Forestry Reports*, 7, pp.59-68.
2. Fedrowitz, K., Koricheva, J., Baker, S.C., Lindenmayer, D.B., Palik, B., Rosenvald, R., Beese, W., Franklin, J.F., Kouki, J., Macdonald, E. and Messier, C., 2014. Can retention forestry help conserve biodiversity? A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), pp.1669-1679.
3. Gustafsson, L., Baker, S.C., Bauhus, J., Beese, W.J., Brodie, A., Kouki, J., Lindenmayer, D.B., Löhmus, A., Pastur, G.M., Messier, C. and Neyland, M., 2012a. Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience*, 62(7), pp.633-645.
4. Gustafsson, L., Baker, S.C., Bauhus, J., Beese, W.J., Brodie, A., Kouki, J., Lindenmayer, D.B., Löhmus, A., Pastur, G.M., Messier, C. and Neyland, M., 2012b. Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience*, 62(7), pp.633-645.
5. Gustafsson, L., Bauhus, J., Asbeck, T., Augustynczyk, A.L.D., Basile, M., Frey, J., Gutzat, F., Hanewinkel, M., Helbach, J., Jonker, M. and Knuff, A., 2020. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio*, 49, pp.85-97.
6. Lindenmayer, D.B., Franklin, J.F., Löhmus, A., Baker, S.C., Bauhus, J., Beese, W., Brodie, A., Kiehl, B., Kouki, J., Pastur, G.M. and Messier, C., 2012. A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conserv. Lett.* 5, 421–431.

Rosenvald, R. and Löhmus, A., 2008. For what, when, and where is green-tree retention better than clear-cutting? A review of the biodiversity aspects. *Forest Ecology and Management*, 255(1), pp.1-15.

3.2.3. Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums

Pamatojums

Biotops “Staignāju meži”, kurā visbiežāk kokaudzē dominē melnalkšņi, jau vairāk nekā desmitgadi ir fokusā gan diskusijās par meža sertifikāciju, gan par biotopu labvēlīga statusa nodrošināšanu kopumā, tai skaitā Latvijai saņemto aizrādījumus (uzsāktu pārkāpumu procesu) no Eiropas Komisijas atbildīgajam institūcijām. Atbilstoši esošajai izpratnei, hidrotehniskajai meliorācijai nav negatīvas ietekmes uz šo biotopu, jo augstas kvalitātes šīs kategorijas biotopi identificēti kā purvainos, tā kūdreņos. Tātad ir būtiski novērtēt citu potenciāli negatīvo faktoru ietekmi, lai nodrošinātu, ka tiek saglabātas ar tiem saistītās bioloģiskās daudzveidības vērtības. No šādā iespējamām ietekmēm nozīmīgākā ir t.s. malas efekts – atsedzot biotopa malu, piemēram,

blakus audzē veicot atjaunošanas cirti, mainās mikroklimats un ietekmē vidi dažādām dzīvo organismu sugām. Lai to novērstu, bieži tiek rekomendēts izmantot buferjoslas, tomēr: 1) trūkst ilgtermiņa novērtējuma, cik platas šādas joslas varētu pilnībā izslēgt ietekmi; 2) šāda pieeja samazina saimniecisko mežu platību – un ir būtiski saprast, vai šādas samazinājums patiešām ir lietderīgs.

Pētījuma mērķis šī etapa ietvaros ir raksturot malas efekta ietekmi uz zemsedzes veģetācijas daudzveidību melnalkšņu staignāju biotopos, veicot mērījumus 6 pētījuma objektos. Noslēdzošā analīzes, raksta un rekomendāciju sagatavošana šajā aktivitātē plānota nākamajā etapā, kombinējot šajā un iepriekšējā etapā ievākots datus.

Pētījuma objekti

Lai novērtētu malas efekta ietekmi uz veģetāciju, pētījumā atlasītas un apsektas sešas AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekošanā esošas Eiropas nozīmes biotopu 9080* *Staignāju meži* mežaudzes, kurās dominējoša suga ir melnalksnis. Kopumā 2023. gadā apsektas un transektes ierīkotas sešos melnalkšņu dumbrāju meža nogabalos, pētījumā analizēto biotopu audžu vecums ir 102–128 gadi (3.4. tabula). No visām blakus audzēm, kuru nogabaliem ir tieša robeža ar biotopa audzi, izvēlēta viena blakus audze, kuras ietekme analizēta. Kopumā blakus audzes iedalītas trīs grupās, atkarībā no tā, cik ilgs laiks pagājis kopš šajās audzēs veikta mežsaimnieciskā darbība (vienlaidus atjaunošanas cirte): pirms 8 – 18 gadiem; 29 – 48 gadiem; ≥ 49 gadiem. Blakus audzēm izdalāmi divi meža tipi – damaksnis un slapjais damaksnis.

3.4. tabula

Biotopa nogabalu un to blakus audžu raksturojums

Vieta	Biotopa ID	Blakus audzes ID	Transekt. Nr.	Transektes garums	Biotopa audzes vecums	Blakus audzes vecums	Blakus audzes MT
Mellupi	604_333_10	604_333_16	1	40	123	≥49 gadi	Dm
Garozā	610_120_8	610_120_6	1	60	119	≥49 gadi	Dms
Garozā	610_120_8	610_120_6	2	60	119	≥49 gadi	Dms
Garozā	610_167_8	610_167_11	1	40	113	29-48 gadi	Dms
Garozā	610_166_7	610_166_19	1	60	119	29-48 gadi	Dms
Garozā	610_166_7	610_166_19	2	40	119	29-48 gadi	Dms
Garozā	610_150_19	610_150_20	1	40	128	8-18 gadi	Dm
Zālite	610_185_3	610_185_10	1	60	102	8-18 gadi	Dm

Veģetācijas datu ievākšana

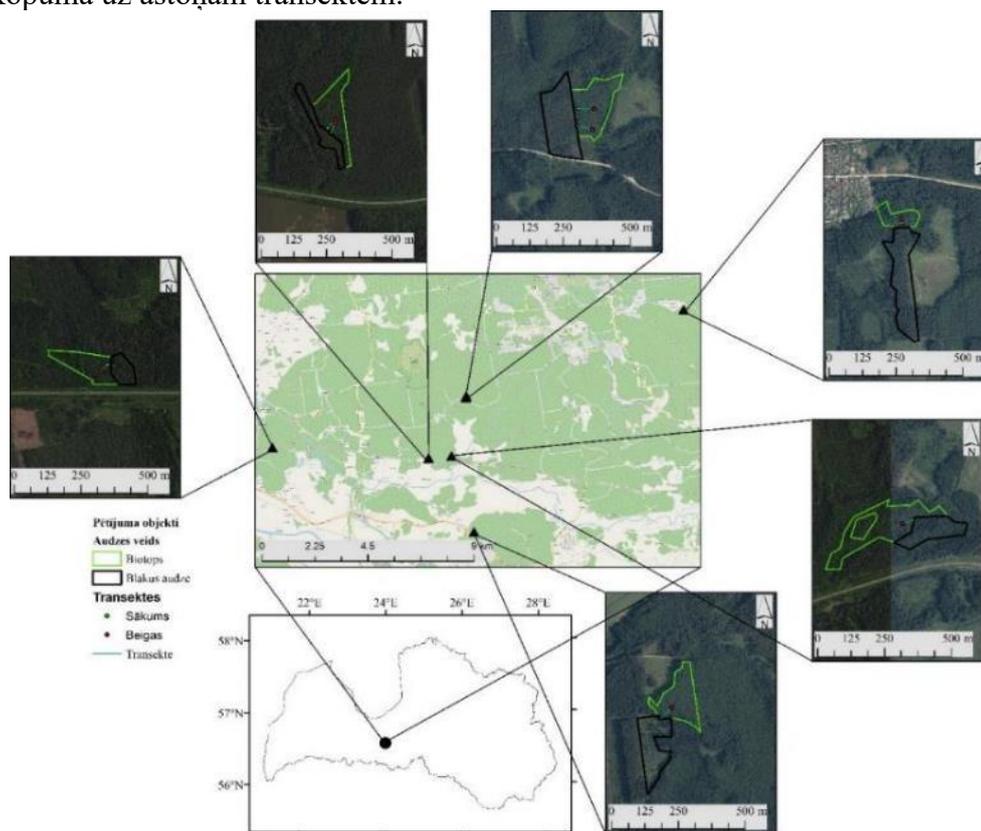
Veģetācijas parametru raksturošanai biotopu nogabalos ierīkotas transektes, kuru sākuma punkts pozicionēts pie biotopa audzes malas, kura robežojas ar konkrēto blakus audzes malu, un beigu punkts pozicionēts virzienā uz biotopa nogabala centrālo daļu. Lai novērtētu veģetācijas sastāva izmaiņas atkarībā no attāluma līdz blakus audzei, uz transektes dažādos intervālos (0m; 5m; 10m; 20m; 40m; 60m (ja iespējams)) izvietoti 1x1 m lieli kvadrātveida parauglaukumi. Parauglaukumi izkārtoti uz katra attāluma intervāla robežas – viens centrā uz transektes līnijas, un pa vienam katrā sānu virzienā, izlaižot vienu metru no centrālā parauglaukuma malas. Kopumā uz transektes ierīkoti 15 parauglaukumi veģetācijas novērtēšanai (60 m gadījumā 18 parauglaukumi).

Pētāmajās audzēs transektes ievietotas balstoties uz vairākiem kritērijiem: 1) ierīkotās transektes garums nepārsniedz blakus audzes un pētāmā biotopa robežojošās malas garumu; 2)

transektes garums līdz blakus audzei, kuras ietekme tiek vērtēta, nepārsniedz attālumu līdz sānu malām ar citām audzēm, kuras robežojas ar biotopu; 3) Attālums starp divām transektēm nav mazāks kā vienas transektes platums.

Atkarībā no meža nogabala lieluma, formas un konfigurācijas attiecībā pret blakus audzi, vienā nogabalā izvietotas 1-2 transektes. Tāpat ņemts vērā, lai transektes nešķērso zonas, kas kopumā nav audzei raksturīgas (atvērumi, vējgāzes, ceļi) (3.14.attēls).

Veģētācijas raksturošanai parauglaukumos izdalīti trīs stāvi – koku un krūmu, lakstaugu, sūnu un ķērpju stāvs. Koku un krūmu stāvā iekļauti tie koki, kuru caurmērs ≤ 6 cm un augstums ≤ 2 m, kā arī gadījumos, kad koka augstums ≥ 2 m, taču caurmērs saglabājas ≤ 6 cm. Katrā parauglaukumā noteikts sugu sastāvs un to procentuālais segums. Tāpat fiksēts nobiru, atsegta augsnes, kritalu un koku sakņu kaklu aizņemtais procentuālais segums parauglaukumā, kas kopā ar sūnu un ķērpju stāvu veido 100% segumu. Veģētācija raksturota 132 parauglaukumos, kas izvietoti kopumā uz astoņām transektēm.



3.14. attēls. Transekšu izvietojums pētījuma objektos

Datu analīze

Veģētācijas raksturošanai melnalkšņu dumbrāju objektos no katras transektes trīs parauglaukumiem, kuri atradās vienādos attālos (0; 5; 10; 20; 40; 60 m), iegūtas sugu procentuālā seguma vidējās vērtības katrā attālumā, kuras izmantotas tālākajā analīzes posmā. Veģētācijas sugu daudzveidības novērtēšanai programmā *R studio* (R Core Team, 2023) aprēķināts vidējais parauglaukumu Šenona–Vīnera (*ShannonWiener*) un Simpsona (*Simpson*) daudzveidības indekss.

Lai uzskatāmāk raksturotu blakus audzes ietekmi uz izmaiņām melnalkšņu staignāju biotopa veģētācijā, programmā *QGIS*, izmantojot gps datus, aprēķināts leņķis, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs. Leņķis aprēķināts katram transektes

parauglaukumam, pēc tam iegūstot katras transektes dažādo attālumu (0; 5; 10; 20; 40; 60 m), vidējās leņķu vērtības.

Lai novērtētu malas vecuma, kā arī attāluma ietekmi uz veģetāciju biotopos (parauglaukumus raksturojošo daudzveidības indeksu vērtībām), starp šiem malas efektu definējošajiem parametriem veikts neparametriskais *Kruskal-Wallis* salīdzinājuma tests. Lai gūtu ieskatu un vizualizētu atšķirības starp dažādām blakus audzes vecuma vai attāluma grupām, programmā *R studio* izmantota paketes “*ggstatsplot*” funkcija *ggbetweenstats*.

Veģetācijas gradientu novērtēšanai melnalkšņu dumbrājos, izmantojot programmu *R studio*, veikta detrendētā sugu daudzveidības korespondentanalīze (*DCA*). Galvenajā datu matricā apkopoti veģetācijas sugu procentuālā seguma dati, bet sekundārajā datu matricā – biotopu un blakus audzi raksturojošie faktori (biotopa audzes vecums; blakus audzes meža tips; laika periods kopš pēdējām mežsaimnieciskajām darbībām blakus audzē; parauglaukuma attālums no blakus audzes malas; leņķis, kādā parauglaukums atrodas pret blakus audzes malu, atsegtas augsnes un nobiru vidējais procentuālais segums, kā arī veģetācijas stāvu: lakstaugu, koku un krūmu, sūnu un ķērpju vidējais procentuālais segums). *DCA* analīzē samazināta reto sugu ietekme, kā arī samērots X un Y ass mērogs.

Rezultāti

Veģetācijas sugu daudzveidība

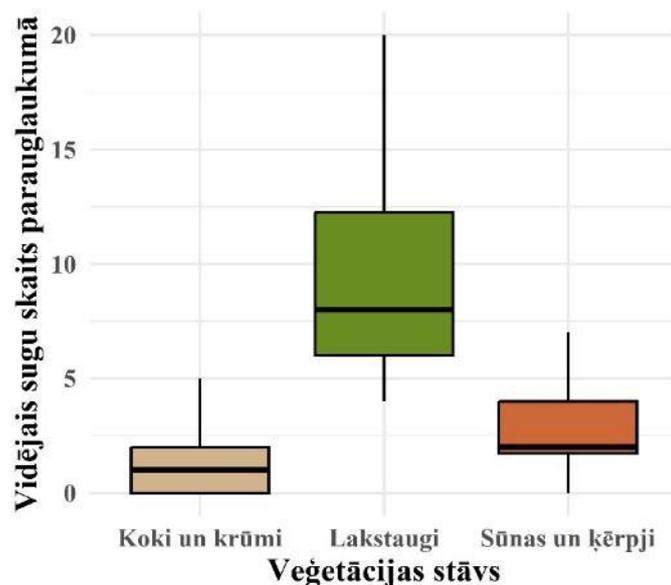
Melnalkšņu dumbrāju biotopos kopumā konstatētas 84 dažādas veģetācijas sugas, no kurām lielākā daļa jeb 54 sugas pieskaitāmas lakstaugu stāvam (3.5. tabula). Koku un krūmu stāvā konstatētas 10 sugas, bet sūnu un ķērpju stāvā – 20 (10. pielikums). Vidējais lakstaugu stāva procentuālais segums sasniedza ~41.18%, koku un krūmu stāvā ~2.93% un sūnu un ķērpju stāvā ~23.05%. No veģetācijas parauglaukumu platības kritalas aizņēma vidēji ~2.99%, nobiras ~68.56%, atklāta augsne ~5.24%, koks parauglaukumā ~0.15%.

3.5. tabula

Pētījumā noteikto sugu skaits atkarībā no veģetācijas stāva

Veģetācijas stāvs	Sugu skaits
<i>Lakstaugi</i>	54
<i>Koki un krūmi</i>	10
<i>Sūnas un ķērpji</i>	20
Kopā	84

Vidējais sugu skaits parauglaukumā lakstaugu stāvā bija 9.41 ($s = \pm 4.04$), koku un krūmu stāvā 1.29 ($s = \pm 1.48$), bet sūnu un ķērpju stāvā 2.72 ($s = \pm 1.95$). Lakstaugu stāvā visbiežāk parauglaukumos konstatētas astoņas dažādas augu sugas, savukārt koku un krūmu stāvā visbiežāk viena un sūnu un ķērpju stāvā – divas dažādas sugas (3.15. attēls).

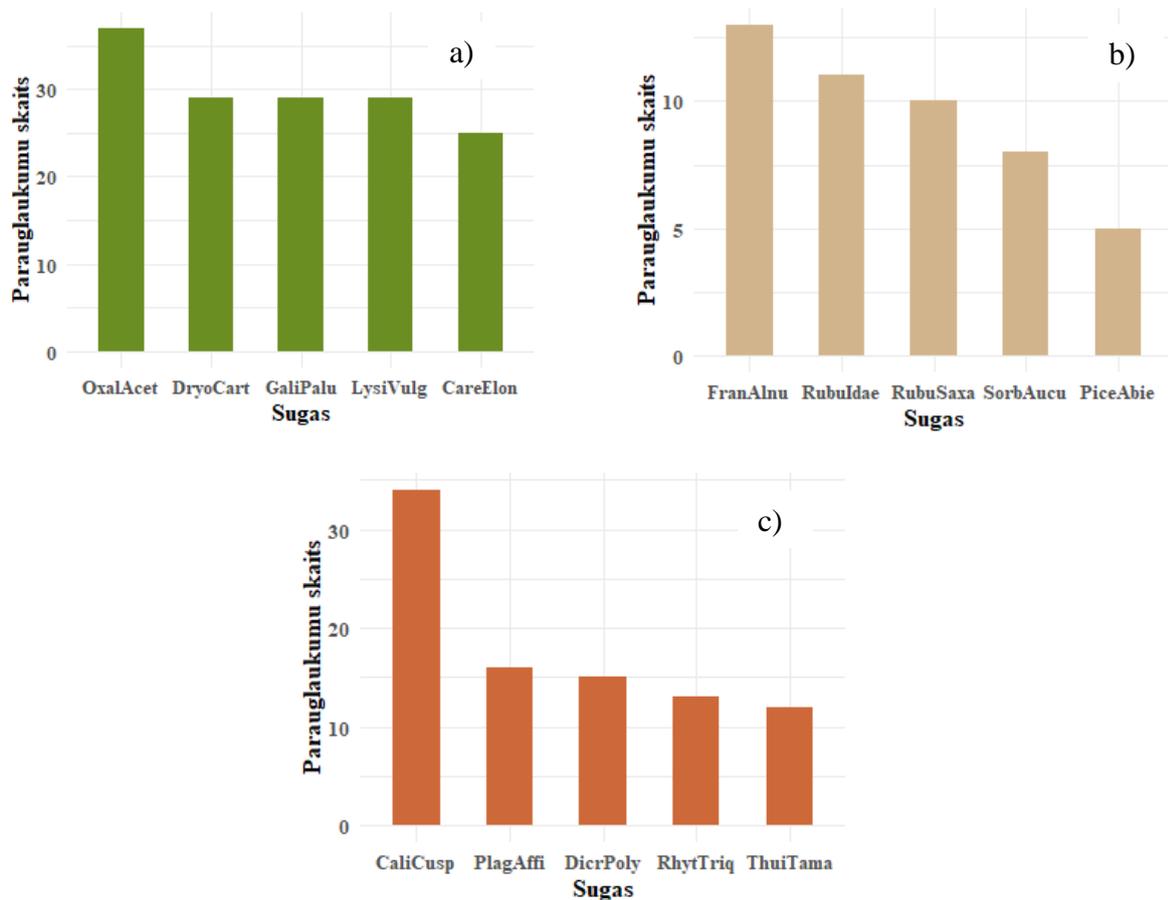


Horizontālā melnā līnija apzīmē mediānu

3.15. attēls. Parauglaukumos konstatētā vidējā sugu skaita variācijas atšķirības dažādos veģetācijas stāvos

Lakstaugu stāvā novērojama vislielākā sugu skaita variācija parauglaukumos, kas skaidrojams ar staigājumu biotopiem raksturīgo ciņaino mikroreljefu, mozaīkveida zemsedzes veģetāciju, kā arī pastāvīgi pārplūstošajiem laukumiem. Vismazākā sugu skaita variācija parauglaukumos novērojama sūnu un ķērpju stāvā. Maksimālais vidējais lakstaugu sugu skaits, kas novērots vienas transektes viena attāluma parauglaukumos, sasniedza 20 sugas. Koku un krūmu stāvā konstatētas maksimāli piecas dažādas, taču sūnu un ķērpju stāvā – septiņas dažādas sugas.

Biotopa lakstaugu stāvā visbiežāk sastopamās sugas bija meža zaķskābene *Oxalis acetosella*, dzeloņainā ozolpāpārde *Dryopteris carthusiana*, purva madara *Galium palustre*, parastā zeltene *Lysimachia vulgaris* un pagarinātais grīslis *Carex elongata* (3.16. attēls, a). Koku un krūmu stāvā visbiežāk konstatētas tādas sugas, kā parastais krūklis *Frangula alnus*, meža avene *Rubus idaeus*, klinšu kaulene *Rubus saxatilis*, parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia*, un parastā egļe *Picea abies* (3.16. attēls, b). Sūnu un ķērpju stāvā visbiežāk bija sastopamas parastā smailzarīte *Calliergonella cuspidata*, sausienes skrajlāpe *Plagiomnium affine*, viļņainā divzobe *Dicranum polysetum*, lielā spuraine *Rhytidiadelphus triquetrus* un dižā ežlāpe *Thuidium tamariscinum* (3.16. attēls, c). Pētāmajās teritorijās tika konstatētas arī vairākas staigājumu biotopiem raksturīgās lietussargsugas (tipiskās sugas Biotopu direktīvas izpratnē): parastā purvpāpārde *Thelypteris palustris*, purva skalbe *Iris pseudacorus*, pagarinātais grīslis *Carex elongata*.



3.16. attēls. Parauglāukumos visbiežāk konstatētās sugas: a) lakstaugu stāvā; b) krūmi un koku stāvā; c) sūnu un ķērpju stāvā

Sugu daudzveidība atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai

Aplūkojot vidējo sugu skaitu parauglāukumos atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai, konstatēts, ka lielākais vidējais sugu skaits lakstaugu stāva sugām fiksēts pie blakus audzes robežas, jeb 0 m attālumā – vidēji 11.5 (\pm 5.29) sugas (3.6. tabula), taču vismazākais skaits lakstaugu sugu konstatēts 60 m attālumā no malas – vidēji 5.75 (\pm 1.71) sugas.

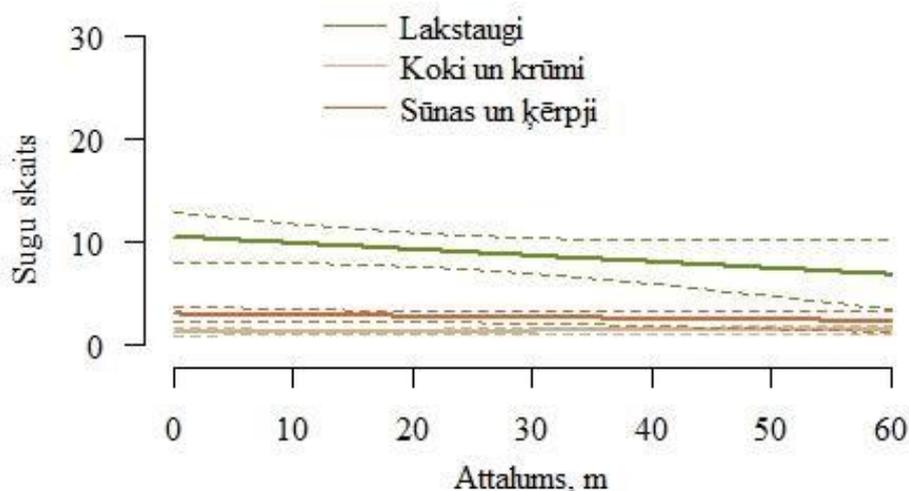
3.6. tabula

Vidējais sugu skaits biotopu parauglāukumos atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai dažādos veģetācijas līmeņos

Attālums no malas, m	Vidējais sugu skaits			\pm SD		
	Krūmi un koki	Sūnas un ķērpji	Lakstaugi	Krūmi un koki	Sūnas un ķērpji	Lakstaugi
0	1	3.5	11.5	1.2	1.41	5.29
5	1.13	2.38	8.75	1.36	2.2	3.99
10	1.38	2.75	8.88	1.51	2.25	2.75
20	1.5	3	10.13	1.69	2.14	4.7
40	1.5	2.13	9.63	1.85	1.96	3.38
60	1.25	2.5	5.75	1.89	1.91	1.71

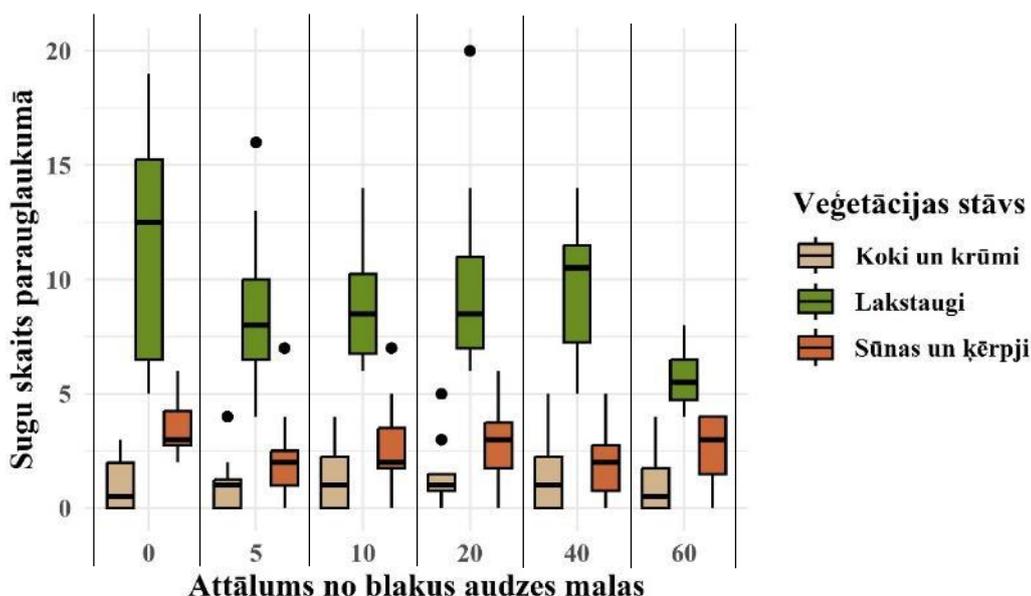
Līdzīgi arī koku un krūmu stāvā – vidēji lielākais skaits sugu konstatēts 0 m attālumā no blakus audzes (3.5 ± 1.41), taču vidēji mazākais sugu skaits (2.13 ± 1.96) novērots 40 m attālumā. Sūnu un ķērpju stāvā vidēji lielākais sugu skaits jeb 1.5 sugas konstatēta 20 un 40 m attālumā no blakus audzes malas, taču vidēji mazākais sugu skaits – viena suga, novērots pie blakus audzes malas jeb 0 m attālumā (3.17.attēls).

Izmantojot lineāru modeli un vizualizējot iegūtos datus, lakstaugu stāvā novērojama tendence: pieaugot attālumam, kādā pret blakus audzes malu izvietoti parauglaukumi, samazinās sugu skaits. Koku un krūmu stāvā, līdzīgi kā sūnu un ķērpju stāvā, šāda tendence nav novērojama – relatīvi mazs vidējais sugu skaits novērojams visos attālumos no blakus audzes malas.



3.17. attēls. Biotopā uzskaitīto veģetācijas sugu skaits, atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai. Raustītās līnijas apzīmē $\pm 95\%$ ticamības intervālu.

Parauglaukumos izteiktākā sugu skaita variācija novērojama lakstaugu stāvā, it īpaši tiešā tuvumā blakus audzei, kur lakstaugu skaits parauglaukumos variē no piecām līdz 19 sugām. (3.18. attēls). Transektes vidusdaļas (5 – 40 m) parauglaukumos sugu skaits parauglaukumos variē relatīvi līdzīgi, taču 60 m attālumā no blakus audzes malas, ne vien vidējais sugu skaits ir mazāks, bet arī sugu skaita atšķirības starp parauglaukumiem ir daudz mazāk izteiktas starp parauglaukumiem (4 – 8 sugas). Visos veģetācijas līmeņos 5 – 20 m attāluma no blakus audzes malas novērojama kāda izlecošā vērtība jeb parauglaukums, kurā novērojams izteikti lielāks sugu skaits nekā pārējos parauglaukumos šajā attālumā. Domājams, ka izlecošās vērtības nav kategorizējamas kā kļūdaini novērojami, bet drīzāk kā staignāju biotopiem raksturīgo struktūru – ciņu un applūstošo ieplaku ietekme uz sugu sastopamību pētāmajā teritorijā.



Horizontālā melnā līnija apzīmē mediānu, punkti – izlecošās vērtības

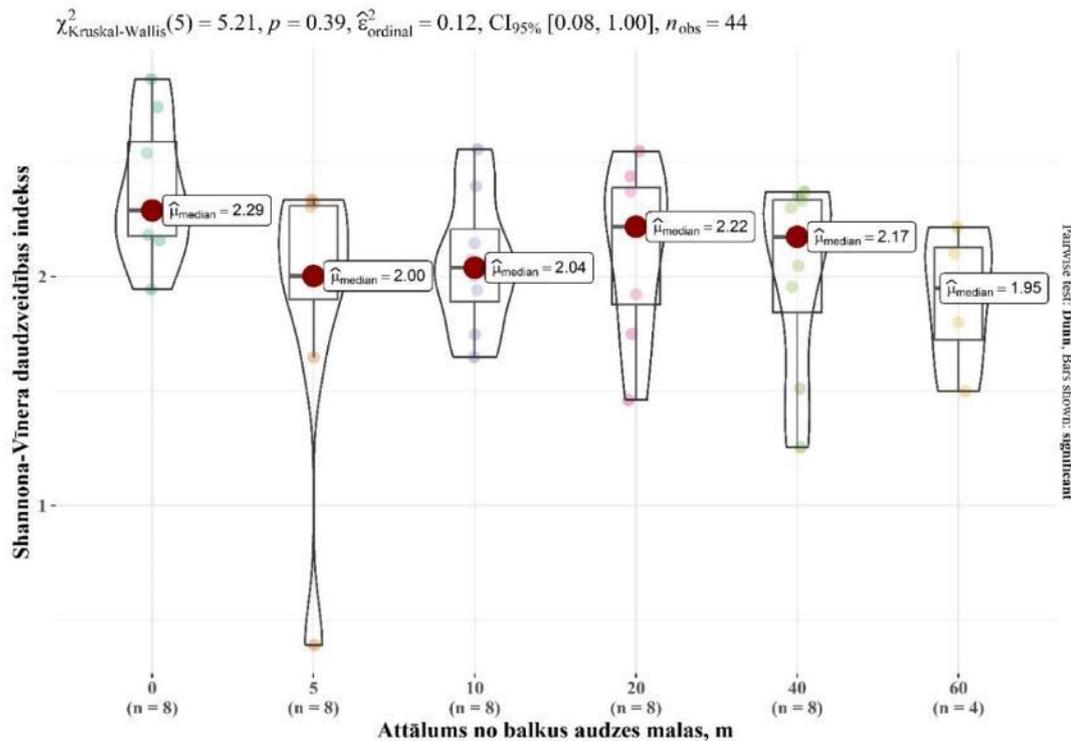
3.18. attēls. Parauglaukumos konstatētā vidējā sugu skaita variācijas atšķirības dažādos veģetācijas stāvos atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai

Sugu daudzveidības raksturošanai staignāju biotopos atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai izvēlēti divi daudzveidību raksturojoši indeksi (3.7. tabula). Šenona-Vīnera daudzveidības indeksa vērtības parauglaukumos kopumā variē no 0.39 līdz 2.86. Visaugstākā vidējā indeksa vērtība 2.38 ± 0.31 novērojama pie biotopa robežas ar blakus audzi (0 m), taču viszemākās vērtības 1.87 ± 0.30 5 m attālumā un 1.90 ± 0.32 60 m attālumā no blakus audzes. Neskaitot daudzveidības indeksu vērtību kritumu 5 m attālumā no blakus audzes malas Šenona-Vīnera indeksa vērtības pakāpeniski pieaug 5 – 20 m intervālā un pēc tam atkal pakāpeniski sarūk, attālumam pieaugot.

3.7. tabula

Šenona-Vīnera un Simpsona daudzveidības indeksu vidējās vērtības atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai (\pm standartnovirze)

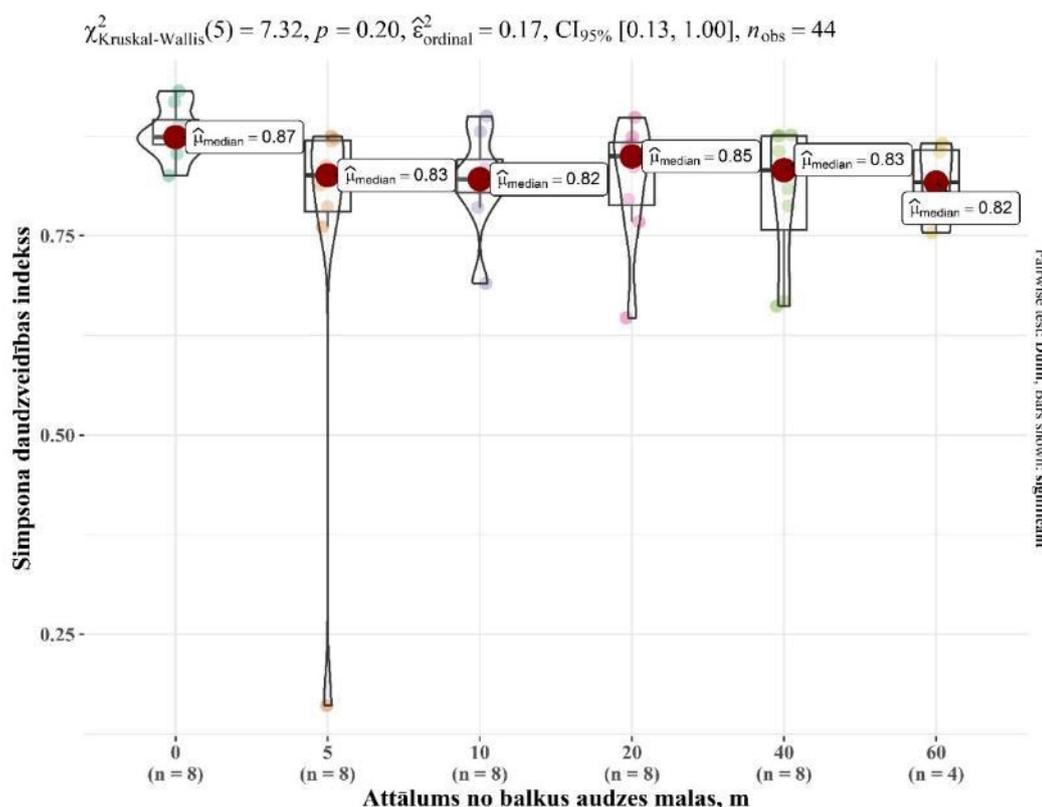
Attālums no blakus audzes malas (m)	Šanonna-Vīnera ind.	\pm SD	Simpsona ind.	\pm SD
0	2.38	0.31	0.88	0.03
5	1.87	0.30	0.75	0.06
10	2.06	0.37	0.82	0.08
20	2.12	0.42	0.82	0.09
40	2.01	0.64	0.80	0.24
60	1.90	0.32	0.81	0.06



Sarkanie punkti apzīmē mediānas vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu indeksu vērtības.

3.19. attēls. Parauglaukumu Šenona-Vīnera daudzveidības indeksu vērtību izkliede atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai

Novērojams, ka visos attālumos Šenona-Vīnera indeksa vērtību variācijas amplitūda ir relatīvi līdzīga, izņemot 5 m attālumā, kur novērojams viens parauglaukums, kura indeksa vērtība ir daudz zemāka (izlecoša vērtība). Attālumam no blakus audzes malas nav statistiski būtiskas ietekmes uz Šenona-Vīnera daudzveidības indeksu vērtībām parauglaukumos, jo iegūtā p -vērtība ir lielāka par būtiskuma līmeni $\alpha=0.05$ ($p = 0.39$). Simpsona daudzveidības indeksa vērtības parauglaukumos variē no 0.16 līdz 0.93. Visaugstākā vidējā indeksa vērtība 0.88 ± 0.03 arī novērojama pie robežas ar blakus audzi (0 m), bet zemākā vidējā indeksa vērtība 0.75 ± 0.06 fiksēta 5 m attālumā no blakus audzes malas (4. tabula). Kopumā Simpsona indeksa vidējās vērtības pieaug 5 – 10 m intervālā un pēc tam, attālumam pieaugot, saglabājas nemainīgas. Simpsona daudzveidības indeksa vērtības parauglaukumos, atkarība no attāluma līdz blakus audzes malai, kopumā variē līdzīgi, vienīgi pie robežas ar blakus audzi (0 m), ka arī 60 m attālumā, indeksa vērtību amplitūda ir mazāka (3.20. attēls). Attālumam nav statistiski būtiskas ietekmes arī uz Simpsona daudzveidības indeksa vērtībām parauglaukumos, jo iegūtā p -vērtība ir lielāka par būtiskuma līmeni $\alpha=0.05$ ($p = 0.20$).



Sarkanie punkti apzīmē mediānas vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu indeksu vērtības

3.20. attēls. Parauglaukumu Simpsona daudzveidības indeksu vērtību izkliede atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai

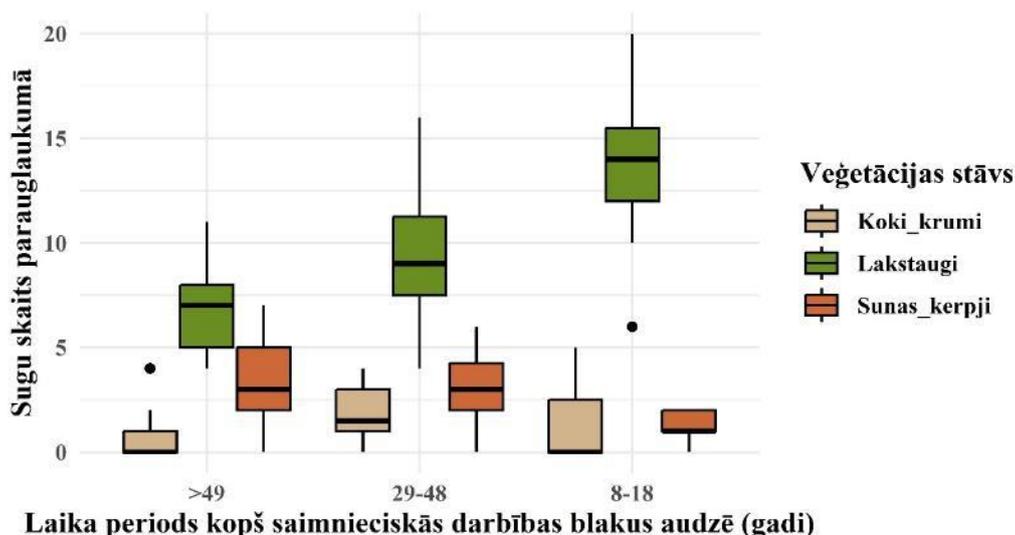
Sugu daudzveidība atkarībā no laika perioda, kopš blakus audzē pēdējo reizi veikta mežsaimnieciskā darbība

Izvērtējot sugu daudzveidības atšķirības biotopos, saistībā ar dažādiem laika periodiem kopš blakus audzē veikta vienlaidus atjaunošanas cirte, konstatēts, ka lakstaugu stāvā vidēji lielākais sugu skaits fiksēts pētāmajos objektos, kuru tiešā tuvumā mežsaimnieciskā darbība veikta pirms 8 – 18 gadiem jeb vidēji 13.73 ± 3.95 sugas (3.8. tabula). Mazākais sugu skaits lakstaugu stāvā konstatēts biotopos, kuru tuvumā saimnieciskā darbība notikusi pirms ≥ 49 gadiem jeb vidēji 6.76 ± 1.89 sugas, no kā secināms, ka lakstaugu sugu skaits biotopā samazinās, pieaugot laika periodam, kopš saimnieciskās darbības.

3.8. tabula

Vidējais sugu skaits pa veģetācijas stāviem atkarībā no laika perioda, kas pagājis, kopš pēdējās saimnieciskās darbības blakus audzē (\pm standartnovirze)

Laiks kopš saimn. darb. blakus audzē (gadi)	Vidējais sugu skaits			\pm SD		
	Koki un krūmi	Sūnas un ķērpji	Lakstaugi	Koki un krūmi	Sūnas un ķērpji	Lakstaugi
8-18	1.55	1.27	13.73	2.02	0.79	3.95
29-48	1.75	3.13	9.25	1.34	1.75	3.32
>49	0.71	3.29	6.76	1.05	2.23	1.89



3.21. attēls. Vidējais sugu skaits parauglaukumos pa veģetācijas stāviem atkarībā no laika perioda (gados) kopš pēdējās saimnieciskās darbības blakus audzē

Sūnu un ķerpju stāvā novērojamas pretējas sakarības – lielākais vidējais sūnu skaits (3.29 ± 2.23) novērojams biotopos, kuru tuvumā saimnieciskā darbība notikusi pirms ≥ 49 gadiem, taču vidēji mazākais sugu skaits (1.27 ± 0.79) - biotopos, kuru tuvumā saimnieciskā darbība notikusi pirms 8 – 18 gadiem. Koku un krūmu stāvā, līdzīgi kā lakstaugu stāvā, mazākais vidējais sugu skaits jeb 1.75 ± 1.34 konstatēts biotopos, kuru tuvumā visvēlāk veiktas mežsaimnieciskā darbības (pirms 8 – 18 gadu). Lielākais vidējais skaits sugu koku un krūmu stāvā fiksēts biotopos, kuru blakus audzē vienlaidus atjaunošanas cirte veikta pirms 29 – 48 gadiem.

Vidēji lielākā daudzveidību raksturojošā Šenona-Vīnera indeksa vērtība novērojama parauglaukumiem, kuri atrodas biotopos, kuru blakus audzē saimnieciskā darbība veikta pirms 8–18 gadiem (2.32 ± 0.35) (3.9. tabula), taču vidēji zemākā vērtība (1.92 ± 0.30) konstatēta situācijā, kad mežsaimnieciskā darbība blakus audzē veikta pirms ≥ 49 gadiem. Šenona-Vīnera vērtību izkliedes amplitūda visos scenārijos ir līdzīga, izņemot gadījumu, kad atjaunošanas cirte blakus audzē veikta pirms 29-48 gadiem, kur novērojama izlecoša vērtība ar ļoti zemu indeksa vērtību (3.22. attēls).

