



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMA 2021. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PASŪTĪTĀJS: AKCIJU SABIEDRĪBA “LATVIJAS valsts meži”
Līguma Nr. 5-5.9.1_007n_101_21_76

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKĀ
VADĪTĀJA: Dr. Zane Lībiete, LVMI Silava vadošā pētniece

Saturs

Kopsavilkums.....	4
Summary	6
Attēlu un tabulu saraksts	8
2021. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss.....	15
1. Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde	18
1.1. Modeļa struktūras izveidošana	18
1.1.1. Slodzes uz ekosistēmām	20
1.1.2. Meža ekosistēmu stāvoklis	28
1.2. Datu avoti slodžu un stāvokļa indikatoru aprēķinam.....	37
1.3. Ekosistēmu pakalpojumi iekļaušanai modelī.....	40
Literatūra.....	47
2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība.....	53
2.1. Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaugšas augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību	53
2.1.1. Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs	53
<i>2.1.1.1. Objekti un mērījumi</i>	<i>54</i>
<i>2.1.1.2. Barības vielu aprites izmaiņas objektos.....</i>	<i>55</i>
<i>2.1.1.3. Jaunaudžu augšanas gaita pētījuma objekts.....</i>	<i>90</i>
<i>Secinājumi.....</i>	<i>93</i>
<i>Literatūra.....</i>	<i>93</i>
2.1.2. Objektu izvēle un aprīkošana barības vielu aprites monitoringam lapu koku audzēs	95
2.2. Meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes un mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte.....	98
2.2.1. Paraugu ņemšanas vietu precizēšana un ūdens paraugu ievākšana Zalvītes modeļteritorijā meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes novērtēšanai.....	98
<i>2.2.1.1. Objekti un metodika</i>	<i>98</i>
<i>2.2.1.2. Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modeļteritorijā</i>	<i>99</i>
<i>2.2.1.3. Virszemes ūdens kvalitātes rādītāji Zalvītes modeļteritorijā</i>	<i>102</i>
<i>2.2.1.4. Elementu iznese no Zalvītes modeļteritorijas</i>	<i>116</i>
<i>Secinājumi.....</i>	<i>118</i>
<i>Literatūra.....</i>	<i>119</i>
2.2.2. Objektu izvēle, apsekošana un paraugošanas vietu izvēle elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu izpētei.....	119
3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana	121
3.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības pētījumi	121
3.1.1. Objekti un mērījumi	121
3.1.2. Rezultāti	123

3.1.2.1. <i>Invazīvo sugu segums un sastopamība</i>	123
3.1.2.2. <i>Sugu daudzveidība uz Bikšu ceļa</i>	124
3.1.2.3. <i>Sugu daudzveidība dažādos attālumos no ceļa</i>	125
Secinājumi.....	126
Literatūra.....	127
3.1.3. Jaunas teritorijas izpētes paplašināšanai	127
3.2. Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības	129
3.2.1. Iepriekšējās paaudzes koku un uz tiem sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums jaunaudzēs	129
3.2.1.1. <i>Tēmas aktualitāte</i>	129
3.2.1.2. <i>Objekti un metodika</i>	131
3.2.1.3. <i>Mikrodzīvotņu sastopamība un to nosakošie faktori</i>	133
3.2.1.4. <i>Uz ekoloģiskajiem kokiem sastopamie epifīti</i>	137
3.2.1.5. <i>Malas efekta ietekme uz melnalkšņu biotopiem</i>	143
Secinājumi.....	144
Literatūra.....	145
3.3. Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika	148
3.3.1. Pamatojums	148
3.3.2. Objekti un metodes	149
3.3.3. Rezultāti	150
Secinājumi.....	159
Literatūra.....	160
4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana	161
4.1. Meža augšanas apstākļu, meža ekosistēmas tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku	161
4.1.1. Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos	162
4.1.1.1. <i>Materiāls un metodika</i>	162
4.1.1.2. <i>Rezultāti</i>	164
4.1.2. Meža ogu bioloģiskās ražas novērtējums ar transektu metodi testa teritorijās	167
4.1.2.1. <i>Materiāls un metodika</i>	167
4.1.2.2. <i>Rezultāti</i>	170
4.1.3. Ogulāju un to ogu ražu uzskaitē kopšanas ciršu laukumos	180
4.1.3.1. <i>Materiāls un metodika</i>	180
4.1.3.2. <i>Rezultāti</i>	181
Secinājumi.....	194
4.1.4. Ēdamo sēņu ražas novērtējums Ugāles un Zalvītes testa teritorijās	195
4.1.4.1. <i>Objekti un metodika</i>	195
4.1.4.2. <i>Rezultāti</i>	196
Secinājumi.....	198
Literatūra.....	199
Pielikumi	201

Kopsavilkums

Pētījuma pirmajā etapā (2021. g. jūnijs-decembris) īstenoti darba uzdevumi četrās aktivitātēs. Vairākās no tām šajā gadā darbi balstīti uz nepārtrauktu mērījumu nodrošināšanu iepriekš ierīkotos objektos un datu rindu pagarināšanu zinātniski pamatotas argumentācijas veidošanai par pētāmajiem jautājumiem – mežsaimniecības ietekmi uz dažādiem vides aspektiem. Šķēršļi pētniecībai pašlaik nav konstatēti, darbs norisinājās atbilstoši plānam, un 2021.gada aktivitātes pabeigtas savlaicīgi.

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

Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un novērtēšanas 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. Izmantojot iepriekšējā pētījumu programmas fāzē izveidotās iestrādes un tās aktualizējot atbilstoši jaunākajiem Eiropas Savienības līmeņa plānošanas dokumentiem, 2021.gada pētījuma posmā identificētas slodzes uz meža ekosistēmām, kā arī meža ekosistēmu stāvokli aprakstošie indikatori. Vides ekonomiskā novērtējuma kontu metodikā definētie stāvokļa indikatori raksturoti Latvijas kontekstā. Identificēti datu avoti indikatoru aprēķinam un atbilstoši Eiropas MAES (*Mapping and assessment of ecosystem services*) metodikai novērtēta to kvalitāte. Atbilstoši Vispārējai starptautiskajai ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijai (CICES v5.1) identificēti meža ekosistēmu pakalpojumi iekļaušanai modelī.

2. Ilgtspējīga ūdens resursu aizsardzība.

Dažādas mežsaimnieciskās darbības kā, piemēram, mežizstrāde, meža infrastruktūras izbūve un meliorācijas sistēmu izveide vai renovācija, var ietekmēt gan vielu bioķīmiskās pārveides procesus, gan arī makro- un mikroelementu plūsmas meža ekosistēmās, kā arī ūdens ekosistēmu kvalitāti. Lai padziļinātu izpratni par šiem procesiem Latvijas apstākļos, pētījumu programmas ietvaros tiek veikta izpēte dažādos telpiskos un laika mērogos. 2021. gadā turpināts vielu aprites un ūdens kvalitātes monitorings trijos objektos zinātniskās izpētes mežos, kur tiek vērtēta dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirtes ietekme skuju koku mežos, turpinot sekot ūdens kvalitātes un jaunaudzis attīstības izmaiņām vidējā termiņā. Starprezultāti liecina par slāpekļa savienojumu koncentrācijas īslaicīgu palielināšanos augsnes ūdenī 2-3 gadus pēc mežizstrādes, koncentrāciju vērtībām saglabājoties zemā līmenī, kā arī par tendenci jaunaudzis kokiem oligotrofā sausieņu mežā augt mazliet straujāk, ja izcirtumā saglabātas ciršanas atliekas. Par rezultātiem saistībā ar jaunaudzis augšanas gaitu ar dažādu intensitāti izstrādātos parauglaukumos ziņots konferencē un sagatavots raksts konferenču rakstu krājumam. Izvēlēti un paraugu ņemšanas uzsākšanai sagatavoti divi pētījuma objekti vielu aprites izpētei pēc dažādas intensitātes mežizstrādes lapu koku audzēs Zinātniskās izpētes mežos.

Zalvītes modeļteritorijā, kur norisinās mežsaimniecības ietekmes uz ūdens kvalitāti izpēte sateces baseina līmenī, precizēti paraugu ņemšanas punkti ainavas līmeņa mežsaimniecības ietekmes vērtējumam, turpināta ūdens paraugu ņemšana un mērījumi tajos, kā arī izdalīti attiecīgie apakšbaseini tālākiem aprēķiniem. Rezultāti iezīmē ievērojamas suspendēto daļiņu koncentrācijas variācijas un lokālu paaugstināšanos gan mežizstrādes, gan citu faktoru, piemēram, spēcīgu lietusgāžu ietekmē. Tāpat pēc mežizstrādes un augsnes sagatavošanas sateces baseina notecē un lokālos paraugu ņemšanas punktos palielinās slāpekļa savienojumu saturs, koncentrācijām

saglabājoties zemām. Modeļteritorijā identificēti potenciālie objekti biogēno elementu noteces un dzīvsudraba metilācijas izpētei kontekstā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes apstrādi.

3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana.

Invazīvās augu sugas ir viena no nozīmīgākajām slodzēm, kas ietekmē ekosistēmu stāvokli, un tās arvien vairāk tiek konstatētas arī Latvijas meža ekosistēmās, tādēļ nepieciešama informācija par mežsaimniecības paņēmieniem, kas var veicināt vai, tieši otrādi, kavēt to izplatīšanos. Pētījumu programmas ietvaros Zalvītes modeļteritorijā tiek turpināts veģetācijas un invazīvo augu sugu monitorings gar lineāriem meža infrastruktūras objektiem. 2021. gadā precizēta monitoringa metodika, turpinātas uzskaites gar meža ceļiem, papildinot mērījumus ar veģetācijas uzskaitēm blakus audzēs un kontroles objektā, kur ceļa pārbūve nav veikta. Uz jaunizbūvētajiem un pārbūvētajiem meža ceļiem novērots divu invazīvo sugu - *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis* – izplatības pieaugums. Sākotnējās izpētes dati rāda, ka jaunizbūvēto/pārbūvēto ceļu ietekme uz floras sastāvu sniedzas līdz 10-11 m attālumā no ceļa malas.

Analizēta ekoloģisko koku nozīme bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā vidējā termiņā, atkārtoti (18 gadus pēc mežizstrādes) veicot epifītu uzskaiti uz to stumbriem, kā arī mikrodzīvotņu novērtējumu. Konstatēts, ka ekoloģiskie koki atstāj pozitīvu ietekmi uz bioloģisko daudzveidību, vidējā termiņā nodrošinot plašu mikrodzīvotņu spektru, kā arī ir piemērots substrāts retām un aizsargājamām epifītu sugām. Kopējais epifītu sugu skaits uz šo koku stumbriem ar laiku (no 11 līdz 18 gadiem pēc vienlaidus atjaunošanas cirtes) pieaug. Ekoloģisko koku dimensijas un suga ietekmē mikrodzīvotņu skaitu un sūnu sugu skaitu uz tiem. Prioritāri būtu saglabājami oši un apses.

Pārmērīti parauglaukumi vecās egles audzēs un salīdzināmās pieaugušās egles audzēs, kopumā inventarizējot kokaudzes un zemsedzes veģetācijas parametrus 50 objektos. Konstatēts, ka veģetācijas daudzveidību, ko raksturo zemsedzes sugu skaits un Šenona-Vīnera indekss, būtiski ietekmē bērza īpatsvars I stāvā, I un II stāva kokaudzes augstums, egles īpatsvars II stāvā un meža tips, bet audzes vecums nav būtiski ietekmējošs faktors, liecinot, ka bioloģiskās daudzveidības (ciktāl to indicē zemsedzes veģetācija) un bioekonomikas mērķus šādās audzes iespējams realizēt integrēti. Nodrošināta dalība publikācijas sagatavošanā par pētījuma sadaļas tēmu – vecajiem mežiem.

4. Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana.

Meža nekoksnes produktu vākšana Latvijā vienmēr bijusi nozīmīga, un mūsdienu bioekonomikas un ilgtspējīgas attīstības mērķu kontekstā arvien pieaug nepieciešamība pēc kvantitatīvas informācijas dažādos daudzvērtīgu mežsaimniecības aspektos, tajā skaitā attiecībā uz meža ogu un sēņu ieguvī. Turpināts meža nekoksnes produktu monitorings Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos, kā arī mērījumi kopšanas ciršu objektos ogulāju projektīvā seguma un ogu ražas novērtēšanai. Konstatēts, ka objektos, kur veiktas krājas kopšanas cirtes, palielinās brūkleņu un melleņu segums. Monitorings Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos norāda uz augstāku ogu ražas iespējamību pie augstākām ogulāju procentuālā seguma vērtībām. Uzlabota metodika ogu un sēņu ražas vērtējumam modeļteritorijās, turpināts ogu un sēņu ražas monitorings Zalvītē un Ugālē. Ogu un sēņu ražai novērojama liela variācija gan laikā, gan viena un tā paša meža tipa ietvaros, norādot uz nozīmīgu meteoroloģisko apstākļu ietekmi un iespējamām reģionālām variācijām.

Summary

During the first stage of the research programme (June-December 2021) 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 concerning the impact of forest management on different aspects of the environment. No obstacles for research have occurred, work proceeds according to plan, and it is planned to conclude activities of 2021 according to the schedule.