3.9. tabula

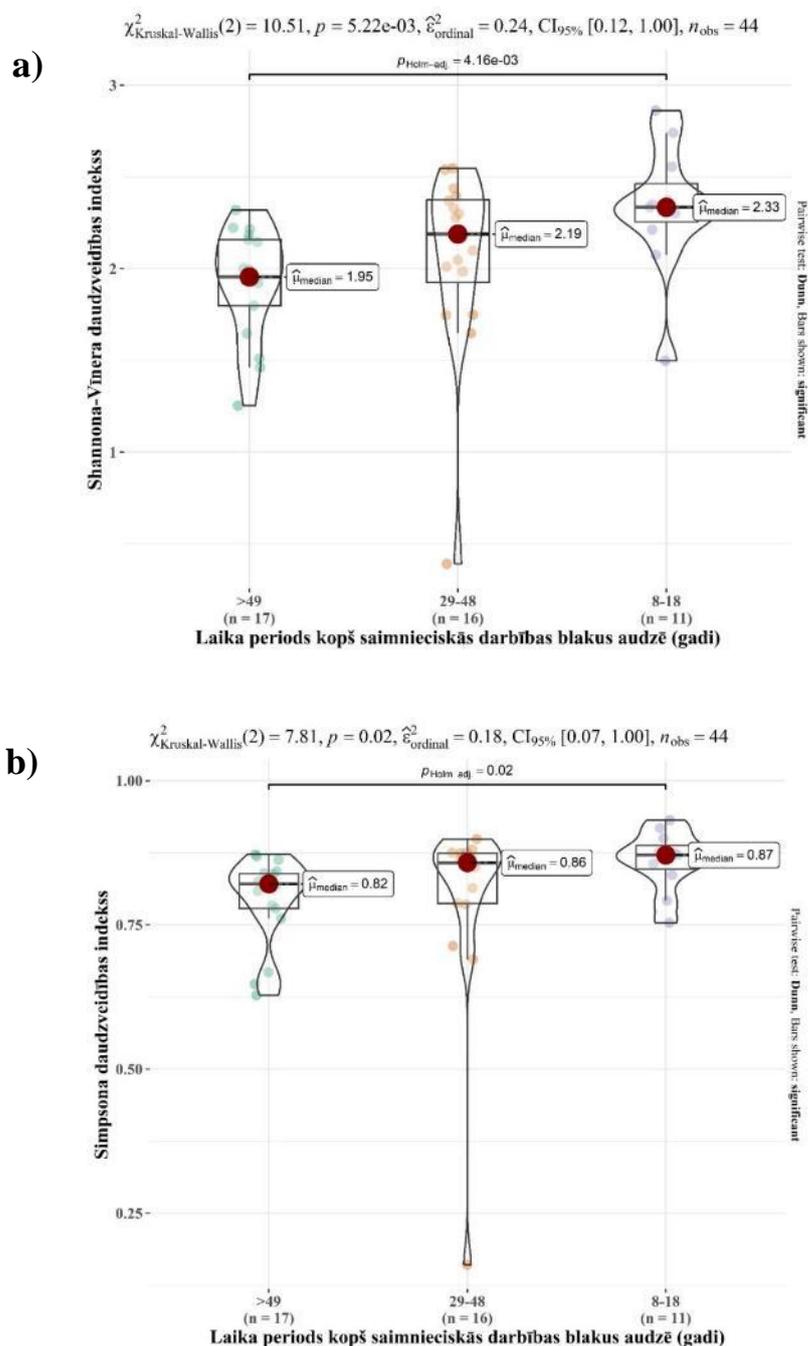
Šenona-Vīnera un Simpsona daudzveidības indeksu vidējās vērtības atkarībā no attāluma līdz blakus audzes malai (\pm standartnovirze)

Laika intervāls, kopš mežsaimn. darb. blakus audzē (gadi)	Šenona-Vīnera ind.	\pm SD	Simpsona ind.	\pm SD
>18	2.32	0.35	0.86	0.05
29-48	2.05	0.52	0.79	0.18
≥ 49	1.92	0.3	0.79	0.08

Laika periodam, kopš saimnieciskās darbības blakus audzē ir statistiski būtiska ietekmes uz Šenona-Vīnera indeksa vērtībām parauglaukumos, jo iegūtā p -vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $\alpha=0.05$ ($p = 5.22e-03$) (11. attēls, a). Statistiski būtiskas atšķirības daudzveidības indeksa vērtībās novērojamas starp parauglaukumiem, kuru tuvumā ir blakus audze, kurā saimnieciskā darbība veikta pirms ≥ 49 gadiem un 8 – 18 gadiem jeb starp vecāko un jaunāko audzes malu ($p = 4.16e-03$).

Vidēji lielākā Simpsona daudzveidības indeksa vērtība novērojama parauglaukumiem, kuri atrodas biotopos, kuru blakus audzē saimnieciskā darbība veikta pirms 8–18 gadiem (0.86 ± 0.05) (6.

tabula), taču variantos, kad saimnieciskā darbība veikta pirms 29–48 gadiem un pirms ≥ 49 gadiem, vidējās Simpsona indeksa vērtības ir 0.79 ± 0.18 ; 0.08 . Laika periodam, kopš vienlaidus atjaunošanas cirtes biotopa blakus audzē ir statistiski būtiska ietekme arī uz Simpsona daudzveidības indeksa vērtībām, jo iegūtā p -vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni $\alpha=0.05$ ($p = 0.02$) (11. attēls, b). Līdzīgi kā iepriekš, ir novērojamas statistiski būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem, kuru tuvumā ir blakus audze, kurā saimnieciskā darbība veikta pirms ≥ 49 gadiem un 8 – 18 gadiem (p - vērtība = 0.02).



Sarkanie punkti apzīmē mediānas vērtību, krāsainie punkti – individuālās parauglaukumu indeksu vērtības

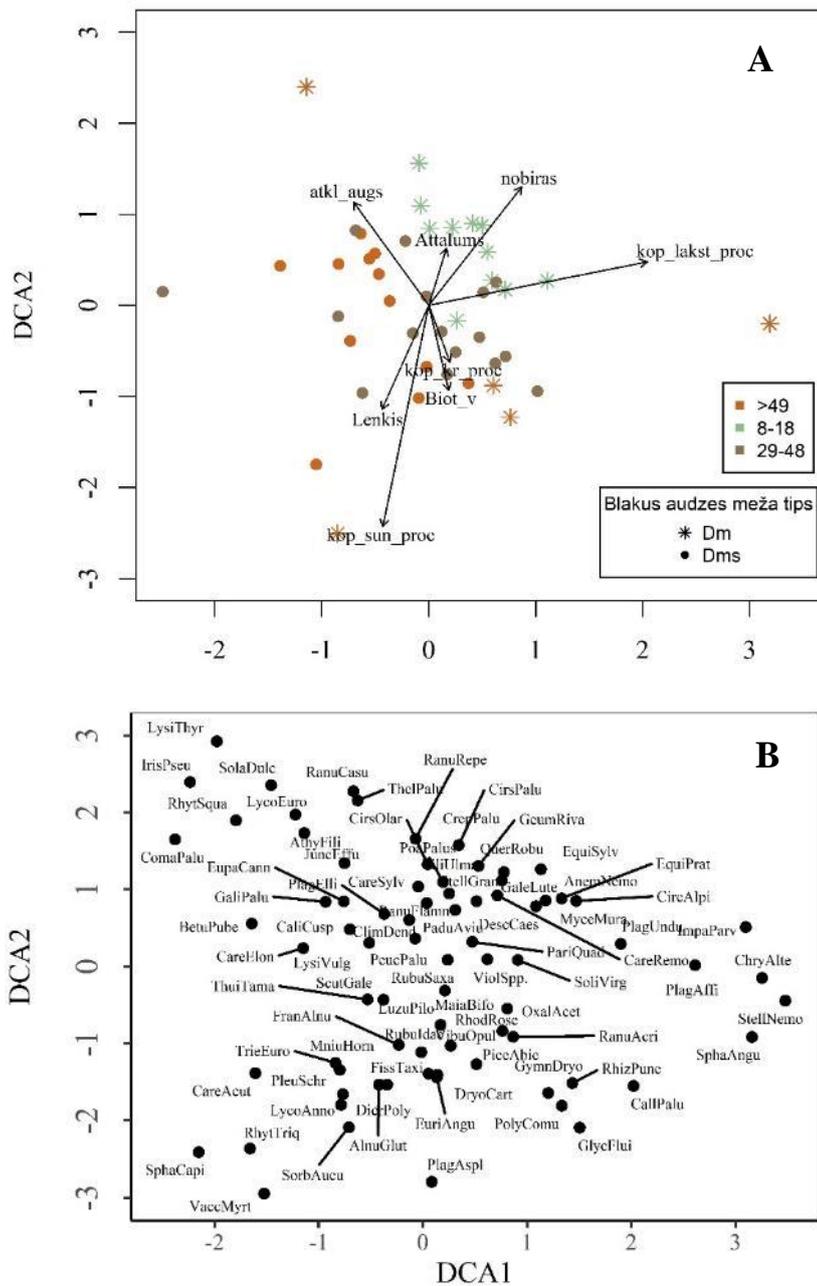
3.22. attēls. Parauglaukumu Šannona-Vīnera (a) un Simpsona (b) daudzveidības indeksu vērtību izkliede atkarībā no laika perioda, kad blakus audzē pēdējo reizi veikta mežsaimnieciskā darbība

Malas efekta ietekme uz sugu sabiedrībām

Malas efektu raksturojošo mainīgo audzes parametru (biotopa audzes vecuma; leņķis, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs; attālums no blakus audzes malas; laika periods, kopš blakus audzē pēdējo reizi veikta vienlaidus atjaunošanas cirte; blakus audzes meža tips; kopējais lakstaugu procentuālais segums parauglaukumā; kopējais koku un krūmu procentuālais segums parauglaukumā; kopējais sūnu un ķērpju procentuālais segums parauglaukumā; nobiru procentuālais segums parauglaukumā; atklātās augsnes procentuālais segums parauglaukumā) izklīede DCA ordinācijas 2D attēlā analizēta parauglaukumu gradientam (3.23. attēls, A). Iegūts arī veģetācijas procentuālā seguma ordinācijas 2D attēls, un, pateicoties x un y asu samērotajam mēroga, iespējams analizēt veģetācijas sugu saistību ar veģetācijas sugu izklīedi (3.23. attēls, B). Pirmās un otrās ass eigenvērtības ir 0.5506 un 0.5514.

Ir novērojama neliela parauglaukumu grupēšanās atkarībā no blakus audzes vecuma – parauglaukumi no biotopu nogabaliem, kuru blakus audzē saimnieciskā darbība veikta pirms 8 – 18 gadiem, veido viziteiktāko klāsteri, taču parauglaukumi, kuri ierīkoti biotopos, kuru blakus audzē mežsaimnieciskās darbības veiktas pirms 29 – 48 un ≥ 49 gadiem, ir savstarpēji izklīedētai, neveidojot izteiktus grupējumus. Parauglaukumi, kuriem ir vecāka blakus audzes mala, ir plašāk un daudzveidīgāk izdalīti pa ordinācijas plakni, īpaši parauglaukumi, kuru blakus audzē ir sausāki – damakšņa meža tipam raksturīgi augšanas apstākļi. Pēc šīm sakarībām secināms, ka parauglaukumos, ar jaunāku blakus audzi, novērojami atšķirīgāki augšanas apstākļi, nekā abos vecākajos variantos, taču tie ir savstarpēji līdzīgāki starp parauglaukumiem.

Parauglaukumos ar jaunāku blakus audzes malu, novērojams lielāks nobiru procentuālais segums. Ar šiem parauglaukumiem lielā mērā saistīts arī vidēji lielāks lakstaugu stāva procentuālais segums, taču mazāks sūnu un ķērpju stāva, kā arī koku un krūmu stāva procentuālais segums. Šajos parauglaukumos raksturīgas vairākas mitrākiem augšanas apstākļiem raksturīgas sugas, piemēram, ložņu gundega *Ranunculus repens*, purva dadzis *Cirsium palustre*, pļavas bitene *Geum rivale*, kā arī melnalkšņu staignāju biotopiem raksturīgā parastā vīgrieze *Filipendula ulmaria* un purva cietpiene *Crepis paludosa*. Sastopamas arī sugas, kuras lielākoties izplatītas uz auglīgām augtenēm: dzeltenā zeltņātrīte *Galeobdolon luteum*, baltais vizbulis *Anemone nemorosa*, meža grīslis *Carex sylvatica*, zāļlapu virza *Stellaria graminea*. Sastopamas arī sugas, kuras parasti aug sausākos vai neauglīgākos apstākļos: pļavas kosa *Equisetum pratense*, meža kosa *Equisetum sylvaticum*, dzeltenā zeltgalvīte *Solidago virgaurea*. Ordinācijas attēlā novērojams, ka, no koku un krūmu stāva sugām, šiem parauglaukumiem ir saistība ar parasto ozolu *Quercus robur*, kas nav dumbrāju meža tipam raksturīga suga. No sūnu un ķērpju stāva sugām sastopama viļņainā skrejlape *Plagiomnium undulatum*, kas parasti sastopama uz eitrofām augsnēm.



Mainīgie audzes parametri attēloti kā vektori (**Biot_v** – biotopa audzes vecums; **Lenkis** - leņķis, kādā pret konkrētās blakus audzes robežas malu atrodas parauglaukuma centrs; **Attalums** – attālums no blakus audzes malas; **kop_lakst_proc** – kopējais lakstaugu procentuālais segums parauglaukumā; **kop_kr_proc** – kopējais koku un krūmu procentuālais segums parauglaukumā; **kop_sun_proc** – kopējais sūnu un ķērpju procentuālais segums parauglaukumā; **nobiras** – nobiru aizņemtālais procentuālais segums parauglaukumā; **atkl_augs** – atklātās augsnes procentuālais segums parauglaukumā.

3.23. attēls. Detrendētās sugu daudzveidības korespondentanalīzes (DCA) ordinācijas attēls ierīkotajiem parauglaukumiem (A) un sugu procentuālajam segumam (B)

Parauglaukumu, kuri ierīkoti biotopos, kuru blakus audzē vienlaidus atjaunošanas cirte veikta pirms 29 – 48 gadiem un ≥ 49 gadiem, izklīde ordinācijas plaknē lielā mērā pārklājas, kas norāda uz tendenci, ka sugu sabiedrības šajos biotopos ir relatīvi līdzīgas, izņemot novērotajos gadījumos, kad vecākās blakus audzes biotopu parauglaukumi izkārtājušies ordinācijas plaknes malās (3.23. attēls, A). Abas parauglaukumu grupas ir saistītas ar lielāku vidējo sūnu un ķērpju stāva procentuālo segumu parauglaukumos, kā arī ar lielāku vidējo koku un krūmu stāva

procentuālo segumu parauglaukumos – pretēji, kā tas tika novērots gadījumā, kad mežsaimnieciskā darbība blakus audzē veikta relatīvi nesen (pirms 8-18 gadiem). Novērojama arī parauglaukumu un sugu grupēšanās, atkarībā no leņķa un attāluma kādā tie izvietoti no blakus audzes malas – pieaugot attālumam, pretējā virzienā pieaug leņķis, kas nozīmē, ka tie ir savstarpēji negatīvi korelējoši parametri. Korelācijas koeficients ir -0.91, kas apstiprina, ka starp šiem parametriem eksistē izteikti negatīva korelācija. Kopumā ar šiem parauglaukumiem saistīts arī lielāks biotopa audzes vecums.

Parauglaukumi, kuriem ir vecāka blakus audzes mala un kuri atrodas tālāk no blakus audzes malas jeb dziļāk biotopa nogabalā, ir saistīti ar tādām mitros apstākļos augošām lakstaugu sugām, kā bruņu ķiverene *Scutellaria galericulata*, četrlapu čūskoga *Paris quadrifolia*, purva rūktdille *Peucedanum palustre*, taču novērojama saistība arī ar vairākām sugām, kuras parasti sastopamas boreālos mežos, vai augot sausākos meža tipos, vai potenciāli uz ciņiem dumbrājos: pūkainā zemzālīte *Luzula pilosa*, divlapu žagatiņa *Maianthemum bifolium*, meža zaķskābene *Oxalis acetosella* un vijolišu ģints *viola spp.* sugas. Tālāk no blakus audzes malas sastopamas tādas koku un krūmu stāva sugas, kā parastā irbene *Viburnum opulus*, meža avene *Rubus idaeus*, parastais krūklis *Frangula alnus* un parastā egļe *Picea abies*. No sūnu un ķērpju stāva, ar minētajiem apstākļiem asociējamas tādas sugas, kā parastā rožgalvīte *Rhodobrium roseum*, dižā ežlape *Thuidium tamariscinum*, parastā kociņsūna *Climacium dendroides*, platlapu knābīte *Eurinchium angustirete*.

Parauglaukumi, kuriem ir vecāka blakus audzes mala un kuri izvietoti tuvāk blakus audzei, ir saistīti ar tādām lakstaugu sugām, kā parastā mellene *Vaccinium myrtillus*, Eiropas septiņstarīte *Trientalis europaea*, krastmalas grīslis *Carex acutiformis*, gada staipekņis *Lycopodium annotinum*, peldošā ūdenszāle *Glyceria fluitans*. No koku un krūmu stāva sugām ar šiem parauglaukumiem saistīts melnalksnis *Alnus glutinosa* un parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia*. Malas tuvumā biežāk sastopamas tādas sūnu sugas, kā smaillapu sfagns *Sphagnum capillifolium*, lielā spuraine *Rhytidiadelphus triquetrus*, lielā greizkausīte *Plagiochila asplenoides*, viļņainā divzobe *Dicranum polysetum* un Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi*.

Parauglaukumiem, kuri ir lielākā mērā saistīti ar augstāku vidējo atklātas augsnes procentuālo segumu, ir izteiktāka saistība ar sugām, kuras uzskatāmas par staignāju biotopiem raksturīgām. Iespējams, tas skaidrojams ar to, ka, šajā gadījumā, atklātā augsne reprezentē periodiski pārplūstošo ieplaku esamību. Biotopam raksturīgo struktūru klātbūtne visticamāk veicina arī konkrēto sugu saistību ar šiem parauglaukumiem ordinācijas plaknē. Kopumā ar šiem parauglaukumiem saistītas tādas lakstaugu stāva sugas, kā purva skalbe *Iris pseudacorus*, beberukārklīņš *Solanum dulcamara*, purva vārnkāja *Comarum palustre*, Eiropas vilknadze, *Lycopus europaeus*, parastā sievpararde *Athyrium filix-femina*, parastā purvpararde *Thelypteris palustris*, izplestais donis *Juncus effusus*, dzeltenā ķerkarzeltene *Lysimachia thyrsoiflora* u.c., taču sūnu sugām – dumbra skrajlape *Plagiomnium ellipticum*, parastā spuraine *Rhytidiadelphus squarrosus*.

Kopsavilkums

Laika periodam, kopš melnalkšņu staignāju mežu biotopa blakus audzē pēdējo reizi veikta vienlaidus atjaunošanas cirte, ir statistiski būtiska saistība ar sugu daudzveidību biotopā. Palielinoties laika periodam, kas pagājis kopš apsaimniekošanas blakus audzē, veģetācijas sugu daudzveidība pamazām samazinās. Šīs sakarības iespējams skaidrot ar to, ka pēc tāda traucējuma kā atjaunošanas cirte, biotopa nogabala ārējā daļā palielinās iespēja ieviesties dažādām pioniersugām. Ir jādomā, kā veidot atvērumus tā, lai ilgtermiņā nodrošinātu biotopiem raksturīgo veģetācijas sastāva saglabāšanos, un mazinātu mijiedarbību starp izcirtumu un biotopu.

Attālumam no blakus audzes malas un leņķim, kas raksturo atvērumu ar kādu parauglaukuma centrs pozicionēts pret blakus audzi, nav statistiski būtiskas ietekmes uz veģetācijas sugu daudzveidību melnalkšņu staignāju biotopos. Lai gan nav novērojamas būtiskas atšķirības sugu skaitā atkarībā no attāluma, ir novērojama mainība sugu sabiedrībās. Melnalkšņu

dumbrājiem raksturīgās sugas lielākoties saistītas ar parauglaukumiem, kuru centri pozicionēti šaurākā atvērumā pret blakus audzi jeb lielākā attālumā no malas. Leņķis, kādā pret ietekmējošajiem faktoriem pozicionēts parauglaukums, ir potenciāli pielietojams parametrs, lai novērtētu, piemēram, cik platu malu starp biotopa nogabalu un apsaimniekojamo blakus audzi būtu ieteicams veidot, lai spētu minimizēt jauni veidotā atvēruma ietekmi uz raksturīgo veģētāciju biotopos.

Kompleksa abu gadu ievākto datu analīze paredzēta nākamajā gadā. Lai pilnvērtīgāk novērtētu situāciju uz izprastu saistību starp malas efekta ietekmi un melnalkšņu staigāju biotopu veģētācijas dinamiku periodā pēc blakus audzes atjaunošanas, būtu nepieciešams novērtēt arī kokaudzes parametrus. Dumbrājiem raksturīgo veģētācijas sugu klātbūtnei jau novērojama saistība ar, piemēram, atklātās augsnes procentuālo segumu parauglaukumos, tāpēc domājams, ka tādi faktori, kā audzes šķērslaukums, biežība, kokaudzes sugu sastāvs un blakus audzes nogabala platība varētu ietekmēt veģētācijas sugu sabiedrības un sugu sastopamību biotopā.

3.3. Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika

Pamatojums.

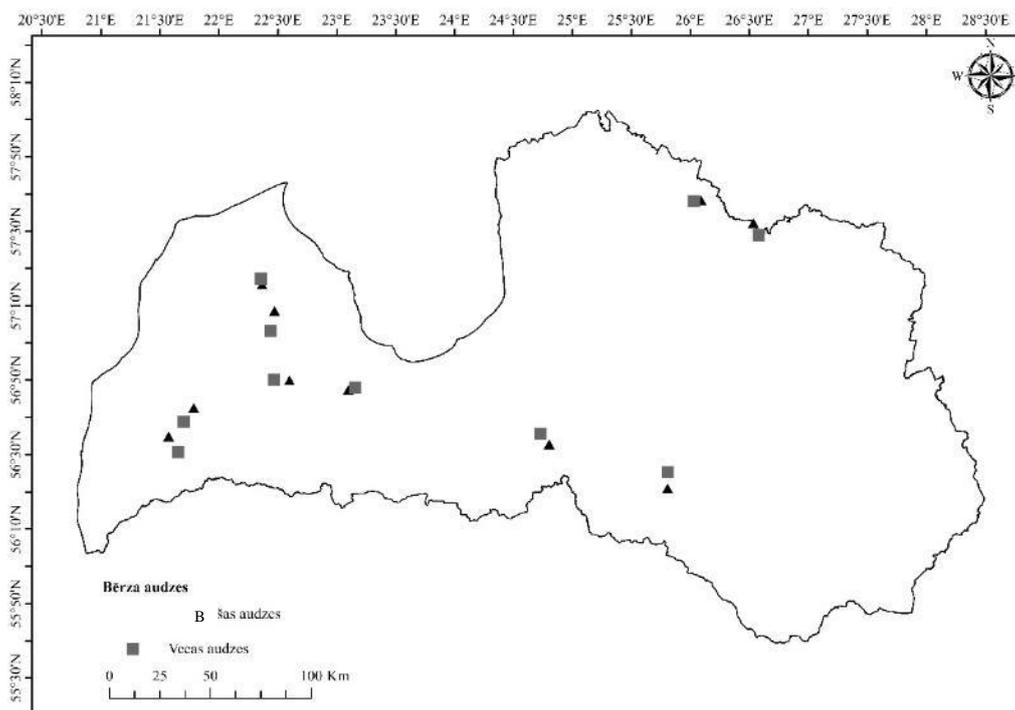
Zemsedzes veģētācija ir būtisks elements mežu biotopos, nodrošinot barības un dzīves apstākļus dažādām savvaļas sugām (Felton et al., 2018). Tās sastāvs un segums ir atkarīgs no vairākiem faktoriem. Svarīgs ir kopējais kokaudzes sugu sastāvs (Smith et al., 2007), audzes biežums-vainagu slēgums (Hedwall et al., 2019), kokaudzes caurmēra un augstuma sadalījums (Oettel and Lapin, 2021), atmirušas koksnes apjoms (Humphrey et al., 2002), kā arī audzes vecums (Smith et al., 2007). Pastāv viedoklis, ka veci meži ir galvenās ekosistēmas, kas nodrošina lielu bioloģisko daudzveidību (Burrascano et al., 2013). Uzska, ka liela bioloģiskā daudzveidība ir audzes vecuma rezultāts, jo mežaudze atrodas vēlā sukcesijas fāzē (Viljur et al., 2022). Tomēr palielināta sugu bioloģiskā daudzveidība vecās mežaudzēs var būt arī traucējuma rezultāts (Mayor et al., 2012; Paillet et al., 2010). Lai arī mežaudzes vecums bieži korelē ar svarīgiem audzes strukturālajiem rādītājiem un audzes sastāvu (Cosovic et al., 2020), mežaudzes vecums nevar būt vienīgais faktors, kuru izmanto bioloģiskās daudzveidības prognozēšanā. Ir vajadzīgs komplekss novērtējums mežaudzes sastāvam un struktūrai (Oettel, Lapin 2021). Šī darba mērķis bija noskaidrot zemsedzes veģētācijas atšķirības briestaudzēs un vecās bērzu audzēs un novērtēt potenciāli ietekmējošos mežaudzes raksturlielumus.

Pētījuma mērķis ir izvērtēt audzes vecuma un citu faktoru ietekmi uz bioloģiskās daudzveidības rādītājiem bioloģiski vecās un pieaugušās audzēs.

Objekti un metodika

Kokaudzi raksturojošo parametru uzmērīšana un veģētācijas sastāva un seguma novērtēšana saskaņā ar plānoto veikta 20 bērzu audzēs (3.24. attēls, 3.10.tabula). Veģētācija novērtēta 10 vecās bērzu audzēs (vidējais koku vecums audzē 129±7 gadi, maksimālais koku vecums 148 gadi, minimālais koku vecums 124 gadi), kurās nav zināmu vai konstatētu saimnieciskās darbības pazīmju vismaz pēdējos 40 gadus. Salīdzināšanai pēc taksācijas apraksta iespējami tuvu šīm audzēm atlasītas kontroles audzes, kurās vismaz pēdējos 20 gados nav veikta saimnieciskā darbība (sanitārā cirte vai retināšana), vai nav konstatējamās tās pazīmes dabā un kurās, pēc apsekojuma dabā, ir tāds pat meža tips, kā tuvākajā vecajā audzē. Kontroles (turpmāk tekstā - briestaudzes) audžu vidējais koku vecums 65±6 gadi, maksimālais koku vecums 69 gadi,

minimālais koku vecums 53 gadi. Mežaudze uzmērīta un veģetācijas sastāvs un segums novērtēts divos meža tipos – damaksnis un vēris.



3.24.attēls. Pētīto mežaudžu izvietojums

3.10. tabula

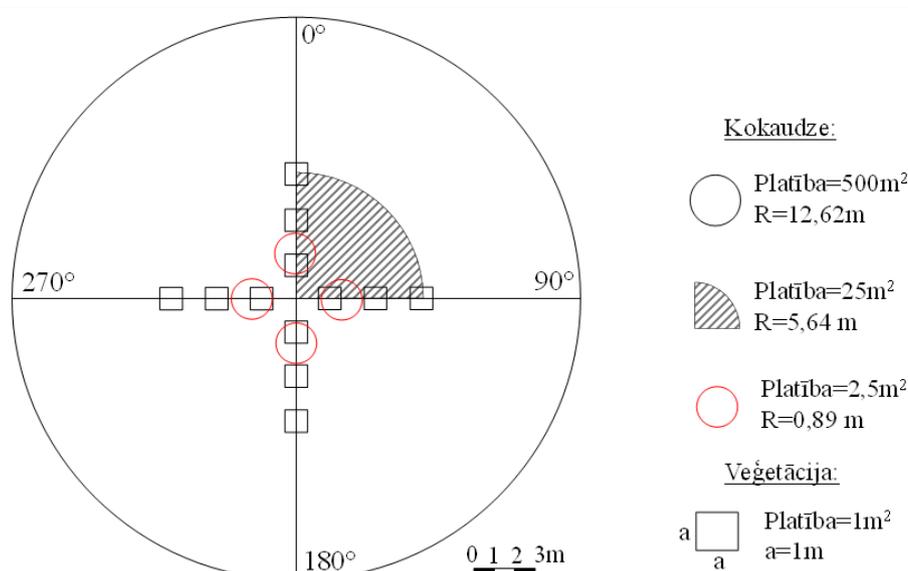
Pētīto audžu saraksts

Objekts	MT	Vecums	Vecuma grupa	Objekts	MT	Vecums	Vecuma grupa
504_377_4	Vr	53	Briestaudze	504_267_12	Vr	125	Veca
603_401_10	Dm	69	Briestaudze	603_416_4	Dm	124	Veca
304_4_45	Dm	68	Briestaudze	301_91_13	Dm	128	Veca
105_323_18	Vr	68	Briestaudze	105_403_7	Vr	148	Veca
103_171_4	Vr	69	Briestaudze	103_165_19	Vr	129	Veca
205_167_19	Dm	65	Briestaudze	205_187_10	Dm	126	Veca
204_331_10	Dm	56	Briestaudze	210_93_36	Dm	131	Veca
711_14_15	Dm	64	Briestaudze	706_388_14	Dm	136	Veca
711_280_7	Vr	69	Briestaudze	714_187_19	Vr	124	Veca
602_366_16	Vr	69	Briestaudze	602_313_17	Vr	124	Veca

Lai veiktu mežaudzes uzmērīšanu, katrā no audzēm izveidoti četri apļveida parauglaukumi, kopumā mērījumi veikti 80 parauglaukumos. Visā parauglaukuma platībā uzmērīja stāvošus kokus (dzīvs, sausoknis un stumbenis, un atsevišķos gadījumos kritālas, ja tās gāzoties iekārušās un nav bijis iespējams nomērīt abus kritālas galus), kuru krūšaugstuma caurmērs ir vismaz 6.1cm, bet kokus, kuru krūšaugstuma caurmērs ir 2.1-6.0 cm uzmēra 25m² lielā laukumā, kas ir 0-90° sektors no 100m² laukuma. Kokiem nomērīts augstums un caurmērs un noteikta suga. Paaugas kokus (H>0.1m) uzmēra četros 2.5m² lielos uzskaites laukumos, kuru centri izvietoti divu metru attālumā uz katru no kardinālajiem virzieniem. Paaugas kokiem noteikta suga un mērīts augstums un diametrs.

Katrā no šiem, kopumā 80 parauglaukumiem, regulārā tīklā izvietoti 12 veģetācijas uzskaites laukumi (1x1m) (3.25. attēls). Par šo uzskaites laukumu tīkla centru uzskatīts kokaudzes uzmērīšanas laukuma centrs. Katrā no kardinālajiem virzieniem izvietoja trīs 1x1 m lielus

veģetācijas uzskaites laukumus ar viena metra distanci starp tiem. Kopumā veģetācija vērtēta 960 veģetācijas uzskaites laukumos. Lai precīzāk raksturotu veģetāciju, tai izdalīti 3 stāvi – sūnu, lakstaugu, koku un krūmu. Tāpat izveidotas papildus kategorijas – atsegta augsne, nobiras, kritālas. Veikta gan sugu, gan papildus kategoriju novērtēšana procentuālajā segumā, pieņemot, ka 1x1m ir 100%. Veģetācijas datiem aprēķināts vidējais procentuālais segums katrā no stāviem (sūnu, lakstaugu, koku un krūmu), tāpat vidējais procentuālais segums nobirām, atklātai augsnei un kritālām. Vidējais sugu skaits aprēķināts iegūstot kopējo konstatēto sugu skaitu parauglaukuma ietvaros (visos 12 parauglaukumos ar platību 1 m²) un izdalot ar kopējo parauglaukumu skaitu attiecīgajā vecuma grupā. Vispārējai veģetācijas daudzveidības novērtēšanai aprēķināts vidējais Šenona – Vīnera un Simpsona indekss. Sugu skaita, procentuālā seguma un bioloģiskās daudzveidības indeksu atšķirības aprēķinātas izmantojot Type III ANOVA (Satterthwaite metode). Pielietota korelācijas analīze, lai noskaidrotu, kuriem mežaudzes faktoriem vērojama korelācija ar veģetācijas sugu skaitu un bioloģiskās daudzveidības indeksiem. Izveidota DCA ordinācija katram no stāviem, salīdzinot veģetācijas datus ar mežaudzi raksturojošajiem parametriem. Datu statistiskā analīze veikta datorprogrammā R v. 4.2.2 (R Core Team, 2022).



3.25. attēls. Parauglaukumu shēma

Rezultāti

Mežaudzes raksturojums

Kokaudzes stāvs (I). Kokaudzes vidējie rādītāji I stāvā izteikti atšķirās starp briestaudzēm un vecām audzēm (3.11. tabula). Vidējais koku caurmērs parauglaukuma ietvaros veco audžu pirmajā stāvā bija robežās no 24.5–57.4 cm, savukārt briestaudzēs robežās no 19.8–34.0 cm. Vidējais koku augstums veco audžu pirmajā stāvā bija robežās no 22.4–35.3 m, savukārt briestaudzēs robežās no 21.4–30.2 m. Vidējais šķērslaukums veco audžu pirmajā stāvā bija robežās no 13.3–52.5 m²ha⁻¹, savukārt briestaudzēs robežās no 12.6–39.8 m²ha⁻¹. Vidējā koku krāja veco audžu pirmajā stāvā bija robežās no 159–828 m³ha⁻¹, savukārt briestaudzēs robežās no 150.6–539.0 m³ha⁻¹. Vidējais audzes biežums veco audžu pirmajā stāvā bija robežās no 120–580 gab. ha⁻¹, savukārt briestaudzēs robežās no 180–840 gab. ha⁻¹.

Kokaudzes stāvs (II). Otrā kokaudzes stāvā kokaudzes rādītāji bija savstarpēji līdzīgāki starp abām vecuma grupām. Vidējais koku caurmērs veco audžu otrajā stāvā parauglaukuma ietvaros bija robežās no 12.8–23.9cm, briestaudzēs robežās no 10.8–27.1 cm. Vidējais koku augstums veco audžu otrajā stāvā bija robežās no 12.8–20.2 m, savukārt briestaudzēs robežās no

11.7–19.2 m. Vidējais šķērslaukums veco audžu otrajā stāvā bija robežās no 1.3–21.2 m²ha⁻¹, savukārt briestaudzēs robežās no 0.7–15.4 m²ha⁻¹. Vidējā koku krāja veco audžu otrajā stāvā bija robežās no 10–202 m³ha⁻¹, briestaudzēs robežās no 4.9–142.1 m³ha⁻¹. Vidējais audzes biežums veco audžu otrajā stāvā bija robežās no 60–1640 gab. ha⁻¹, briestaudzēs robežās no 20–1040 gab. ha⁻¹.

Kokaudzes stāvs (III). Vidējais koku caurmērs veco audžu trešajā stāvā parauglaukuma ietvaros bija robežās no 3.4–9.1 cm, briestaudzēs robežās no 2.2–11.6 cm. Vidējais koku augstums veco audžu trešajā stāvā bija robežās no 3.7–9.4 m, briestaudzēs robežās no 3.8–11.3 m. Vidējais šķērslaukums veco audžu trešajā stāvā bija robežās no 0.2–5.2 m²ha⁻¹, briestaudzēs robežās no 0.0–5.1 m²ha⁻¹. Vidējā koku krāja veco audžu trešajā stāvā bija robežās no 0.8–25.1 m³ha⁻¹, briestaudzēs robežās no 0.0–25.4 m³ha⁻¹. Vidējais audzes biežums veco audžu trešajā stāvā bija robežās no 40–4020 gab. ha⁻¹, briestaudzēs robežās no 0–3900 gab. ha⁻¹. Lielais audzes biežums III stāvā galvenokārt skaidrojams ar lazdu un egles klātbūtni pamežā.

3.11. tabula

Mežaudzes vidējie taksācijas rādījumi briestaudzēs un vecās bērzu audzēs (D – diametrs, H – augstums, G – šķērslaukums, M – krāja, N – audzes biežums, ±SD). Vidējie rādītāji aprēķināti no katra parauglaukuma vidējam vērtībām konkrētajā vecuma grupā.

Vecuma grupa	Parametri	I stāvs	II stāvs	III stāvs
	D, cm	26.6±3.5	15.8±2.8	6.6±2.7
	H, m	27.0 ±2.4	16.3 ±1.5	7.7 ±2.1
	G, m ² ha ⁻¹	25.6±6.5	6.7±3.7	0.9±1.1
	M, m ³ ha ⁻¹	316.6± 87.7	57.0± 34.2	4.4± 4.9
	Briestaudzes	N, gab. ha ⁻¹	486±175	363±226
Vecas audzes	D, cm	37.3±7.5	17.2±3.0	6.8±2.3
	H, m	28.9±3.0	16.1±2.1	6.9±1.6
	G, m ² ha ⁻¹	32.7±9.1	8.5±4.9	1.4±1.3
	M, m ³ ha ⁻¹	430±138.0	72±45.0	6.6±5.3
	N, gab. ha ⁻¹	333±111	418±305	610.3±815

Atmiruši koksne. Vidējais kritalu daudzums veco audžu parauglaukumu ietvaros bija robežās no 8.0–100 m³ha⁻¹, vidēji 40.5± 24.1 m³ha⁻¹. Savukārt briestaudzēs robežās no 0.0–79.3 m³ha⁻¹, vidēji 15.7± 15.8 m³ha⁻¹. Stumbeņu daudzums veco audžu parauglaukuma ietvaros bija robežās no 0.0–59.6 m³ha⁻¹, vidēji 9.4± 13.5 m³ha⁻¹. Savukārt briestaudzēs robežās no 0.0–11.5 m³ha⁻¹, vidēji 2.2± 2.7m³ha⁻¹. Vidējais sausokņu daudzums veco audžu parauglaukuma ietvaros bija robežās no 0.0–61.5 m³ha⁻¹, vidēji 11.2 ± 14.3 m³ha⁻¹. Savukārt briestaudzēs robežās no 0.0–44.3 m³ha⁻¹, vidēji 7.6± 10.1 m³ha⁻¹. Kopējais konstatētais atmirušās koksnes daudzums vecajās audzēs bija statistiski būtiski lielāks kā briestaudzēs (p<0.05).

Koku sugu sastāvs. Sugas, kas konstatētas visos mežaudzes stāvos bija – āra bērzs *Betula pendula*, parastā egle *Picea abies*, parastā priede *Pinus sylvestris*, parastā apse *Populus tremula*, baltalksnis *Alnus incana*, parastais ozols *Quercus robur*, melnalksnis *Alnus glutinosa*, liepa *Tilia cordata*, parastais osis *Fraxinus excelsior*. Parastā kļava *Acer platanoides* un parastā goba *Ulmus glabra* piemistrojamā konstatētas tikai otrajā un trešajā mežaudzes stāvā. Parastā goba konstatēta tikai briestaudzēs. Tikai otrajā kokaudzes stāvā konstatēts parastā pīlādža *Sorbus aucuparia* un blīgzņas *Salix caprea* piemistrojums, bet trešajā kokaudzes stāvā parastās lazdas *Corylus avellana* un parastās ievas *Padus avium* piemistrojums. Lielāko daļu piemistrojuma veido parastā egle, bieži arī parastā apse (I kokaudzes stāvā), parastais ozols (kokaudzes II stāvā) un parastā lazda (kokaudzes III stāvā).

Veģetācijas raksturojums

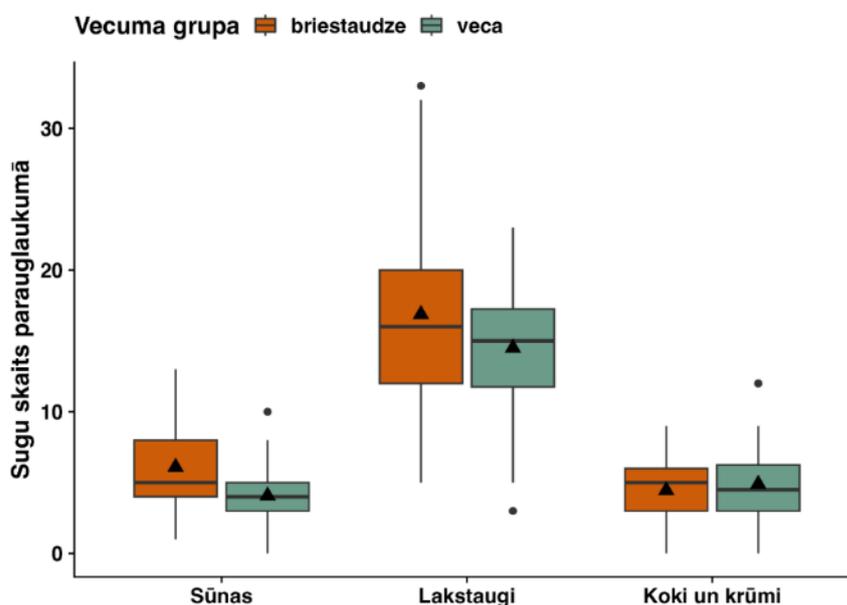
Sugu skaits. Apsekošanas laikā kopumā konstatētas 143 sugas, no tām 100 lakstaugu, 25 koku un krūmu sugas un 18 sūnu sugas. Briestaudzēs sūnu stāvā kopumā konstatētas 17 sugas, lakstaugu stāvā 89 sugas, koku un krūmu stāvā 22 sugas, savukārt vecās audzēs sūnu stāvā kopumā konstatētas 14 sugas, lakstaugu stāvā 74 sugas, koku un krūmu 22 sugas. Kopējais sugu skaits būtiski neatšķiras starp abām audžu vecuma grupām ($p=0.234$). Visbiežāk konstatētā sūnu suga briestaudzēs bija spīdīgā stāvaine *Hylocomium splendens*, kura konstatēta 38.8% no parauglaukumiem, savukārt vecās audzēs platlapu knābīte *Eurhynchium angustirete*, kura konstatēta 32.9% no parauglaukumiem. Abās audžu vecuma grupās koku un krūmu stāvā visbiežāk konstatētā suga bija klinšu kaulene *Rubus saxatilis*, kura konstatēta 16.7% (briestaudzēs) un 20.6% (vecās) no parauglaukumiem. Lakstaugu stāvā visbiežāk konstatētā suga abās vecuma grupās bija meža zaķskābene *Oxalis acetosella*, kura konstatēta 75.6% (briestaudzēs) un 71.2% (vecās) no parauglaukumiem.

Sugas, kas konstatētas tikai vienā no audžu vecuma grupām saistītas ar mitriem apstākļiem, tomēr katrai no audžu vecuma grupām konstatēto sugu kopums ir atšķirīgs. Sugas, kas konstatētas tikai briestaudzēs, bet ne vecās audzēs bija, piemēram, tīrā zaļkāte *Pseudoscleropodium purum*, parstā kociņsūna *Climacium dendroides*, Ārstniecības baldriāns *Valerina officinalis*, bebrukārkliņš *Solanum dulcamara*, ložņu gundega *Ranunculus repens*, purva neaizmirstule *Mysotis palustris*, tūruma mētra *Mentha arvensis*, purva skalbe *Iris pseudacorus*, izplestais donis *Juncus effusus*, lēdzerkste *Cirsium oleraceum*, attālvārpu grīslis *Carex remota*, bālganais grīslis *Carex pallescens*, purvāju ciesa *Calamagrostis canescens* un melnalksnis *Alnus glutinosa*. Šis augu sugu kopums raksturīgāks meža tipiēm ar mitrākiem apstākļiem. Daļa šo sugu atradās parauglaukumos, kuros kokaudzē piemistrojumā novērojams melnalkšņu piemistrojums. Viens no iemesliem šādu sugu konstatēšanai damaksnī un vērī varētu būt blakus audzes ietekme. Briestaudzes ir agrākā sukcesijas stāvoklī, tādēļ tās ir vieglāk ietekmējamas sistēmas, salīdzinot ar vecām audzēm.

Sugas, kas konstatētas vecās audzēs, bet ne briestaudzēs: Eiropas vilknadze *Lycopus europaeus*, parastā niedre *Phragmites australis*, sarkanā jāņoga *Ribes rubrum*. Šo sugu klātbūtne saistāma ar ūdenstilpju tuvumu. Apskatot objektu novietojumu kartē, kuros konstatētas šīs sugas, redzams, ka šīs sugas konstatētas objektos relatīvi netālu no upēm un dīķa. Lai arī vecās audzes ir noturīgākas pret blakus audžu esošo ietekmi, tādas sistēmas kā ūdenstilpes būtiski izmaina sugu sastāvu. Tā rezultātā konstatētas sugas, kas nav uzskatāmas par tipiskām damaksnim un vērim. Tāpat tikai vecās audzēs konstatēta Vārpainā krauklene *Actaea spicata*, kas raksturīga ēnainiem apstākļiem. Novērtēšanas laikā vecajās bērzu audzēs konstatētas arī aizsargājamas sugas kā piemēram Dzegužpirkstītes *Dactylorhiza sp.*, kas ierakstītas Baltijas jūras reģiona Sarkanajā grāmatā un Latvijas Sarkanajā grāmatā komerciāli apdraudēto sugu kategorijā. Arī Mieturu mugurene *Polygonatum verticillatum*, kas Ierakstīta Latvijas Sarkanajā grāmatā 3.kategorijā un sastopama tikai Latvijas DR daļā. Mieturu mugurene aug ēnainos apstākļos, kas izskaidro tās klātbūtni vecās, bet ne briestaudzēs. Gan vecajās audzēs (1 parauglaukumā), gan briestaudzēs (2 parauglaukumos) konstatēts arī gada staipekknis *Lycopodium annotinum*, kas ierakstīts Latvijas Sarkanajā grāmatā komerciāli apdraudēto sugu kategorijā.