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.

The necessity for the development of forest ecosystem service mapping and evaluation model is determined by the increasing awareness of the multi-faceted contribution of ecosystems to human well-being, as well as by current changes in the global and EU economy, foreseeing increasingly tight integration of environmental assets and economy. Building on the results of the previous stage of the research programme and updating them according to newest EU planning documents, in 2021 pressures on forest ecosystems, as well as indicators for describing forest ecosystem condition have been identified. Forest condition indicators given in the environmental-ecosystem accounting guidelines are characterized in Latvian context. Data sources for indicator calculations have been identified and their quality evaluated according to EU MAES (Mapping and Assessment of Ecosystem services) methodology. According to Common International Classification of Ecosystem Services (CICES v5.1) ecosystem services for further work have been identified.

Activity 2. Sustainable protection of water resources.

Different forest management operations, such as logging, forest infrastructure construction and drainage system establishment or renovation, may influence element flows in forest ecosystems, as well as quality of adjacent water ecosystems. To improve understanding about these processes in Latvia, within the research programme studies in different spatial and temporal scales are conducted. In 2021 element cycling and water quality monitoring in scientific research forests is being continued in three objects with different logging intensity (performed in 2013). Current results indicate short-term increase in soil water nitrogen content 2-3 years after logging, while concentrations remain low and well below environmental quality thresholds. There is a trend for young trees on oligotrophic mineral soil to grow slightly faster on the plot where logging residues have been left on-site. Results concerning tree growth have been presented in a conference and included in a conference paper. Two new objects in broadleaved stands have been selected to study the impact of different intensity regeneration felling, starting from 2022.

In Zalvīte model area where impact of forest management at catchment scale is being studied sampling points have been specified, sampling continued and sub-basins for further modeling delineated. The results so far indicate considerable variation and local increase in the concentration of suspended solids, likely caused by logging operations, as well as other factors, for example, strong rainfall events. After logging and soil preparation increase of nitrogen concentrations has been detected in the runoff of the catchment and local sampling points within it, yet the concentrations remain low. New objects for studying element runoff and Hg formation in relation to forest machinery movement and soil preparation have been identified.

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

Invasive plant species are among the major pressures influencing ecosystem condition. They increasingly occur also in forest ecosystems in Latvia, therefore information about forestry operations that may enhance or, on the contrary, limit the spread of these species is needed. During the research programme monitoring of ground vegetation and invasive plant species along linear forest infrastructure objects (forest roads) is being continued at Zalvīte model area. In 2021 methodology for assessing vegetation and invasive plant species has been adjusted and monitoring has been continued, adding assessments in adjacent stands and in a control object (road without construction impact). On the roads with construction impact increase of two invasive plant species - *Lupinus polyphyllus* and *Solidago canadensis* – has been detected. The results so far show that the road has impact on floral composition of adjacent stand 10-11 m from road's edge.

The importance of retention trees in mid-term has been studied (18 years after felling), by assessing epiphytes and microhabitats. Retention trees have positive impact on biodiversity, by harbouring a wide range of microhabitats, as well as serving as substrate for rare and protected epiphyte species. The total number of epiphyte species has increased from 11 to 18 years after felling. Tree dimensions and tree species have impact on the number of microhabitats and number of epiphytic moss species. Retention priority should be given to ash and aspen.

Forest inventory and ground vegetation data have been obtained in 50 Norway spruce old-growth and mature stands. Number of ground vegetation species and Shannon-Wiener index was affected by proportion of birch in I and II stand layer, height of the I and II layer trees, proportion of Norway spruce in the II layer and forest type (*Hylocomiosa* and *Oxalidososa* – both on mineral soil) but not by stand age (differing between the analysed groups c.a. two times). Thus, integrated management to achieve goals of both biodiversity protection and bioeconomy is feasible.

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

Gathering of non-wood forest products (NWFPs) has always been important in Latvia, and in the context of bioeconomy and sustainable development goals the information requirements concerning quantitative data on different aspects of multi-purpose forestry, including NWFPs, are growing. 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 in 2021. On sites where forest thinning has been carried out projective cover of bilberry and lingonberry is increasing. Monitoring on NFI plots indicates the possibility of higher berry yields on sites with higher projective cover. Methodology for berry and mushroom yield monitoring in model areas was improved and monitoring recommenced in Zalvīte and Ugāle. Berry and mushroom yields are characterized by high temporal and spatial variation, indicating the significant influence of meteorological conditions and possible regional variation.

Attēlu un tabulu saraksts

- 1.1. attēls. Ekosistēmu kontu savstarpējā saistība
- 1.2. attēls. Atmežotā platība Latvijā valsts un pārējos mežos laika posmā no 2014. līdz 2020.gadam (Datu avots: VMD)
- 1.3. attēls. Neorganiskā slāpekļa (nitrātu N un amonija N summa) depozīcija mežaudzēs zem koku vainagiem Eiropā, $\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$ gadā (Avots: Michel et al. (Eds), 2020)
- 1.4. attēls. Ciršanas apjoms Latvijā no 2014. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)
- 1.5. attēls. Vidējā gaisa temperatūra pa mēnešiem laika posmā no 2016. līdz 2020.gadam (Datu avots: LVĢMC)
- 1.6. attēls. Vidējā gaisa temperatūra pa gadalaikiem laika posmā no 2012. līdz 2020.gadam (Datu avots: LVĢMC)
- 1.7. attēls. Efektīvā nokrišņu daudzuma izmaiņas Eiropā (mm dekādē) atbilstoši GLEAM modeļa datiem (Dati: Maes et al. 2020)
- 1.8. attēls. Modelētā N eitifikācijas riskam pakļautā platība 2005. un 2020. gadā (Avots: Hettelingh et al. 2017)
- 1.9. attēls. Atmirušās koksnes procentuālais sadalījums pa kategorijām (Datu avots: Nacionālais meža monitorings)
- 1.10. attēls. Vidējā defoliācija parauglaukumā visām koku sugām 2020. gadā (Avots: Michel et al. 2021)
- 1.11. attēls. Evapotranspirācijas izmaiņas Eiropā (mm/dekādē) atbilstoši GLEAM modeļa datiem (Avots: Maes et al. 2020)

- 2.1.attēls. Pētījuma objekti dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai. Foto no kreisās: damaksnis, lāns, šaurlapju kūdrenis (03.04.2020.)
- 2.2. attēls. Vidējais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021.gadam
- 2.3. attēls. Vidējais nokrišņu ūdens pH veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2021.gadam)
- 2.4. attēls. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021.gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2021.gadam)
- 2.5. attēls. Veģetācijas sezonas nobiru biomasas apjoma izmaiņas pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam
- 2.6. attēls. Elementu ienese ar nobirām pētījuma objektos veģetācijas sezonā pa gadiem
- 2.7. attēls. Vidējā barības vielu ienese ar nobirām priežu un egļu audzēs veģetācijas periodā laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam
- 2.8. attēls. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos
- 2.9. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.10. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.11. attēls. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.12. attēls. Fosfātjonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

- 2.13. attēls. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.14. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.15. attēls. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.16. attēls. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.17. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.18. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.19. attēls. Kopējais slāpekļa saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.20. attēls. Fosfātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.21. attēls. Kālija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.22. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.23. attēls. Magnija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes
- 2.24. attēls. Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2021. gada pētījumu periodā.
- 2.25. attēls. Gruntsūdeņu pH Dm pētījuma objektā
- 2.26. attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.27. attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.28. attēls. Kopējais slāpekļa saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.29. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.30. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.31. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.32. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā
- 2.33. attēls. Gruntsūdeņu pH Ln pētījuma objektā
- 2.34. attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.35. attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.36. attēls. Kopējais slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.37. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.38. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.39. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.40. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā
- 2.41. attēls. Gruntsūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2021. gada pētījumu periodā.
- 2.42. attēls. Virszemes ūdeņu pH pētījuma objektos
- 2.43. attēls. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.44. attēls. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.45. attēls. Kopējais slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.46. attēls. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.47. attēls. Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

- 2.48. attēls. Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.49. attēls. Magnija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos
- 2.50. attēls. Virszemes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2021. gada pētījumu periodā.
- 2.51. attēls. Stādīto kociņu vidējais augstums virszemes biomasas izvākšanas objektos.
- 2.52. attēls. Koku augstumi atkarībā no sakņu kakla diametra 2021. gadā virszemes biomasas izvākšanas objektos
- 2.53. attēls. Dabiski izaugušo kociņu skaits biomasas izvākšanas objektos. Nogriežņi attēlo standartklūdas
- 2.54. attēls. Dabiski izaugušo kociņu vidējais augstums biomasas izvākšanas objektos.
- 2.55. attēls. Pētījuma objekta 257.kv.7.nog. sadalījums mežizstrādes un meža atjaunošanas variantos
- 2.56. attēls. Pētījuma objekta 261.kv.17.nog. sadalījums mežizstrādes un meža atjaunošanas variantos
- 2.57.attēls. Aktīvie mērījumu un ūdens paraugu ņemšanas punkti Zalvītes strautā un tiem atbilstošie apakšbaseini
- 2.58. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2018. gadā
- 2.59. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2019. gadā
- 2.60. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2020. gadā
- 2.61. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2021. gadā
- 2.62. attēls. Nedēļu vidējās gaisa temperatūras un nedēļu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2021. gadā
- 2.63. attēls. Vidējais izšķīdušā skābekļa (ODO) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gadā.
- 2.64. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījumu periodā
- 2.65. attēls. Vidējais kopējais suspendēto daļiņu (TSS) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījumu periodā
- 2.66. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījumu periodā.
- 2.67. attēls. Vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā.
- 2.68. attēls. Vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2020. gada pētījuma periodā.
- 2.69. attēls. Vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā.
- 2.70. attēls. Vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā

- 2.71. attēls. Vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā
- 2.72. attēls. Vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā
- 2.73. attēls. Vidējais kālija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā
- 2.74. attēls. Vidējais kalcija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā
- 2.76. attēls. Virszemes ūdeņu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījumu periodā.
- 2.82. attēls. Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas
- 2.83. attēls. Vielu vidējās koncentrācijas pa gadiem noteces mērījumu punktā Zalvītes modeļteritorijā
- 2.84. attēls. Potenciālie objekti elementu izneses, Hg un MeHg izpētei Zalvītes modeļteritorijā
-
- 3.1. attēls. Pētījuma teritorija - Zalvītes upes sateces baseins un apsekojamie ceļu posmi veģetācijas un invazīvo sugu monitoringam
- 3.2. attēls. Potenciāli invazīvo sugu skaits un projektīvais segums pētījuma periodā
- 3.3. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem izbūvēto/pārbūvēto ceļu un kontroles parauglaukumiem
- 3.4. attēls. Vidējais sugu skaits dažādos attālumos no ceļa
- 3.5. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem parauglaukumos dažādos attālumos no ceļa malas
- 3.6. attēls. Invazīvo sugu monitoringa paplašināšanai piedāvāto teritoriju atrašanās vieta Latvijā
- 3.7. attēls. Jelgavas izpētes teritorija ar konstatēto potenciāli invazīvo sugu piemēriem
- 3.8. attēls. Dzērbenes izpētes teritorija ar konstatēto potenciāli invazīvo sugu piemēriem
- 3.9. attēls. Apsekoto audžu novietojums kartē
- 3.10. attēls. Vērtēto ekoloģisko koku skaita sadalījums pa sugām
- 3.11. attēls. Mikrodzīvotņu skaits ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) dažādām koku caurmēra klasēm
- 3.12. attēls. Dažādu koku sugu mikrodzīvotņu skaits atkarībā no caurmēra
- 3.13. attēls. Modelētais vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām
- 3.14. attēls. Saistība ar sūnu sugu skaitu un koka diametru
- 3.15. attēls. Pētīto mežaudžu izvietojums
- 3.16. attēls. Veģetācijas uzskaites laukumu izvietojuma shēma
- 3.17. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) sugu skaits parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos pieaugušās un vecās egles audzēs
- 3.18. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) procentuālais segums parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos pieaugušās un vecās egles audzēs
- 3.19. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) Šenona-Vīnera indekss parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos pieaugušās un vecās egļu audzēs

3.20. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) atklātas augsnes, nobiru un kritalu segums parauglaukumā pieaugušās un vecās egles audzēs

3.21. attēls. Sūnu sugu procentuālā seguma ordinācija pieaugušās un vecās egles audzēs

3.22. attēls. Lakstaugu sugu procentuālā seguma ordinācija pieaugušās un vecās egles audzēs

3.23. attēls. Koku un krūmu sugu procentuālā seguma ordinācija pieaugušās un vecās egles audzēs

4.1. attēls. MSI parauglaukumu shēma

4. 2. attēls. Brūklenes sastopamība un projektīvais segums (%) \pm standartkļūda dažādos meža tipos

4. 3. attēls. Mellenes sastopamība un projektīvais segums (%) \pm standartkļūda dažādos meža tipos