Maksimālais parauglaukumā konstatēto sugu skaits (visiem stāviem kopā) briestaudzēs bija 42 sugas, bet vecās audzēs 40 sugas. Minimālais konstatēto sugu skaits parauglaukumā briestaudzēs bija 11 sugas, bet vecās audzēs 8 sugas. Vidējais konstatēto sugu skaits parauglaukumā briestaudzēs bija 27 ± 8 sugas, bet vecās audzēs 23 ± 8 sugas. Pētījumā noskaidrots, ka sūnu stāvā sugu skaits parauglaukumā briestaudzēs (6 ± 3 sugas) bija lielāks nekā vecās audzēs (4 ± 2 sugas) (3. attēls). Iespējams, ka rezultāts būtu citāds, ja tiktu uzskaitītas arī epiksilās (koksnes substrātu apdzīvojošās) sugas, pētījumā uzskaitīti tikai epigeīdi (uz augsnes substrāta augošanas sūnas). Sūnu sugu skaita atšķirības pietuvojas būtiskuma līmenim ($p=0.078$), tomēr tās nebija statistiski būtiskas. Lakstaugu stāvā konstatēto sugu skaits briestaudzēs (17 ± 7 sugas) bija lielāks

nekā vecajās (14 ± 5 sugas), tomēr arī šī atšķirība nebija statistiski būtiska ($p=0.272$) (3.26. attēls). Turpretī koku un krūmu stāvā lielāks sugu skaits novērots vecajās audzēs (5 ± 3 sugas), salīdzinot ar briestaudzēm (4 ± 2). Tomēr atšķirības starp audžu vecuma grupām nebija statistiski būtiskas ($p=0.660$).



3.26. attēls. Sugu skaits parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Veicot korelācijas analīzi, redzams, ka briestaudzēm ir ievērojami vairāk būtiski korelējošo parametru (3.12.tabula). No audzes struktūru raksturojošiem parametriem visi II un III mežaudzes stāva parametri būtiski korelēja (D, H, G, M, N) ar sugu skaitu, bet no I stāva parametriem būtiskas korelācijas novērotas tikai I stāva kokaudzes augstumam (H), krājam (M) un audzes biezumam (N). Šāda saistība liek domāt, ka audzes II stāva struktūru raksturojošajiem parametriem ir nozīmīgāka ietekme uz veģetācijas parametriem, līdzīga sakarība novērota arī citos pētījumos (Kwiatkowsk et al., 1997). Tikai otrā stāva mežaudzes struktūru raksturojošajiem parametriem novērota būtiska negatīva korelācija ar sugu skaitu visos veģetācijas stāvos (sūnas, lakstaugi, krūmi). Visas būtiskās korelācijas, kuras konstatētas mežaudzes struktūru raksturojošajiem parametriem ar sugu skaitu kādā no veģetācijas stāviem bija negatīvas. Tāpat nobiru procentuālajam segumam ir negatīva korelācija ar sūnu sugu skaitu parauglaukumā. Pozitīva korelācija briestaudzēs novērota atsevišķu sugu piemistojumam, piemēram, parastās liepas piemistojums II stāvā pozitīvi korelē ar sugu skaitu lakstaugu stāvā. Tāpat pozitīva korelācija novērota starp atmirušās koksnes daudzumu un kopējo sugu skaitu parauglaukumā visos veģetācijas stāvos.

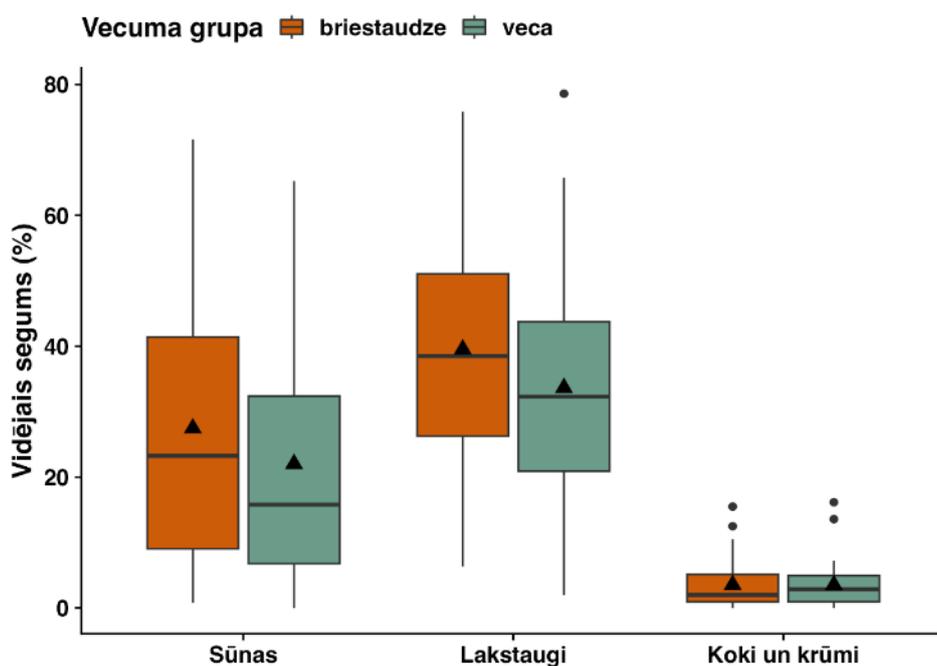
Vecās audzēs novēroto statistiski būtisko korelāciju ir ievērojami mazāk. No mežaudzes struktūru raksturojošajiem parametriem būtiski bija tikai II stāva D un H, kuriem novērota pozitīva korelācija ar koku un krūmu sugu skaitu. Statistiski būtiski korelējoši faktori, kuri redzami abām audžu vecuma grupām bija: egles īpatsvars III stāvā. Briestaudzēs šī parametra negatīva korelācija novērota kopējam sugu skaitam un sūnu sugu skaitam, bet vecās audzēs koku un krūmu sugu skaitam. Tāpat abos audžu veidos novērota pozitīva korelācija starp kritalu daudzumu un kopējo sugu skaitu un sūnu sugu skaitu. Atmirušās koksnes klātbūtnes pozitīvā ietekme uz sūnu sugu skaitu novērota arī egļu audzēs (Felton et al., 2020). Negatīva korelācija novērota starp nobiru procentuālo segumu un sūnu sugu skaitu abās audžu vecuma grupās. Lielāks procentuālais nobiru segums kavē sūnu seguma palielinājumu, kā arī samazina jaunu sugu ieviešanās iespēju.

Statistiski būtisko mežaudzes parametru korelācijas ar sugu skaitu. Ar sarkanu iekrāsoti statistiski būtiski korelējošie rādītāji.

Parametri	Briestaudzes				Vecas audzes			
	Kop.sugu skaits	Kokaugi	Lakstaugi	Sūnas	Kop.sugu skaits	Kokaugi	Lakstaugi	Sūnas
Ba īpatsvars I.stāvā	0.146	0.4	0.022	0.103	-0.073	0.065	-0.015	0.295
H(I)	0.109	0.205	0.248	-0.355	0.116	0.19	0.145	0.158
M(I)	-0.179	-0.017	-0.063	-0.358	0.006	0.218	-0.008	0.231
N(I)	-0.393	-0.153	-0.335	-0.293	0.071	0.22	0.002	0.034
Oz īpatsvars II.stāvā	-0.016	-0.02	-0.036	0.045	-0.203	-0.12	-0.099	0.325
Ma īpatsvars II.stāvā	0.117	0.352	0.15	-0.218	-0.074	-0.05	-0.012	0.162
L īpatsvars II.stāvā	0.171	0.11	0.338	-0.311	0.217	0.29	0.168	0.01
Go īpatsvars II.stāvā	0.206	-0.17	0.158	0.353				
Pl īpatsvars II.stāvā	0.084	0.201	0.076	-0.056	-0.097	0.035	0	0.374
D (II)	0.13	0.112	0.097	0.088	0.3	0.323	0.282	0.001
H(II)	-0.037	-0.124	0.031	-0.089	0.296	0.354	0.222	0.081
G(II)	-0.559	-0.357	-0.452	-0.377	-0.03	-0.067	-0.11	0.221
M(II)	-0.569	-0.397	-0.467	-0.348	0.01	-0.017	-0.075	0.219
N(II)	-0.541	-0.362	-0.446	-0.335	-0.192	-0.256	-0.233	0.177
E īpatsvars III.stāvā	-0.35	-0.088	-0.203	-0.495	-0.23	-0.4	-0.221	0.197
Go īpatsvars III.stāvā	0.215	-0.115	0.151	0.357				
Ba īpatsvars III.stāvā	0.047	0.358	0.003	-0.108	-0.067	0.03	-0.024	0.212
D(III)	-0.005	0.086	0.162	-0.415	-0.076	-0.248	-0.098	0.264
G(III)	-0.288	-0.382	-0.286	0.049	-0.159	-0.228	-0.104	0.029
M(III)	-0.285	-0.389	-0.271	0.029	-0.191	-0.239	-0.153	0.017
N(III)	-0.148	-0.335	-0.165	0.153	-0.064	-0.087	0.026	0.165
G (kopējais)	-0.494	-0.289	-0.379	-0.393	0.001	0.146	-0.069	0.029
M (kopējais)	-0.37	-0.171	-0.23	-0.437	-0.236	-0.128	-0.156	0.304
N (kopējais)	-0.38	-0.458	-0.357	-0.01	-0.121	-0.148	-0.06	0.096
Kritalas	0.403	0.081	0.332	0.373	0.347	0.134	0.302	0.354
Stumbeņi	-0.07	0.025	-0.014	-0.184	0.39	0.447	0.224	0.281
Sausokņi	0.007	-0.076	0.051	-0.04	0.066	0.234	0.02	-0.11
Atmirusī koksne (kopējais)	0.315	0.029	0.289	0.253	0.32	0.297	0.288	0.088
Nobiras	-0.044	0.225	0.133	-0.555	-0.146	0.022	-0.075	-0.36
Atklāta augsne	0.198	-0.212	0.179	0.316	-0.266	-0.01	-0.302	0.232

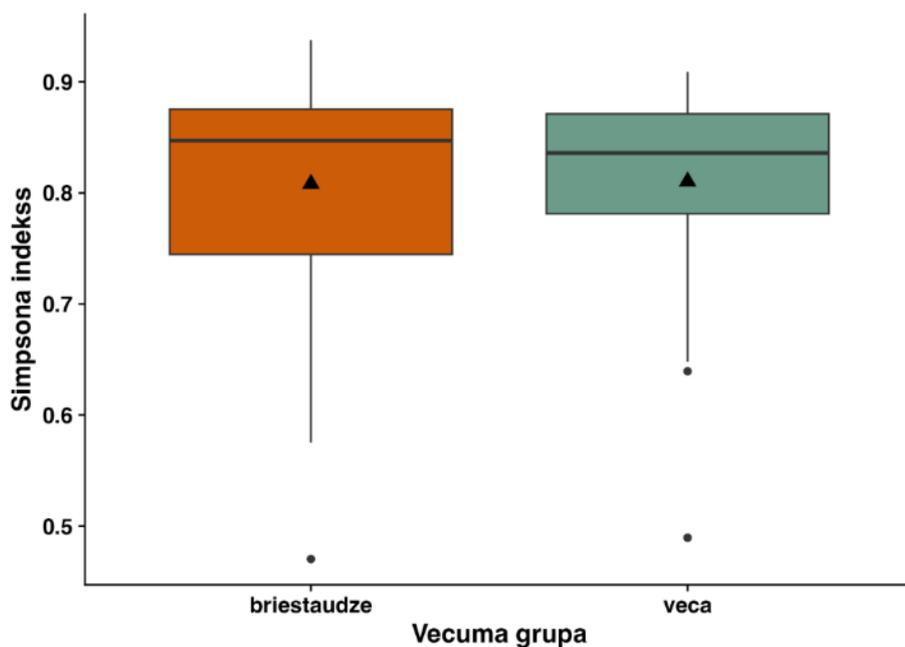
Sugu procentuālais segums. Vidējais procentuālais segums briestaudzēs sūnu stāvā bija $27.4 \pm 26.9\%$, savukārt vecās audzēs $22.0 \pm 24.1\%$ (3.27. attēls), atšķirības nebija statistiski būtiskas ($p=0.482$). Vidējais procentuālais segums briestaudzēs lakstaugu stāvā bija $39.5 \pm 22.4\%$, savukārt vecās audzēs, bet vecās audzēs $33.6 \pm 22.4\%$, atšķirības nebija statistiski būtiskas ($p=0.338$). Vidējais procentuālais segums briestaudzēs koku un krūmu stāvā bija $3.5 \pm 6.7\%$, savukārt vecās audzēs $3.5 \pm 5.5\%$, atšķirības procentuālajā segumā starp abām audžu vecuma grupām nebija statistiski būtiskas ($p=0.482$).

Briestaudzēs un vecās audzēs sūnu sugas ar lielāko procentuālo segumu bija spīdīgā stāvaine (attiecīgi vidēji 8.0% un 6.2%) un lielā spuraine *Rhodiadelphus triquetrus* (attiecīgi vidēji 4.2% un 7.4%). Briestaudzēs trešā suga ar lielāko procentuālo segumu bija Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi* (vidēji 5.7%), savukārt vecās platlabu knābīte (vidēji 5.4%). Briestaudzēs un vecās audzēs lakstaugu sugas ar lielāko procentuālo segumu bija meža zaķskābene (attiecīgi vidēji 12% un 8.6%), niedru ciesa *Calamagrostis arundinacea* (attiecīgi vidēji 5.5% un 5.10%). Briestaudzēs trešā suga ar lielāko procentuālo segumu bija parastā mellene *Vaccinium myrtillus* (vidēji 4.3%), savukārt vecās parastā kreimene *Convallaria majalis* (vidēji 2.8%). Briestaudzēs un vecās audzēs koku un krūmu sugas ar lielāko procentuālo segumu bija klinšu kaulene (attiecīgi vidēji 0.9% un 1.0%) un parastā lazda (attiecīgi vidēji 0.3% un 0.5%). Briestaudzēs trešā suga ar lielāko procentuālo segumu bija liepa (vidēji 0.6%), savukārt vecās audzēs meža avene *Rubus idaeus* (vidēji 0.2%). Meža avenes lielāks procentuālais segums tieši vecajās audzēs varētu būt saistīts ar mežaudzes traucējumiem, piemēram, koka izgāšanās, kā rezultātā gaismas apstākļi konkrētajā vietā uzlabojas, kas rada piemērotu biotopu meža avenes attīstībai.



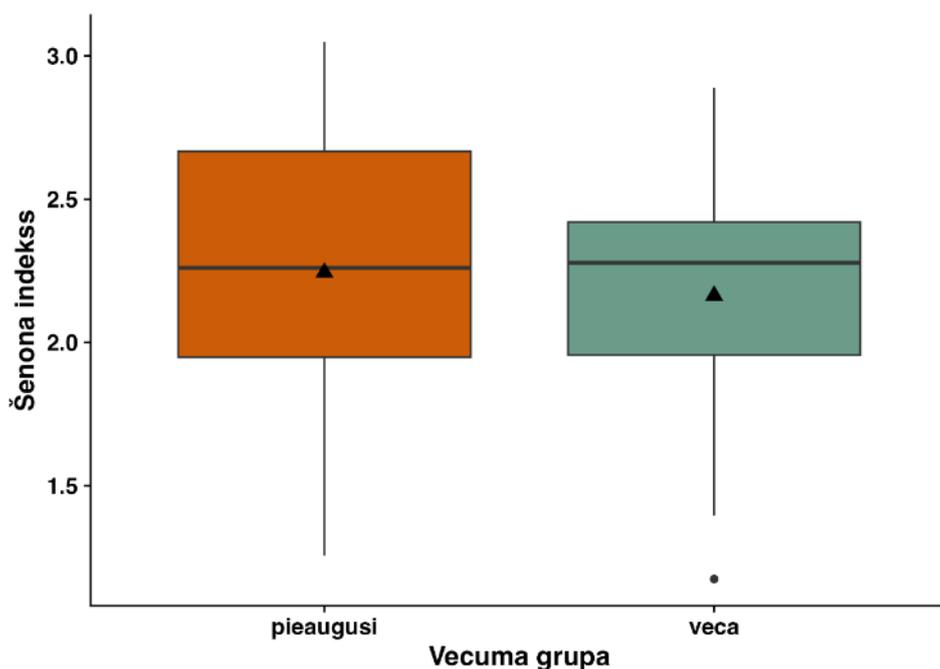
3.27. attēls. Vidējais procentuālais segums parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Bioloģiskās daudzveidības indeksi. Starp abām audžu vecuma grupām nav novērotas statistiski būtiskas atšķirības Simpsona indeksa vērtībām ($p=0.949$). Vidējā Simpsona indeksa vērtība briestaudzēs bija 0.80 ± 0.09 , savukārt vecās audzēs 0.81 ± 0.08 (3.28.attēls).



3.28. attēls. Simpsona indekss parauglaukumā briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Tāpat starp abām audžu vecuma grupām nav novērotas statistiski būtiskas atšķirības Šenona indeksa vērtībām ($p=0.614$). Vidējā Šenona indeksa vērtība briestaudzēs bija 2.24 ± 0.45 , savukārt vecajās audzēs 2.16 ± 0.38 (3.29.attēls).



3.29. attēls. Šenona indekss parauglaukumā briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Veicot korelācijas analīzi, noskaidroti tie mežaudzes faktori, kuriem vērojama saistība ar bioloģiskās daudzveidības indeksiem kādā no audžu vecuma grupām. Vairāk korelējošo faktoru konstatēts briestaudzēm, kur tiem galvenokārt novērota negatīva korelācija (3.13.tabula). No mežaudzes struktūru raksturojošajiem faktoriem būtiski bija tikai II stāva šķērslaukums (G), krāja (M) un audzes biežums (M). Vienīgā pozitīvā korelācija novērota kritalu daudzumam ar Šenona-Vīnera indeksu briestaudzēs. Visas vecās audzēs konstatētās korelācijas bija negatīvas. Tās bija saistītas ar egles piemistrojumu audzes II un III stāvā. Tā kā audzes šķērslaukums korelē ar

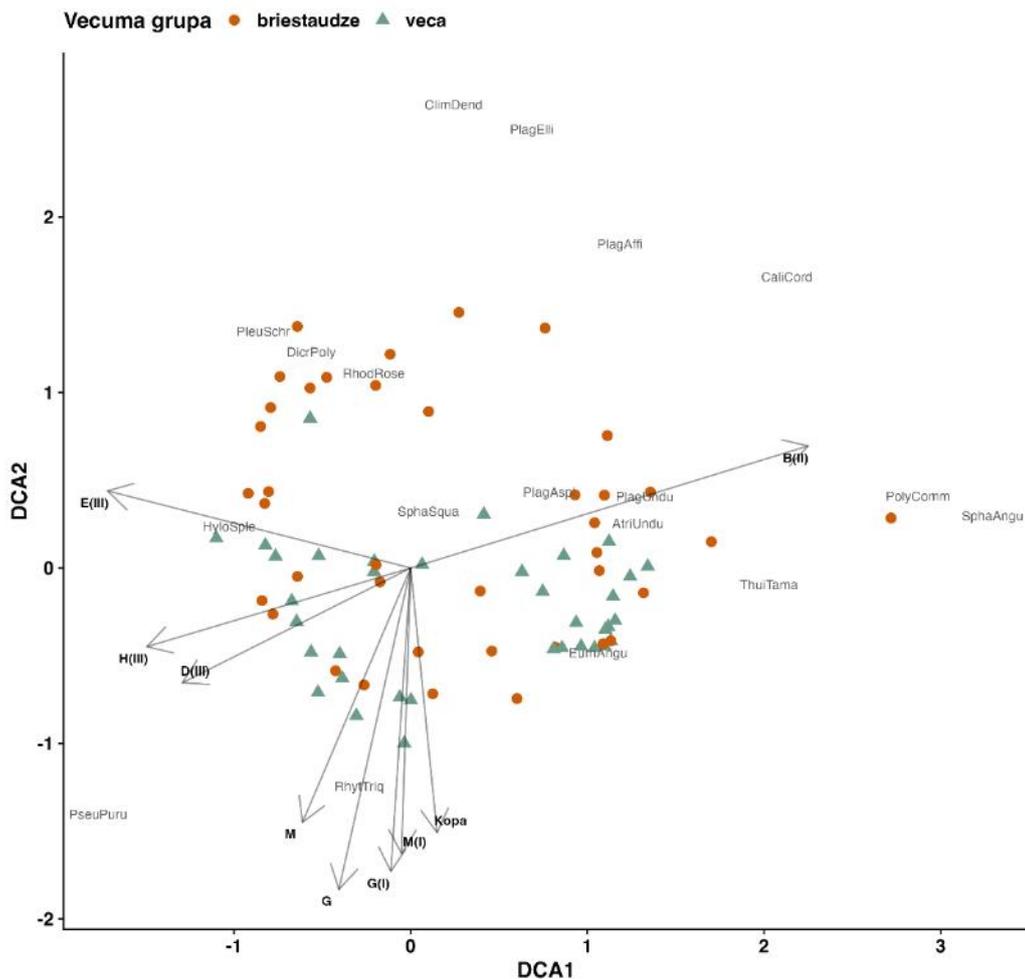
ieplūstošās gaismas daudzumu (Comeau 2001), bija sagaidāms, ka egles īpatsvars korelē ar tiem pašiem bioloģisko daudzveidību raksturojošajiem parametriem, jo tās vainags ietekmē gaismas ieplūdi. Tomēr šāda saistība netika novērota.

3.13. tabula

Mežaudzes parametru korelācijas ar bioloģiskās daudzveidības indeksiem. Ar sarkanu iekrāsoti statistiski būtiski korelējošie rādītāji.

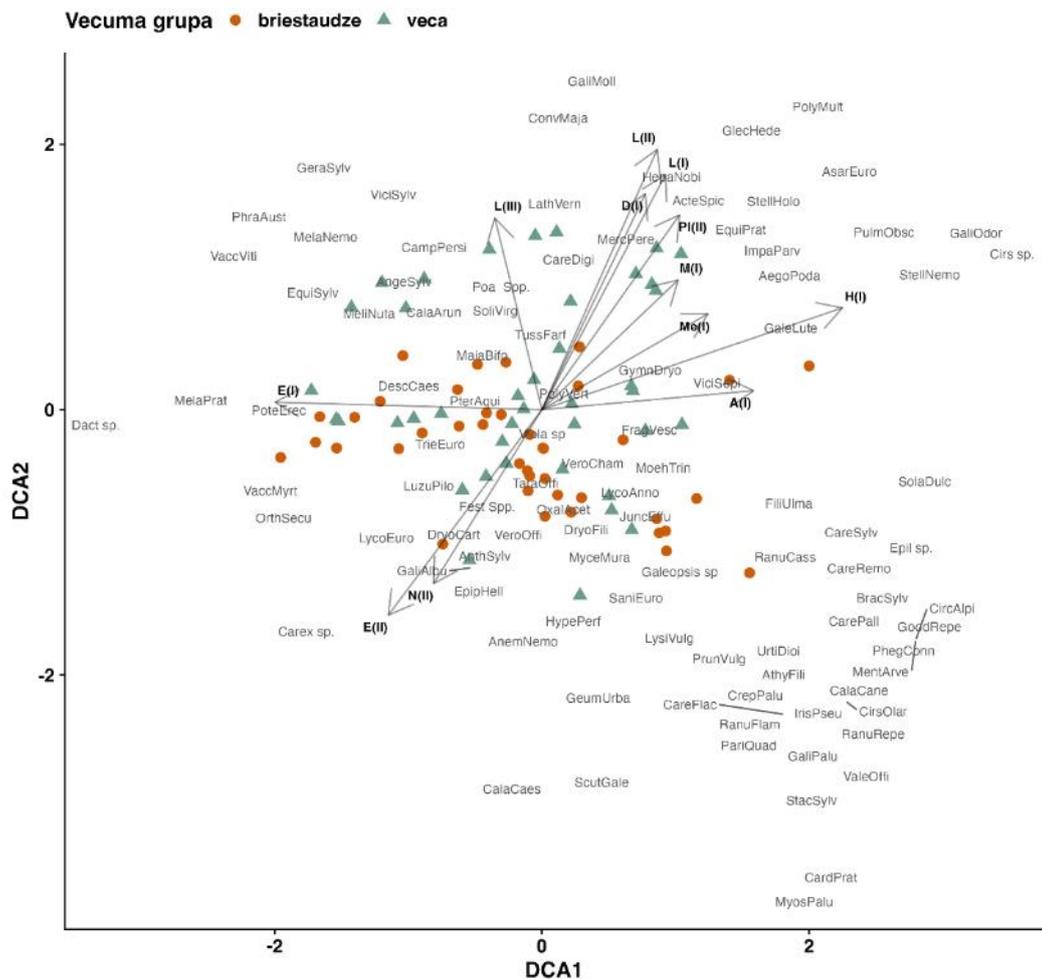
Parametri	Briestaudzes		Vecas audzes	
	Šenona-Vīnera indekss	Simpsona indekss	Šenona-Vīnera indekss	Simpsona indekss
E īpatsvars II.stāvā	-0.21	-0.162	-0.308	-0.379
Oz īpatsvars II.stāvā	-0.226	-0.387	-0.168	-0.091
G(II)	-0.677	-0.619	-0.036	-0.041
M(II)	-0.679	-0.635	-0.023	-0.037
N(II)	-0.601	-0.462	-0.095	-0.073
E īpatsvars III.stāvā	-0.296	-0.164	-0.4	-0.371
G(III)	-0.282	-0.338	0.062	0.165
Kritālas	0.325	0.18	0.305	0.208

Aplūkojot DCA ordinācijas attēlus (3.30., 3.31., 3.32. attēls) redzams, ka nav novērojama grupēšanās, proti, izteikti nenodalās briestaudžu un vecu audžu parauglaurumi. Sūnu procentuālā seguma ordinācijā (3.30. attēls) redzams, ka grafika lejas daļā novietojas abu audžu vecuma grupu parauglaurumi, bet ordinācijas augšdaļā novietojusies briestaudžu parauglaurumi (ar 2 izņēmumiem). Redzams, ka, piemēram, spīdīgās stāvaines (HyloSple) procentuālais segums ir saistīts ar egles īpatsvaru trešajā stāvā. Tādu sugu kā lielā greizkausīte (PlagAspl), viļņainā skrajlape (PlagUndu) klātbūtne saistīta ar bērzu īpatsvaru II audzes stāvā. Lielās spuraines (RhytTriq) procentuālais segums saistīts ar lielākiem mežaudzes struktūru raksturojošiem parametriem (G, M), bet, piemēram, Šrēbera rūšai (PleuSchr) un viļņainai divzobei (DicrPoly) novērojama pretēja tendence.



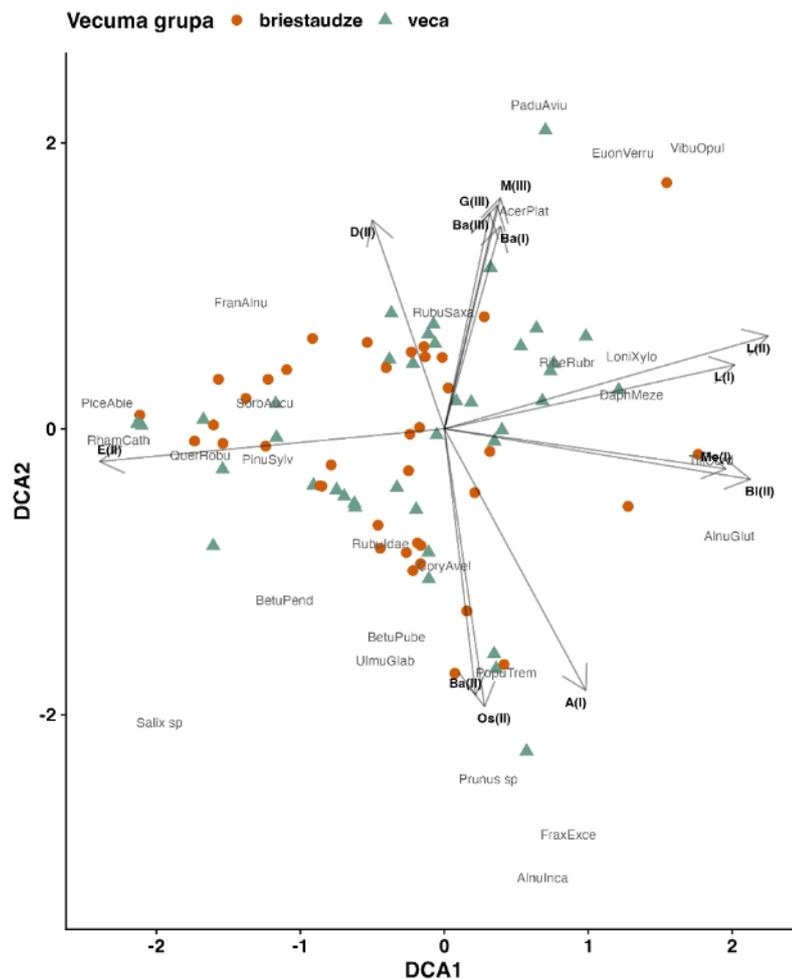
3.30. attēls. Sūnu procentuālā seguma ordinācija briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Līdzīgi kā sūnu procentuālā seguma ordinācijā, arī lakstaugu ordinācijā (3.31. attēls) redzams, ka grafika lejas daļā novietojas abu audžu vecuma grupu parauglaukumi, bet atšķirībā no sūnu procentuālā seguma, ordinācijas augšdaļā novietojušies galvenokārt vecu audžu parauglaukumi. Ordinācijas labajā apakšējā stūrī novietojušās tādas sugas kā lēdzerkste (CirsOlar), ložņu gundega (RanuRepe), purva skalbe (IrisPseu) un citas dumbrājiem raksturīgas sugas. Liepas īpatsvars I un II audzes stāvā pozitīvi saistīts ar, piemēram, parastās kreimenes (ConvMaja) un daudziedu mugurenes (PolyMult), sīkziedu spriganes (ImpaParv), pavasara dedestiņas (LathVern) procentuālo segumu. Šīs sugas kopā ar palielinātu liepas piemistrojumu mežaudzē raksturīgas gāršai, kas liek domāt, ka x ass varētu būt saistīta ar audzes auglīgumu.



3.31. attēls. Lakstaugu procentuālā seguma ordinācija briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Koku un krūmu procentuālā seguma ordinācijā (3.32. attēls) nav izteiktas grupēšanās un abu audžu vecuma grupu parauglaukumi izkārtojas līdzīgi. Lai gan labajā augšējā kvadrantā izvietojusās tādas sugas kā kārpainais segliņš (*EuonVerru*), parstā irbene (*VibuOpul*), un parastā ieva (*PaduAviu*), kuru segumam redzama saistība ar audzes III stāva rādītājiem (G, M, N). Tādu sugu kā parastais sausserdis (*LoniXylo*), sarkanā jāņoga (*RibeRubr*) un zalktene (*DaphMeze*) pozitīvi saistītas ar liepas īpatsvaru audzes I un II stāvā. Parastais sausserdis un kārpainais segliņš kā arī liepas piemistrojums raksturīgs gāršai, bet parastā ieva un parastā irbene, zalktene raksturīgas liekņai. Tas liek domāt, ka līdzīgi kā lakstaugu ordinācijā x ass saistīta ar audzes auglīgumu.



3.32. attēls. Koku un krūmu procentuālā seguma ordinācija briestaudzēs un vecās bērzu audzēs

Secinājumi

1. Pētījumā konstatēts, ka zemesdzes veģetācija briestaudzēs un vecās audzēs ir līdzīga. Netika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ne sugu skaitā, ne procentuālā segumā.
2. Nav statistiski būtiskas atšķirības sugu daudzveidību raksturojošo indeksu (Šenona-Vīnera, Simpsona) vērtībās starp abām audžu vecuma grupām.
3. Lielāks skaits aizsargājamo sugu konstatēts vecās bērzu audzēs.
4. Galvenie veģetāciju nosakošie faktori saistīti ar II un III stāva audzes struktūru raksturojošiem parametriem un egles piemistrojuma īpatsvaru šajos stāvos.

Literatūra

1. Burrascano, S., Keeton, W.S., Sabatini, F.M., Blasi, C. 2013. Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. *For. Ecol. Manag.*, 291, 458–479.
2. Comeau, P.G., 2001. Relationships between stand parameters and understory light in boreal aspen stands. *BC J. Ecosyst. Manage.* 1 (2), 8.
3. Cosović, M., Bugalho, M.N., Thom, D.; Borges, J.G. 2020. Stand structural characteristics are the most practical biodiversity indicators for forest management planning in Europe. *Forests*, 11, 343.
4. Felton, A. M. M., Wam, H. K., Solter, C., Mathisen, K.M., Wallgren, M. 2018. The complexity of interacting nutritional drivers behind food selection, a review of northern cervids. *Ecosphere*, 9 (5), e02230.

5. Felton, A., Petersson, L., Nilsson, O., Witzell, J., Cleary, M., Felton et al. 2020. The tree species matters: Biodiversity and ecosystem service implications of replacing Scots pine production stands with Norway spruce. *Ambio*, 49(5), 1035-1049.
6. Hedwall, P. O., Holmström, E., Lindbladh, M., Felton, A. 2019. Concealed by darkness: How stand density can override the biodiversity benefits of mixed forests. *Ecosphere*, 10(8), e02835.
7. Humphrey, J. W., Davey, S., Peace, A. J., Ferris, R., Harding, K. 2002. Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. *Biol. Cons.*, 107(2), 165-180.
8. Kwiatkowska, A. J., Spalik, K., Michalak, E., Palińska, A., Panufnik, D. 1997. Influence of the size and density of *Carpinus betulus* on the spatial distribution and rate of deletion of forest-floor species in thermophilous oak forest. *Plant Ecol.*, 129(1), 1-10.
9. Mayor, S.J., Cahill, J.F., Jr., He, F., Sólymos, P., Boutin, S. 2012. Regional boreal biodiversity peaks at intermediate human disturbance. *Nat. Commun.*, 3, 1142.
10. Oettel, J., Lapin, K. Linking forest management and biodiversity indicators to strengthen sustainable forest management in Europe. 2021. *Ecol. Indic.*, 122, 107275.
11. Paillet, Y., Bergès, L., Hjältén, J., Ódor, P., Avon, C., Bernhardt-Römermann, M., Bijlsma, R.-J., De Bruyn, L., Fuhr, M., Grandin, U. 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: Meta-analysis of species richness in Europe. *Conserv. Biol.*, 24, 101–112.
12. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2002. URL <https://www.R-project.org/>.
13. Smith, G. F., Gittings, T., Wilson, M., French, L., Oxbrough, A., O'Donoghue, S. 2007. Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. In *Plantation Forests and Biodiversity: Oxymoron or Opportunity?* Springer, Dordrecht, 67-91.
14. Viljur, M., Abella, S.R., Adámek, M., Alencar, J.B.R., Barber, N.A., Beudert, B., Burkle, L.A., Cagnolo, L., Campos, B.R., Chao. 2022. The effect of natural disturbances on forest biodiversity: An ecological synthesis. *Biol. Rev.*, 97, 1930–1947.

4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana

4.1. Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku

Šajā pētījumu programmas etapā tiek turpinātas meža nekoksnes produktu uzskaites Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumos, kā arī papildināta datu rinda par kopšanas ietekmi uz meža nekoksnes produktu novērtējumu un ogu un sēņu sastopamību un ražas apjomu dažādos meža tipos.

Pamatojums

Pieaugot bioekonomikas nozīmei kopumā, pasaulē un Eiropā pieaug arī interese par meža nekoksnes produktiem (Wiersum 2017). Vismaz 65 miljoni Eiropas Savienības iedzīvotāju paši ievāc meža nekoksnes produktus patēriņam, bet vismaz 100 miljoni – patērē šādus produktus (Schulp et al. 2014). Iespēja ievākt meža produktus ir nozīmīgs daudzņēmīgu mežsaimniecības aspekts, lai gan daži meža apsaimniekošanas pasākumi un intensīvas mežkopības paņēmieni var būt ar to konfliktā (piem., Löhmus and Remm 2017; Kurttila et al. 2018). Tajā pašā laikā meža produktu ieguve veido sinerģijas ar atpūtu mežā (Kangas and Niemeläinen 1996, Stryamets et al. 2015; Wiersum 2017). Sēņošana un ogošana kā kultūrā dziļi sakņota prakse tiek plaši aplūkota gan Ziemeļvalstu un Baltijas valstu, gan Centrāleiropas un Rietumeiropas zinātnieku pētījumos (Pouta et al. 2006; de Aragon et al. 2011; Sisak et al. 2016; Grivins and Tisenkopfs 2018).

Latvijā nekoksnes resursiem ir gan būtiska sociālekonomiskā loma, gan arī rekreācijas nozīme - ar ogošanu, sēņošanu, ārstniecības augu, dekoratīvo materiālu vākšanu jeb nekoksnes produktu ieguvi, nodarbojas vairāk kā 60 % mājsaimniecību, turklāt 28% mājsaimniecību nekoksnes resursus arī pārdod (Lovrić et al. 2020). Ogu un citu nekoksnes resursu izmantošana un pārdošana nodrošina papildu ienākumus daudzām mājsaimniecībām tieši lauku apvidos. LVMI Silava pētījumi rāda, ka 2019. gadā 88% no iedzīvotājiem pēdējā gada laikā ir ieguvuši kaut vienu no meža nekoksnes produktiem, bet ~9% tas ir bijis arī būtisks ienākumu avots (Donis, 2020).

Latvijā, līdzīgi kā citur Ziemeļeiropā, visbiežāk sastopamās un ekonomiski nozīmīgākās savvaļas ogas ir mellenes un brūklenes, tādēļ tieši to resursiem pievēršama vislielākā uzmanība, lai noskaidrotu ikgadējos ražas apjomus. Pētījumu rezultāti rāda, ka ogu ražas apjomi ir atkarīgi no ogu bioloģiskās ražas svārstībām, ko ietekmē ikgadējie klimatiskie faktori (Krebs et al. 2009, Turtiainen et al. 2011, Vaara et al. 2013).

Ziemeļvalstīs izstrādāti vairāki modeļi brūkleņu un melleņu ogu ražas novērtēšanai. Piemēram, M. Ihalainen et al. (2002) melleņu un brūkleņu ražas prognozēšanai izmanto regresijas analīzi, kuras rezultātā iegūtās funkcijas prognozē relatīvās vērtības melleņu un brūkleņu ražībai. Šajā un lielākajā daļā pārējo modeļu iekļauti tādi faktori kā mežaudzes šķērslaukums (m^2/ha , jaunām audzēm – koku skaits uz ha), vidējais koku vecums, valdošais audzes augstums, valdošā suga, augsnes auglība u.c. Somijā viens no pamatmodeļiem ir Miina et al. (2009) izstrādātais, kas veidots, lai aprēķinātu melleņu sastopamību, segumu un ogu ražu sausieņu un slapjainu mežos, izmantojot vispārināto jaukta tipa lineāro modeli (GLMM). Modelī uzskatāmi redzams, ka pēc kopšanas cirtēm ogulāju segums sākotnēji mazliet samazinās, bet tad pieaug, pārsniedzot vērtības pirms cirtes.

Meža ogulāju sastopamība un meža ogu ražas Latvijā nav plaši pētītas. Nekoksnes resursu pētījumi, precīzāk, informācijas apkopošana par savvaļas ogu resursu (ogulāju) izplatību valstī veikta 20. gs. 60. gados. LU Bioloģijas institūts (tolaik – Latvijas PSR, ZA Bioloģijas institūts) 1953. un 1954. gadā veica uzskaiti biežāk sastopamajām savvaļas ogu sugām valstī, visās mežsaimniecībās novērtējot ogulāju sastopamību un platību, kā arī piecās mežsaimniecībās nosakot arī ogu produktivitāti (Pētersons 1961).

Pieaugošā interese par nekoksnes produktu izmantošanu un daudzņēmīgu mežsaimniecību aktualizē nepieciešamību arī Latvijā veikt pētījumus par ogulāju sastopamību, projektīvo segumu un ogulāju ražību dažādos meža tipos, kā arī to ogulāju atjaunošanās spēju mežaudzē pēc kopšanas

cirtēm un vienlaidu atjaunošanas cirtēm. Katru gadu ogu raža ir mainīga, bet kopējā tendence nemainās – mainoties konkrētām meža tipu platībām, kur sastopami mellenāji un brūklenāji, pakāpeniski mainās arī kopēja raža valstī. Pētījumā Somijā, aplūkojot izmaiņas veģetācijā boreālo mežu zemsedzē septiņus gadus pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes, novērojams, ka *Vaccinium* ģints sīkkrūmu biomasa pirmajos gados pēc saimnieciskās darbības samazinās, salīdzinot ar gadu pirms mežizstrādes, bet septiņu gadu laikā atgriežas sākotnējā līmenī (Palviainen et al. 2005).

Ne mazāk plaši izplatīta un nozīmīga ir arī sēņošana, gan kā atpūta, gan meža produktu ieguves process (Heilmann-Clausen et al. 2015). Ar sēņošanu pēdējā laikā saistītas gan specifiskas organizētās atpūtas aktivitātes (tā sauktais mikotūrisms, skat., piem., Büntgen et al. 2017), gan arī ekonomiski ieguvumi no sēņu pārdošanas, jo sevišķi iedzīvotājiem lauku reģionos ar augstu bezdarba līmeni (Olah et al. 2020). Tomēr sēņu ražas ir ļoti mainīgas laikā, un tās ir sarežģīti prognozēt (Bonet et al. 2004, Turtiainen et al. 2012, Bārdule et al. 2020). Sēņu raža mežos ir atkarīga no dažādiem vides faktoriem, piemēram, nokrišņu daudzuma, augsnes organisko vielu daudzuma, barības vielu pieejamības, diennakts minimālās temperatūras (Kewessa et al. 2023). Saimnieciskā darbība arī būtiski ietekmē sēņu ražu, izmainot noēnojuma apstākļus, uzirdinot vai sablīvējot augsni, sajaucot tās struktūru. Sistemātiski novērojumi dažādos meža tipos var sniegt būtisku ieguldījumu sēņu ražu prognozēšanas modeļu izstrādē.

4.1.1. Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos

Pētījuma mērķis ir novērtēt meža nekoksnes resursu sastopamību un produktivitāti dažādos meža tipos Latvijā.

Pētījuma virzība

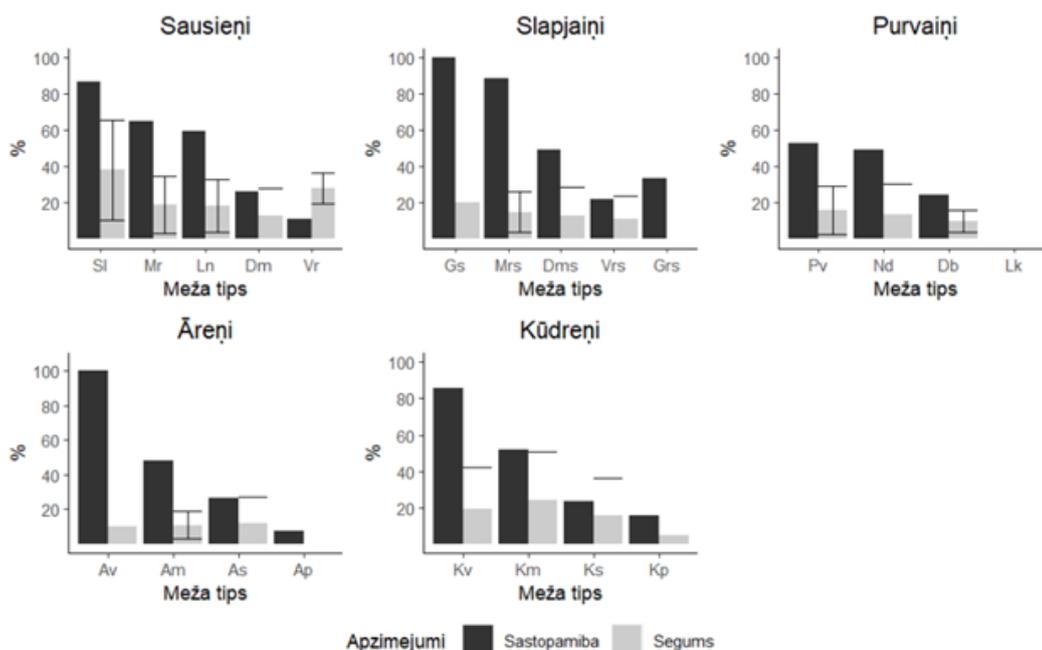
Reprezentatīvu datu ieguvei par nekoksnes resursu sastopamību un produktivitāti dažādos meža tipos Latvijā turpināts ogulāju, sīkkrūmu un ķērpju monitorings meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos atbilstoši pētījumu programmas iepriekšējo posmu pārskatos aprakstītajai metodikai (Lībiete un citi, 2022). Šī ir monitoringa aktivitāte, kas pēc nemainīgas metodikas tiek veikta katru gadu. Šajā pārskatā aktivitātes rezultāti tiek parādīti apkopotā veidā. Pilna datu analīze tiks veikta pētījuma beigās.