4.4.attēls. Ugāles un Zalvītes modeļteritorijas ogu ražas vērtējumam

4.5 attēls. Kopšanas ciršu shēma ar transektēm parauglaukumos

4.6. attēls. Kopšanas ciršu parauglaukumu ierīkošana ar uzskaites laukumiem ogulāju novērtēšanai

4.7.attēls. Krājas kopšanas ciršu parauglaukumu izvietojums Latvijas teritorijā

1.1. tabula. Ekosistēmu stāvokli ietekmējošo faktoru (slodžu) grupas un vērtējumam potenciālie izmantojamie indikatori meža ekosistēmās

1.2. tabula. Atmežotā platība % no kopējās meža zemju platības (Datu avots: VMD)

1.3. tabula. Potenciāli invazīvo mežam raksturīgo svešzemju sugu iespējamie introdukcijas ceļi

1.4. tabula. Vējgāžu bojājuma draudu klases (ietverot augsnes tipa ietekmes vērtējumu) pa LVM mezsaimniecībām (Avots: Jansons, 2013)

1.5. tabula. Vējgāžu un snieglieču nopostītā mežu platība no 2013. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

1.6. tabula. Ugunsgrēku skaits un platība meža zemēs no 2013. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

1.7. tabula. Kaitēkļu savairošanās risks atbilstoši zemsedzes monitoringa rezultātiem laika periodā no 2014. līdz 2020. gadam (1 – nenozīmīgs risks risks, 2- vidējs risks, 3 – nozīmīgs risks) (Šmits, 2014-2020)

1.8. tabula. Kaitēkļu savairošanās risks atbilstoši uzskatēm ar feromonu slazdiem laika periodā no 2014. līdz 2020. gadam (1 – nenozīmīgs risks risks, 2- vidējs risks, 3 – nozīmīgs risks) (Šmits, 2014-2020)

1.9. tabula. Slimību nopostītā mežu platība no 2013. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

1.10. tabula. ES28 ekosistēmu stāvokļa novērtējumā izmantotie rādītāji

1.11. tabula. Indikatoru piemēri ekosistēmu stāvokļa novērtēšanai mērenās un boreālās joslas mežos

1.12. tabula. Vadlīnijas datu kvalitātes izvērtējumam

1.13. tabula. Datu avotu novērtējums slodzes un ekosistēmu stāvokli raksturojošajiem indikatoriem

1.14. tabula. Atbilstoši CICES klasifikācijai identificētie meža ekosistēmu pakalpojumi CICES grupās un klasēs (treknrakstā atzīmēti potenciāli nozīmīgākie meža ekosistēmu pakalpojumi Latvijā)

1.15. tabula. Kritēriji un to skaidrojums ekosistēmu pakalpojumus raksturojošo indikatoru izvēlei (Pēc: Van Oudenhoven et al. 2018)

2.1.tabula. Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai skuju koku audzēs raksturojums

2.2. tabula. Vidējā ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem (kg ha^{-1}) veģetācijas periodā (maijs – oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam.

2.3.tabula. Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai lapu koku audzēs raksturojums

2.4. tabula. Ūdens kvalitātes mērījumu punkti Zalvītes strautā

2.5. tabula. Elementu iznese (kg ha^{-1}) no Zalvītes strauta sateces baseina 2016.- 2021. gada pētījuma periodos

3.1. tabula. Pētījuma objektu raksturojums

3.2. tabula. Apsekoto audžu atrašanās vieta un vienlaidu atjaunošanas cirtes gads

3.3. tabula. Sugu sadalījums pa atmirušās koksnes veidiem

3.4. tabula. Mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām

3.5. tabula. Apsekotos kokus raksturojošie parametri

3.6. tabula. Uz pētītajiem kokiem noteiktās sūnu un ķērpju sugas 2014. un 2015. uzskaites gadā. Dabisko meža biotopu indikatorsugas atzīmētas treknrakstā

3.7. tabula. GLMER modeļu statistiskais kopums kopējai un dabisko mežu biotopu indikatorsugu bagātībai uz kokiem

3.8.tabula. GLMER modeļu statistiskais kopums sūnu un ķērpju bagātībai uz kokiem

3.9. tabula. Modeļa dispersijas analīzes tabula sugu skaita atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

3.10. tabula. Izveidotā modeļa koeficientu vērtības sugu skaita atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

3.11. tabula. Modeļa dispersijas analīzes tabula Šenona-Vīnera indeksa atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

3.12. tabula. Izveidotā modeļa koeficientu vērtības Šenona-Vīnera indeksa atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

4.1. tabula. Parauglaukumu skaits pa meža tipi un ogulāju sastopamība (procentuālais parauglaukumu skaits meža tipa ietvaros, kurā konstatēta attiecīgā grupa)

4.2 tabula. Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tipi un vecumgrupām Ugāles testa teritorijā

4.3.tabula. Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tipi un vecumgrupām Zalvītes testa teritorijā

4.4. tabula. Brūklenes vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kam konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā

- 4.5 tabula. Brūklenes vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kam konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā
- 4.6. tabula. Mellenes vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars (%), kam konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā
- 4.7. tabula. Mellenes vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars, kam konstatētas ogas dažādos dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā
- 4.8. tabula. Brūkleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha^{-1} Zalvītes testa teritorijā.
- 4.9. tabula. Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha^{-1} Zalvītes testa teritorijā
- 4.10. tabula. Brūkleņu ogu raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha^{-1} Ugāles testa teritorijā
- 4.11. tabula. Melleņu ogu raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha^{-1} Ugāles testa teritorijā
- 4.12. tabula. 2017. gada krājas kopšanas ciršu objektos ierīkoto un 2018., 2019., 2020., 2021. gadā pārmērīto parauglūkumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.13. tabula. 2018. gada krājas kopšanas ciršu objektos ierīkoto un 2021. gadā pārmērīto parauglūkumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.14. tabula. 2019. gada krājas kopšanas ciršu objektos ierīkoto un 2021. gadā pārmērīto parauglūkumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.15. tabula. Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2017. gadā
- 4.16. tabula. Mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2017. gadā
- 4.17. tabula. Brūklenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2018. gadā
- 4.18. tabula. Mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2018. gadā
- 4.19. tabula. Brūklenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2019. gadā
- 4.20. tabula. Mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2019. gadā
- 4.21. tabula. Brūkleņu potenciālā ogu raža kg ha^{-1} 2017., 2018., 2019., 2020. un 2021. gadā dažādos meža tipos un vecumgrupās
- 4.22. tabula. Melleņu potenciālā ogu raža kg ha^{-1} 2017., 2018., 2019., 2020. un 2021. gadā dažādos meža tipos un vecumgrupās

2021. gada darba uzdevumi un to izpildes statuss

Nr.p.k.	Pētījums, darbs, nodevums	Nodevumi	Izpildes termiņš	Status uz 31.12.2021.
1.	Meža ekosistēmu pakalpojumu kartēšanas un kvalitātes izmaiņu novērtēšanas modeļa izstrāde, ietverot kritērijus, indikatorus un algoritmus mežsaimniecības un ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbības raksturošanai.			
1.1.	<i>Modeļa struktūras izveidošana</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Veikts slodžu uz meža ekosistēmām novērtējums. • Veikta meža ekosistēmu stāvokļa analīze. • Identificēti meža ekosistēmu sniegtie pakalpojumi (EP). 	30.11.2021.	Identificēti meža ekosistēmu stāvokli un tie ietekmējošās slodzes raksturojošie kritēriji, tie raksturoti Latvijas kontekstā. Identificēti EP iekļaušanai modeļi.
1.2.	<i>Datu avotu identifikācija un datu kvalitātes izvērtējums</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificēti, novērtēti un izvēlēti indikatori, kas ir zinātniski pamatoti, nozares un vides likumdošanai atbalstoši, politikas nostādņiem atbilstoši, dzīvotņu un sugu stāvokļa vērtējumam, piemēroti izmantošanai dabas kapitāla kontos, telpiski definēti, izmērāmi attiecībā pret references līmeni un izmaiņas atspoguļojoši. 	30.11.2021.	Identificēti datu avoti indikatoru vērtējumam, izvērtēta to ticamība.
1.3.	<i>Datu apstrāde un analīze, atbalstošo pētījumu datu integrācija, pārskatu sagatavošana</i>		30.11.2021.	Dati apkopoti.
2.	Ilgspējīga ūdens resursu aizsardzība			
2.1.	Dažādas intensitātes biomasas izvākšanas galvenajā cirtē ietekme uz nākamās meža paaudzes augšanas gaitu, vielu apriti, bioloģisko daudzveidību		15.11.2021.	
2.1.1.	<i>Nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens un noteces ķīmiskā sastāva monitorings skuju koku audzēs (turpinājums 3 objektos)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Veikts monitorings trijos esošajos pētījuma objektos MPS Kalsnavas mežu novadā Ln, Dm un Kp meža tipos skuju koku audzēs. • Veikta datu apkopošana un sagatavošana modelēšanai. 	01.11.2021. (lauka darbi) 30.12.2021. (datu analīze)	Monitoringa dati apkopoti un analizēti, rezultāti apkopoti.
2.1.2.	<i>Objektu izvēle un aprīkošana barības vielu aprites monitoringam lapu koku audzēs (2 jauni objekti)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ierīkoti divi jauni objekti Dm vai Vr meža tipos pieaugušās mežaudzēs, kur valdošā suga ir bērzs un apse, paredzot 2 variantus - gan mežaudzes atjaunošanu, gan atjaunošanos. 	15.11.2021.	Objekti identificēti un sagatavoti datu ievākšanai.
2.2.	Meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes un mežizstrādes tehnikas pārvietošanās un augsnes		31.12.2021.	

Nr.p.k.	Pētījums, darbs, nodevums	Nodevumi	Izpildes termiņš	Status uz 31.12.2021.
	gatavošanas ietekmes uz vielu apriti un ūdens kvalitāti izpēte			
2.2.1.	<i>Paraugu ņemšanas vietu precizēšana un ūdens paraugu ievākšana Zalvītes modeļteritorijā meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes novērtēšanai</i>	<ul style="list-style-type: none"> Precizētas paraugu ņemšanas vietas un ievākti ūdens paraugi biogēno un citu elementu izneses novērtēšanai ainavas līmenī (Zalvītes objekts) Veikta ievākto paraugu analīze, datu apkopošana 	31.12.2021.	Vietas precizētas, paraugi analizēti, rezultāti apkopoti.
2.2.2.	<i>Objektu izvēle, apsekošana un paraugošana vietu izvēle elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu izpētei (3 objektos viena gada laikā reizi mēnesī veģetācijas sezonā ņemti 15-20 ūdens un/vai sedimenta paraugi risās, augsnes sagatavošanas vagās un pacīlu bedrītēs)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Izvēlēti trīs objekti kūdreņos (Ks vai Kp - svaigs izcirtums ar risām, izcirtums, kur nupat sagatavota augsne, mežaudze, kas nesēn atjaunota). 	30.09.2021.	Izvēlēts lielāks skaits objektu (9) precizēšanai pavasarī.
3.	Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana			
3.1.	Invasīvo un potenciāli invasīvo zemsedzes augu sugu izplatības pētījumi		15.11.2021.	
3.1.1.	<i>Invasīvo un potenciāli invasīvo zemsedzes augu sugu izplatības mežaudzēs risku novērtējums - metodikas papildināšana un testēšana Zalvītes modeļteritorijā, datu analīze</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikts invasīvo un potenciāli invasīvo zemsedzes augu sugu izplatības mežaudzēs risku novērtējums atbilstoši pilnveidotai uzskaites metodikai. Veikta ievākto datu apkopošana un analīze. 	30.09.2021. (lauka darbi) 31.12.2021. (datu analīze)	Vērtējums veikts, dati apkopoti un analizēti.
3.2.	Nozīmīgo meža biotopu attīstības un sugu izplatības scenāriji atkarībā no īstenotās mežsaimnieciskās darbības		15.12.2021.	
3.2.1.	<i>Ekoloģisko koku un uz to sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikts ekoloģisko koku un uz to sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums 15 jaunaudzēs. 	15.12.2021.	Novērtējums veikts, dati apkopoti.