Rezultāti

Ogulāju un citu nekoksnes resursu novērtēšanai izmantoti 2023. gada sezonas dati no 1461 MSI parauglaukumiem, kas pēc zemju lietošanas kategorijas veida atbilst mežam, izcirtumam, vējgāzei vai mežam lauksaimniecības zemē. Visbiežāk apsektie meža tipi ir damaksnis, vēris un šaurlapju ārenis, bet grīnis, liekņa un viršu ārenis 2023. gadā apsektots vienu reizi (11.pielikums).

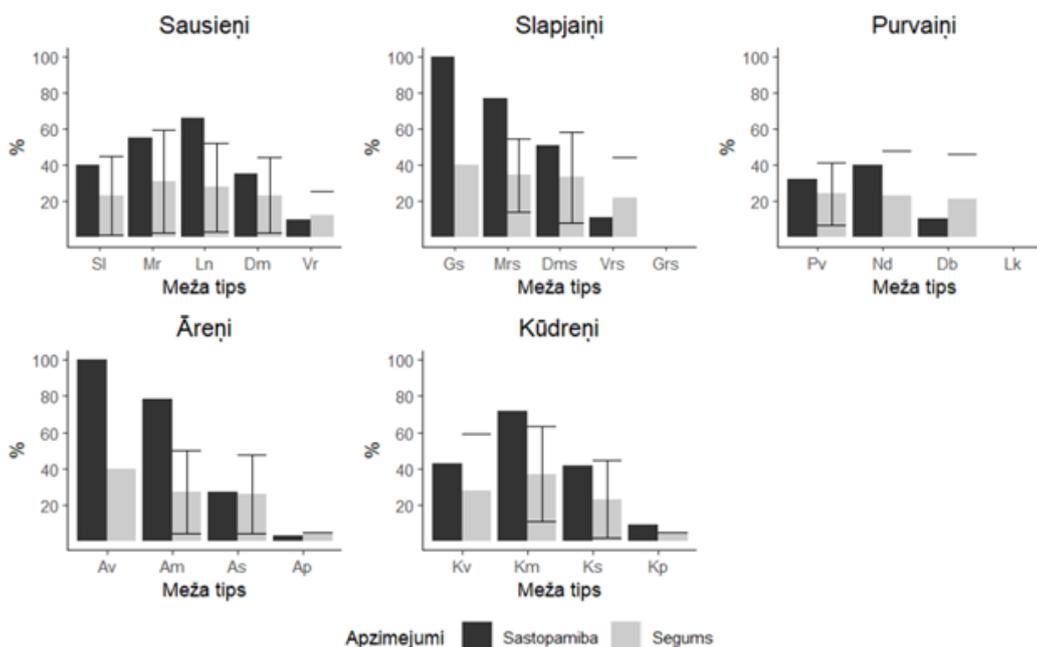
Visbiežāk konstatētie ogulāji MSI uzskaites laukumos ir mellenāji – tie sastopami 29% no apsekotajiem MSI uzskaites laukumiem, brūklenāji novēroti 1/5 jeb 21 % no 2023. gada apsekotajiem laukumiem.

Brūklenes un mellenes esamība vai neesamība konkrētā meža tipā nereti ir saistīta ar sugas ekoloģiju. Brūklenes biežāk sastopamas nabadzīgākos augšanas apstākļos, bet mellenes – auglīgākos. Tas arī atspoguļojas rezultātos par potenciālo brūkleņu sastopamību dažādos meža tipos – silā, mētrājā, lānā, grīnī, slapjajā mētrājā, viršu ārenī, mētru ārenī, viršu kūdrenī un mētru kūdrenī novērojama vislielākā sugas sastopamība (>75%) kā arī augstākās projektīvā seguma vērtības (4.1 attēls).



4.1. attēls. Brūklenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

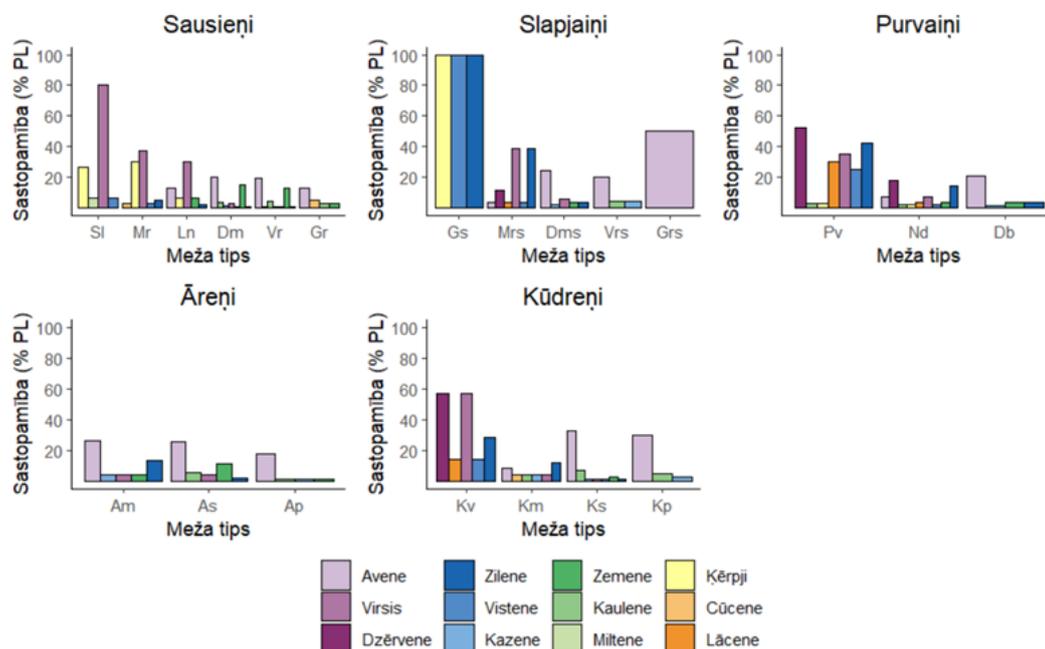
Mellenes visbiežāk konstatētas lānā, damaksnī, grīnī, slapjajā mētrājā, viršu ārenī, mētru ārenī, viršu kūdrenī un mētru kūdrenī, kur sastopamas vairāk par 75% no visiem laukumiem, kā arī šajos meža tipos novērotas arī augstākās projektīvā seguma vērtības (4.2 attēls).



4.2. attēls. Mellenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

Arī citas MSI parauglaukumos uzskaitītās sugas ir saistītas ar konkrētiem augšanas apstākļiem. Piemēram, meža avenes šogad konstatētas 19% parauglaukumos, visbiežāk auglīgākajos meža tipos – vērī, gāršā, dumbrajā, šaurlapju kūdrenī un platlapju kūdrenī. Lācenes,

kas parasti sastopamas augstajos purvos, 2023. gada datus konstatētas tikai slapjajā mētrājā, purvājā, niedrājā un viršu kūdrenī. Pēc MSI datiem novērojams, ka mežos reti sastopamas tādas sugas kā miltene, cūcene un kazene (4.3. attēls).



4.3. attēls. Citu nekoksnes resursu sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

4.1.2. Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos

Pētījuma mērķis ir noskaidrot dažādas intensitātes kopšanas ietekmi uz ogulāju projektīvo segumu un produktivitāti jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs.

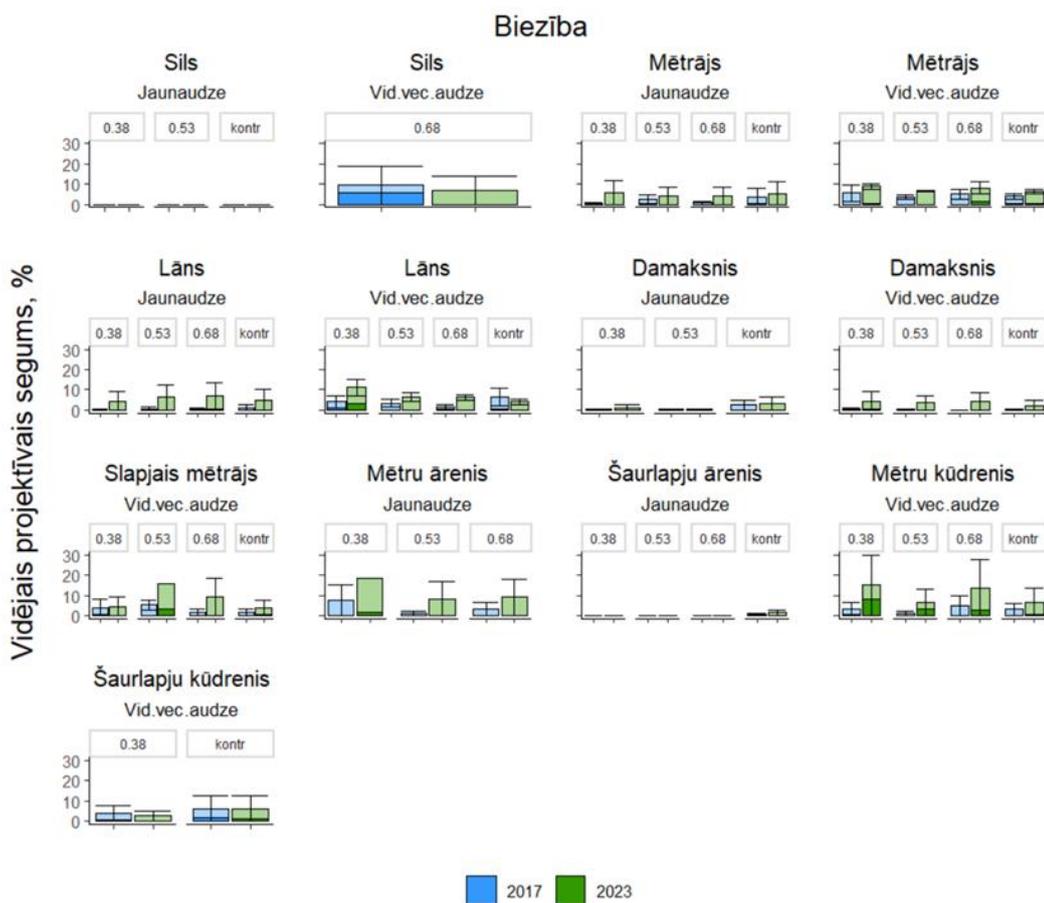
Pētījuma virzība.

2023.gada vasaras sezonā turpināts ogulāju seguma un ražas monitorings 33 krājas kopšanas ciršu objektos. Objektu raksturojums un metodika iekļauta šī pētījumu programmas perioda 1.posma pārskatā (Lībiete un citi, 2022). Šajā pārskatā aktivitātes rezultāti tiek parādīti apkopotā veidā. Pilna datu analīze tiks veikta pētījuma beigās.

Rezultāti

2023. gada vasaras sezonā, jūlijā, pārmērīti 33 krājas kopšanas cirtes objektu pastāvīgie parauglaukumi. Parauglaukumi, ierīkoti no 2017. līdz 2019. gadam sila, mētrāja, lāna, damakšņa, slapjā mētrāja, mētru āreņa, šaurlapju āreņa, mētru kūdreņa un šaurlapju kūdreņa priežu, egļu un bērzu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs.

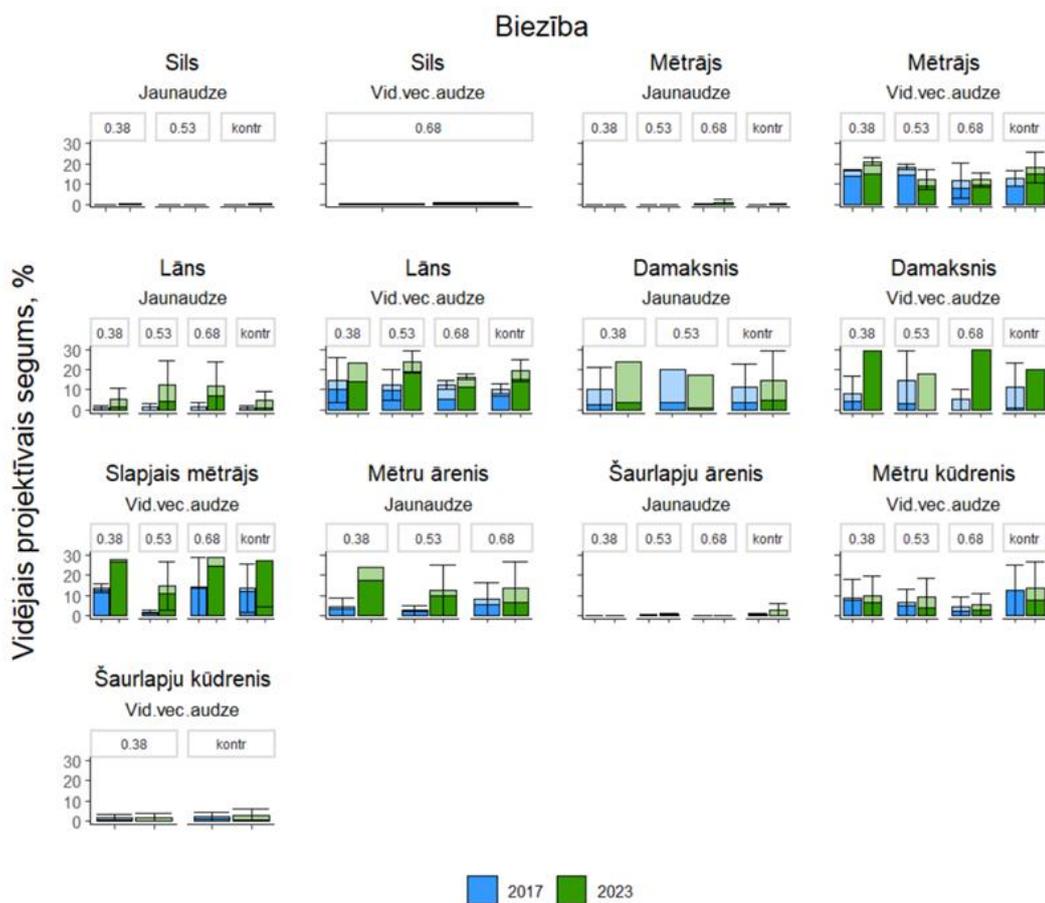
Salīdzinot 2017. gadā ierīkoto parauglaukumu datus ar 2023. gada datiem, iegūtie rezultāti liecina, ka brūkleņu projektīvais segums pēc krājas kopšanas cirtes jaunaudzju un vidēja vecuma audzēs nav samazinājies (ne sastopamība, ne vidējais mētru projektīvais segums), bet gan tieši pretēji – palielinājies (4.4.attēls). Produktivitāte, ja salīdzina ar 2017. gadu, dažādos meža tipos un vecumgrupās ir atšķirīga. Vidēja vecuma lāna kontroles audzēs 2023. gadā novērojams mētru samazinājums.



4.4. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2033. gadā. Parauglaukumi ierīkoti 2017. gadā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

Brūklenēm, kas ir gaismas prasīga suga, objekta kontroles biežība konkrētos meža tipos varētu būt limitējošs faktors. Lai gan brūklenes ir ar plašu ekoloģisko diapazonu, tomēr optimālie apstākļi, kur brūklene spēj augt, ir atklātas vietas, tas ir, purvs vai purvainā meža platības vai retas mežaudzes.

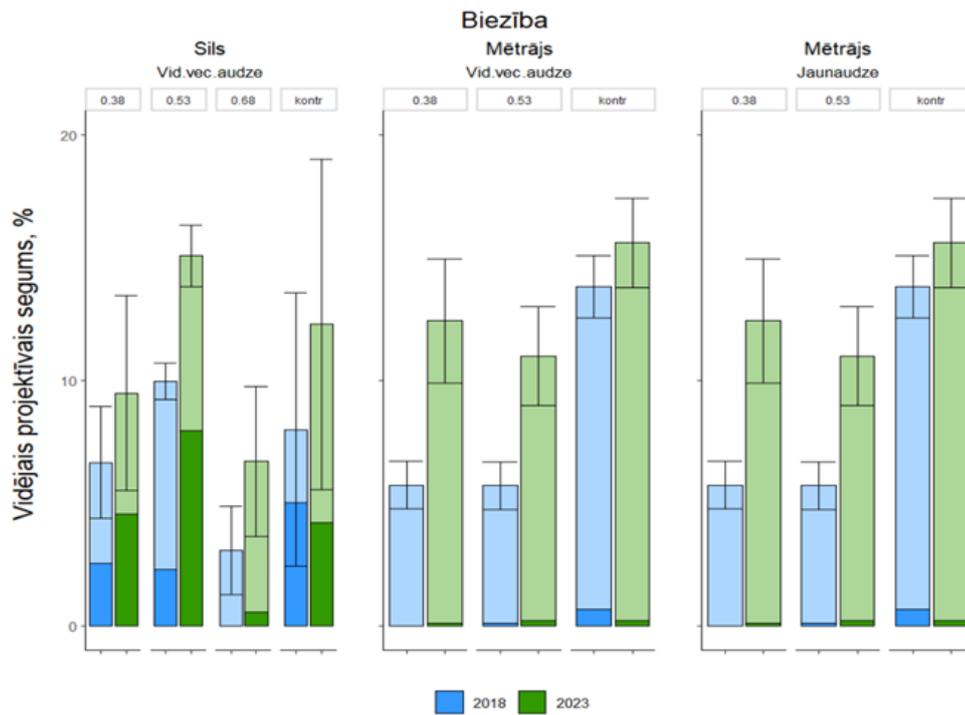
Mellenājiem, atšķirībā no brūklenājiem, sestajā gadā pēc krājas kopšanas cirtes nekur nav konstatētas negatīvas seguma izmaiņas. Projektīvā seguma palielināšanās novērota gandrīz visās biežībās un vecuma grupās dažādos meža tipos, kur valdošā kokaudzes suga ir priede (4.5. attēls).



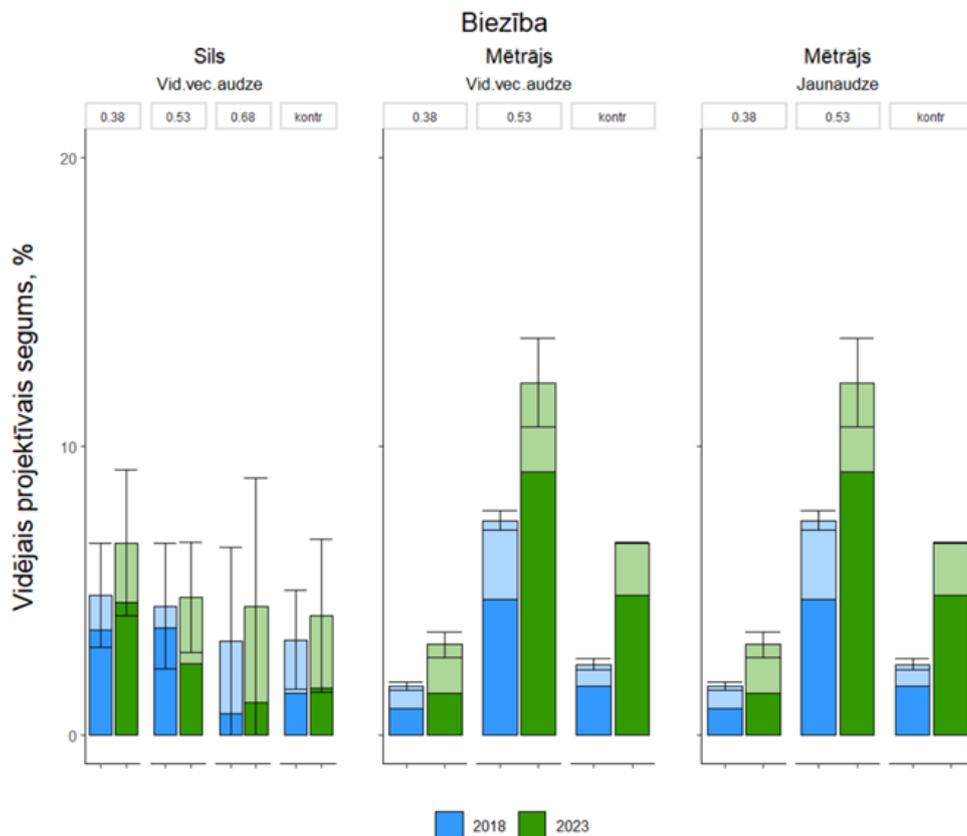
4.5. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā. Parauglaukumi ierīkoti 2017. gadā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

2023. gadā krājas kopšanas cirtes objektos mellenēm un brūklenēm nav novērota augsta produktivitāte.

Arī objektiem, kas ierīkoti 2018. gadā, brūkleņu projektīvā seguma izmaiņas piecu gada laikā pēc kopšanas cirtes ir ar pozitīvu tendenci (4.6. attēls). Savukārt melleņu segums būtiski palielinājies mētrāja jaunaudzē un vidēja vecuma audzēs, kur valdaudzes koku suga ir priede. (4.7. attēls).

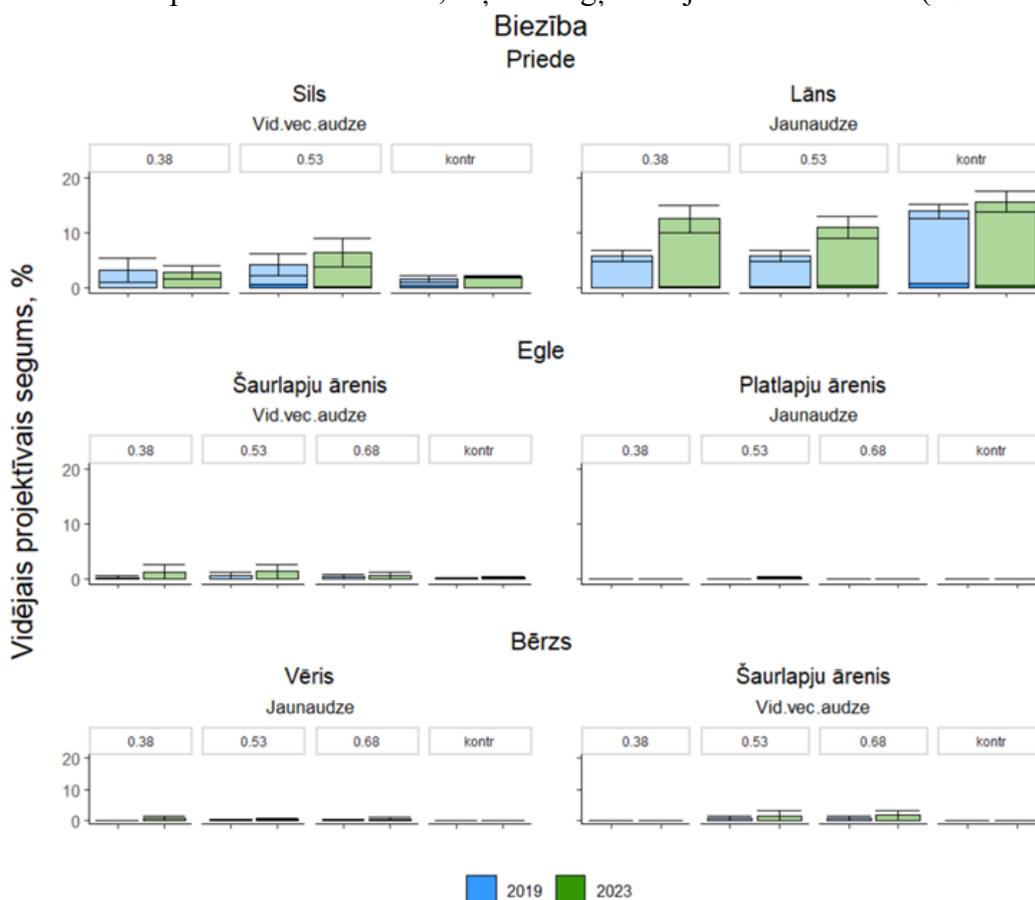


4.6. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā. Parauglaukumi ierīkoti 2018. gadā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

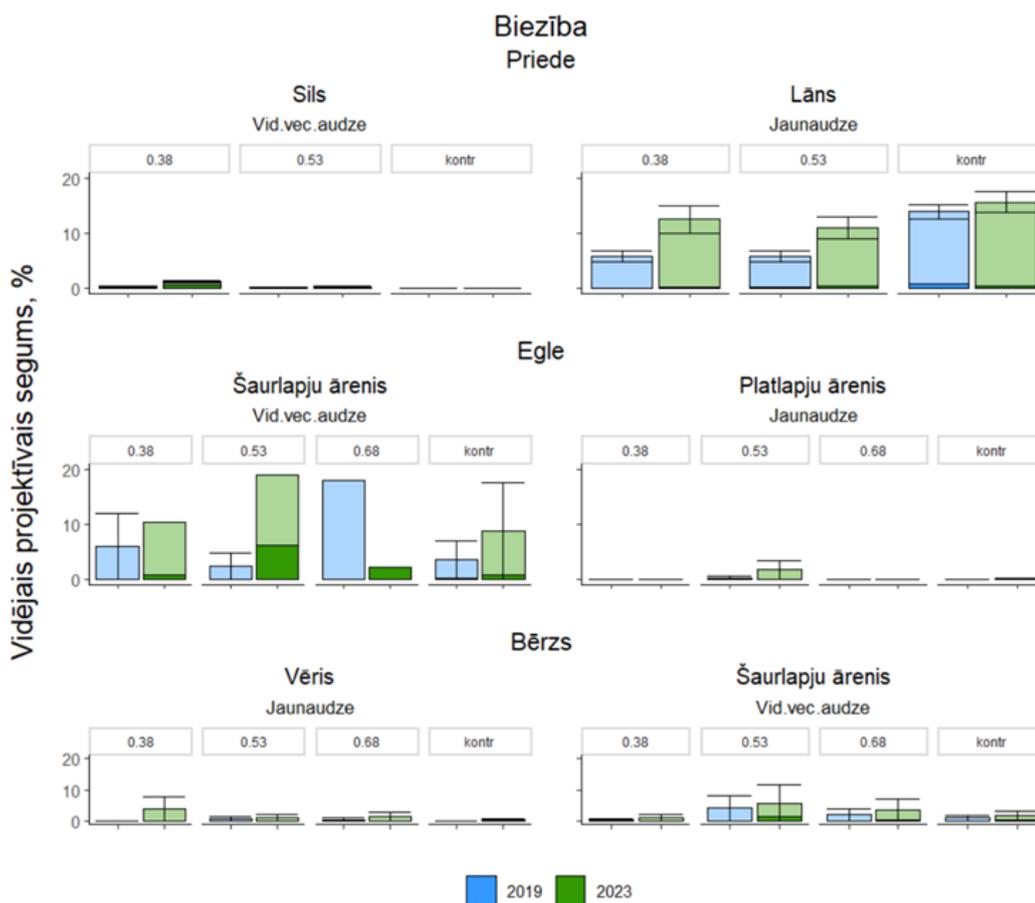


4.7. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā. Parauglaukumi ierīkoti 2018. gadā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

Salīdzinot brūkļu projektu segumu parauglaukumiem, kas ierīkoti 2019. gadā ar 2023. gada datiem, novērota pozitīva seguma izmaiņu tendence priežu audzēs – silā un lānā. Parauglaukumos, kas ierīkoti egļu vai bērzu audzēs, mētru segums ir niecīgs, līdz ar to arī atšķirības nav būtiskas (4.8.attēls). Melleņu projektīvā seguma pozitīvas izmaiņas vērojamas gandrīz visos meža tipos dažādās biežības, izņemot egļu vidēja vecuma audzēs (4.9.attēls).



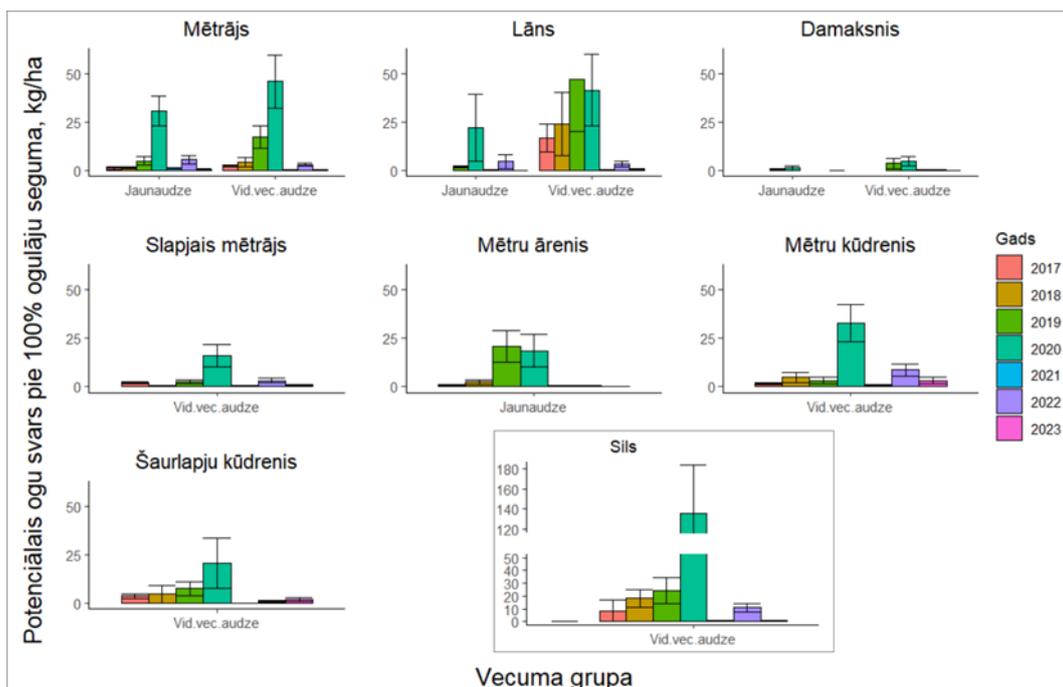
4.8. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā. Parauglaukumi ierīkoti 2019. gadā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)



4.9. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms kopšanas cirtes un 2023. gadā. Parauglaukumi ierīkoti 2019. gadā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

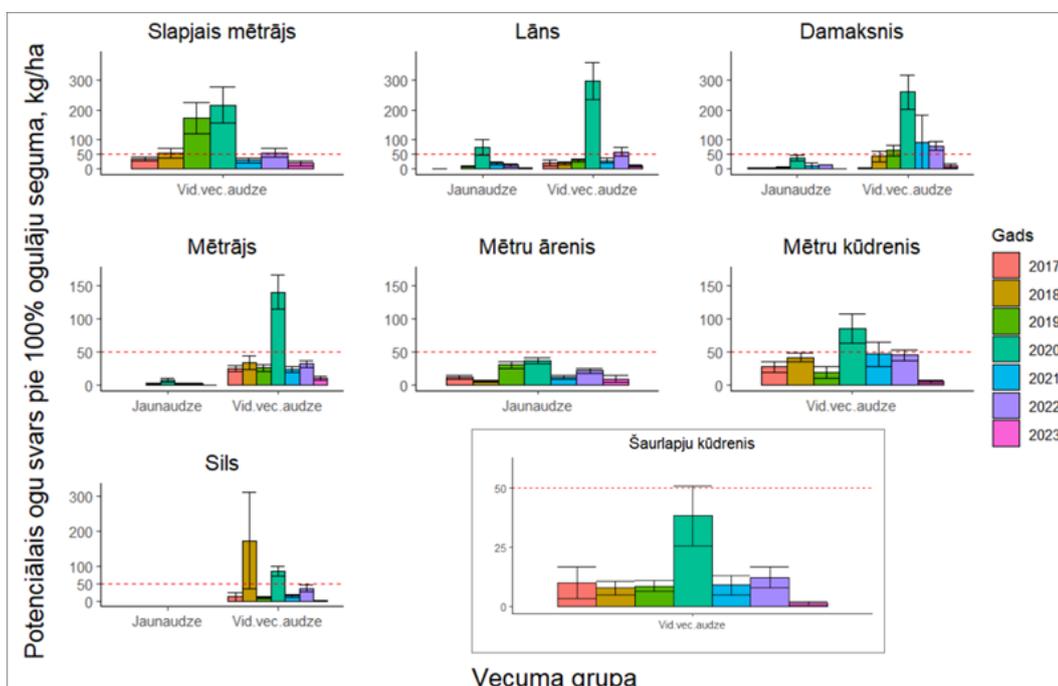
Jāatzīmē, ka 2023. gadā, neatkarīgi no tā, cik gadi pagājuši kopš krājas kopšanas cirtes un nesaistīti ar parauglaukumu ierīkošanas kalendāro gadu, novērojams lielāks procentuālais segums mellenājiem un brūklenājiem.

Krājas kopšanas ciršu parauglaukumos iegūti rezultāti par potenciālo brūkleņu (4.10. attēls) un melleņu (4.11. attēls) potenciālo ogu ražu $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dažādos meža tipos un dažādās vecumgrupās pie 100% projektīvā seguma par periodu no 2017. līdz 2023. gadam. Salīdzinot 2023. gadā iegūtos potenciālās ražas datus ar iepriekšējo gadu datiem, redzams, ka mellenēm un brūklenēm šī gada maija klimatiskie faktori nelabvēlīgi ietekmējuši ogu ražu. Ja 2020. gadā gan brūklenēm lielākās potenciālās ražas vērtības novērtētas silā ($135,67 \pm 47,63 \text{ kg ha}^{-1}$), tad šogad potenciālā iespējamā raža bijusi tikai $0,87 \pm 0,19 \text{ kg ha}^{-1}$. Ja salīdzina potenciālo ražu starp meža tipiem, tad 2023. gadā augstākā potenciālā brūkleņu raža novērojama mētru kūdrēnī ($3,25 \pm 1,63 \text{ kg ha}^{-1}$).



4.10.attēls. Brūkleņu potenciālā ogu raža $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ no 2017. līdz 2023. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās

Arī mellenēm šogad tika novērojama zema ražība. Ja augstākā melleņu potenciālā ogu raža lānā 2020. gadā sasniedza $298,2 \pm 61,8 \text{ kg ha}^{-1}$ 2022. $57,70 \pm 15,11 \text{ kg ha}^{-1}$, tad šogad – tikai $11,22 \pm 3,24 \text{ kg ha}^{-1}$. 2023. gadā potenciāli augstākā melleņu ogu raža novērojama slapjā mētrāja kopšanas citres objektos – $19,77 \pm 8,07 \text{ kg ha}^{-1}$



4.11. attēls. Melleņu potenciālā ogu raža $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ no 2017. līdz 2023. gadam dažādos meža tipos un vecumgrupās

Zemā ogulāju raža visticamāk skaidrojama ar ekstrēmajiem meteoroloģiskajiem apstākļiem maijā - ogulāju ziedēšanas mēnesī. 2023.gada maijs ar kopējo nokrišņu daudzumu 76% zem ikgadējās mēneša normas kļuva par sausāko mēnesi novērojumu vēsturē (kopš 1924. gada).

Arī gaisa temperatūra maijā šogad bija zemāka kā mēneša norma. Novērotas arī stipras salnas, īpaši mēneša sākumā (-6 °C) (LVGMC Klimata portāls, 2023).

4.1.3. Meža ogu un sēņu ražas novērtējums, izmantojot transektu metodi testa teritorijās

Pētījuma mērķis ir novērtēt meža ogu un sēņu bioloģisko ražu ģeogrāfiski atšķirīgās testa teritorijās Latvijā.

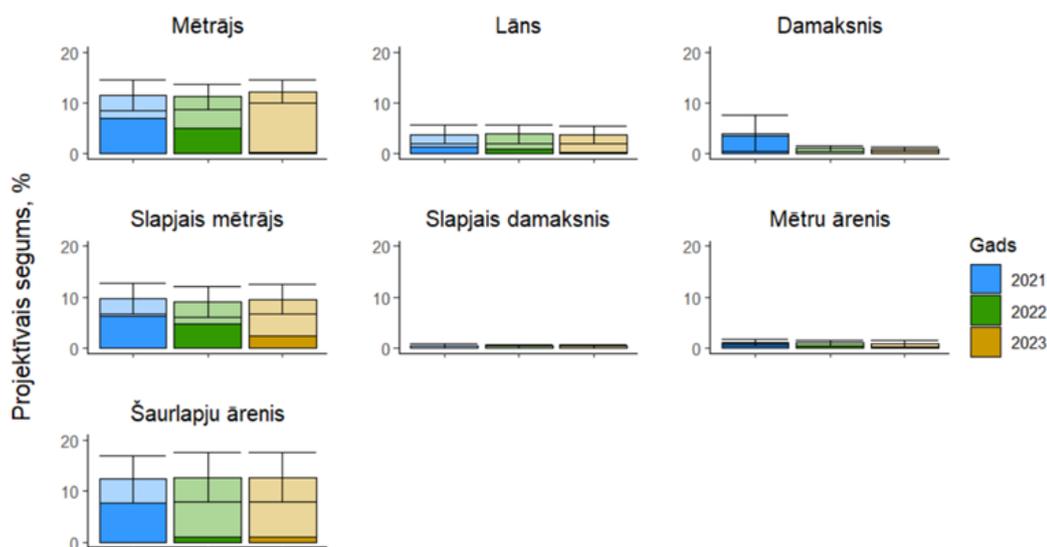
Pētījuma virzība.

Meža ogu un sēņu bioloģiskās ražas monitoringa divās testa teritorijās (Zalvītē un Ugālē) Latvijā uzsākts 2017. gadā kopumā 56 objektos. 2023. gada veģetācijas sezonā tas atkārtots abās testa teritorijās. Aktivitātes sīkākais pamatojums, objektu raksturojums un metodika iekļauta šī pētījumu programmas perioda 1. posma pārskatā (Lībiete un citi, 2022). Sēņu uzskaites 2023. gadā Ugāles testa teritorijā veiktas deviņas reizes (Zalvītes testa teritorijā - astoņas reizes) sēņu augšanas sezonas laikā ik pa divām nedēļām. Šajā pārskatā aktivitātes rezultāti tiek parādīti apkopotā veidā. Pilna datu analīze tiks veikta pētījuma beigās.

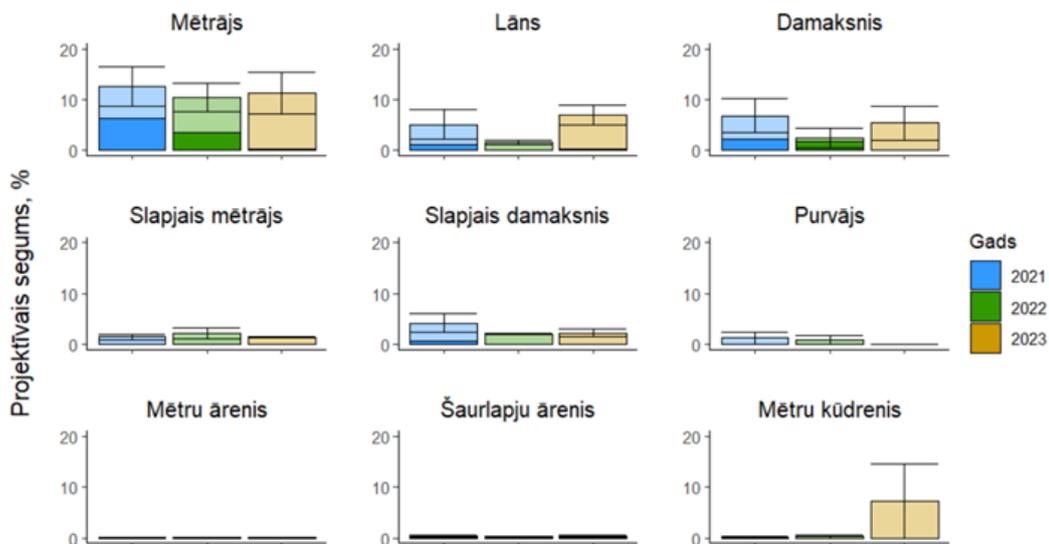
Rezultāti

Meža ogas

Salīdzinot brūkleņu procentuālo segumu Ugāles un Zalvītes testa teritorijās trijos monitoringa gados, konstatēts, ka gandrīz nevienā meža tipā nav vērojamas būtiskas projektīvā seguma izmaiņas. Izņēmums ir Zalvītes testa teritorijas lāna un šaurlapju āreņa objekti. Jāpiemin, ka arī abās testa teritorijās brūklenes seguma vērtības ir zemas (~10%) (4.12. attēls un 4.13. attēls).



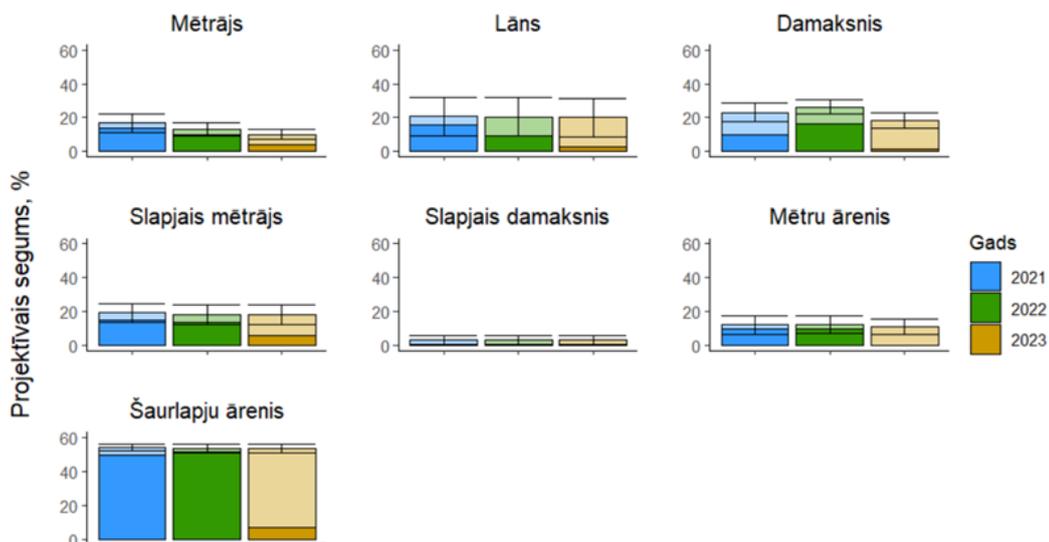
4.12. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos Ugāles testa teritorijā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)



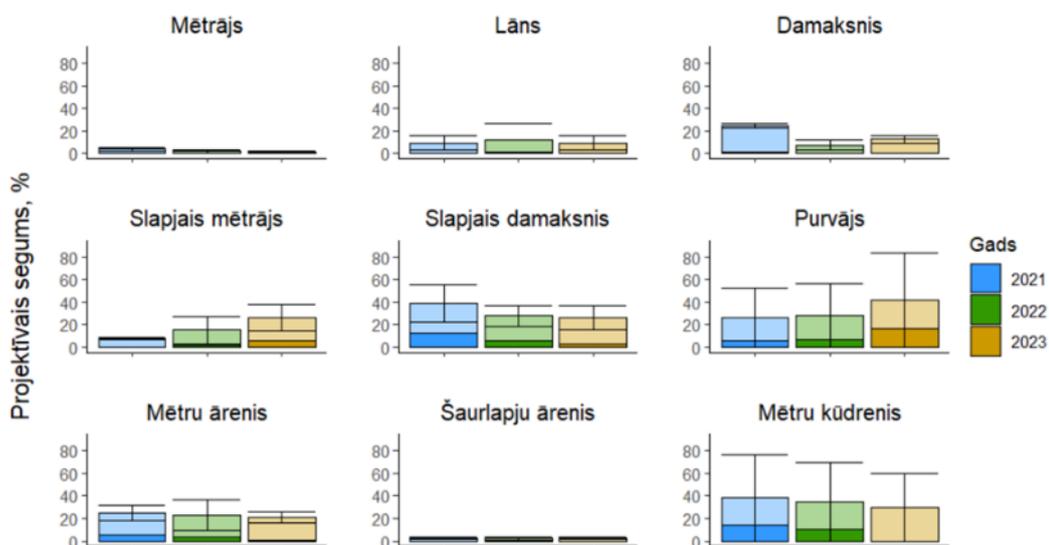
4.13. attēls. Brūklenes segums dažādos meža tipos Zalvītes testa teritorijā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

Abās testa teritorijās melleņu procentuālajam segumam nav būtisku izmaiņu starp gadiem. Atšķirības novērojamas starp Ugāles un Zalvītes testa teritorijām viena meža tipa ietvaros, piemēram, šaurlapju āreņu grupā Ugāles testa teritorijā vidējais projektīvais segums veido ~13%, bet Zalvītē - tikai 0,5%. Atšķirības varētu skaidrot ar mazo parauglaukumu atkārtojumu skaitu konkrētajā meža tipā.

Salīdzinot, kā ik gadu mainās mētru projektīvais segums tur, kur konstatētas ogas, redzams, ka testa teritorijās iepriekšējos gadus bijusi līdzīga produktivitāte, bet šajā sezonā - zema (4.14. attēls un 4.15. attēls)



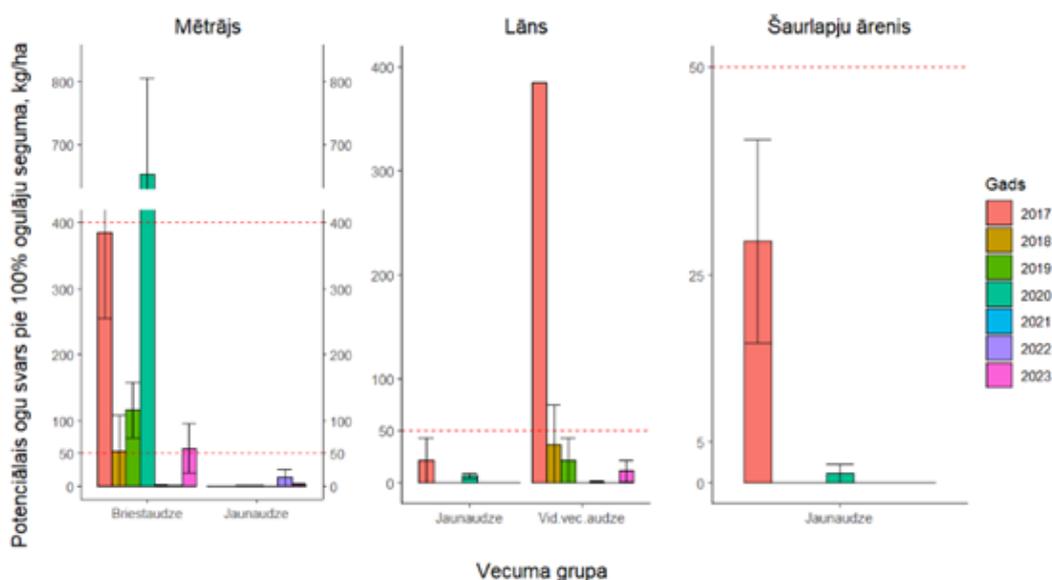
4.13. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos Ugāles testa teritorijā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)



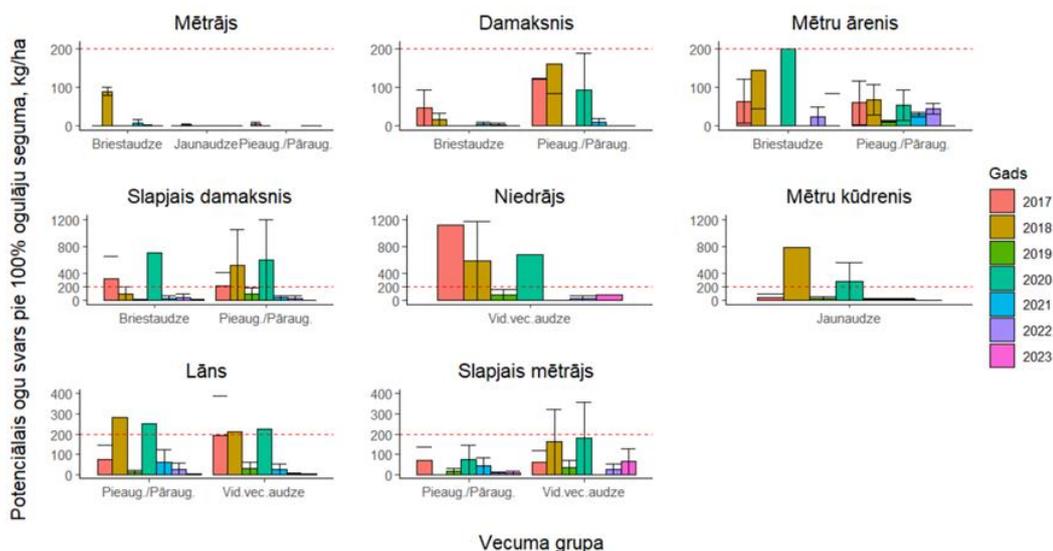
4.14. attēls. Mellenes segums dažādos meža tipos Zalvītes testa teritorijā. (Intensīvākā krāsā apzīmēts ogulāju segums ar ogām)

Zalvītes testa teritorijā rezultāti par potenciālo brūkleņu (4.15. attēls) un melleņu (4.16. attēls) ogu ražu kg ha^{-1} dažādos meža tipos un vecumgrupās pie 100% projektīvā seguma norāda, ka neatkarīgi no kalendārā gada brūklenēm potenciāli lielākā iespējamā raža novērojama mētrāja audzēs (attiecīgi, $385,1 \pm 130,3 \text{ kg ha}^{-1}$, $54,0 \pm 54,0 \text{ kg ha}^{-1}$, $115,9 \pm 42,7 \text{ kg ha}^{-1}$, $625,5 \pm 153,9$, $2,2 \pm 1,3 \text{ kg ha}^{-1}$, $13,23 \pm 12,44 \text{ kg ha}^{-1}$ bet 2023. gadā $58,06 \pm 37,67 \text{ kg ha}^{-1}$). Mellenēm 2017. gadā lielākā potenciālā raža nedrējā bijusi $1114,7 \pm 1114,7 \text{ kg ha}^{-1}$, savukārt 2021. gadā netika konstatētas ogas un šogad potenciālā raža bija $83,45 \pm 83,45 \text{ kg ha}^{-1}$, kas 2023. gadā Zalvītes testa teritorijā bija potenciāli lielākā iespējamā raža.

Ugāles testa teritorijā kopējā tendence visos meža tipos dažādās vecumgrupās ir līdzīga - brūklenēm no 2017. līdz 2020. gadam novērotas salīdzinoši augstas potenciālās ražas vērtības vairumā meža tipu, bet pēdējos trijos gados potenciālās ražas vērtības visos meža tipos ir zemas. 2023. gadā brūklenēm potenciāli lielākā iespējamā raža konstatēta slapjā mētāja jaunaudzē ($3,11 \pm 2,89 \text{ kg ha}^{-1}$) (4.16.attēls).



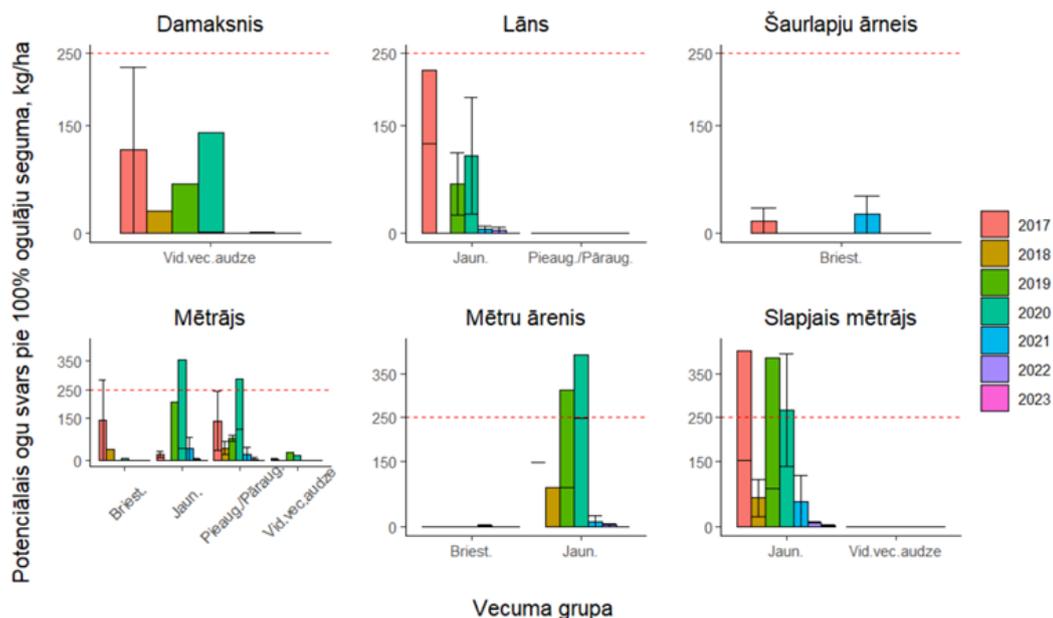
4.15. attēls. Brūkleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha^{-1} Zalvītes testa teritorijā



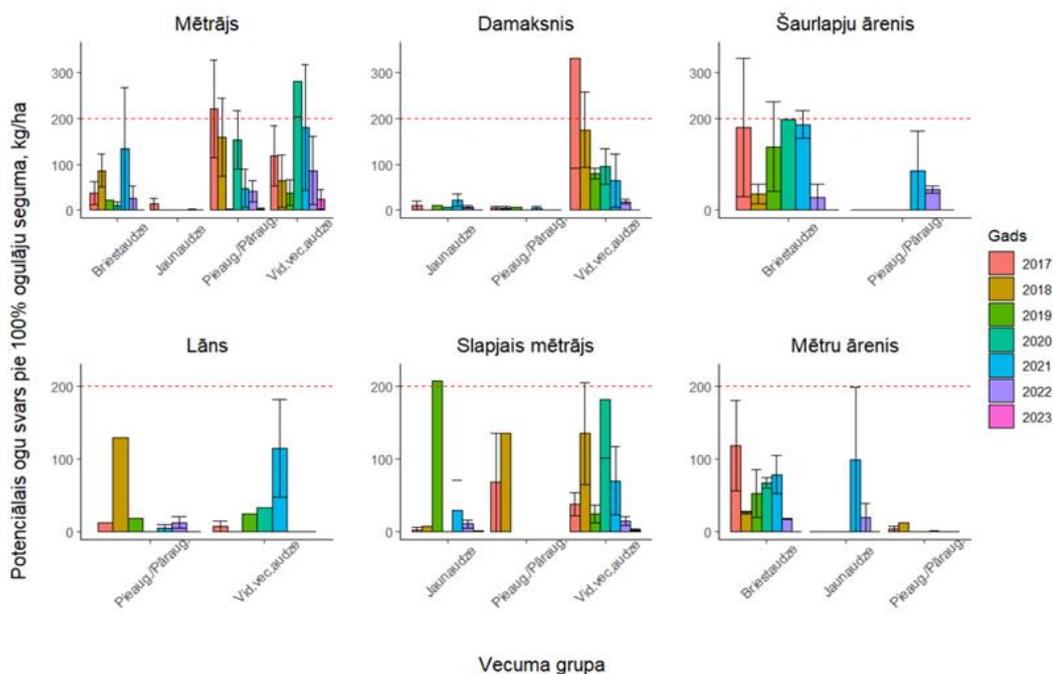
4.16. attēls. Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha⁻¹ Zalvītes testa teritorijā

Salīdzinot visu pētījuma gadu datus par potenciālajām ogu ražām Zalvītes un Ugāles testa teritorijās, kopumā Zalvītes testa teritorijā ogu ražas ir augstākas, taču vienota tendence starp gadiem netika konstatēta. Viens no iemesliem varētu būt mazais atkārtojumu skaits noteiktiem meža tipiņiem konkrētā vecumgrupā. Lielā potenciālā ogu ražas variācija un atšķirīgās tendences varētu būt skaidrojamas arī ar reģionālām atšķirībām jeb klimatisko apstākļu dažādību katrā no reģioniem.

Arī Ugāles testa teritorijā melleņu potenciālās ražas vērtības variē starp gadiem, neuzrādot vienotas tendences noteiktam meža tipam visos gados. Lai gan ogu potenciālā raža pie 100% uz ha atšķiras vairākas reizes, saglabājas kopējā tendence – potenciālās ražas vērtības pēdējos gados ir zemākas nekā četros iepriekšējos gados. Šogad, līdzīgi kā pēdējos divos gados, lielākā potenciālā ražas vērtība novērota vidēja vecuma mētrāja audzēs ($24.35 \pm 21,33$ kg ha⁻¹) (4.18. attēls).



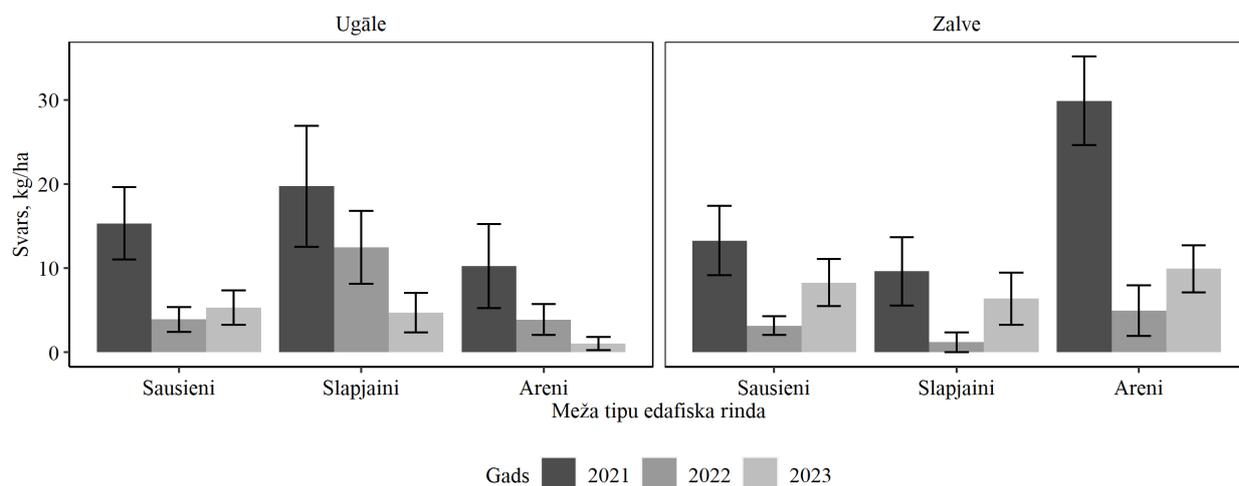
4.17. attēls. Brūkleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha⁻¹ Ugāles testa teritorijā



4.18. attēls. Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2023. gadam, kg ha⁻¹ Ugāles testa teritorijā

Meža sēnes

2023. gada vidējā sēņu raža abās testa teritorijās bija 6.6 kg ha⁻¹, Zalvītes testa teritorijā tā bija lielāka, sasniedzot 8.2 kg ha⁻¹, kamēr Ugāles testa teritorijā – 5.0 kg ha⁻¹ (4.19 attēls). Zalvītes testa teritorijā lielākā sēņu raža tika novērota āreņos, Ugālē – sausienos. Trijos novērojumu gados vidēji lielākā sēņu raža bijusi Zalvītes testa teritorijā – 9.4 kg ha⁻¹ (Ugāles testa teritorijā – 8.8 kg ha⁻¹). Nav konstatētas vienotas sēņu ražas tendences pa gadiem abās pētījuma teritorijās, norādot uz būtisku reģionālo atšķirību ietekmi.



4.19. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādās meža tipu edafiskajās rindās 2021.-2023. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās

Kopsavilkums

1. Kopējā nekoksnes produktu sastopamības tendence katru gadu MSI laukumos ir nemainīga - visbiežāk konstatētās sugas ir melleņes (~1/3 apsekojamo mežaudžu), brūklenes un avenes

(~1/5 apsekoto mežaudžu). Krājas kopšanas ciršu laukumos neatkarīgi no kalendārā gada, kad ierīkots parauglaukums, sešus, piecus vai četrus gadus pēc ciršanas vairumā meža tipu novērotas būtiskas pozitīvas brūkleņu un melleņu seguma izmaiņas.

2. Vērojama liela potenciālās brūkleņu un melleņu ogu ražas izkliede dažādos meža tipos un starp gadiem. Salīdzinot datus par potenciālo brūkleņu un melleņu ogu ražu pie 100 % ogulāju seguma (kg ha^{-1}) Ugāles un Zalvītes testa teritorijās un krājas kopšanas ciršu parauglaukumos, vērojamas atšķirīgas tendences, norādot, ka reģionālās klimatiskās atšķirības būtiski ietekmē ogu potenciālo ražas vērtības.
3. Modelteritorijās sēņu ražas izteikti variē gan pa pētījuma gadiem, gan meža tipu grupām, turklāt ražas tendences ir atšķirīgas Zalvītē un Ugālē, norādot uz reģionālo atšķirību ietekmi.

Literatūra

1. Bārdule, A., Jūrmalis, E., Lībiete, Z., Pauliņa, I., Donis, J., Treimane, A. 2020. Use of retail market data to assess prices and flows of non-wood forest products in Latvia. *Silva Fennica* 54(3), 10341.
2. Bonet, J.A., Fischer, C.R., Colinas, C. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *Forest Ecology and Management* 203, 157–175
3. Büntgen, U., Latorre, J., Egli, S. and Martínez-Peña, F., 2017. Socio-economic, scientific, and political benefits of mycotourism. *Ecosphere*, 8(7), p.e01870.
4. de Aragón, J.M., Riera, P., Giergiczny, M. and Colinas, C., 2011. Value of wild mushroom picking as an environmental service. *Forest policy and Economics*, 13(6), pp.419-424.
5. Donis, J. 2020. Latvijas iedzīvotāju rekreācijas preferences un nekoksnes produktu ieguves paradumi. Pārskats par pētījuma “Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem”, 235.-249.lpp.
6. Grivins, M. and Tisenkopfs, T., 2018. Benefitting from the global, protecting the local: The nested markets of wild product trade. *Journal of Rural Studies*, 61, pp.335-342.
7. Heilmann-Clausen, J., Barron, E.S., Boddz, L., Dahlberg, A., Griffith, G.W., Nordén, J., Ovaskainen, O., Perini, C., Senn-Irlet, B., Halme, P. A fungal perspective on conservation biology. *Conservation Biology* 29, 61–68
8. Ihalainen, M., Alho, J., Kolehmainen, O. and Pukkala, T., 2002. Expert models for bilberry and cowberry yields in Finnish forests. *Forest Ecology and Management*, 157(1-3), pp.15-22.
9. Kangas, J. and Niemeläinen, P., 1996. Opinion of forest owners and the public on forests and their use in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11(1-4), pp.269-280.
10. Krebs, C.J., Boonstra, R., Cowcill, K. and Kenney, A.J., 2009. Climatic determinants of berry crops in the boreal forest of the southwestern Yukon. *Botany*, 87(4), pp.401-408.
11. Kurttila, M., Pukkala, T. and Miina, J., 2018. Synergies and trade-offs in the production of NWFPs predicted in boreal forests. *Forests*, 9(7), p.417.
12. Lībiete Z. un citi. 2022. Pārskats par pētījuma “Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem” 2021. gada rezultātiem. *Salaspils*, 201 lpp.
13. Lõhmus, A. and Remm, L., 2017. Disentangling the effects of seminatural forestry on an ecosystem good: Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 404, pp.75-83.
14. Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P.J. and Mavsar, R., 2020. Non-wood forest products in Europe—A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, 116, p.102175.
15. LVĢMC Klimata portāls. 2023. Maijs, 2023. https://klimats.meteo.lv/laika_apstaklu_raksturojums/2023/majis/
16. Miina J., Hotanen J.P., Salo K. 2009. Modelling the abundance and temporal variation in the production of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finnish mineral soil forests. *Silva Fennica* vol. 43 no. 4 article id 181. <https://doi.org/10.14214/sf.181>
17. Olah, B., Kunca, V., Gallay, I. 2020. Assessing the Potential of Forest Stands for Ectomycorrhizal Mushrooms as a Subsistence Ecosystem Service for Socially Disadvantaged People: A Case Study from Central Slovakia. *Forests* 11, 282.
18. Palviainen, M., Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S. and Starr, M., 2005. Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research*, 20, pp.652-660.
19. Pētersons E. 1961. Savvaļas ogulāji un augļu koki. Latvijas PSR Zinātņu akadēmija, 52 lpp.

20. Pouta, E., Sievänen, T. and Neuvonen, M., 2006. Recreational wild berry picking in Finland—reflection of a rural lifestyle. *Society and Natural Resources*, 19(4), pp.285-304.
21. Schulp, C.J., Thuiller, W. and Verburg, P.H., 2014. Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service. *Ecological Economics*, 105, pp.292-305.
22. Sisak, L., Riedl, M. and Dudik, R., 2016. Non-market non-timber forest products in the Czech Republic—Their socio-economic effects and trends in forest land use. *Land Use Policy*, 50, pp.390-398.
23. Stryamets, N., Elbakidze, M., Ceuterick, M., Angelstam, P. and Axelsson, R., 2015. From economic survival to recreation: contemporary uses of wild food and medicine in rural Sweden, Ukraine and NW Russia. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 11, pp.1-19.
24. Turtiainen M., Salo, K. and Saastamoinen, O. 2011. Variations of Yield and Utilisation of Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland. *Silva Fennica* 45(2):237–251.
25. Vaara, M., Saastamoinen, O. and Turtiainen, M., 2013. Changes in wild berry picking in Finland between 1997 and 2011. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(6), pp.586-595.
26. Wiersum, K.F., 2017. New interest in wild forest products in Europe as an expression of biocultural dynamics. *Human ecology*, 45(6), pp.787-794.

4.2. Meža ainavas vizuālās kvalitātes komponentu izpēte un priekšlikumu izstrāde dažādu iedzīvotāju grupu rekreācijas preferenču praktiskai iekļaušanai daudzfunkcionālas meža apsaimniekošanas plānošanā

4.2.1. Dažādu atpūtnieku tipu grupu rekreācijas preferenču noskaidrošana, izmantojot socioloģiskās aptaujas

Pamatojums

Palielinoties sabiedrības iesaistei lēmumu pieņemšanas procesos par dabas resursu apsaimniekošanu, objektīva informācija par dažādu sabiedrības grupu interesēm kļūst arvien svarīgāka (Plieninger et al. 2015, Bethmann et al. 2018). Atpūtas iespējas ir viens no būtiskākajiem ekosistēmu nodrošinātajiem kultūras pakalpojumiem (MEA 2005, Rounsevell et al. 2018), kam ir liela ietekme uz cilvēku dzīves kvalitāti. Ir noskaidrots, ka dabas apmeklējumi uzlabo kognitīvās funkcijas un smadzeņu darbību, samazina asinsspiedienu, veicina fizisko aktivitāti, palīdz mentālās veselības problēmu gadījumā un normalizē miegu (Jimenez et al. 2021). Pastāv pieņēmums, ka vismaz divu stundu atrašanās dabā nedēļas laikā pozitīvi ietekmē veselību un labbūtību kopumā (White et al. 2019).

Dabas, tajā skaitā meža teritoriju apmeklētāju vajadzības un preferences atšķiras gan atkarībā no tā, ar kādām aktivitātēm cilvēki nodarbojas, gan atkarībā no viņu sociodemogrāfiskā profila – vecuma, dzimuma, izglītības un ienākumu līmeņa (Komossa et al. 2019). Informācija par dabas teritoriju apmeklētāju prasībām ir nepieciešama, lai maksimāli efektīvi izvietotu rekreācijas infrastruktūru, mazinātu apmeklētāju plūsmas tur, kur tās ir nevēlamas, aizsargātu vidi no pārmērīgas noslodzes un pielāgotu apsaimniekošanu apmeklētāju interesēm (Gerstenberg et al. 2020).

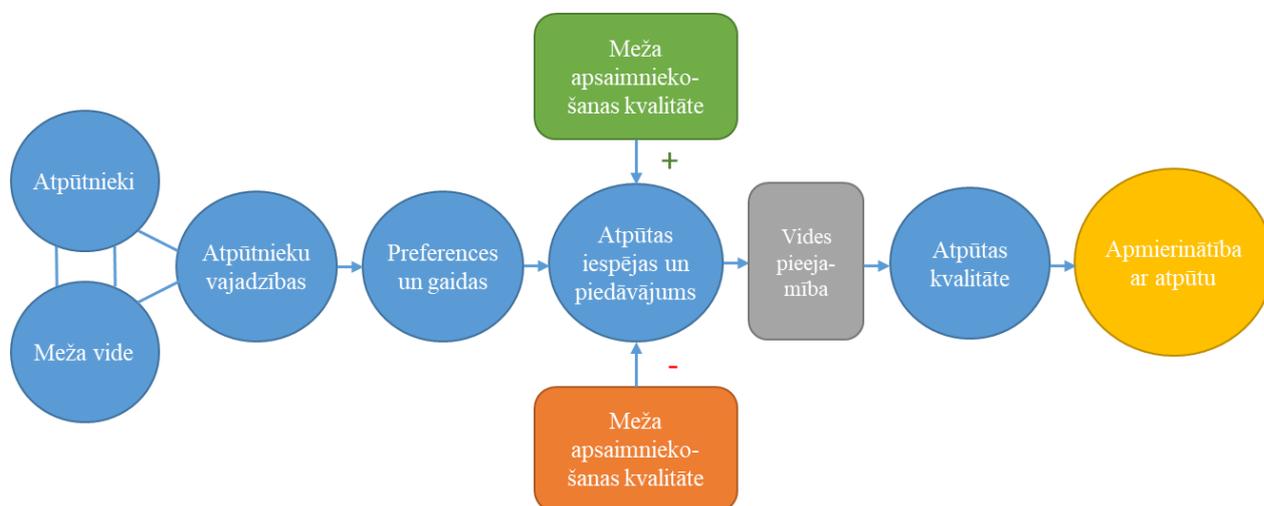
Pētījuma mērķis ir noskaidrot dažādu atpūtnieku grupu rekreācijas preferences meža teritorijās.

Metodika

Pētījumu programmas trešajā etapā īstenotas trīs socioloģiskās aptaujas dažādu grupu atpūtnieku rekreācijas preferenču noskaidrošanai. Grupas aptaujām identificētas atbilstoši populārākajām aktivitātēm dabas teritorijās (pēc Jūrmalis et al. 2022): pastaigas (t.sk. dabas vērošana), ogošana un sēņošana un riteņbraukšana. Katrā no aktivitāšu grupām respondentiem bija

iespējams izvēlēties arī apakšgrupu, piemēram, pastaigas veselības uzlabošanai vai pastaigas ar bērniem, kalnu riteņbraukšana vai velobraucieni kopā ar ģimeni u.tml. Aptauju veica Soliddata, izvēloties Latvijas iedzīvotāju populācijai reprezentatīvu respondentu kopu vecumā no 18 līdz 70 gadiem.

Jautājumu bloki aptaujās strukturēti atbilstoši W.E.Hammitt (2004) piedāvātajam atpūtnieku vajadzību un preferenču un kvalitatīvas rekreācijas iespēju meža vidē konceptuālajam modelim, papildinot to ar vides pieejamības aspektu (4.20. attēls).



4.20. attēls. Atpūtnieku vajadzību, preferenču un kvalitatīvas rekreācijas iespēju meža vidē konceptuālais modelis (modificēts pēc: Hammitt, 2004)

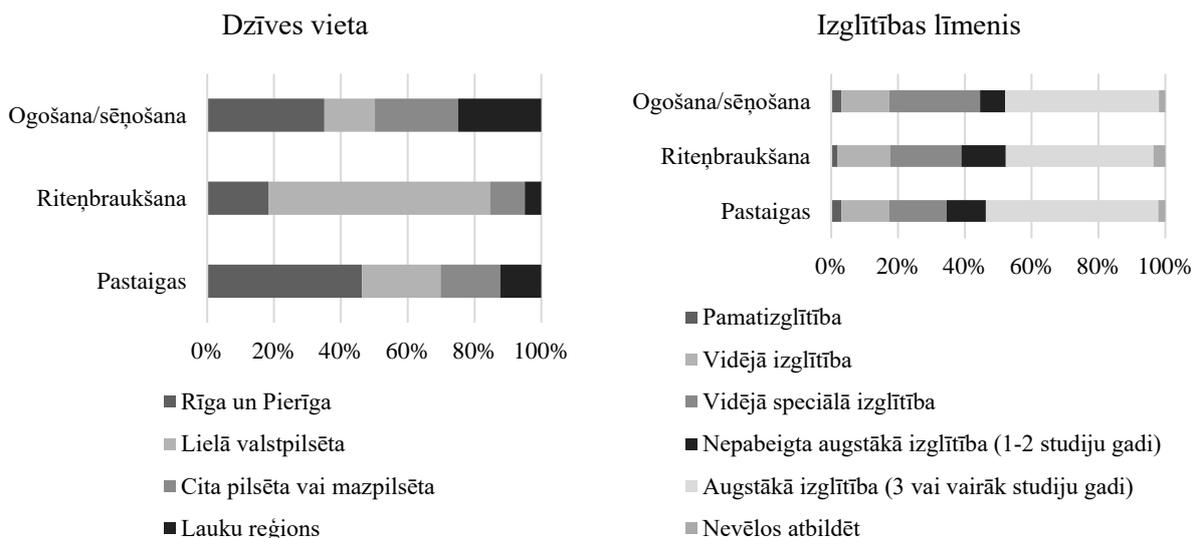
Pavisam kopā visās trijās aptaujās piedalījās 1004 respondenti. Atbilstoši aktivitāšu grupām respondentu skaits sadalījās šādi: pastaigas – 626 respondenti, riteņbraukšana – 113 respondenti, ogošana un sēņošana – 265 respondenti (t.i., attiecīgi 62%, 11% un 26% respondentu). Atpūtnieku grupu procentuālais sadalījums atbilst iepriekšējo pētījumu rezultātiem (Jūrmalis et al. 2022).

Šajā pārskatā parādīti nozīmīgākie aptaujas rezultāti. Padziļinātu datu analīzi plānots veikt nākamajā pētījuma etapā, sagatavojot zinātnisku publikāciju par iegūtajiem rezultātiem.

Rezultāti

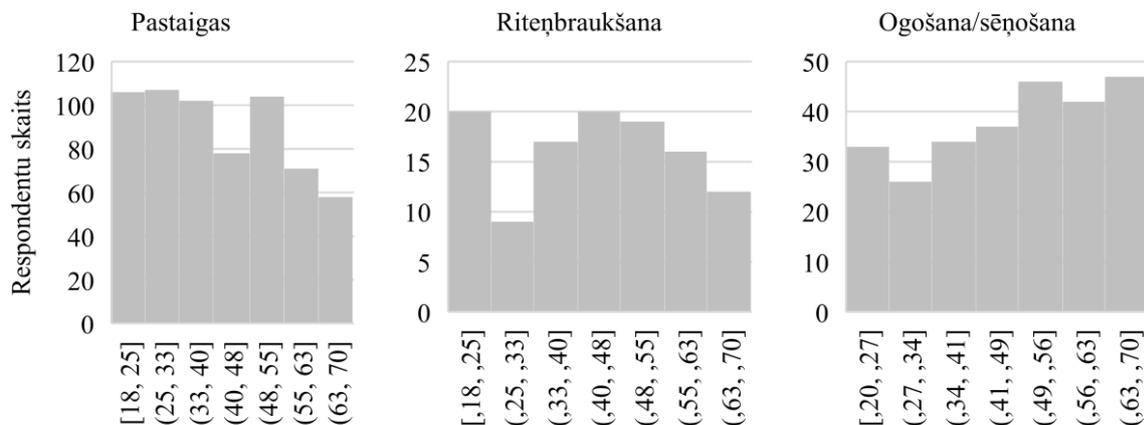
Lielākā daļa visu respondentu (95%) aptaujas bija aizpildījuši latviešu valodā. Pastaigu aktivitāšu grupā 57% no respondentiem bija sievietes, savukārt riteņbraukšanas grupā respondentes-sievietes veidoja tikai nedaudz vairāk kā trešo daļu paraugkopas. Vislīdzīgākais dzimumu sadalījums bija ogošanas/sēņošanas aktivitāšu grupā – 52% vīriešu un 48% sieviešu.

Respondentu sadalījums pēc dzīvesvietas bija atšķirīgs visās trijās aktivitāšu grupās. Pastaigu aktivitāšu grupas respondentu lielākā daļa bija no Rīgas un Pierīgas, savukārt vairāk nekā 60% riteņbraukšanas aktivitāšu grupas respondentu – no citām Latvijas lielajām pilsētām. Citu pilsētu un mazpilsētu, kā arī lauku reģionu iedzīvotāji proporcionāli visvairāk bija pārstāvēti ogošanas/sēņošanas aktivitāšu grupā. Lielākā daļa visu respondentu visās trijās aktivitāšu grupās bija ar pabeigtu vai nepabeigtu augstāko izglītību (4.21. attēls).



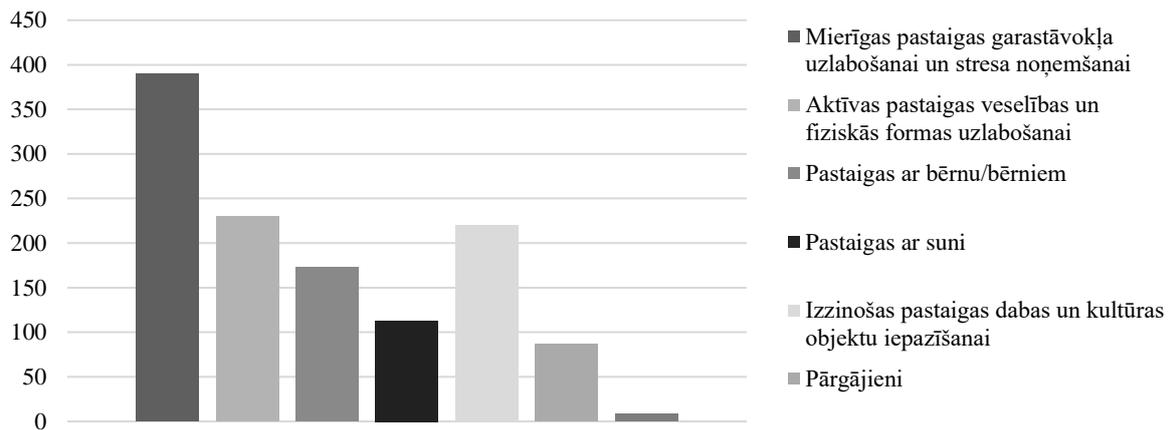
4.21. attēls. Respondentu pastāvīgā dzīves vieta un izglītības līmenis, pa respondentu grupām

Dažādās aktivitāšu grupās respondenti atšķirīgi sadalās arī pēc vecuma. Piemēram, ar riteņbraukšanu diezgan daudz nodarbojas cilvēki 18-25 gadu vecumā, pēc tam līdz 33 gadu vecumam vērojams kritums, kas, iespējams, saistāms ar ģimenes veidošanu un bērnu piedzimšanu, kas ļauj mazāk laika velīt aktīvai atpūtai. Šāda tendence nav novērojama pastaigu aktivitāšu grupā. Savukārt cilvēku skaits, kas nodarbojas ar ogošanu/sēņošanu, ir lielāks tieši vecāka gadagājuma cilvēku vidū (4.22. attēls).



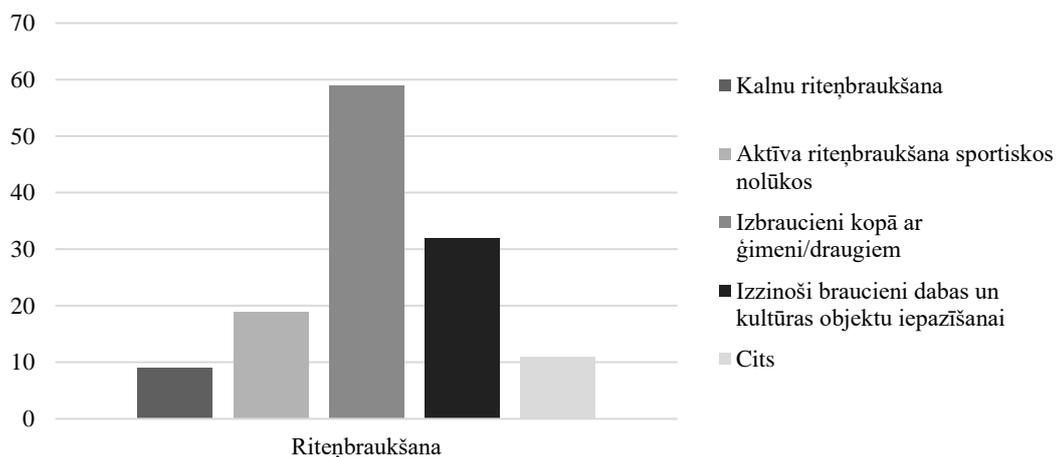
4.22. attēls. Respondentu sadalījums vecuma grupās (uz x ass – vecuma grupas)

Populārākais pastaigu veids ir mierīgas pastaigas garastāvokļa uzlabošanai un stresa noņemšanai – ar tām nodarbojas vairāk nekā puse respondentu. Vairāk kā trešdaļa respondentu nodarbojas ar aktīvām pastaigām un izzinošām pastaigām, bet nedaudz mazāk par trešdaļu dodas pastaigās ar bērniem. Pastaigās ar suni un pārgājienos attiecīgi dodas 18% un 14% respondentu (4.23. attēls). Lielākā daļa respondentu nodarbojas ar vairākiem pastaigu veidiem; populārākā kombinācija ir mierīgas un aktīvas atpūtas.



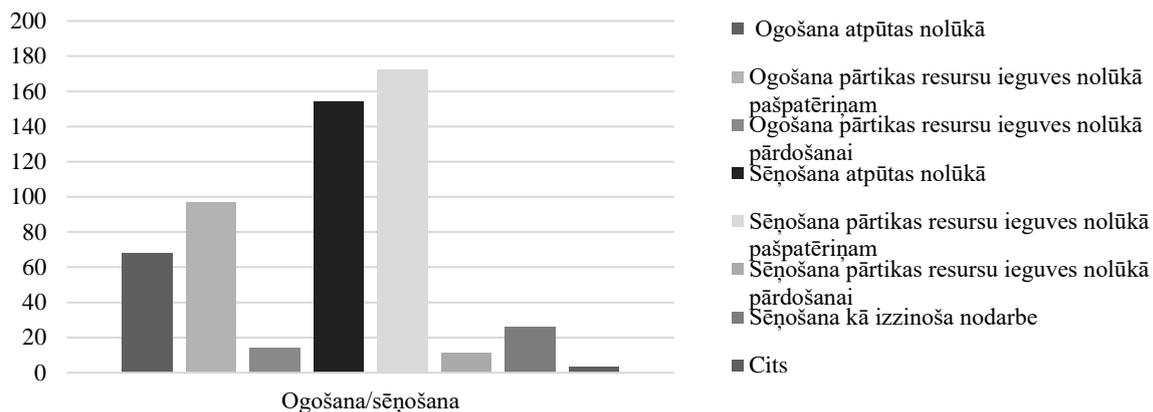
4.23. attēls. Respondentu skaits, kas nodarbojas ar dažādām pastaigu aktivitātēm

Riteņbraukšanas aktivitāšu grupā kā populārākie krasi izdalās izbraucieni kopā ar ģimeni un draugiem – tādos dodas vairāk nekā puse respondentu. Gandrīz trešā daļa ar velosipēdu dodas izzinošos braucienos. Ar sportisku riteņbraukšanu un kalnu riteņbraukšanu attiecīgi nodarbojas 17% un 8% respondentu (4.24. attēls).



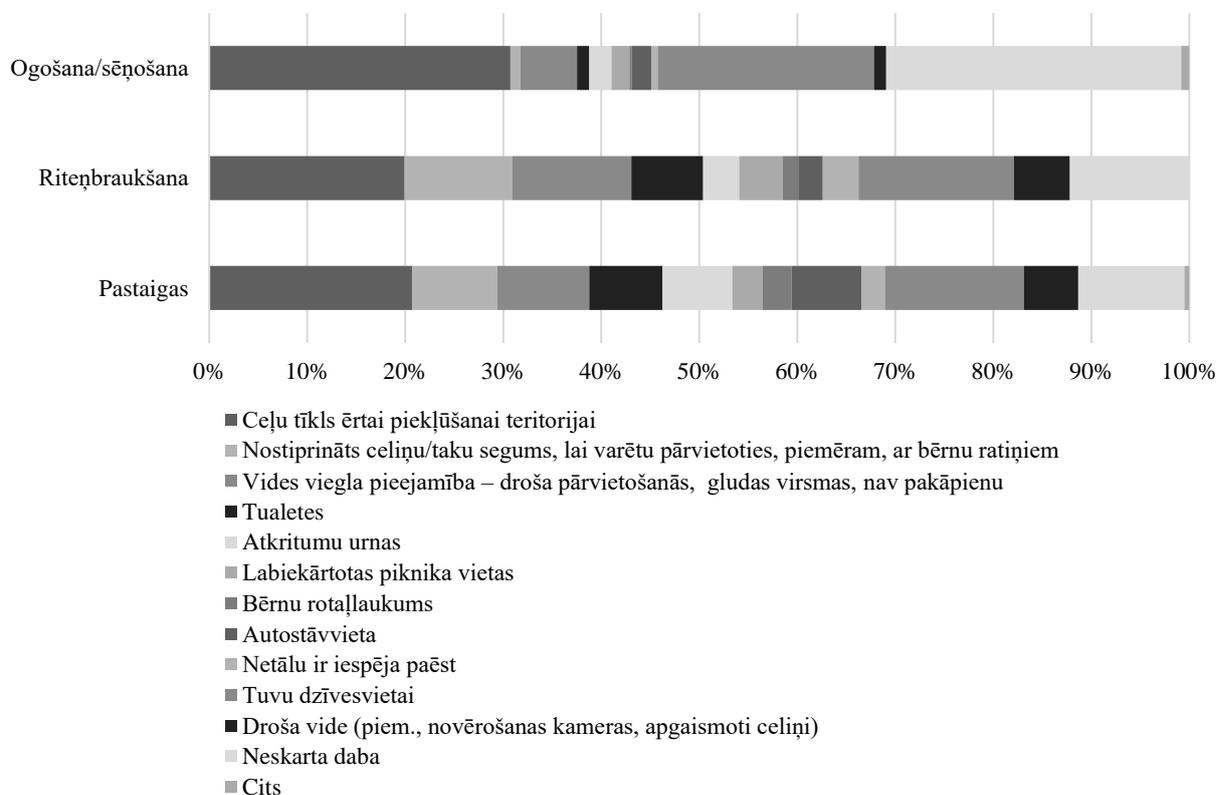
4.24. attēls. Respondentu skaits, kas nodarbojas ar dažādām riteņbraukšanas aktivitātēm

Ogošanas un sēņošanas aktivitāšu grupā absolūti lielākais vairums respondentu (attiecīgi 58 un 65%) nodarbojas ar sēņošanu atpūtas nolūkā un sēņu ieguvi pašpatēriņam. Motivācija nodarboties ar ogošanu ir līdzīga – 26% respondentu ogo atpūtas nolūkos, bet 37% - lasa ogas pašpatēriņam. Ar mērķi pārdot salasīto ogo un sēņo attiecīgi tikai 5% un 4% respondentu (4.25. attēls). Salīdzinot ar iepriekšējās aptaujas rezultātiem, šie dati norāda uz ekonomiskās motivācijas mazināšanos ogotāju un sēņotāju vidū kopš 2019. gada, kad pārdošanai ogas un sēnes lasīja 9% respondentu (Donis 2020). Interesanti, ka gandrīz 10% respondentu nodarbojas ar sēņošanu izziņas nolūkos. Tas varētu būt skaidrojams ar visiem pieejamu, kvalitatīvu informāciju par sēnēm, piemēram, sociālajos tīklos izveidotajās “sēņu entuziastu” grupās, kas iedrošina cilvēkus iesaistīties sēņu noteikšanā, kā arī retāk sastopamu sēņu sugu meklēšanā.