Nr.p.k.	Pētījums, darbs, nodevums	Nodevumi	Izpildes termiņš	Status uz 31.12.2021.
	<i>novērtējums 15 jaunaudzēs</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikta ievākto datu apkopošana un analīze. 		
3.2.2.	<i>Malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamikas novērtējums</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikta ievākto datu apkopošana un analīze. 	15.11.2021.	Veikta datu meta-analīze.
3.3.	Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika		15.12.2021.	
3.3.1.	<i>Bioloģiski vecu audžu pārmērīšana un datu analīze</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikta veģetācijas un kokaudzes uzmērīšana 20 objektos. 	15.12.2021.	Objekti uzmērīti, dati apkopoti un analizēti.
3.3.2.	<i>Papildu pētījumu objektu iekārtošana paraugkopas reprezentativitātes palielināšanai</i>	<ul style="list-style-type: none"> Iekārtoti papildu pētījuma objekti. 	01.09.2021.	Objekti iekārtoti.
4	Sociālekonomisko ekosistēmas pakalpojumu kvalitātes nodrošināšana			
4.1.	Meža augšanas apstākļu, meža tipa, meteoroloģisko faktoru un meža apsaimniekošanas ietekme uz meža nekoksnes produktu ražas dinamiku		15.11.2021.	
4.1.1.	<i>Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikta meža augšanas apstākļu un meža tipa ietekmes uz meža nekoksnes produktu sastopamību novērtēšana ~1000 MSI parauglaukumos. Veikta datu apkopošana un sagatavošana modelēšanai. 	31.12.2021.	Novērtējums veikts, rezultāti apkopoti un analizēti.
4.1.2.	<i>Ogu ražas novērtējums kopšanas ciršu parauglaukumos</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikts meža apsaimniekošanas ietekmes uz meža ogu ražu vērtējums kopšanas ciršu laukumos (30 objektos). Veikta datu apkopošana un analīze. 	15.08.2021. (lauka darbiem) 31.12.2021. (datu analīzei)	Novērtējums veikts, rezultāti apkopoti un analizēti.
4.1.3.	<i>Meža ogu un sēņu ražas novērtējums izmantojot transektu metodi testa teritorijās</i>	<ul style="list-style-type: none"> Veikts meža ogu un sēņu ražas novērtējums atbilstoši precizētai metodikai transektēs divās modeļteritorijās (Zalvīte un Ugāle). Veikta datu apkopošana un sagatavošana modelēšanai. 	15.11.2021. (lauka darbiem) 31.12.2021. (datu analīzei)	Novērtējums veikts, rezultāti apkopoti un analizēti.
5.	Starpziņojuma sagatavošana		01.09.2021.	Paveigts.
. 6.	Datu analīze, etapa pārskata sagatavošana		15.01.2022.	Paveikts.

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

Nodaļa attiecas uz 1.1. un 1.2. darba uzdevumu. Šajā pētījuma fāzē pastiprināta uzmanība pievērsta diviem ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas aspektiem – slodzēm uz ekosistēmām un ekosistēmu stāvoklim.

1.1. Modeļa struktūras izveidošana

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. Šajā kontekstā Eiropas Savienības līmenī īsi raksturojami divi procesi.

Viens no tiem ir ekosistēmu un to pakalpojumu uzskaites pieaugošā nozīme politikas veidošanai un lēmumu pieņemšanai nepieciešamo datu ieguvē atbilstoši standartizētām metodēm. 2021. gada martā Apvienoto Nāciju Organizācijas Statistikas komiteja apstiprināja vides ekonomisko kontu sistēmu (*System of Environmental Economic Accounting, SEEA*) kā starptautisku statistikas standartu ekosistēmu un to pakalpojumu integrēšanai nacionālajos kontos, lai iekļautu informāciju par ekosistēmu stāvokli un sniegtajiem pakalpojumiem ekonomiskajā plānošanā valstu līmenī (United Nations, 2021). 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), un ES statistikas birojs EUROSTAT pašlaik strādā pie ekosistēmu kontu iekļaušanas ES vides kontu sistēmā (EUROSTAT, 2021). Ekosistēmu un ekosistēmu pakalpojumu konti ir izstrādāti EUROSTAT, Vides ģenerāldirektorāta, Izpētes un inovāciju ģenerāldirektorāta, Eiropas Komisijas Kopīgā pētniecības centra un Eiropas Vides aģentūras projekta “Integrētā dabas kapitāla un ekosistēmu pakalpojumu uzskaitē” (*Integrated Natural Capital and ecosystem services Accounting, INCA*) ietvaros. Šī projekta rezultāti apkopoti 2021. gadā sagatavotā pārskatā (European Commission, 2021a).

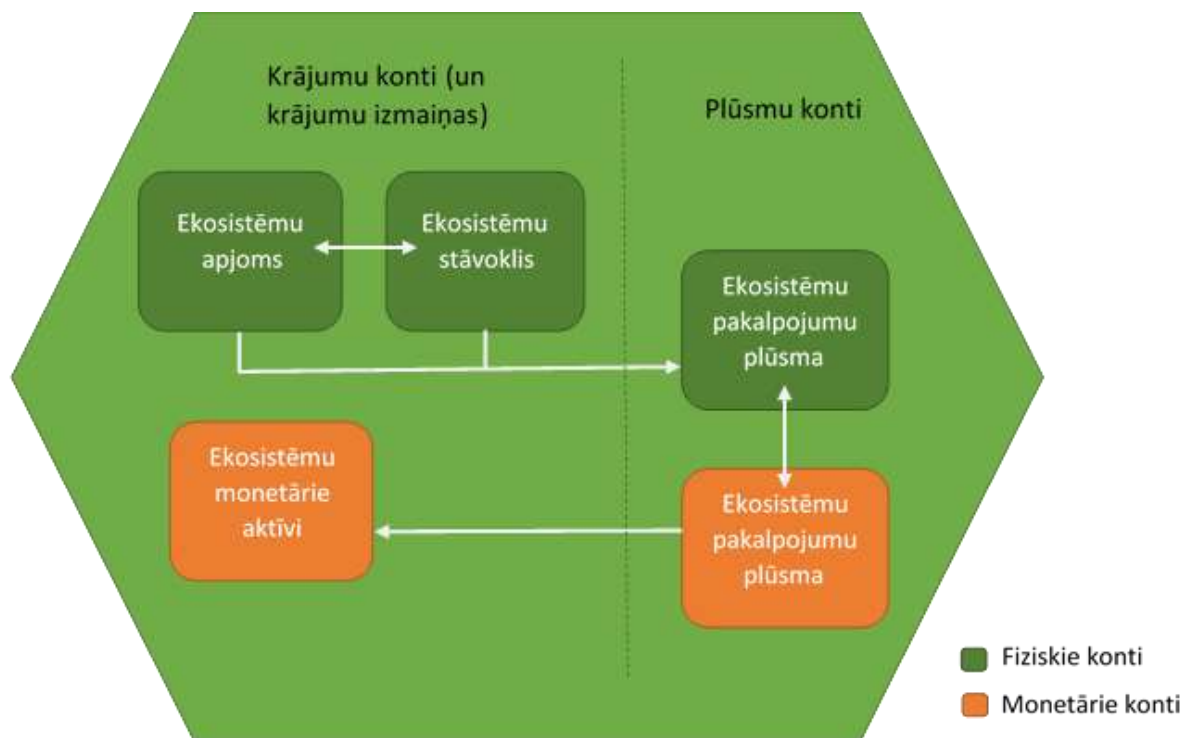
Otrs process, kas tāpat tiek virzīts uz Zaļās vienošanās mērķu sasniegšanu, ir Eiropas Savienības taksonomijas izveide, lai klasificētu ekonomiskās darbības atbilstoši to atbilstībai ilgtspējas principiem (European Commission, 2021c). 2020. gada 18.jūnija regulā Nr. 2020/852 par regulējuma izveidi ilgtspējīgu 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 stājas 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). Nākotnē tiks pieņemts arī dokuments, kas attiecas uz pārējiem iepriekš minētajiem vides mērķiem.