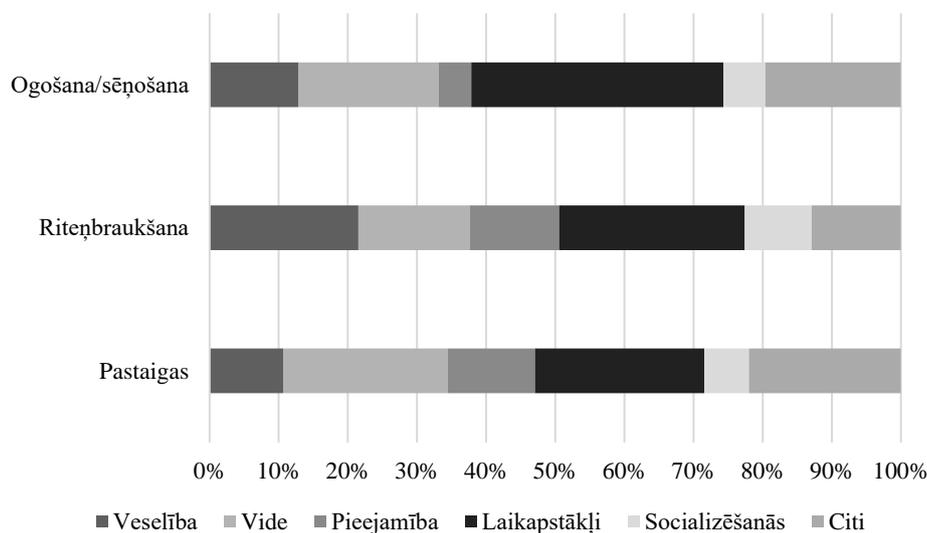
4.25. attēls. Respondentu skaits, kas nodarbojas ar dažādām ogošanas/sēņošanas aktivitātēm

Ceļu tīkls ērtai piekļuvei ir nozīmīgs labiekārtojuma elements visās aktivitāšu grupās, tomēr sevišķi būtisks tas ir ogotājiem/sēņotājiem. Respondentu īpatsvars, kam svarīga neskarta daba, ogošanas/sēņošanas aktivitāšu grupā ir vairāk nekā divas reizes lielāks nekā abās pārējās grupās. Ogotājiem/sēņotājiem relatīvi maznozīmīgas ir rekreācijas infrastruktūra – tualetes, atkritumu urnas, piknika vietas, bērnu laukumi, autostāvvietas, sabiedriskās ēdināšanas vietas. Visās aktivitāšu grupās līdzīgs respondentu īpatsvars ir atzīmējis teritorijas atrašanās vietu – tuvu dzīvesvietai. Droša vide ir relatīvi svarīgāka riteņbraucējiem un tiem respondentiem, kas nodarbojas ar pastaigām. Abām šīm respondentu grupām, bet jo sevišķi riteņbraucējiem, ir svarīgi nostiprināti celiņi un viegla vides pieejamība (4.26.attēls). Salīdzinot rezultātus ar iepriekšējo aptauju datiem, parādās tendence, ka samazinās nepieciešamība pēc specifiskas izbūvētas infrastruktūras - atkritumu urnām, piknika vietām u.tml. (Donis 2020), vismaz aptaujātajās atpūtnieku grupās.



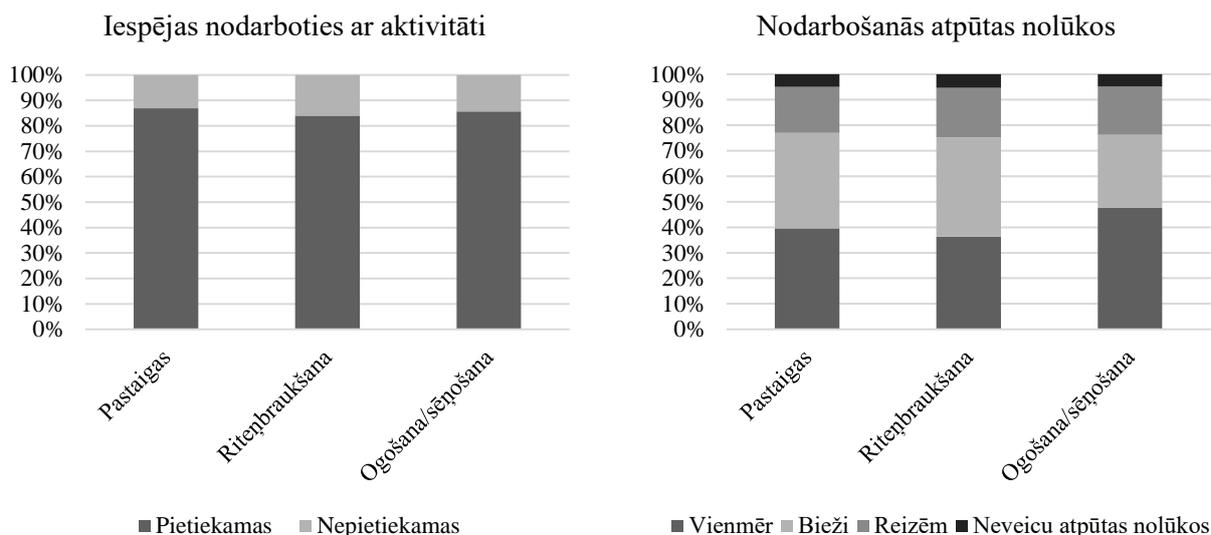
4.26. attēls. Vēlamais labiekārtojums dabas teritorijās, pa aktivitāšu grupām

Atvērtā jautājumā mēs lūdzām respondentiem nosaukt lietas, kas ir vissvarīgākās, nodarbojoties ar konkrēto aktivitāti. Iegūtās atbildes tika kodētas šādās apkopojošās grupās: veselība, vide, pieejamība, laikapstākļi, socializēšanās un citi. Visām aktivitāšu grupām, bet sevišķi ogotājiem/sēņotājiem, nozīmīgi bija laikapstākļi. Visām grupām, bet sevišķi cilvēkiem, kas nodarbojas ar pastaigām, svarīga bija vide, kur tiek veikta aktivitāte. Pieejamība bija relatīvi svarīgāka pastaigu un riteņbraukšanas aktivitāšu grupai. Riteņbraukšanas aktivitāšu grupai, salīdzinot ar abām pārējām, relatīvi svarīgāki bija veselības aspekti un socializēšanās (4.27.attēls).



4.27. attēls. Svarīgākās lietas, nodarbojoties ar izvēlēto aktivitāti

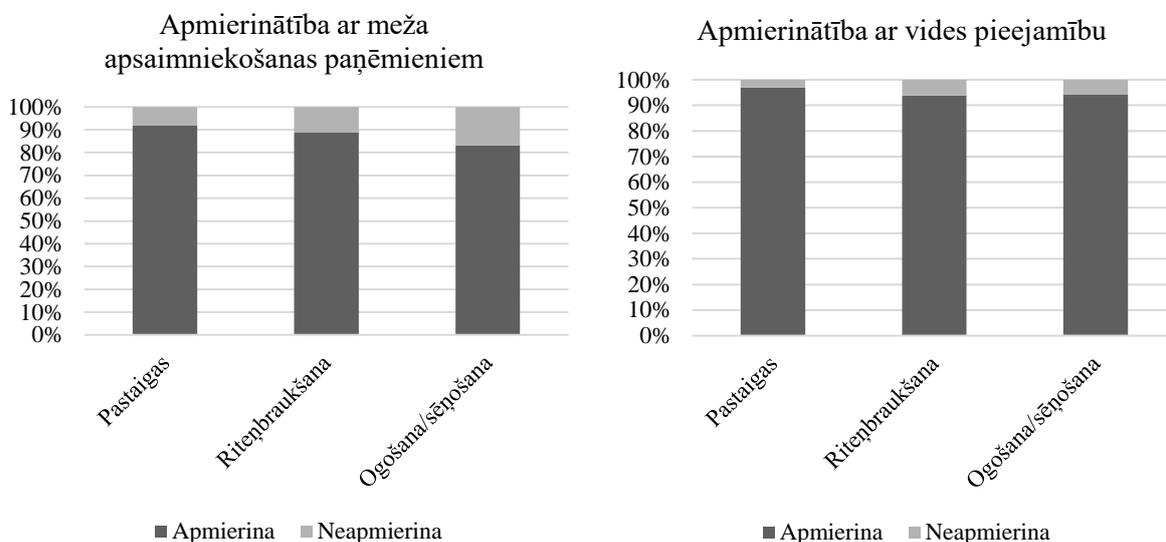
Lielākā daļa respondentu visās aktivitāšu grupās savas iespējas nodarboties ar aktivitāti vērtē kā pietiekamas. Tie, kuri savas iespējas vērtē kā nepietiekamas, kā galvenos iemeslus min laika trūkumu un veselības problēmas, kas sakrīt ar iepriekšējo pētījumu rezultātiem (Donis 2020). Absolūti lielākā daļa ar izvēlētajām aktivitātēm nodarbojas atpūtas nolūkos. Interesanti, ka visaugstākais respondentu īpatsvars, kas ar aktivitāti vienmēr nodarbojas atpūtas nolūkos, ir ogošanas/sēņošanas aktivitāšu grupā (4.28.attēls).



4.28. Respondentu iespējas nodarboties ar attiecīgo aktivitāti un nodarbošanās ar to atpūtas nolūkos, pa aktivitāšu grupām

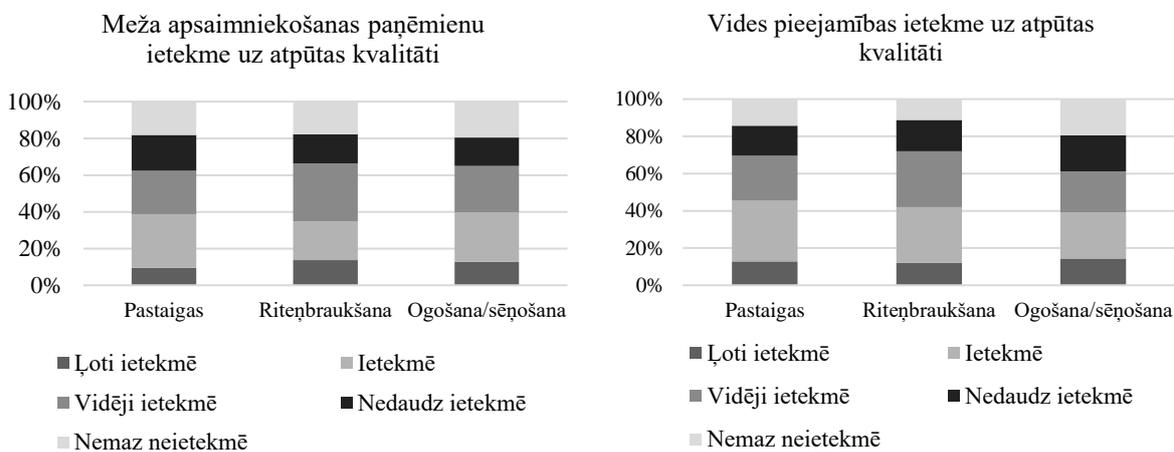
Lielākā daļa respondentu ir apmierināti ar meža apsaimniekošanas paņēmieniem teritorijās, kur nodarbojas ar izvēlēto aktivitāti. Visaugstākais neapmierināto respondentu īpatsvars

ir ogošanas/sēņošanas aktivitāšu grupā. Kā galvenie iemesls neapmierinātībai visās grupās tiek minēts mežsaimnieciskās darbības ietekme. Respondentu īpatsvars, kas ir apmierināti ar vides pieejamību, visās aktivitāšu grupās pārsniedz 90%. Visaugstākais ar vides pieejamību neapmierināto respondentu īpatsvars ir riteņbraukšanas aktivitāšu grupā (4.29.attēls). Galvenais iemesls neapmierinātībai ir ceļu vai celiņu trūkums un nepietiekama kvalitāte.



4.29. Respondentu apmierinātība ar meža apsaimniekošanas paņēmieniem un vides pieejamību, pa aktivitāšu grupām

Kopumā vairāk nekā 60% respondentu atpūtas kvalitāti ietekmē meža apsaimniekošanas paņēmieni izvēle, un visās aktivitāšu grupās ietekmes būtiskuma īpatsvars ir visai līdzīgs. Arī vides pieejamībai ir ietekme, taču tā ir relatīvi svarīgāka respondentiem, kas nodarbojas ar pastaigām un riteņbraukšanu (4.30. attēls).



4.30. Meža apsaimniekošanas paņēmieni un vides pieejamības ietekme uz atpūtas kvalitāti, pa aktivitāšu grupām

Secinājumi

1. No vairāk nekā 1004 aptaujātajiem respondentiem vairāk nekā 60% nodarbojas ar pastaigām, bet 11% un 26% - attiecīgi ar riteņbraukšanu un ogošanu/sēņošanu. Iedzīvotāju biežāk īstenotā atpūtas aktivitāte ir atkarīga no dzīvesvietas, kas visticamāk saistīts ar pieejamības aspektiem.

2. Gan pastaigu, gan riteņbraukšanas aktivitāšu grupā populāras ir izzinošas pastaigas un izbraucieni, kas dod papildu iespēju caur dabas un kultūras objektiem veicināt saudzējošu un atbildīgu iedzīvotāju attieksmi pret vidi.
3. Ogošanai un sēņošanai pārsvarā ir divējāda nozīme – gan kā atpūtas veidam, gan kā dabas produktu ieguvei pašpatēriņam. Pēdējos piecos gados ir samazinājusies ogošanas un sēņošanas ekonomiskā nozīme.
4. Aptaupātājās aktivitāšu grupās nozīmīgākais labiekārtojuma veids ir ceļš ērtai piekļuvei un teritorijas atrašanās tuvu dzīvesvietai. Ogotājiem/sēņotājiem neskarta daba ir relatīvi daudz nozīmīgāka nekā cilvēkiem, kas nodarbojas ar pastaigām un riteņbraukšanu.
5. Vide un laikapstākļi ir nozīmīgākie faktori visām aktivitāšu grupām. Riteņbraucējiem relatīvi svarīgāki nekā citiem ir veselības aspekti un socializēšanās. Lielākā daļa respondentu ar aktivitātēm nodarbojas atpūtas nolūkos un iespējas to darīt vērtē kā pietiekamas. Lielākā daļa respondentu ir apmierināti ar vides pieejamību (>90%) un meža apsaimniekošanas paņēmieniem (>80%). Viszemākā apmierinātība ar meža apsaimniekošanas paņēmieniem ir ogotāju/sēņotāju vidū.

Literatūra

1. Bethmann, S., Simminger, E., Baldy, J. and Schraml, U., 2018. Forestry in interaction. Shedding light on dynamics of public opinion with a praxeological methodology. *Forest Policy and Economics*, 96, pp.93-101.
2. De Groot et al. 2005. Cultural and amenity services. In: Hassan et al. (Eds.). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press. 455-476 p.
3. Donis J. 2020. Latvijas iedzīvotāju rekreācijas preferences un nekoksnes produktu ieguves paradumi. Pētījuma “Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem” 2019.gada rezultātu pārskats, *Salaspils*, 235.-249.lpp.
4. Gerstenberg, T., Baumeister, C.F., Schraml, U. and Plieninger, T., 2020. Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. *Landscape and Urban Planning*, 203, p.103888.
5. Hammit, W.E. 2004. Recreation. User Needs and Preferences. In: Editor(s): Jeffery Burley, J., (Ed.), *Encyclopedia of Forest Sciences*, Elsevier, pp. 949-958, <https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00164-2>.
6. Jimenez, M.P., DeVille, N.V., Elliott, E.G., Schiff, J.E., Wilt, G.E., Hart, J.E. and James, P., 2021. Associations between nature exposure and health: a review of the evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), p.4790.
7. Jūrmalis, E.; Lībiete, Z.; Bārdule, A. Outdoor Recreation Habits of People in Latvia: General Trends, and Changes during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability* 2022, 14, 8478. <https://doi.org/10.3390/su14148478>
8. Komossa, F., van der Zanden, E.H. and Verburg, P.H., 2019. Characterizing outdoor recreation user groups: A typology of peri-urban recreationists in the Kromme Rijn area, the Netherlands. *Land Use Policy*, 80, pp.246-258.
9. Plieninger, T., Kizos, T., Bieling, C., Le Dû-Blayo, L., Budniok, M.A., Bürgi, M., Crumley, C.L., Girod, G., Howard, P., Kolen, J. and Kuemmerle, T., 2015. Exploring ecosystem-change and society through a landscape lens: recent progress in European landscape research. *Ecology and Society*, 20(2).
10. Rounsevell, M., Fischer, M., Torre-Marín Rando, M. and Mader, A., 2018. The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
11. White, M.P., Alcock, I., Grellier, J., Wheeler, B.W., Hartig, T., Warber, S.L., Bone, A., Depledge, M.H. and Fleming, L.E., 2019. Spending at least 120 minutes a week in nature is associated with good health and wellbeing. *Scientific reports*, 9(1), pp.1-11.

4.2.2. Dažādu atpūtas aktivitāšu veidu un intensitātes ietekme uz vides digresijas pakāpi LVM apsaimniekotajās atpūtas vietās

Pamatojums

Aktivitātes dabā ir svarīgas gan tajās iesaistītajiem cilvēkiem kā labsajūtu, veselību un labbūtību kopumā veicinošs pasākums, gan arī to organizatoriem kā būtisks uzņēmējdarbības

veids, jo sevišķi lauku reģionos. Dabas tūrisma popularitāte pasaulē iepriekšējās desmitgadēs ir ievērojami palielinājusies (piem., Bell et al. 2007, Winter et al. 2020), un pieaugums novērojams arī Latvijā (Leitis 2011), turklāt pēdējos gados ir īstenotas vairākas iniciatīvas, lai cilvēku došanos dabā veicinātu, ierīkojot un popularizējot dabas takas un pārgājienu maršrutus (piemēram, Mežtaka, Jūrtaka u.c.).

Rekreācijas un dabas tūrisma radītā biofizikālā ietekme uz ekosistēmām ir nozīmīga problēma, ar ko saskaras dabas teritoriju apsaimniekotāji visā pasaulē (piem., Ward and Beanland 1996, Cole et al. 2000). Rekreācijas slodze ietekmē augsni, augu uz dzīvnieku valsti, kā arī ūdens kvalitāti (Monz et al. 2010, Steven et al. 2011). Rekreācijas teritorijas ir potenciāla mikroplastikas krātuve (Cohen et al. 2021).

Latvijā viena no populārākajām izvēlēm atpūtai dabā ir meži, jo sevišķi – ūdeņu tuvumā esošie (Donis 2020a, Jūrmalis et al. 2022). Šādās platībās nereti tiek ierīkotas atpūtas vietas tūristiem, taču diemžēl nereti tajās tiek konstatēts vandālisms, nekontrolēta atkritumu izmešana, izbradāšana un citas nevēlamas darbības, kas gan bojā vidi, gan samazina teritorijas pievilcību un pasliktina apmeklētāju pieredzi (Verlič et al. 2015).

Piederība vietai, jēgpilna iesaiste atpūtas aktivitātēs, kā arī gatavība veikt praktisku ieguldījumu vides aizsardzībā ir galvenie faktori, kas nosaka atbildīgu uzvedību dabas teritorijās (Lee 2011).

Pētījuma mērķis ir izvērtēt atpūtas aktivitāšu ietekmi uz vides degradāciju atpūtas vietās AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotos mežos.

Metodika

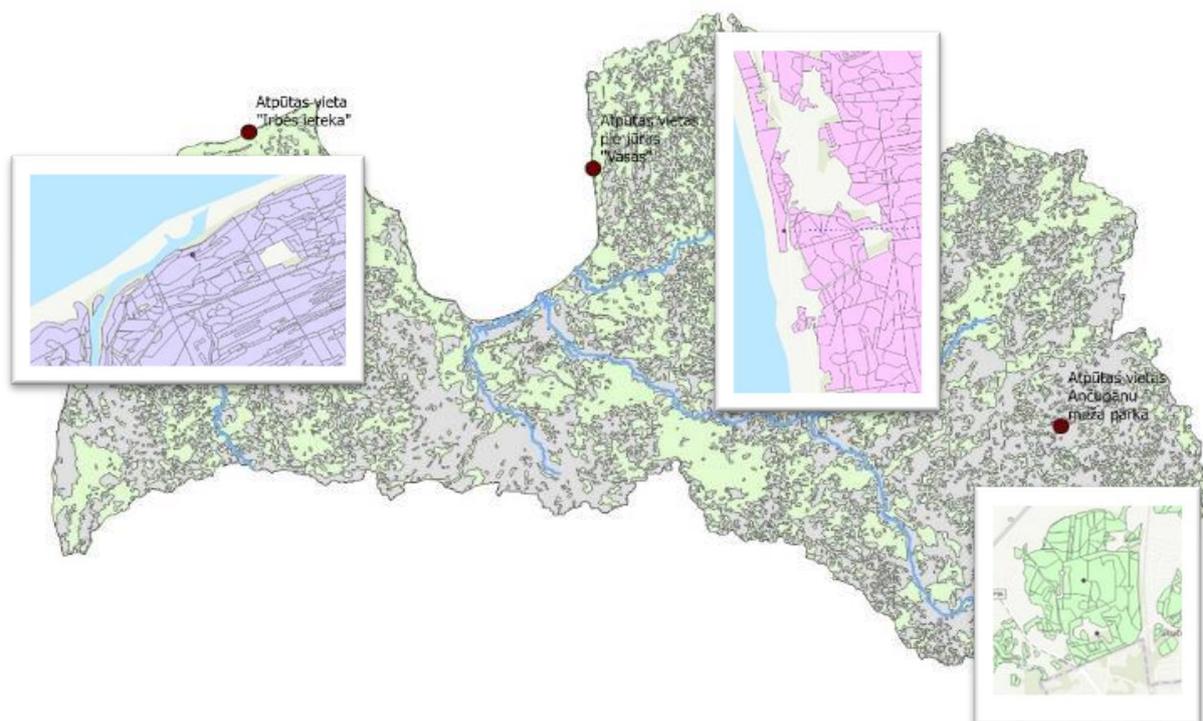
Novērtējums veikts trijās AS “Latvijas valsts meži” apsaimniekotās atpūtas vietās Ziemeļkurzemē, Rietumvidzemē un Latgalē (4.1. tabula, 4.31., 4.32. attēls). Informācija par konkrētiem objektiem iegūta no AS “LVM”, un visas trīs teritorijas klasificētas kā problēmvietas, kur konstatēta atkritumu izmešana neatļautās vietās, infrastruktūras bojāšana, pārējo atpūtnieku traucēšana.

4.1. tabula

Izpētei izvēlēto problemātisko atpūtas vietu raksturojums

Pētījuma objekts	Atrašanās vieta (novads, pagasts, LVM reģions, iecirknis)	Koordinātas	Infrastruktūra	Citas īpatnības
Irbes upes ieteka	Ventspils novads, Tārgales pagasts, Ziemeļkurzemes reģions, Rindas iecirknis	57.64157°, 22.14482°	Autostāvvietas, ugunsкура vietas, piknika vietas, tualetes, telts vietas	Jūrtakas pārgājienu maršruts, iecienīta laivošanas vieta. Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastes aizsargjosla. Biotops: mežainas piejūras kāpas
Atpūtas vieta “Vasas”	Limbažu novads, Liepupes pagasts,	57.52032°, 24.37859°	Autostāvvietas, ugunsкура vietas, piknika vietas, tualetes, telts vietas	Jūrtakas pārgājienu maršruts. Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastes

	Rietumvidzemes reģions, Piejūras iecirknis			aizsargjosla. Natura 2000, Vidzemes akmeņainā jūrmala, Ziemeļvidzemes biosfēras rezervāts (ainavu aizsardzības zona)
Ančupānu mežaparks	Rēzeknes novads, Vērēmu pagasts, Ziemeļlatgales reģions, Rēzeknes iecirknis	56.53413°, 27.31669°	Autostāvvietā, ugunsкура vieta, piknika vieta, tualete, peldvieta, skatu tornis.	Meža aizsargjosla ap pilsētām, piepilsētas mežs, arheoloģisks piemineklis (Greivūļu senkapi), Ančupānu memoriāls



4.31. attēls. Pētījuma objekti



4.32. attēls. Pētījuma teritorijas ar mežaudžu plānu, atzīmētu tūrisma infrastruktūru un dabas aizsardzības platībām (avots: LVM GEO)

2023. gada vasarā veikta visu triju teritoriju apsekošana, fiksējot apmeklētāju skaitu (arī dažāda tipa transporta līdzekļu un telšu skaitu), atpūtas vietā notiekošās aktivitātes, kā arī bojājumus infrastruktūrai un citas problēmsituācijas, piemēram, neatļautās vietās ierīkotas ugunsgrūkus u.c. Katrā vietā apsekošana veikta divas reizes: svētdienas rītā, lai fiksētu potenciāli maksimālo vasaras sezonas apmeklētāju skaitu, un darbdienā, nedēļas vidū, lai fiksētu potenciāli minimālo apmeklētāju skaitu. Apsekošanā izmantota pasīvā jeb nelīdzdalīgā novērojuma metode (*passive or nonparticipant observation*; Ciesielska et al. 2018). Pielietojot šo metodi, pētnieks neiejaucas novērojamās grupas aktivitātēs, un fokusgrupa nemaina savu uzvedību pētnieka klātbūtnē. Potenciālie privātuma riski šajā gadījumā tika novērsti, izvairoties fiksēt automašīnu numurus un cilvēku sejas.

Katrā apsekošanas reizē novērotājs attiecīgajā teritorijā pavadīja 4-6 stundas. Novērojumi tika pierakstīti lauka burtnīcā un pēc tam digitalizēti.

Teritorijām kamerāli aprēķināta atpūtas vietām pieguļošā meža noturība pret rekreācijas slodzēm atbilstoši iepriekšējos pētījuma etapos izstrādātajai metodikai (Donis 2020b).

Rezultāti

Irbes ieteka

Tiešā atpūtas vietas tuvumā (1.kvartāla ZR malā) dominējošais meža tips ir sils, blakus upei sastopama arī slapjā gārša, slapjais vēris un slapjais damaksnis. Mežaudžu vecums – no 84 līdz 149 gadiem. Visa teritorija, kur atrodas atpūtas infrastruktūra, klasificēta kā Eiropas nozīmes aizsargājams biotops. Dominējošais biotopa veids: mežainas piejūras kāpas. Platībā ir trīs autostāvietas, sešas labiekārtotas ugunsкура vietas un trīs tualetes. Noturība pret rekreācijas slodzi - (4.33. attēls). (Tiks papildināts.)

4.33. attēls. Noturība pret rekreācijas slodzi atpūtas vietā pie Irbes ietekas (tikš papildināts)

Pirmais apsekojums tika veikts 2023. gada 23. jūlijā (brīvdiena) un otrais apsekojums - 27. jūlijā (darba diena). Pirmā apsekojuma laikā teritorijā uzskaitīti 28 vieglie automobiļi, 11 mikroautobusi, trīs motocikli un 40 teltis. Vidējais telts lielums - trīsvietīga. Atbilstoši novērojumiem, teritorijā uzturējās vismaz 120 cilvēki. Konstatētas piecas atpūtnieku grupas, kas atpūtas vietā uzturas ilgāk par vienu nakti. Novērotās aktivitātes: laivošana, riteņbraukšana un supošana, tomēr lielākā daļa apmeklētāju ir ģimenes un grupas bez īpaša aprīkojuma. Uzskaitītas divas laivotāju grupas ar organizētu laivu transportu.

Otrā apsekojuma laikā teritorijā tika uzskaitītas 13 vieglās automašīnas, divi mikroautobusi, viens kempervagons, divi motocikli un 10 teltis. Atbilstoši novērojumiem, darba dienā atpūtas vietā uzturējās vismaz 30 cilvēki.

Galvenās teritorijā konstatētās vides problēmas: pārpildītas atkritumu urnas un izmētāti atkritumi (4.34. attēls, a), izbraukāta un nobradāta zemsega/zemsedze ārpus ceļiem (4.34. attēls, b), nobrucināti upes krasti (4.34. attēls, d), bez uzraudzības atstāti ugunsкура, neatļautās vietās kurināti ugunsкура (1. apsekojuma laikā 3 gab., bet vairāk nekā 10 vietas visā teritorijā; 4.34. attēls, c), kāpās iebraukuši automobiļi (4.34. attēls, e), patvaļīga koku ciršana (4.34. attēls, f), dabisko vajadzību kārtošana ārpus tualetēm.





4.34. attēls. Irbes ietekas atpūtas vietā konstatēto problēmu fotofiksācijas

Vasas

Atpūtas vieta (269. kvartāla 1.nogabals) klasificēta kā rekreācijas platība. Tajā atzīmēti sekojoši ES biotopu veidi – mežainas piejūras kāpas, aluviāli meži (aluviāli krastmalu un palieņu meži) un jūras stāvkrasti. Mežaudzes uz Z no atpūtas vietas atbilst sausieņu meža tipiem (Sl, Dm, Vr), bet uz A, pāri ceļam, - AP un Grs meža tipam. Mežaudžu vecums 63-93 gadi. Rekreācijas teritorijā vai tieši tai blakus aug divi dižkoki – melnalkšņi, tālāk uz Z, D un A 150-300 m attālumā atrodas vēl vairāki dižkoki. Teritorija atrodas Ziemeļvidzemes Biosfēras rezervāta ainavu aizsardzības zonā un īpaši aizsargājamas dabas teritorijas Vidzemes akmeņainā jūrmala dabas lieguma funkcionālajā zonā. Atpūtas teritorijā ir divas autostāvvietas, astoņas labiekārtotas ugunsкура/piknika vietas un trīs tualetes. Noturība pret rekreācijas slodzi - (4.35.... attēls). (Tiks papildināts)

4.35. attēls. Noturība pret rekreācijas slodzi atpūtas vietā “Vasas” (tikš papildināts)

Pirmais apsekojums veikts 2023. gada 30. jūlijā (brīvdiena) un otrais apsekojums - 2. augustā (darba diena). Teritorijā ir nosacīti divas autostāvvietas. Pirmā apsekojuma laikā tajās abās kopā uzskaitītas 60 vieglās automašīnas, 11 mikroautobusi, 12 kemperi un 36 teltis. Atbilstoši novērojumiem, teritorijā uzturējās vismaz 100 cilvēki. Otrā apsekojuma laikā atpūtas vietā uzskaitītas 34 vieglās automašīnas, 10 mikroautobusi, deviņi kempervagoni. Otrā apsekojuma laikā atpūtas vietās nebija uzcelta neviena telts. Darba dienā teritorijā novērotais cilvēku skaits – apmēram 50. Galvenās novērotās aktivitātes: peldēšanās, sauļošanās, supošana, grilēšana.

Šajā teritorijā konstatēts mazāk problēmsituāciju nekā Irbes pietekas atpūtas vietā. Ir konstatēta izbraukāšana (4.36. attēls, a), kā arī divos gadījumos neatļautās vietās kurināti uguns kuri (4.36. attēls, b). Vairākos gadījumos priekšā celiņiem uz jūru uzceltas teltis. Atšķirībā

no atpūtas vietas pie Irbes, izteikta atkritumu problēma šajā teritorijā netika konstatēta nevienā no abiem apsekojumiem.



4.36. attēls. Atpūtas vietā “Vasas” konstatēto problēmu fotofiksācijas

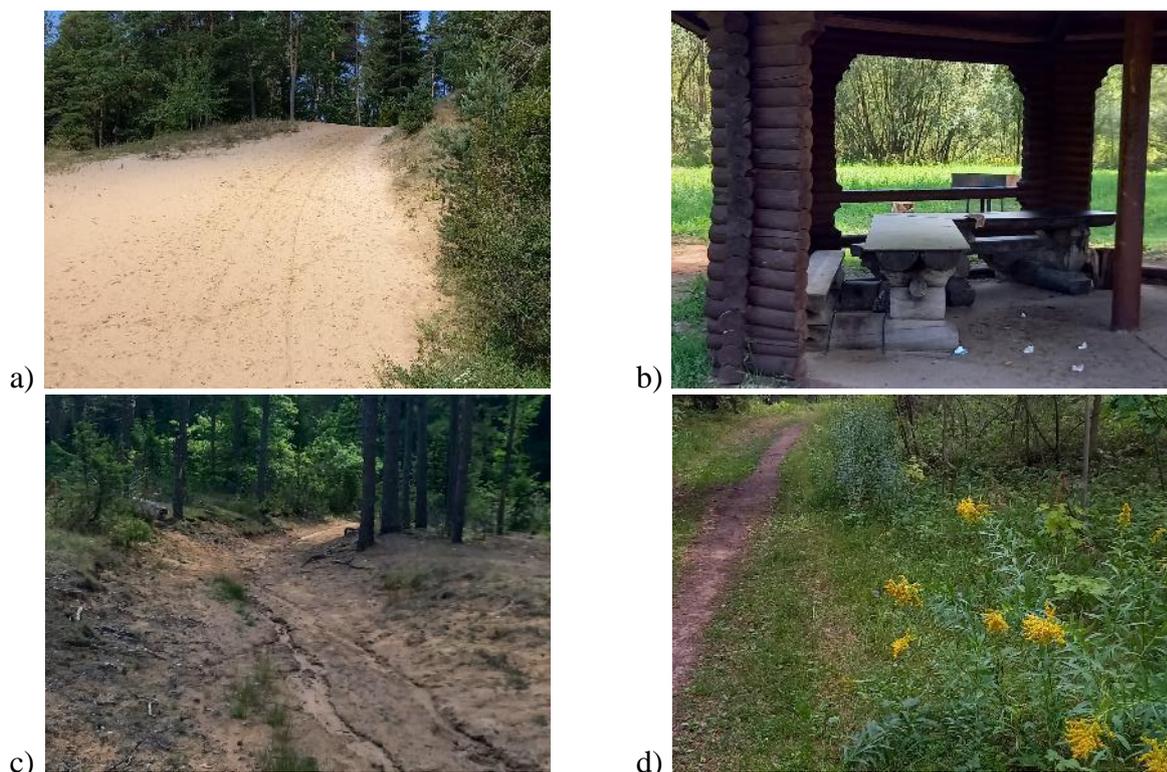
Ančupānu meža parks

Atpūtas vieta atrodas uz Z no Rēzeknes, starp dzelzceļu, Viļakas ielu un piebraucamo ceļu Ančupānu memoriālam, kas ir teritorijas ZR esošs kultūrvēsturisks objekts. Dominējošais meža tips ir lāns, un meža masīvā sastopamas dažāda vecuma audzes – no 11 līdz 108 gadiem. Šī ir vienīgā no apsekotajām platībām, kam netiek piemērots īpašs aizsardzības režīms – tajā ir tikai viena sugu atradne (paparžaugi un ziedaugi). Teritorijā ir divas labiekārtotas ugunsкура/piknika vietas – teritorijas D daļā pie peldvietas, ar iebraukšanu no Viļakas ielas, un teritorijas ZR daļā, blakus skatu tornim, uz ko ved gājēju celiņi. Apsekojumu laikā skatu tornis bija slēgts. Noturība pret rekreācijas slodzi - (4.37. attēls). (Tiks papildināts.)

4.37. attēls. Noturība pret rekreācijas slodzi atpūtas vietā Ančupānu meža parks (tikš papildināts)

Pirmais apsekojums veikts 2023. gada 6. augustā (darba diena) un otrais apsekojums - 9. augustā (brīvdiena). Pirmā apsekojuma laikā stāvvietā pie peldvietas uzskaitītas četras vieglās automašīnas, bet stāvvietā pie memoriāla – četras vieglās automašīnas un skolēnu autobuss. Teritorijā novērojuma laikā uzturējās apmēram 30 cilvēki. Otrā apsekojuma laikā gan pie karjera, gan pie memoriāla uzskaitīta viena vieglā automašīna, cilvēku skaits – zem 10. Galvenās novērotās aktivitātes: pastaigas, peldēšanās un sauļošanās pie karjera un skriešana pa takām.

Apsekojumu laikā Ančupānu meža parkā tika konstatēta ievērojami mazāka rekreācijas slodze nekā abās pārējās teritorijās. Atsevišķās vietās, piemēram, kāpā pie ūdensobjekta (4.38. attēls, a) tika konstatēta pastiprināta nobradāšana un izbraukāšana, kā arī ūdens izraisīta augsnes erozija takās pēc lietus (4.38. attēls, c). Teritorijā netika konstatēta izteikta atkritumu problēma, izņemot labiekārtoto piknika vietu pie dīķa (4.38. attēls, b). Atkritumu esamība šajā gadījumā diemžēl saistāma ar apmeklētāju nekulturālu uzvedību, nevis ar atkritumu urnu trūkumu. Ančupānu mežā vairākās vietās gar takām konstatēta potenciāli invazīvā augu suga Kanādas zeltgalvīte *Solidago canadensis* (4.38. attēls, d).



4.38. attēls. Ančupānu meža parkā konstatēto problēmu fotofiksācijas

Visas trīs pētījumā iekļautās teritorijas ir daudzfunkcionāli nozīmīgas, t.i., tās sniedz daudzveidīgus ekosistēmu pakalpojumus sabiedrībai. Šie ekosistēmu pakalpojumi var būt savstarpēji konfliktējoši, jo sevišķi, ņemot vērā, ka visās trijās atpūtas vietās noturība pret rekreācijas slodzi pārsvarā ir zema. Sevišķi izteikts konflikts vērojams atpūtas vietā pie Irbes upes ietekas, kas ir nozīmīga teritorija gan sugu un biotopu aizsardzībai, gan erozijas mazināšanai, gan arī rekreācijai. Šie paši ekosistēmu pakalpojumi savstarpēji konfliktē arī atpūtas vietā “Vasas”, lai gan mazākā mērā. Visticamāk, teritorijas atrašanās vieta būtiski ietekmē problēmsituācijas – no apdzīvotām vietām un ceļiem attālākās platībās to rašanās iespēja ir lielāka. Ančupānu meža parks kā tipisks piepilsētas mežs atšķiras no abām pārējām teritorijām. Arī tur konstatēts regulējošo un kultūras ekosistēmu pakalpojumu konflikts, taču šajā platībā novērojumu laikā tika konstatēts ievērojami mazāks apmeklētāju skaits nekā piejūras atpūtas vietās.

Atbilstošas, apmeklētāju blīvumam un vajadzībām piemērotas rekreācijas infrastruktūras esamība ir viens no veidiem, kā veicināt atbildīgu izturēšanos pret vidi (Zeidenitz et al. 2007). Abās apsekotajās piejūras teritorijās apmeklētāju blīvums ir pārāk liels tajās esošajai infrastruktūrai, vai arī apmeklētāji izvēlas šo infrastruktūru neizmantot. Piemēram, gan atpūtas vietā pie Irbes ietekas, gan atpūtas vietā “Vasas” cilvēki dabiskās vajadzības nereti kārtu ārpus sausajām tualetēm, spriežot pēc teritorijā konstatētajiem tualetes papīriem. Problemātiska ir arī atkritumu apsaimniekošana. Irbes atpūtas vietā atkritumu savākšanai tiek izmantoti plastmasas maisi, kas strauji piepildās, netiek droši noslēgti un ir pieejami dzīvniekiem un putniem (4.39. attēls, a). Atkritumu apsaimniekošanas stratēģija kopumā ir konfliktējoša – no vienas puses, ir izvietotas atkritumu urnas, no otras – izvietotas zīmes “ko atnesi, to aiznes” (4.39. attēls, b).



4.39. attēls. Pieejas atkritumu apsaimniekošanai piejūras atpūtas vietās (a – Irbes ieteka, b – “Vasas”)

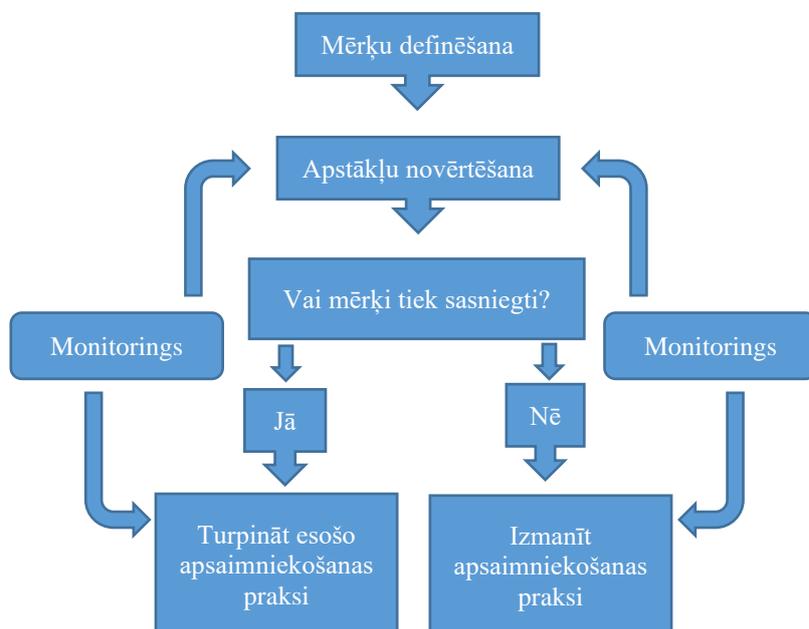
Atpūtas vietām nepieciešams skaidrs zonējums – precīzas, ja nepieciešams, fiziskas robežas platībām, kur veicamas dažādas aktivitātes, piemēram, autostāvvietām, teltsvietām, pludmales zonai utt., kā arī jābūt skaidri definētām darbībām, kas katrā zonā ir pieļaujamas. Pašlaik, piemēram, atpūtas vietā pie Irbes upes fiziski šķēršļi iebraukšanai kāpās ir ļoti nosacīti – ceļš un autostāvvietas no piekrastes joslas ir nodalītas ar zemu koka barjeru (4.40. attēls, a), kas vietām jau ir salauzta/iznīcināta (4.40. attēls, b).



4.40. attēls. Ceļu/autostāvvietas un kāpu zonu nodalošais žogs atpūtas vietā pie Irbes ietekas

Novērojumu rezultāti, veicot apsekojumus, diemžēl liecina par to, ka joprojām nepieciešama apmeklētāju izglītošana par to, ko drīkst un nedrīkst darīt dabā. Iespējams, ir nepieciešamas lielākas un/vai uzkrītošākas informatīvās zīmes. Viens no veidiem, kā kontrolēt apmeklētāju uzvedību, ir novērošanas kameras un/vai regulāras teritorijas apsaimniekotāja patruļas. Uzraugošā personāla klātesamība ir viena no apzinātām stratēģijām dabas teritoriju apmeklētāju vēlamas uzvedības nodrošināšanai. Šai klātesamībai nav jābūt nepārtrauktai, tomēr konkrēti pamanāmai – piemēram, atpazīstams apsaimniekotāja pārstāvju apģērbs, marķējums uz transportlīdzekļiem utt. Klātesamības stratēģija ietver arī apsaimniekotāja pārstāvju un teritorijas apmeklētāju komunikāciju. Šai komunikācijai jābūt pozitīvai un informatīvai, iedrošinot apmeklētāju vēlamu uzvedību. Tā ir proaktīva pieeja, kas ir efektīva attiecībā uz slikti informētiem dabas teritoriju apmeklētājiem (Pendleton 1997). Tomēr ar “iedrošinošo” pieeju ne visos gadījumos iespējams panākt vēlamu rezultātu, ja pārkāpumi tiek veikti apzināti. Šādās situācijās būtu jābūt iespējai pārkāpējus saukt pie reālas atbildības.

Lai mazinātu konfliktus un iespējami efektīvi apsaimniekotu rekreācijas teritorijas, nepieciešams 1) precīzi definēt apsaimniekošanas mērķus katrā platībā, 2) veicot regulāru monitoringu, novērtēt apstākļus dabā, lai saprastu, vai šie mērķi tiek sasniegti, un 3) nepieciešamības gadījumā mainīt apsaimniekošanas praksi, pielāgojot apsaimniekošanas paņēmienus (4.41. attēls).



4.41. attēls. Rekreācijas teritoriju apsaimniekošanas vispārējais modelis (pēc: Hammit et al. 2015)

Secinājumi

1. Abās piejūras atpūtas vietās atpūtnieku aktivitāte negatīvi ietekmē dabas vērtības, un konstatēts izteikts konflikts starp regulējošajiem un kultūras ekosistēmu pakalpojumiem. Arī Ancupānu meža parkā pastāv konflikts starp šīm ekosistēmu pakalpojumu grupām, taču apmeklētāju skaits tur ir ievērojami mazāks nekā abās pārējās atpūtas vietās. Visās apsekotajās teritorijās aprēķinātā vides noturība pret rekreācijas slodzi ir zema.
2. Atpūtas vietās novērotās negatīvās ietekmes saistītas ar transportlīdzekļu un cilvēku pārvietošanos ārpus ceļiem/taciņām, mēslošanu, infrastruktūras bojāšanu, uguns kurināšanu neatļautās vietās. Visvairāk problēmsituāciju novērots atpūtas vietā pie Irbes upes ietekas, kur konstatēts arī lielākais apmeklētāju skaits.
3. Apsekotajās atpūtas vietās veiktie novērojumi izgaismo konfliktus, kas saistīti ar dabas-cilvēku mijiedarbību intensīvi izmantotās dabas teritorijās Latvijā kopumā. Ieteicams tos risināt sistemātiski, definējot mērķus katrai teritorijai, izvērtējot un attiecīgi pielāgojot esošo apsaimniekošanas praksi. Lēmums par apsaimniekošanas prakses maiņu jāpieņem apsaimniekotājam atkarībā no finansiālajām un tehniskajām iespējām.

Literatūra

1. Bell, S., Tyrväinen, L., Sievänen, T., Pröbstl, U. and Simpson, M., 2007. Outdoor recreation and nature tourism: A European perspective. *Living Reviews in Landscape Research*, 1(2), pp.1-46.
2. Ciesielska, M., Boström, K.W., Öhländer, M. 2018. Observation Methods. In: Ciesielska, M., Jemielniak, D. (Eds.), *Qualitative Methodologies in Organization Studies*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65442-3_2

3. Cohen, Q.M., Glaese, M., Meng, K., Geissen, V. and Huerta-Lwanga, E., 2021. Parks and recreational areas as sinks of plastic debris in urban sites: the case of light-density microplastics in the City of Amsterdam, The Netherlands. *Environments*, 9(1), p.5.
4. Cole, D.N., 2000. Biophysical impacts of wildland recreation use. *Trends in outdoor recreation, leisure and tourism*, pp.257-264.
5. Donis J. 2020a. Meža rekreācijas preferences Latvijā un meža piemērotība atpūtai. Pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" gala pārskats, *Salaspils*, 50.-52.lpp.
6. Donis J. 2020b. Rekreācijas vērtības modeļi. Noturība pret rekreācijas slodzēm. Pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" 2019.gada rezultātu pārskats, *Salaspils*, 76.-77.lpp.
7. Hammitt, W.E., D.N. Cole, and C.A. Monz. 2015. *Wildland Recreation: Ecology and Management*. John Wiley and Sons: New York. 336 pp.
8. Lee, T.H., 2011. How recreation involvement, place attachment and conservation commitment affect environmentally responsible behavior. *Journal of Sustainable tourism*, 19(7), pp.895-915.
9. Leitis, E., 2011. Trends In The Development Of Ecotourism In Latvia. *Journal of Environmental Management and Tourism (JEMT)*, 2(02 (04)), pp.245-253.
10. Monz, C.A., Cole, D.N., Leung, Y.F. and Marion, J.L., 2010. Sustaining visitor use in protected areas: future opportunities in recreation ecology research based on the USA experience. *Environmental management*, 45, pp.551-562.
11. Pendleton, M.R., 1998. Policing the park: Understanding soft enforcement. *Journal of Leisure Research*, 30(4), pp.552-571.
12. Steven, R., Pickering, C. and Castley, J.G., 2011. A review of the impacts of nature based recreation on birds. *Journal of environmental management*, 92(10), pp.2287-2294.
13. Verlič, A., Arnberger, A., Japelj, A., Simončič, P. and Pirnat, J., 2015. Perceptions of recreational trail impacts on an urban forest walk: A controlled field experiment. *Urban forestry & urban greening*, 14(1), pp.89-98.
14. Ward J., Beanland R. 1996. Biophysical impacts of tourism. Information Paper No 56, Lincoln Environmental Centre for Resource Management, Lincoln University, 84 pp.
15. Winter, P.L., Selin, S., Cervený, L. and Bricker, K., 2019. Outdoor recreation, nature-based tourism, and sustainability. *Sustainability*, 12(1), p.81.
16. Zeidenitz, C., Mosler, H.J. and Hunziker, M., 2007. Outdoor recreation: from analysing motivations to furthering ecologically responsible behaviour. *Forest snow and landscape research*, 81(1/2), pp.175-190.

4.2.3. Socioloģiskā aptauja par dažādu zemes lietojumu veidu, t.sk. mežsaimniecības, ietekme uz ainavas vizuālo kvalitāti

Pamatojums

Ainavas estētiskā kvalitāte ir būtisks ekosistēmu pakalpojums, kas ietekmē cilvēku labbūtību (de Groot et al. 2005). Ir konstatēts, ka saskare ar ainavām, kam piemīt augsta estētiskā kvalitāte, uzlabo garastāvokli un kognitīvās spējas, veicina garīgo attīstību, sekmē atveseļošanās procesus un mazina stresu (piem., Ward Thompson 2011, Russell et al. 2013, Hartig et al. 2015). Dabiskas ainavas parasti tiek vērtētas augstāk nekā cilvēka ietekmēta vide (Van den Berg and Koole 2006), un pētījumu rezultāti liecina, ka pārsvarā cilvēki dod priekšroku pazīstamām ainavām (Svobodova et al. 2011).

Zemes seguma veids ir viens no būtiskākajiem ainavu veidojošajiem elementiem, kas bieži tiek izmantots ainavas kvalitātes vērtējuma pētījumos (piem., Arriaza et al. 2004, Ribeiro et al. 2013, López-Martínez 2017). Attiecīgi, zemes seguma un zemes izmantošanas veida izmaiņas var būtiski ietekmēt ainavas uztveri un tās kvalitātes vērtējumu (Schirpke et al. 2021). Izpratne par šo faktoru nozīmību ir svarīga gan teritorijas plānošanai, gan dabas resursu, tajā skaitā mežu, apsaimniekošanai.

Latvijā iepriekš veikti pētījumi par dažādu meža ainavu/skatu vizuālo kvalitāti un preferencēm, kopumā norādot uz skuju koku-lapu koku mistraudžu un skraju, caurredzamu audžu augstāku vērtējumu, kā arī (Donis 2020), tomēr līdz šim nav iegūtas zināšanas par meža ainavu relatīvo vērtējumu citu zemes izmantošanas veidu kontekstā.

Pētījuma mērķis ir noskaidrot Latvijas iedzīvotāju viedokli par dažādu Latvijai tipisku ainavu vizuālo kvalitāti.

Metodika

Aptaujai izmantotās klasifikācijas pamatā ir CORINE Zemes seguma klašu nomenklatūra (Kosztra et al. 2019), kas atsevišķos gadījumos vienkāršota vai detalizēta, pielāgojot to pētījuma specifikai un Latvijas situācijai. Analīzei izmantotas sekojošas zemes seguma klases:

1. Mākslīga klājuma virsmas
 - Urbāna teritorija - vēsturiskā apbūve,
 - Urbāna teritorija - dzīvojamā daudzstāvu apbūve,
 - Urbāna teritorija - industriālā apbūve
 - Izgāztuve
 - Būvlaukums
 - Karjers - izmantošanā,
 - Karjers – appludināts,
 - Pilsētas zaļā zona

2. Lauksaimniecības platības
 - Pļava
 - Ganības
 - Rapšu lauks
 - Labības lauks
 - Kartupeļu lauks
 - Augļu dārzs
 - Ogulāju stādījums

3. Meži un daļēji dabiskas platības
 - Priežu mežs - jaunaudze
 - Priežu mežs - pieaudzis
 - Egļu mežs - jaunaudze
 - Egļu mežs - pieaudzis
 - Bērzu mežs – jaunaudze
 - Bērzu mežs - pieaudzis
 - Jaukts skuju koku mežs - jaunaudze
 - Jaukts skuju koku mežs - pieaudzis
 - Jaukts lapu koku mežs - jaunaudze
 - Jaukts lapu koku mežs - pieaudzis
 - Jaukts skuju-lapu koku mežs - jaunaudze
 - Jaukts skuju-lapu koku mežs - pieaudzis
 - Skuju koku stādījums
 - Lapu koku stādījums
 - Izcirtums - ekokoki pa vienam,
 - Izcirtums - ekokoki grupās,
 - Izcirtums - ir pielūžņojums,
 - Izcirtums – nav pielūžņojums,
 - Izcirtums - augstie celmi un ekokoku grupa
 - Krūmājs

4. Mitrzemes

- Sūnu purvs
- Zāļu purvs
- Pārejas purvs
- Izstrādāts kūdras purvs

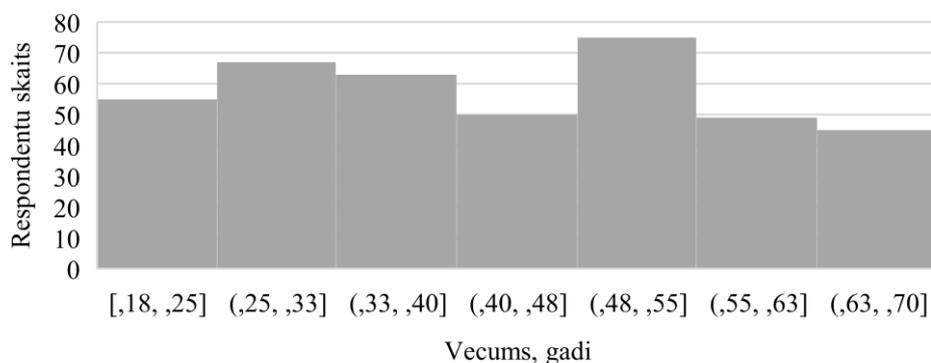
5. Ūdensobjekti

- Upe - maza,
- Upe - vidēja,
- Upe – liela,
- Ezers - mazs,
- Ezers - vidējs,
- Ezers – liels,
- Dīķis - ainavisks,
- Dīķis – aizaudzis,
- Jūra un piekraste

Visām 48 zemes seguma klasēm sagatavotas iespējami reprezentatīvas fotogrāfijas (12. pielikums). Fotogrāfijas iekļautas aptaujā, lūdzot respondentus novērtēt katras fiksētās ainavas vizuālo kvalitāti skalā no 1 līdz 10, kur 1 – ļoti zema kvaliāte, un 10 – izcila kvalitāte. Pavisam kopā iegūtas atbildes no 404 respondentiem. Aptauju veica Soliddata, izmantojot uzņēmuma rīcībā esošo respondentu datu bāzi un atlasot Latvijas iedzīvotājiem reprezentatīvu paraugkopu vecumā no 18 līdz 70 gadu vecumam.

Rezultāti

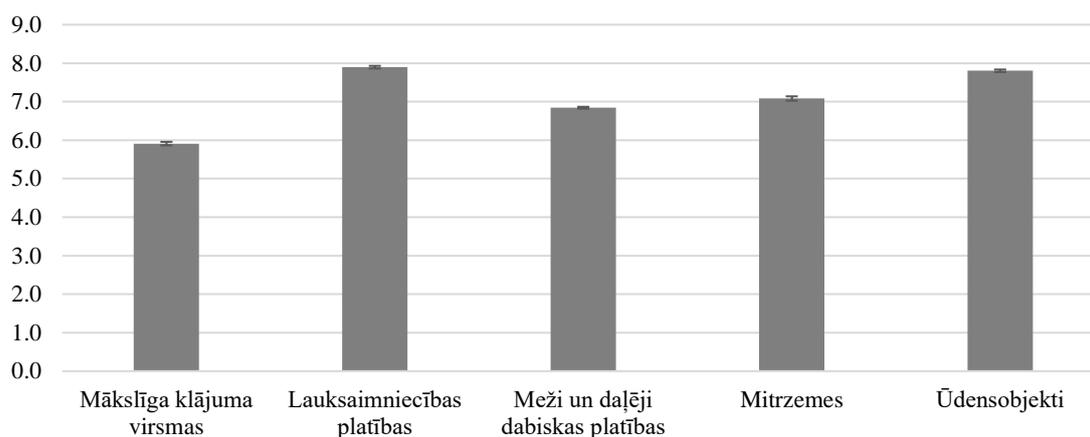
Lielākā daļa respondentu (92%) aptauju aizpildīja latviešu valodā. No kopējā respondentu skaita 52% bija sievietes. Pēc dzīvesvietas respondenti sadalījās šādi: Rīga un Pierīga - 44%, lielā valstpilsēta - 22%, cita pilsēta vai mazpilsēta – 20%, lauku reģions – 14%. Vairāk nekā puse respondentu bija ar pabeigtu vai nepabeigtu augstāko izglītību. Respondentu sadalījums pēc vecuma bija visai vienmērīgs, ar nelielu pārsvaru 25-33 un 33-40 gadu vecuma grupās, un ar mazliet lielāku pārsvaru 48-55 gadu vecuma grupā (4.42. attēls).



4.42. attēls. Respondentu sadalījums pēc vecuma (uz x ass – vecuma grupas)

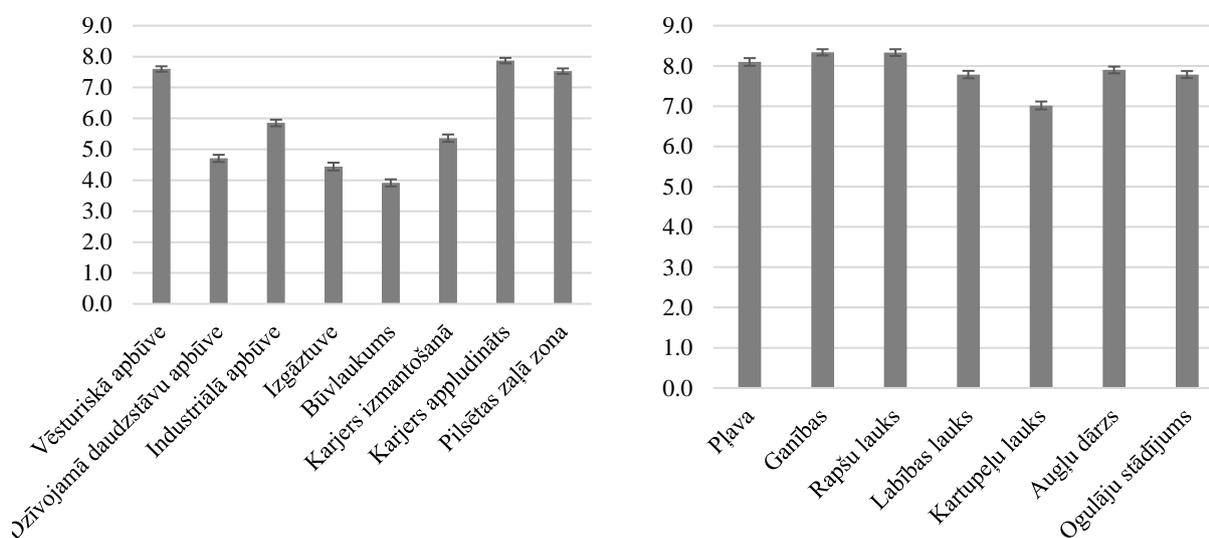
Kopumā no visām zemes seguma kategorijām visaugstāk tika vērtētas lauksaimniecības zemes un ūdensobjekti, tomēr jāņem vērā, ka meža un daļēji dabisku platību kopējo vērtējumu

būtiski samazina zemo vērtējumu izcirtumu zemes seguma klasēs. Vidēji zemākais ir bijis mākslīga seguma virsmu vērtējums (4.43. attēls).



4.43. attēls. Zemes seguma kategoriju vidējais vērtējums ballēs (\pm standartklūda)

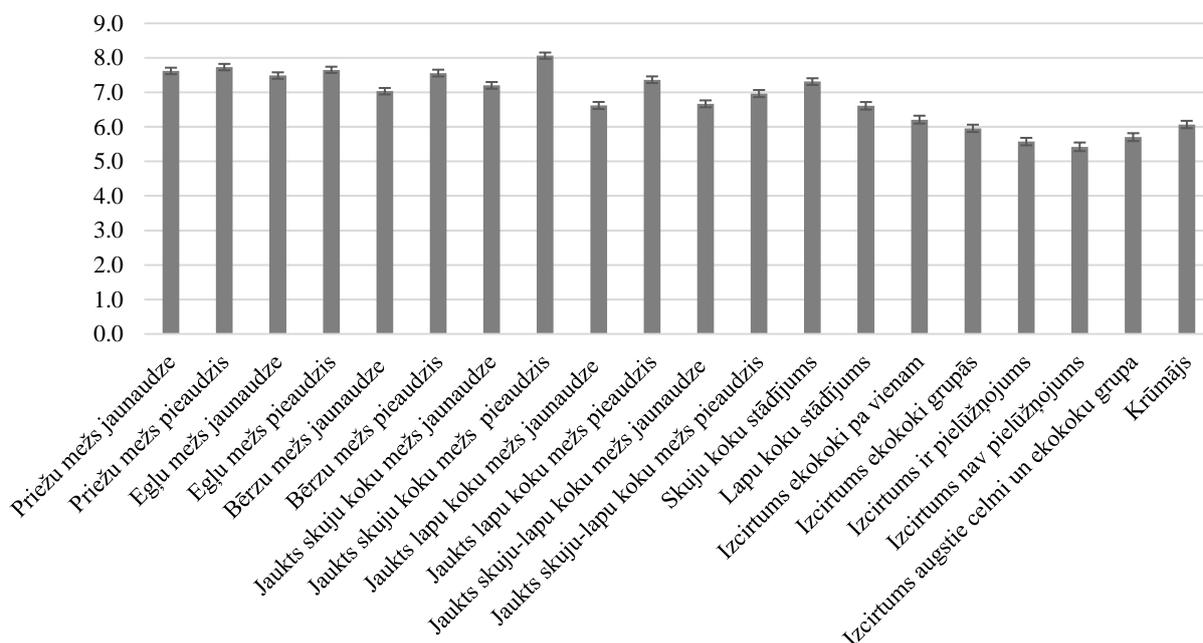
Mākslīgā seguma virsmu vidējais vērtējums variē no 3,9 ballēm līdz 7,9 ballēm. Šajā kategorijā visaugstāk novērtēts appludināts karjers, vēsturiskā apbūve un pilsētas zaļā zona, bet viszemāk – būvlaukums, izgāztuve un dzīvojamā daudzstāvu apbūve. Lauksaimniecības platību vērtējums No lauksaimniecības zemēm vizuāli pievilcīgākās zemes seguma klases bijušas ganības, rapšu lauks un pļava, bet viszemāk novērtēts kartupeļu lauks. Dažādu lauksaimniecības platību vidējie vērtējumi variē no 7,0 līdz 8,3 ballēm. Lauksaimniecības platību vērtējumi kopumā savstarpēji ir vislīdzīgākie, bet mākslīgā seguma virsmu vērtējumi - visatšķirīgākie (4.44. attēls).



4.44. attēls. Mākslīgā seguma virsmu un lauksaimniecības platību vidējais vērtējums ballēs (\pm standartklūda)

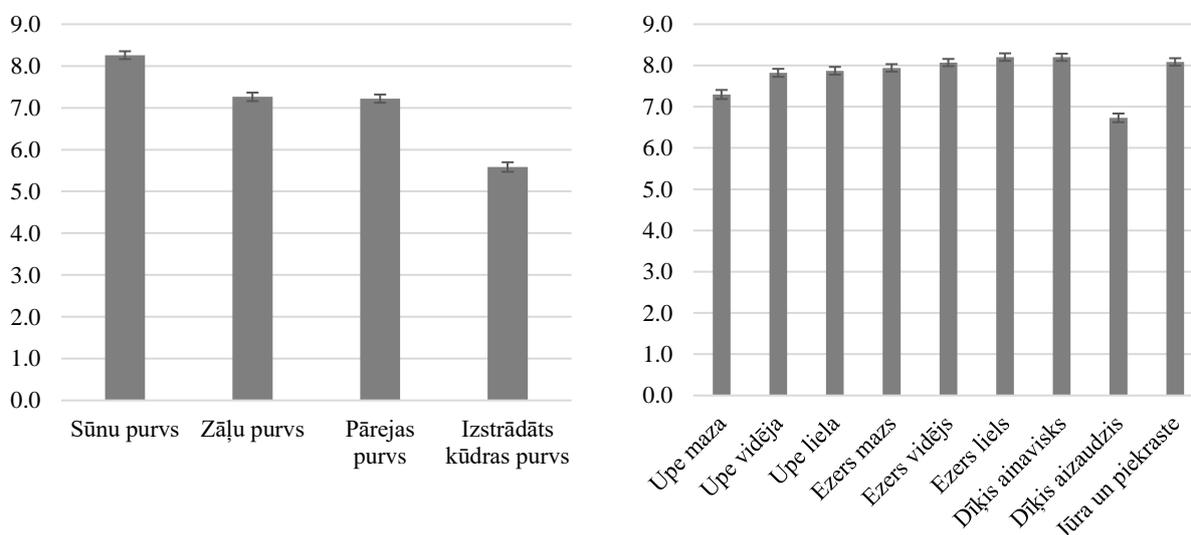
Mežu un daļēji dabisku platību kategorijā atšķirīgu zemes seguma klašu vērtējumi variē no 5,4 ballēm līdz 8,1 ballei. Viszemāk tiek vērtēti dažāda veida izcirtumi un krūmājs. Interesanti, ka izcirtums ar ekoloģiskajiem kokiem grupās šajā aptaujā tiek vērtēts nedaudz zemāk kā izcirtums ar ekoloģiskajiem kokiem grupās. Nedaudz zemāks vērtējums piešķirts arī izcirtumam bez pielūžņojuma, salīdzinot ar izcirtumu ar pielūžņojumu, taču tas, iespējams, saistīts ar izmēru – izcirtums bez pielūžņojuma ir salīdzinoši lielāks. Pieaugušas mežaudzes visos gadījumos tiek vērtētas augstāk nekā jaunaudzes; visaugstākais vidējais vērtējums piešķirts pieaugušam jauktam skuju koku mežam. Skuju koku stādījumu vidējais vērtējums ir gandrīz par balli augstāks nekā

lapu koku stādījumu vidējais vērtējums, un arī jaunaudžu vecumā skuju koku audzes tiek vērtētas augstāk, taču pieaugušas priežu, egļu un bērzu audzes ieguvušas visai līdzīgu vērtējumu (4.45. attēls).



4.45. attēls. Mežu un daļāji dabisku platību vidējais vērtējums ballēs (\pm standartklūda)

Mitrzemju vidējais vērtējums variē no 5,6 līdz 8,3 ballēm, un vidēji visaugstāk tiek vērtēti sūnu purvi, bet viszemāk – izstrādātas kūdras purvu platības. Ūdensobjektu vidējie vērtējumi lielākajā daļā kategoriju ir līdzīgi un svārstās ap astoņām ballēm. Izteikti zemāks ir aizauguša diķa un mazas upes vērtējums – attiecīgi 6,7 un 7,3 balles (4.46. attēls).



4.46. attēls. Mitrzemju un ūdensobjektu vidējais vērtējums ballēs (\pm standartklūda)

Secinājumi

1. No visām analizētajām zemes seguma kategorijām vidēji visaugstāk tika vērtētas lauksaimniecības zemes un ūdensobjekti, bet viszemāk – mākslīga seguma virsmas.

Vērtējums visticamāk atspoguļo tendenci augstāk vērtēt pazīstamas ainavas ar būtisku kultūrvēsturisku nozīmi un dot priekšroku cilvēka mazāk ietekmētām ainavām.

2. Mežu kategorijā vidēji augstāks vērtējums piešķirts pieaugušām audzēm, salīdzinot ar jaunaudzēm. Ievērojami zemāk tiek vērtēti izcirtumi un krūmāji. No mitrzemēm augstākais vērtējums piešķirts sūnu purvam.
3. Iegūtie rezultāti izmantojami kā indikatīva pamatinformācija, analizējot Latvijas iedzīvotāju vizuālās ainavu preferences. Tomēr jāņem vērā, ka fotogrāfija nav objektīvs realitātes atveidojums, respektīvi, tās vērtējumā neapzināti tiek ņemti vērā ne vien pašas ainavas atribūti, bet arī pašas fotogrāfijas iezīmes, kā, piemēram, kompozīcija, noskaņa, krāsu spektrs u.c. turklāt ainavas uztvere kopumā ir komplekss fenomens, kas atkarīgs ne vien no vizuālā tēla, bet arī citiem faktoriem, tajā skaitā dziļi personiskām asociācijām, kas sakņojas atmiņās, pieredzē utt.

Literatūra

1. Arriaza, M., Cañas-Ortega, J.F., Cañas-Madueño, J.A. and Ruiz-Aviles, P., 2004. Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and urban planning*, 69(1), pp.115-125.
2. De Groot et al. 2005. Cultural and amenity services. In: Hassan et al. (Eds.). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Island Press. 455-476 p.
3. Donis J. 2020. Meža ainavas vizuālās kvalitātes preferences un meža vizuālā kvalitāte. Pētījuma "Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" gala pārskats, Salaspils, 53.-55.lpp.
4. Hartig, T., Mitchell, R., De Vries, S. and Frumkin, H., 2014. Nature and health. *Annual review of public health*, 35, pp.207-228.
5. Kosztra, B., Büttner, G., Hazeu, G., Arnold, S. 2019. Updated CLC illustrated nomenclature guidelines. Environment Agency Austria. 126 p.
6. López-Martínez, F., 2017. Visual landscape preferences in Mediterranean areas and their socio-demographic influences. *Ecological Engineering*, 104, pp.205-215.
7. Ribeiro, S.C., Migliozzi, A., Incerti, G. and Correia, T.P., 2013. Placing land cover pattern preferences on the map: Bridging methodological approaches of landscape preference surveys and spatial pattern analysis. *Landscape and Urban Planning*, 114, pp.53-68.
8. Russell, R., Guerry, A.D., Balvanera, P., Gould, R.K., Basurto, X., Chan, K.M., Klain, S., Levine, J. and Tam, J., 2013. Humans and nature: how knowing and experiencing nature affect well-being. *Annual review of environment and resources*, 38, pp.473-502.
9. Schirpke, U., Zoderer, B.M., Tappeiner, U. and Tasser, E., 2021. Effects of past landscape changes on aesthetic landscape values in the European Alps. *Landscape and Urban Planning*, 212, p.104109.
10. Svobodova, K., Vondrus, J., Filova, L. and Besta, M., 2011. The role of familiarity with the landscape in visual landscape preferences. *Journal of Landscape Studies*, 4(1), pp.11-24.
11. Thompson, C.W., 2011. Linking landscape and health: The recurring theme. *Landscape and urban planning*, 99(3-4), pp.187-195.
12. Van den Berg, A.E. and Koole, S.L., 2006. New wilderness in the Netherlands: An investigation of visual preferences for nature development landscapes. *Landscape and urban planning*, 78(4), pp.362-372.

Pielikumi

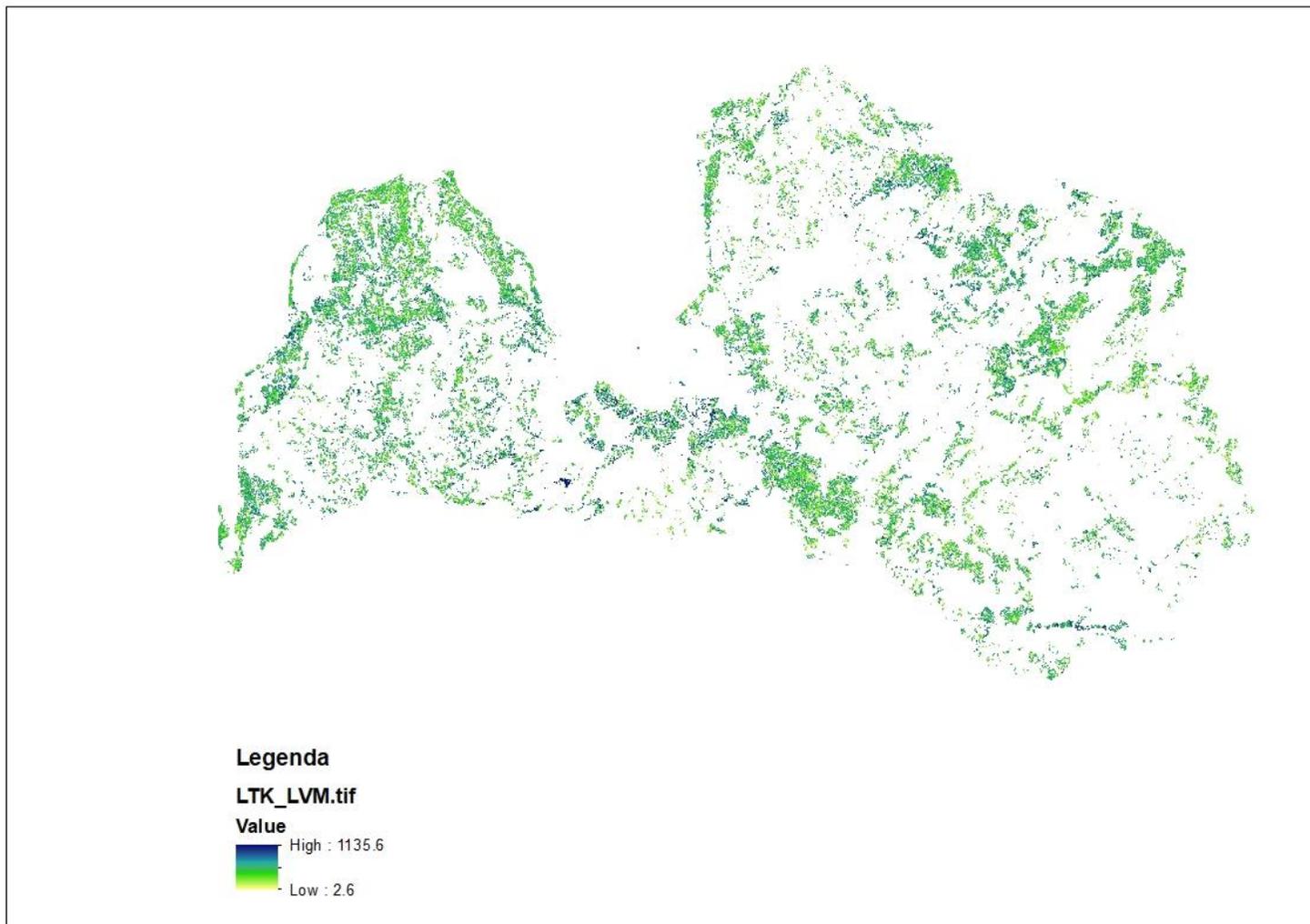
2023. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss

Darbs	Pamatojums, darbības un metodika (pētījums, darbs)	Nodevumi	Izpildes termiņš	Statuss uz 31.12.2023.
Starpziņojums par pētījumu progresu			01.09.2023.	
Pētījumu programmas 3. etapa pārskats.			15.01.2024.	Sagatavots
<i>Starpziņojumā un etapa pārskatā ietvertas ziņas par šādu pētījumu jomu 3. etapa darbu progresu un rezultātiem:</i>				
1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde, ietverot kritērijus, indikatorus un algoritmus mežsaimniecības un ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbības raksturošanai				
1.1.	Algoritmu sagatavošana un/vai precizēšana izvēlēto ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas indikatoru aprēķinam	Algoritmi, pārskats	31.12.2023.	Sagatavoti 3 jauni algoritmi
1.2.	Ainavu līmeņa ekosistēmu pakalpojumu kartējums valsts mežos	Kartējums	31.12.2023.	Veikts kartējums 21 ekosistēmu pakalpojumam, pārskatā iekļauts 3 jauno algoritmu kartējums, informācija tiks papildināta
2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība				
2.1.	Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību (veģētācija, mikrobioloģiskā daudzveidība)			
2.1.1.	<i>Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs (turpinājums 3 objektos zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
2.1.2.	<i>Veģētācijas novērtējums (turpinājums 3 objektos zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Pārskata apakšnodaļa		Nodaļa sagatavota
2.1.3.	<i>Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings lapu koku audzēs (2 objekti zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža nov.)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
2.1.4.	<i>Augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana lapu koku audzēs (2 objekti zinātniskās izpētes mežos)</i>	Ievākti un iekonservēti paraugi	31.12.2023.	Augsnes paraugi ievākti un iekonservēti

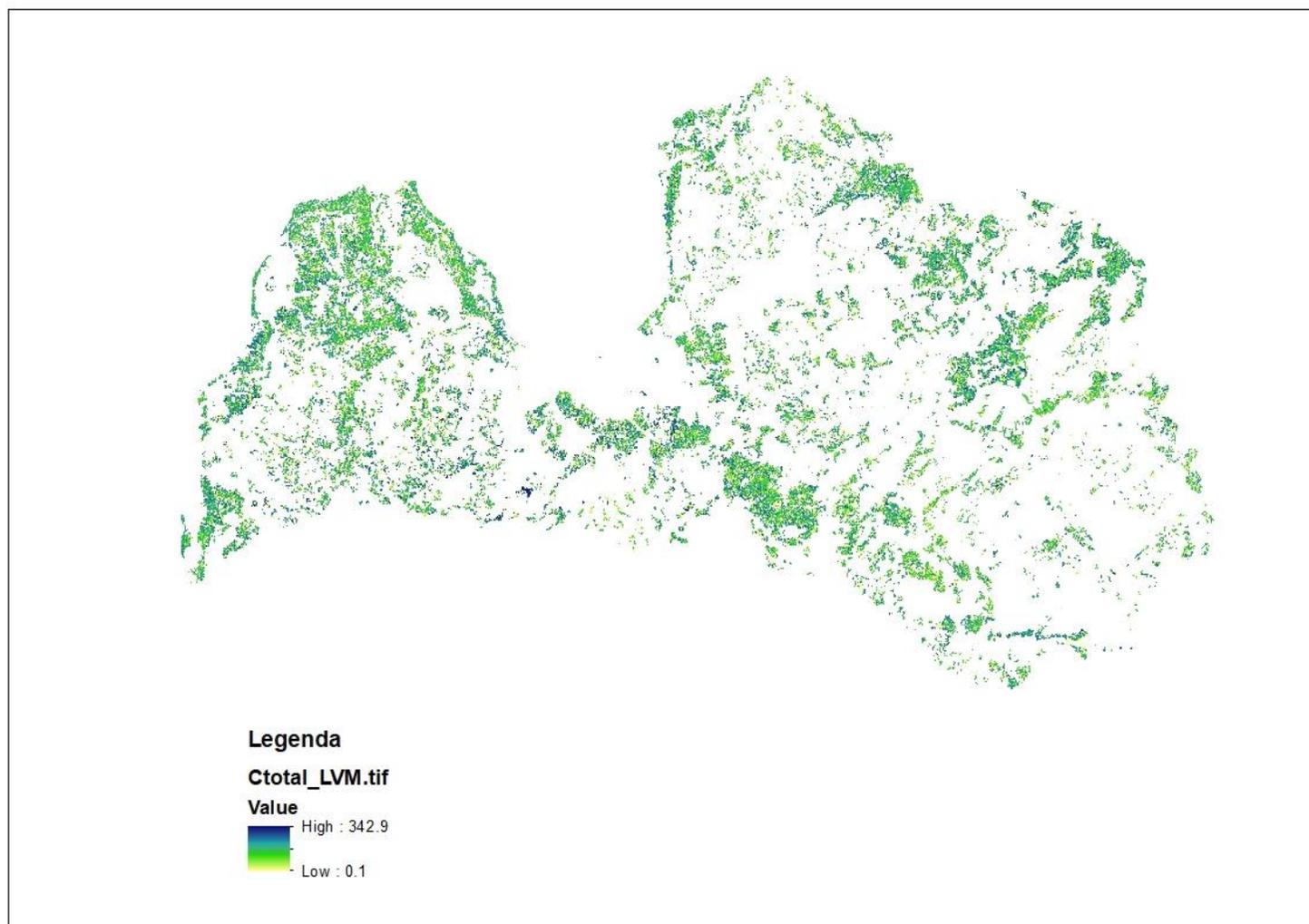
	<i>Kalsnavas meža nov.) - paraugu ievākšana</i>			
2.1.5.	<i>Augsnes mikrobioloģiskās daudzveidības noteikšana kopšanas ciršu objektos (20 objekti)</i>	Ievākti paraugi, veiktas analīzes	31.12.2023.	Augsnes paraugi ievākti, veikta sēņu mikrobioloģiskās daudzveidības analīze, sagatavota pārskata apakšnodaļa
2.2.	Mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte			
2.2.1.	<i>Paraugu ņemšana biogēno un citu elementu izneses novērtēšanai ainavas līmenī (6 paraugu ņemšanas punkti Zalvītes modeļteritorijā)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
2.2.2.	<i>Elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku analīze saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes gatavošanu (5 objekti Zalvītes modeļteritorijā)</i>	Publikācija	31.12.2023.	Publikācija sagatavota, tiks iesniegta 2024.gada janvāra sākumā
2.2.3.	<i>Upju piekrastes aizsargjoslu platuma modelēšana un ietekmes uz funkcionāli pielāgotu meža aizsargjoslu gar ūdeņiem ietekmes uz meža ekosistēmu pakalpojumiem novērtējums (6 upes)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa tiks papildināta
3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana				
3.1.	Invasīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības pētījumi			
3.1.1.	<i>Invasīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības mežaudzēs risku novērtējums monitoringa teritorijās (3 teritorijas), datu analīze</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
3.2.	Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības			
3.2.1	<i>Dabisko meža biotopu apsaimniekošanas efektivitātes parauglaukumu pārmērīšana (9 objekti)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
3.2.2.	<i>Ekoloģisko koku un uz to sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums 15 jaunaudzēs – publikācijas sagatavošana no 2021. gadā iegūtajiem datiem (mikrodzīvotnes)</i>	Publikācija	31.12.2023.	Publikācija iesniegta, publicēta

3.2.3.	<i>Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums – mērījumi 6 objektos</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
3.3.	Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika			
3.3.1.	<i>Bioloģiski vecu audžu pārmērīšana, papildu objektu atlase un datu analīze – bērza audzes, 10+10 objekti</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
4.	Sociālekonomisko ekosistēmu pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana			
4.1.	Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku			
4.1.1.	<i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
4.1.2.	<i>Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
4.1.3.	<i>Meža ogu un sēņu ražas novērtējums, izmantojot transektu metodi testa teritorijās</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
4.2.	Meža ainavas vizuālās kvalitātes komponentu izpēte un priekšlikumu izstrāde dažādu iedzīvotāju grupu rekreācijas preferenču praktiskai iekļaušanai daudzfunkcionālas meža apsaimniekošanas plānošanā.			
4.2.1.	<i>Dažādu atpūtnieku tipu grupu rekreācijas preferenču noskaidrošana izmantojot socioloģiskās aptaujas</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota
4.2.2.	<i>Dažādu atpūtas aktivitāšu veidu un intensitātes ietekme uz vides digresijas pakāpi LVM apsaimniekotajās atpūtas vietās (3 teritorijas)</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota, tiks papildināta ar noturības pret rekreācijas slodzēm vizuālu attēlojumu
4.2.3.	<i>Socioloģiskā aptauja par dažādu zemes lietojumu veidu, t.sk. mežsaimniecības ietekme uz ainavas vizuālo kvalitāti</i>	Pārskata apakšnodaļa	31.12.2023.	Nodaļa sagatavota

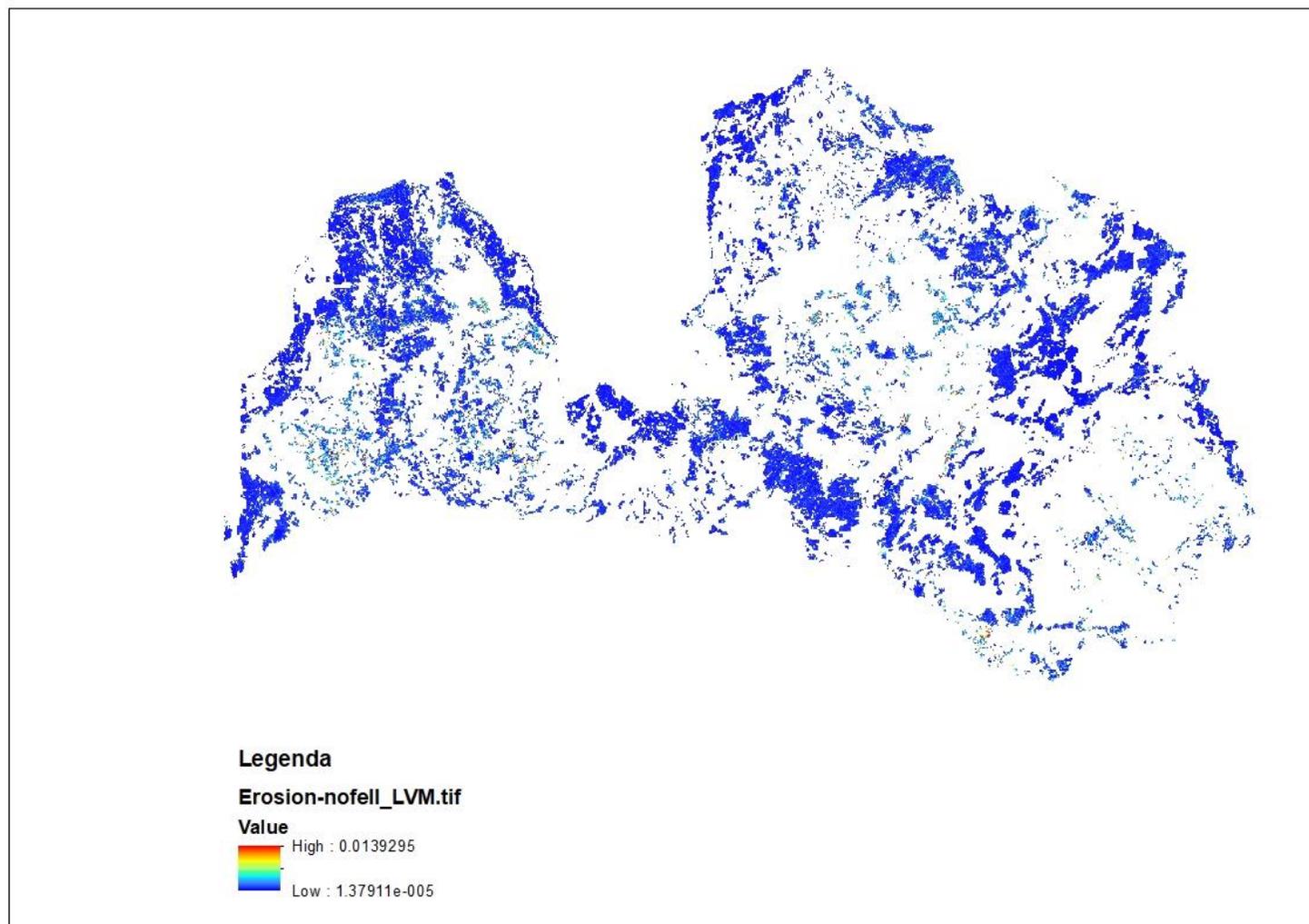
Kartējums ekosistēmu pakalpojumam lietkoksne valsts mežos



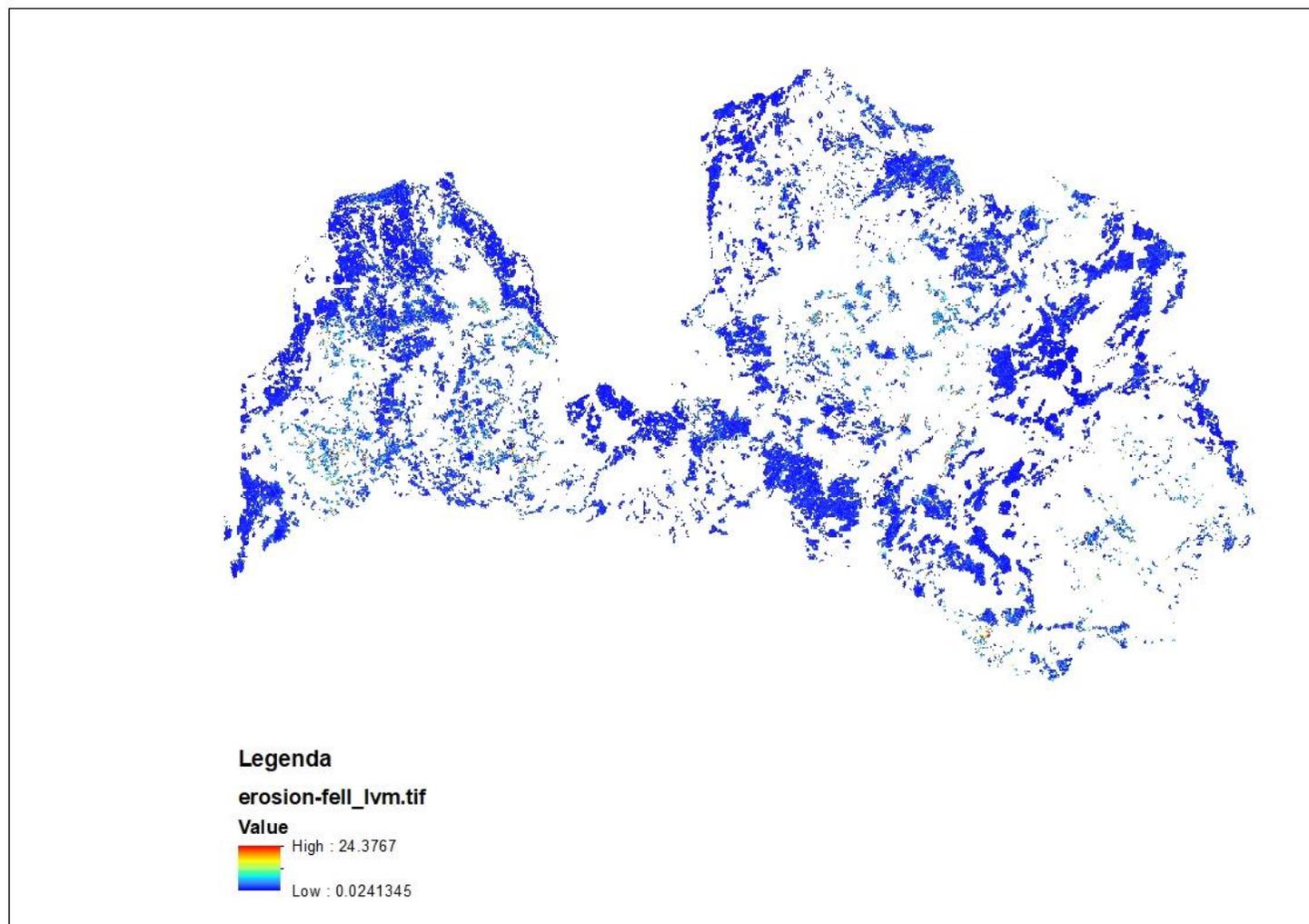
Kartējums ekosistēmu pakalpojumam oglekļa uzkrājums dzīvajā koku biomasā valsts mežos



Kartējums ekosistēmu pakalpojumam erozijas mazināšana (bez koku ciršanas) valsts mežos

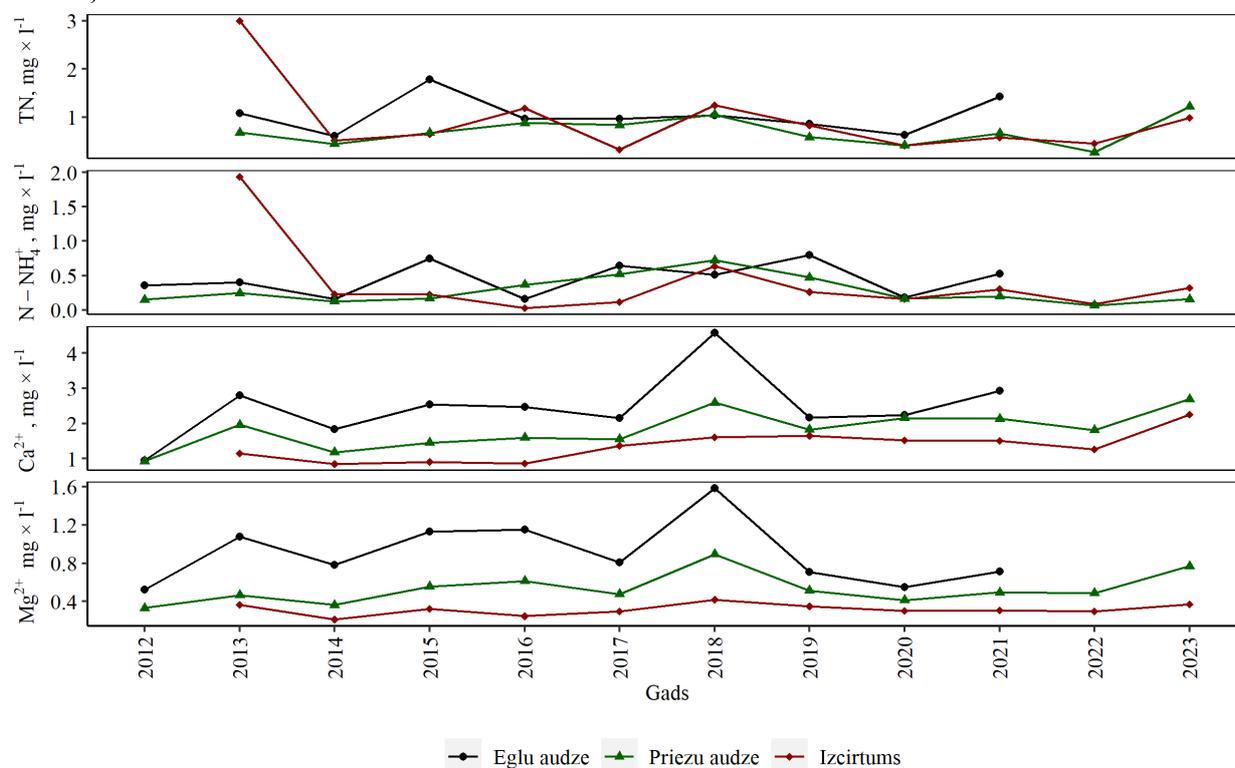


Kartējums ekosistēmu pakalpojumam erozijas mazināšana (ar koku ciršanu) valsts mežos

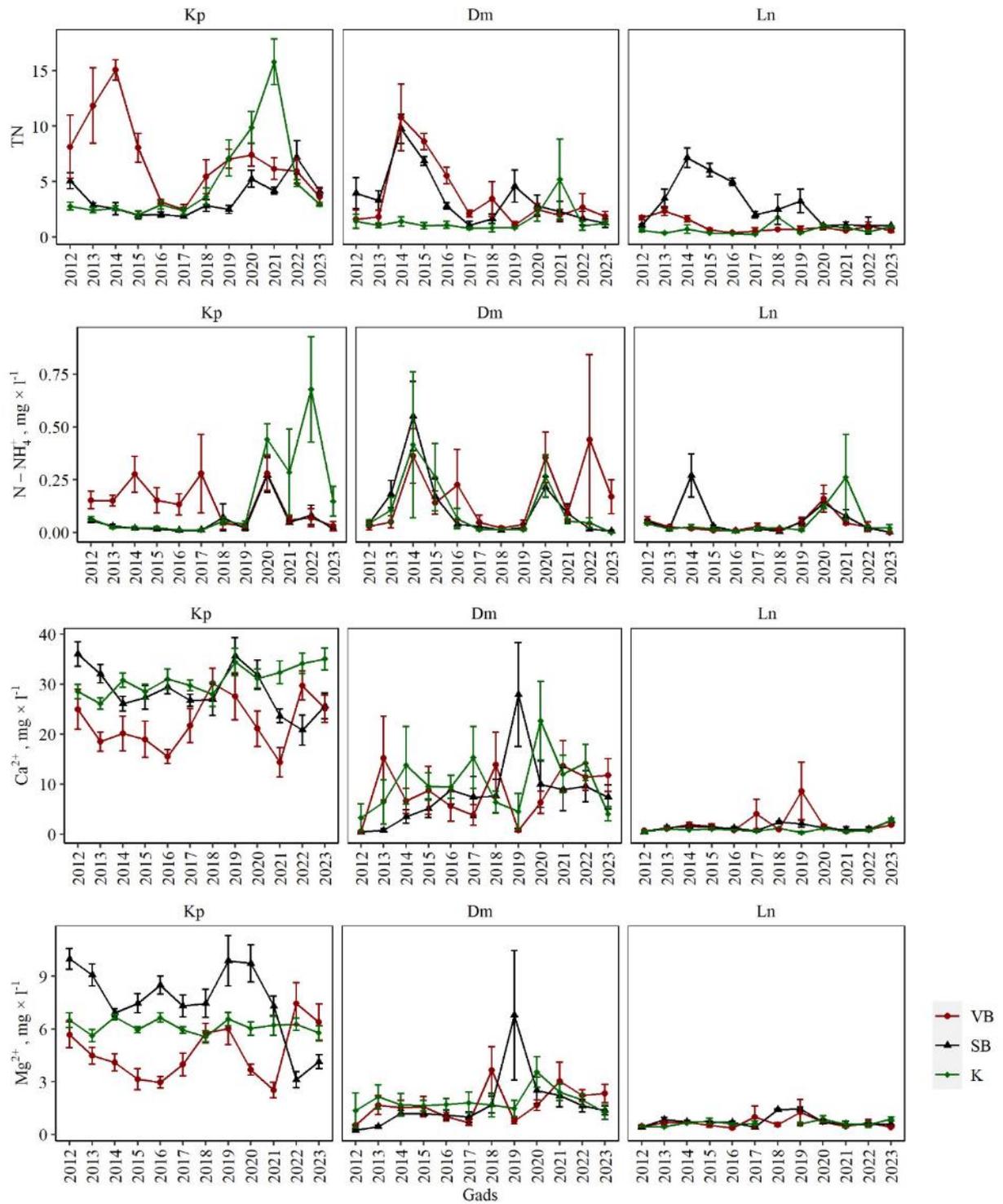


Ūdens kvalitāti raksturojošo parametru ($N_{kop.}$, Ca, Mg, NH_4^+-N) vidējās vērtības skuju koku objektos (Ln, Dm, Kp) MPS Kalsnava 2012. - 2023. gadā.

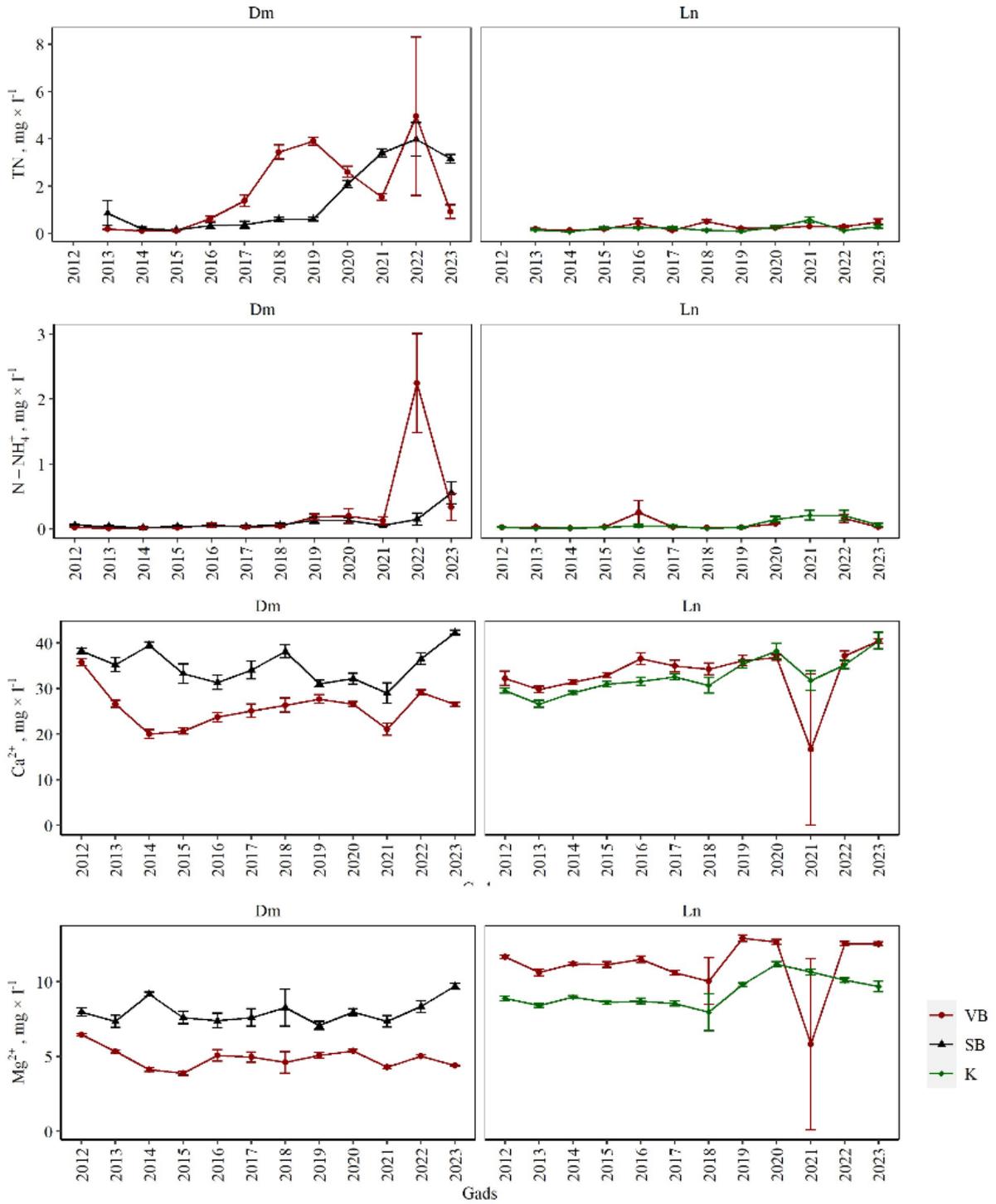
Nokrišņi



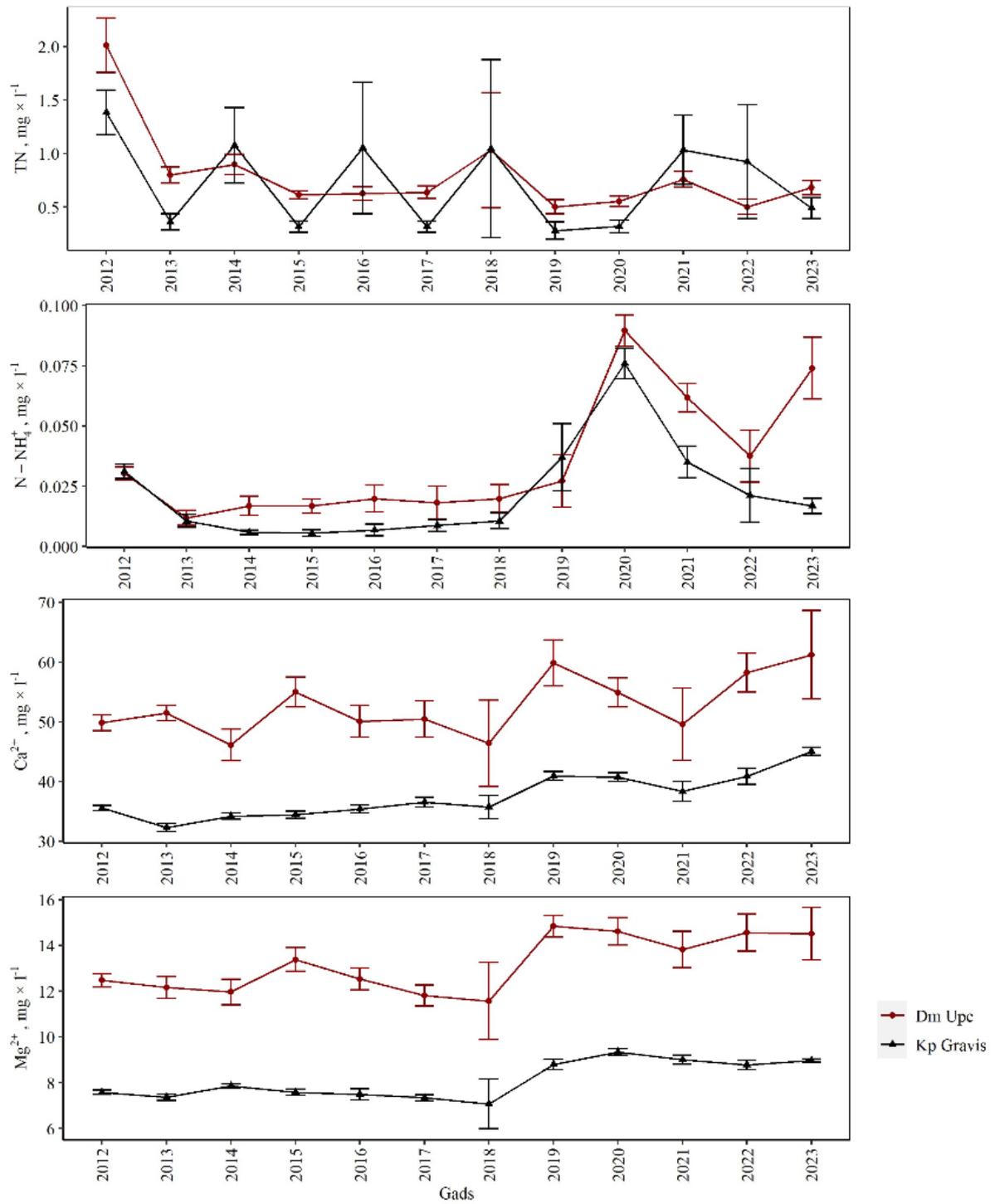
Augsnes ūdens



Gruntsüdens



Virszemes ūdens



Sugu saraksts un to sastopamība apsekotajos objektos skuju koku audzēs MPS Kalsnava (n=15)

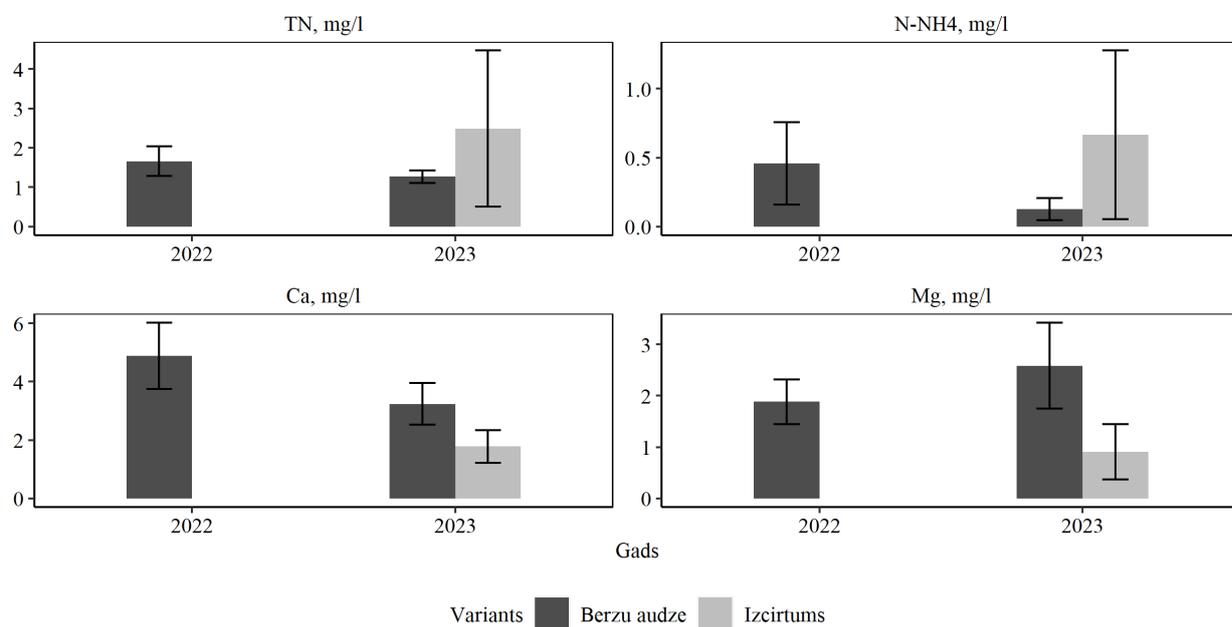
Sugu nosaukumi	Sugu akronīmi	Sastopamība		
		Platlapju kūdrēnis	Damaksnis	Lāns
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	Aegpod	11	0	0
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Agrsto	1	0	0
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Agkten	4	1	0
<i>Anemone nemorosa</i> L.	Anenem	1	0	0
<i>Angelica sylvestris</i> L.	Angsyl	2	0	0
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth.	Athfili	6	0	0
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	Aulpal	2	1	0
<i>Betula pendula</i> Roth.	Betpen	7	2	7
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Betpub	1	1	2
<i>Brachythecium curtum</i> (Lindb.) Limpr.	Bracur	2	0	0
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	Brarut	6	0	0
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	Calarun	9	0	0
<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth	Calcan	4	0	0
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	Calepi	2	0	4
<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	Calcus	4	0	0
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Calvul	0	3	8
<i>Carex digitata</i> L.	Cardig	0	0	4
<i>Carex flava</i> L. s.str.	Carfla	2	0	0
<i>Carex pallescens</i> L.	Carpal	0	1	0
<i>Carex spp.</i>	Carspp	2	0	1
<i>Carex vaginata</i> Tausch	Carvag	0	1	0
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	Cerpur	0	0	2
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	Chaang	2	2	1
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L.	Chralt	1	0	0
<i>Circaea alpina</i> L.	Ciralp	2	0	0
<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout	Cirpil	3	0	0
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.	Cirole	5	0	0
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	Clacon	0	1	2
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	Clafim	0	1	0
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	Clagra	0	0	1
<i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.	Claarb	0	0	1
<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	Claran	0	0	3
<i>Cladonia spp.</i>	Claspp	1	2	2
<i>Cladonia stellaris</i> (Opiz) Pouzar & Vězda	Claste	0	0	4
<i>Cladonia sulphurina</i> (Michx.) Fr.	Clasul	0	0	1
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	Cliden	3	0	0
<i>Convallaria majalis</i> L.	Conmaj	2	0	0
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P.Beauv.	Descae	1	1	0
<i>Deschampsia flexuosa</i> Nees	Desfle	0	1	0
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.ex anon.	Dicpol	1	11	13
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	Dicsco	1	0	0
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P.Fuchs	Drycar	7	0	1

Sugu nosaukumi	Sugu akronīmi	Sastopamība		
		Platlapju kūdrēnis	Damaksnis	Lāns
<i>Epilobium roseum</i> Schreb.	Epiros	1	0	0
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	Equpra	3	0	0
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	Equsyl	9	0	0
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske	Eurhia	2	0	0
<i>Festuca ovina</i> L. s.str.	Fesovi	0	2	6
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	Filulm	3	0	0
<i>Fragaria vesca</i> L.	Fraves	3	0	0
<i>Frangula alnus</i> Mill.	Fraaln	2	0	1
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	Funhyg	0	0	4
<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	Gallut	8	0	0
<i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	Galbif	2	0	0
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	Galtet	1	0	0
<i>Galium aparine</i> L.	Galapa	4	0	0
<i>Geum rivale</i> L.	Geuriv	5	0	0
<i>Glechoma hederacea</i> L.	Glehed	2	0	0
<i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br.	Goorep	0	1	0
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	Gymdry	1	0	0
<i>Hepatica nobilis</i> Mill.	Hepnob	5	0	0
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.	Hylspl	5	15	8
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Latpra	1	0	0
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh	Latver	4	0	0
<i>Luzula multiflora</i> (Ehrh.) Lej.	Luzmul	2	0	0
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	Luzpil	0	2	0
<i>Lychnis flos-cuculi</i> L.	Lycflo	2	0	0
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	Lysvul	4	0	0
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	Maibif	3	1	0
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	Melnem	2	0	0
<i>Melampyrum pratense</i> L.	Melpra	1	14	8
<i>Mentha arvensis</i> L.	Menarv	3	0	0
<i>Mercurialis perennis</i> L.	Merper	10	0	0
<i>Milium effusum</i> L.	Mileff	3	0	0
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	Moetri	1	1	0
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumort.	Mycmur	4	0	0
<i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench	Myoagu	4	0	0
<i>Oxalis acetosella</i> L.	Oxaace	12	0	0
<i>Paris quadrifolia</i> L.	Parqua	2	0	0
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Phraus	5	0	0
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	Picabi	6	1	1
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Pinayl	0	2	7
<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow ex Funck) T.J.Kop.	Plaaff	8	0	0
<i>Plagiomnium ellipticum</i> (Brid.) T.J.Kop.	Plaell	3	0	0
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T.J.Kop.	Plaund	5	0	0
<i>Pleurozium schreberi</i> (Wild.ex Brid.) Mitt.	Plesch	6	15	14
<i>Poa nemoralis</i> L.	Poanem	1	0	0

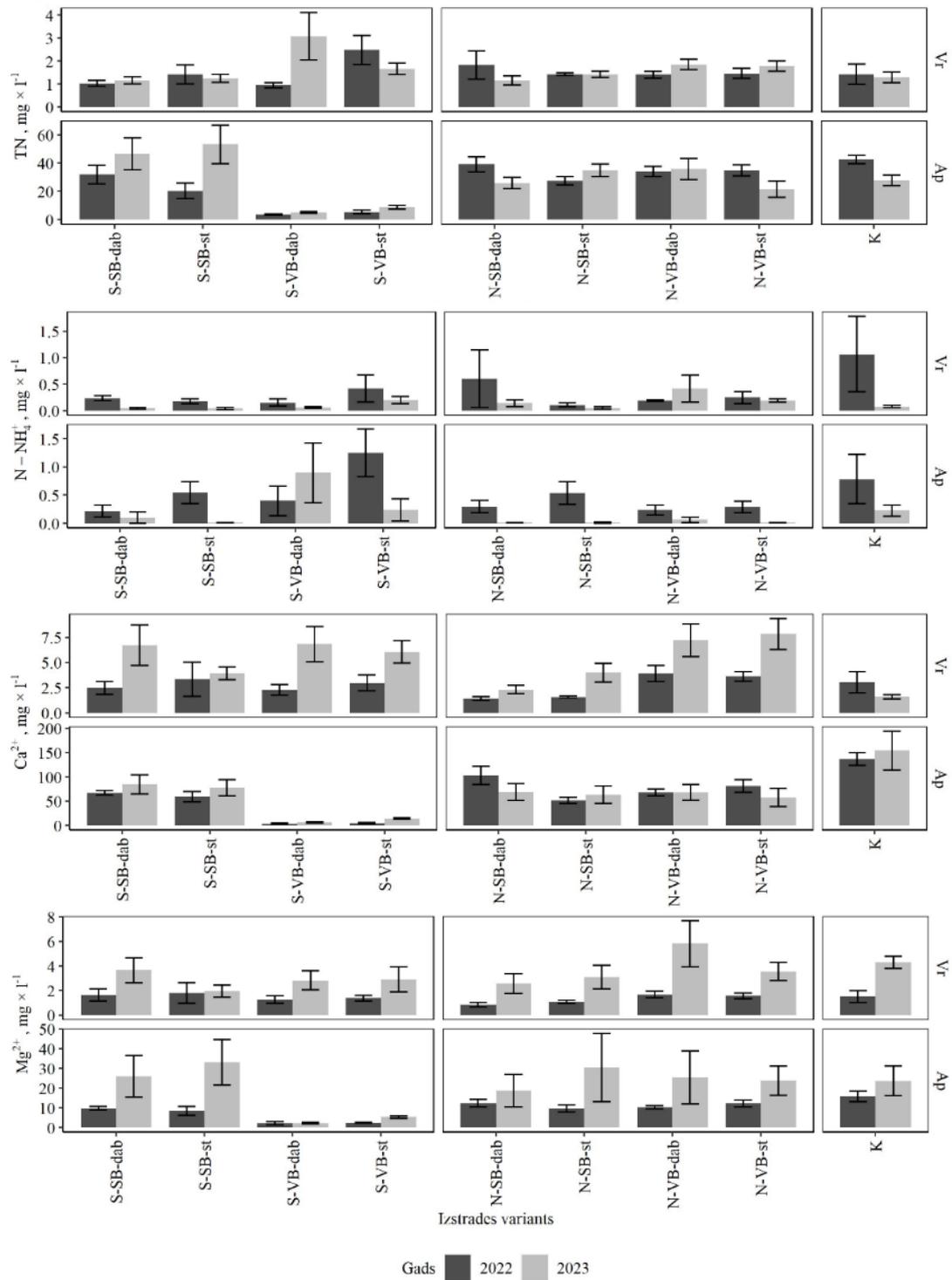
Sugu nosaukumi	Sugu akronīmi	Sastopamība		
		Platlapju kūdrēnis	Damaksnis	Lāns
<i>Poa spp.</i>	Poasp	1	0	0
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	Polcom	0	0	2
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	Poljun	0	0	3
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	Potere	3	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Pteaqu	0	0	6
<i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe	Pticil	0	2	0
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	Pticri	0	9	5
<i>Quercus robur</i> L.	Qerrob	0	1	0
<i>Ranunculus repens</i> L.	Ranrep	1	0	0
<i>Ranunculus sp.</i>	Ransp.	1	0	0
<i>Rhodobryum roseum</i> (Hedw.) Limpr.	Rhoros	6	0	0
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> (Hedw.) Warnst.	Rhysqu	3	0	0
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	Rhytri	6	0	0
<i>Ribes nigrum</i> L.	Ribnig	1	0	0
<i>Rubus caesius</i> L.	Rubcae	1	0	0
<i>Rubus idaeus</i> L.	Rubida	13	5	3
<i>Rubus saxatilis</i> L.	Rubsax	4	0	0
<i>Rumex acetosella</i> L.	Rumace	1	0	2
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	Scugal	3	0	0
<i>Sphagnum girgensohnii</i> Russow	Sphgir	0	2	0
<i>Stellaria graminea</i> L.	Stegra	1	0	0
<i>Stellaria holostea</i> L.	Stehol	1	0	0
<i>Stellaria longifolia</i> Muhl. ex Willd.	Stelon	1	0	0
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Stemed	6	0	0
<i>Stellaria nemorum</i> L.	Stenem	3	0	0
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg. s.l.	Taroff	1	0	0
<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.	Tetpel	1	0	0
<i>Trientalis europaea</i> L.	Trieur	2	0	0
<i>Urtica dioica</i> L.	Urtdio	10	0	0
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Vacmyr	6	15	7
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Vacvit	0	13	11
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Vercha	4	0	0
<i>Viola riviniana</i> Rchb.	Violriv	3	0	0
<i>Viola sp.</i>	Viosp.	2	0	0

Ūdens kvalitāti raksturojošo parametru ($N_{kop.}$, Ca, Mg, NH_4^+-N) vidējās vērtības lapu koku objektos (Vr, Ap) MPS Kalsnava 2022. - 2023. Gadā.

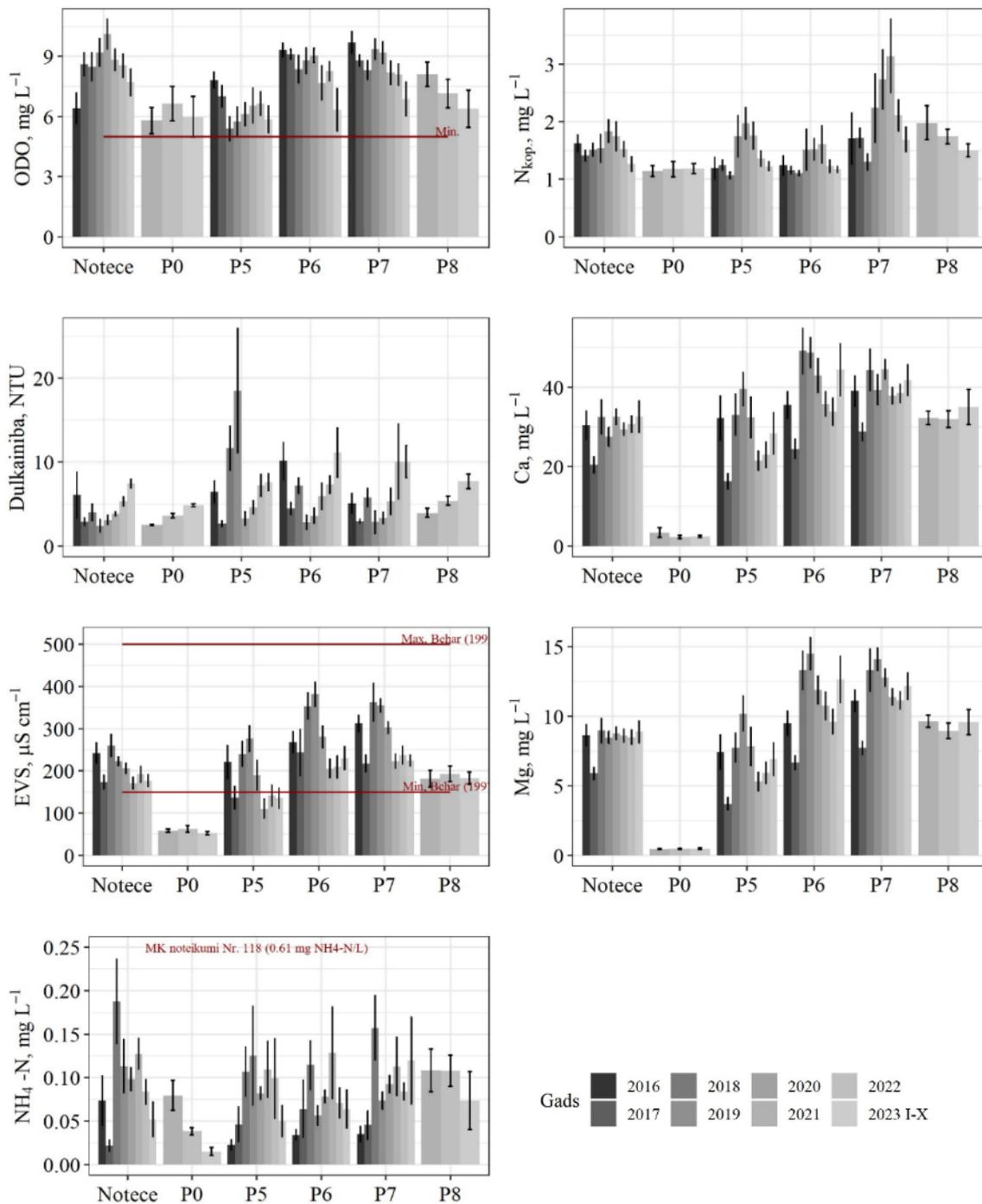
Nokrišņi



Augnes ūdens



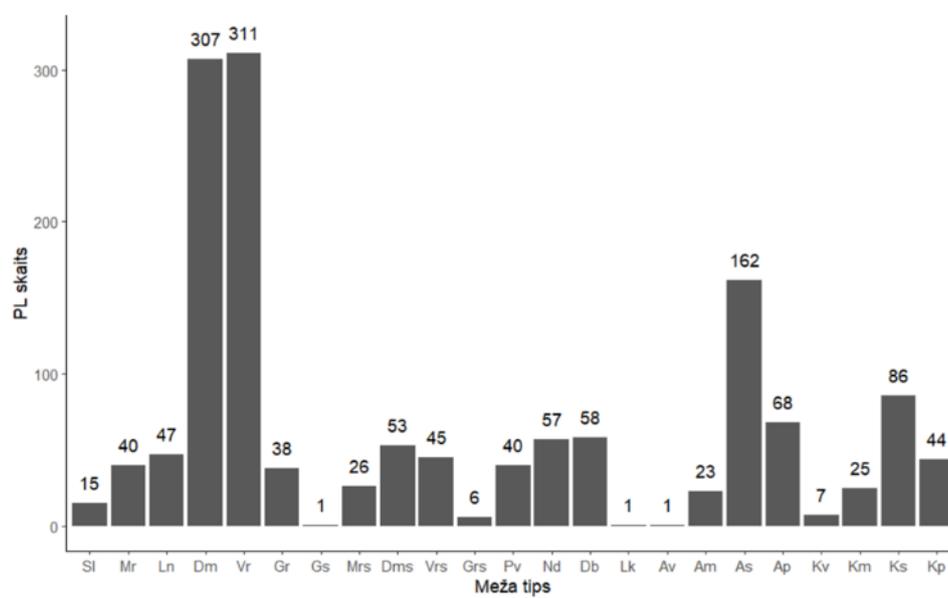
Ūdens kvalitāti raksturojošo parametru (ODO, $N_{kop.}$, duļķainība, EVS, Ca, Mg, NH_4^+-N) vidējās vērtības virszemes ūdeņos Zalvītes modelīteritorijā 2016. - 2023. gadā.



Melnkāšņu dumbrāju biotopos noteiktās sugas 2023. gadā

Lakstaugu stāvs			Krūmu stāvs			Sūnu/kērpju stāvs		
Nr.p.k.	Akronīms	Latīniskais nosaukums	Nr.p.k.	Akronīms	Latīniskais nosaukums	Nr.p.k.	Akronīms	Latīniskais nosaukums
1	AnemNemo	Anemone nemorosa	1	AlnuGlut	Alnus glutinosa	1	CaliCusp	Calliergonella cuspidata
2	AthyFili	Athyrium filix-femina	2	BetuPube	Betula pubescens	2	ClimDend	Climacium dendroides
3	CallPalu	Calla palustris	3	FranAlnu	Frangula alnus	3	DicrPoly	Dicranum polysetum
4	CardAmar	Cardamine amara	4	PaduAviu	Padus avium	4	EuriAngu	Eurinchium angustirete
5	CareAcut	Carex acutiformis	5	PiceAbie	Picea abies	5	FissTaxi	Fissidens taxifolius
6	CareElon	Carex elongata	6	QuerRobu	Quercus robur	6	HyloSple	Hylocomium splendens
7	CarePseu	Carex pseudocyperus	7	RubuIdae	Rubus idaeus	7	MniuHorn	Mnium hornum
8	CareRemo	Carex remota	8	RubuSaxa	Rubus saxatilis	8	PlagAffi	Plagiochila asplenoides
9	CareSylv	Carex sylvatica	9	SorbAucu	Sorbus aucuparia	9	PlagAspl	Plagiomnium affine
10	ChryAlte	Chrysosplenium alternifolium	10	VibuOpul	Viburnum opulus	10	PlagElli	Plagiomnium ellipticum
11	CircAlpi	Circaea alpina				11	PlagUndu	Plagiomnium undulatum
12	CirsOlar	Cirsium oleraceum				12	PleuSchr	Pleurozium schreberi
13	CirsPalu	Cirsium palustre				13	PolyComu	Polytrichum commune
14	ComaPalu	Comarum palustre				14	RhizPunc	Rhizomnium punctatum
15	CrepPalu	Crepis paludosa				15	RhodRose	Rhodobrium roseum
16	DescCaes	Deschampsia caespitosa				16	RhytSqua	Rhytidiadelphus squarrosus
17	DryoCart	Dryopteris carthusiana				17	RhytTriq	Rhytidiadelphus triquetrus
18	EquiPrat	Equisetum pratense				18	SphaAngu	Sphagnum angustifolium
19	EquiSylv	Equisetum sylvaticum				19	SphaCapi	Sphagnum capillifolium
20	EupaCann	Eupatorium cannabinum				20	ThuiTama	Thuidium tamariscinum
21	FiliUlma	Filipendula ulmaria						
22	GaleLute	Galeobdolon luteum						
23	GaliPalu	Galium palustre						
24	GeumRiva	Geum rivale						
25	GlycFlui	Glyceria fluitans						
26	GymnDryo	Gymnocarpium dryopteris						
27	ImpaParv	Impatiens parviflora						
28	IrisPseu	Iris pseudacorus						
29	JuncEffu	Juncus effusus						
30	LuzuPilo	Luzula pilosa						
31	LycAnno	Lycopodium annotinum						
32	LycEur	Lycopus europaeus						
33	LysiThyr	Lysimachia thyriflora						
34	LysiVulg	Lysimachia vulgaris						
35	MaiaBifo	Maianthemum bifolium						
36	MyceMura	Mycelis muralis						
37	OxalAcet	Oxalis acetosella						
38	PariQuad	Paris quadrifolia						
39	PeucPalu	Peucedanum palustre						
40	PoaPalus	Poa palustris						
41	RanuAcri	Ranunculus acris						
42	RanuCasu	Ranunculus cassubicus						
43	RanuFlamm	Ranunculus flammula						
44	RanuRepe	Ranunculus repens						
45	ScutGale	Scutellaria galericulata						
46	SolaDulc	Solanum dulcamara						
47	SoliVirg	Solidago virgaurea						
48	StellGram	Stellaria graminea						
49	StellNemo	Stellaria nemorum						
50	ThelPalu	Thelypteris palustris						
51	TrieEuro	Trientalis europaea						
52	VaccMyrt	Vaccinium myrtillus						
53	VaccViti	Vaccinium vitis-idea						
54	ViolSpp	Viola Spp.						

Apsēkoto MSI parauglaukumu skaita sadalījums pa meža tipiem



Zemes seguma veidus raksturojošās fotofiksācijas. Klasifikācijas pamatā ir CORINE Zemes seguma klašu nomenklatūra (2019), kas atsevišķos gadījumos vienkāršota vai detalizēta, pielāgojot to pētījuma specifikai un Latvijas situācijai.

1. Mākslīga klājuma virsmas

Urbāna teritorija - vēsturiskā apbūve



Urbāna teritorija - dzīvojamā daudzstāvu apbūve



Urbāna teritorija - industriālā apbūve



Izgāztuve



Būvlaukums



Karjers - izmantošanā



Karjers – appludināts



Pilsētas zaļā zona



2. Lauksaimniecības platības
Pļava



Ganības



Rapšu lauks



Labības lauks



Kartupeļu lauks



Augļu dārzs



Ogulāju stādījums



3. Meži un daļēji dabiskas platības

Priežu mežs - jaunaudze



Priežu mežs - pieaudzis



Egļu mežs - jaunaudze



Egļu mežs - pieaudzis



Bērzu mežs – jaunaudze



Bērzu mežs - pieaudzis



Jaukts skuju koku mežs - jaunaudze



Jaukts skuju koku mežs - pieaudzis



Jaukts lapu koku mežs - jaunaudzē



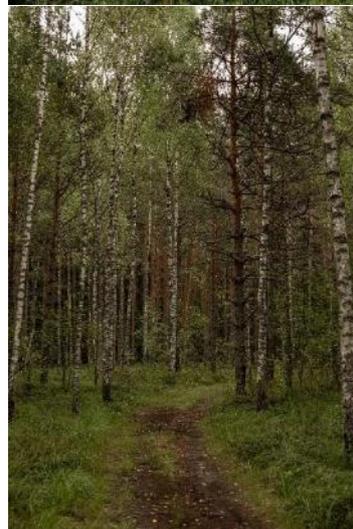
Jaukts lapu koku mežs - pieaudzis



Jaukts skuju-lapu koku mežs - jaunaudzē



Jaukts skuju-lapu koku mežs - pieaudzis



Skuju koku stādījums



Lapu koku stādījums



Izcirtums - ekokoki pa vienam



Izcirtums - ekokoki grupās



Izcirtums - ir pielūžņojums



Izcirtums – nav pielūžņojums



Izcirtums - augstie celmi un ekokoku grupa



Krūmājs



4. Mitrzemes

Sūnu purvs



Zāļu purvs



Pārejas purvs



Izstrādāts kūdras purvs



5. Ūdensobjekti

Upe - maza



Upe - vidēja



Upe – liela



Ezers - mazs



Ezers - vidējs



Ezers – liels



Dīķis - ainavisks



Dīķis – aizaudzis



Jūra un piekraste