No 2021. gada augusta sākumam līdz septembra beigām ES Ilgtspējīgu finanšu platforma veica konsultācijas saistībā ar izstrādātajām rekomendācijām ES taksonomijas tehniskā izvērtējuma kritērijiem (European Commission, 2021b). Pirmais deleģētais normatīvais akts par ilgtspējīgām darbībām klimata pārmaiņu mazināšanas un adaptācijas mērķu sasniegšanai tika pieņemts 2021. gadā (Eiropas Komisija, 2021b), un sagaidāms, ka uz citiem vides mērķiem attiecināmie normatīvi tiks pieņemti 2022. gadā.

Pēc būtības ekosistēmu kontu pamatkopa sastāv no pieciem kontiem: ekosistēmu apjoma, ekosistēmu stāvoklis, ekosistēmu pakalpojumu plūsmas (divi konti – fiziskālais un monetārais) un monetārie ekosistēmu aktīvi (1.1. attēls).



1.1. attēls. Ekosistēmu kontu savstarpējā saistība (Avots: EUROSTAT, 2021)

Ekosistēmu apjoma kontos parādās informācija par konkrētā tipa ekosistēmu platību. Ekosistēmu stāvokļa kontos tiek organizēta biofizikālā informācija par konkrētā tipa ekosistēmu stāvokli – izvēlētiem parametriem un to vērtībām attiecībā pret izvēlētu references līmeni. Ekosistēmu pakalpojumu fiziskās plūsmas kontos parādās informācija par ekosistēmu aktīvu nodrošinātajiem pakalpojumiem un to izmantošanu ekonomiskajās vienībās (piem., mājsaimniecībās, uzņēmumos u.c.). Ekosistēmu pakalpojumu monetārās plūsmas konti sniedz informāciju par ekosistēmu pakalpojumiem naudas izteiksmē (reizīnot izmantotās vienības ar vienas vienības cenu). Ekosistēmu monetāro aktīvu kontā tiek uzkrāta informācija par krājumiem un to izmaiņām (palielinājumu vai samazinājumu) monetārās vienībās atbilstoši ekosistēmu pakalpojumiem piešķirtajai monetārajai vērtībai. Šeit tiek iekļautas arī aktīvu vērtības izmaiņas ekosistēmu atjaunošanas, degradācijas vai izmaiņu rezultātā.

Šajā pārskatā sīkāk raksturoti un kvantificēti tie meža ekosistēmas raksturojošo slodžu un stāvokļa indikatori, kas varētu būt attiecināmi un izmantojami vērtējumam pašlaik spēkā esošo ES normatīvo aktu kontekstā, kā arī uzskaitīti tie indikatori, kas varētu būt potenciāli noderīgi kontekstā ar sagatavošanā esošajiem normatīvajiem aktiem, piemēram, ES Ilgtspējīgu finanšu platformas sagatavoto piedāvājumu taksonomijas tehniskā izvērtējuma kritērijiem, kas tika

piedāvāts apspriešanai 2021. gada augustā un septembrī (Ilgtspējīgu finanšu platforma, 2021a, 2021b). Šie tehniskās atbilstības kritēriji ir izšķiroši nozīmīgi modeļa funkcionalitātei, tāpēc pēc normatīvu galīgās versijas apstiprināšanas sadaļa tiks precizēta.

1.1.1. Slodzes uz ekosistēmām

Ar slodzēm šajā kontekstā saprot faktoros, kas var ietekmēt ekosistēmu stāvokli. Slodzes bieži tiek izmantotas arī netiešai ekosistēmu stāvokļa vērtēšanai, īpaši gadījumos, kad pieejams maz datu par ekosistēmu stāvokli, jo tās zināmā mērā var uzskatīt par stāvokļa indikatoru aizvietošanai, ja vien starp slodzi un stāvokli pastāv labi izprastas kopsakarības (United Nations, 2019, Erhard et al. 2016). Tomēr gadījumos, kad dati ir pieejami, priekšroka dodama ekosistēmu stāvokli raksturojošiem indikatoriem.

Tūkstošgades ekosistēmu novērtējums piedāvā dalījumu sešās slodžu grupās: dzīvotņu pārveidošana un degradēšana, invazīvo sugu ieviešanās, piesārņojums un bagātināšanās ar barības vielām, pārmērīga izmantošana, klimata pārmaiņas, citi (1.1. tabula).

1.1. tabula

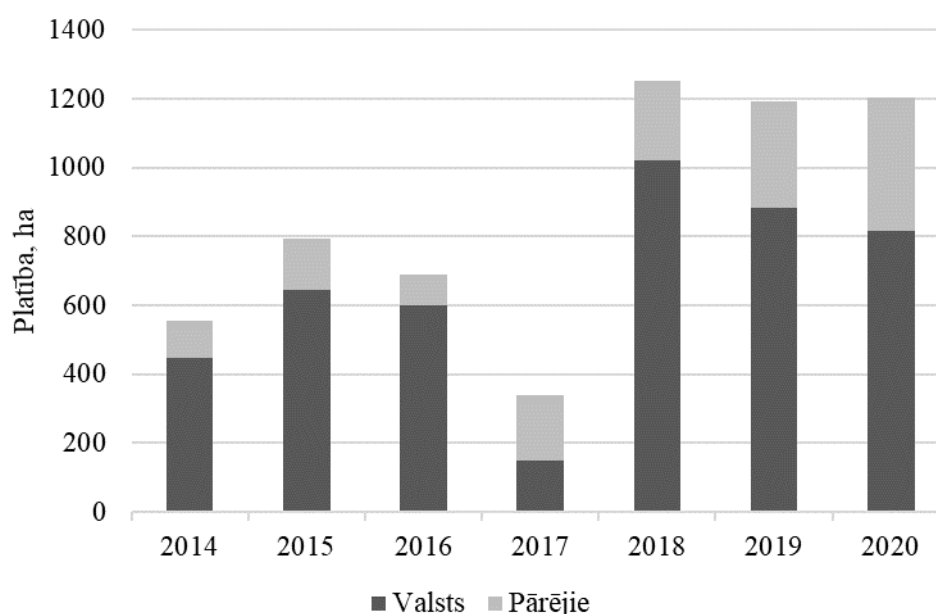
Ekosistēmu stāvokli ietekmējošo faktoru (slodžu) grupas un vērtējumam potenciālie izmantojamie indikatori meža ekosistēmās

Nr. p.k.	Ietekmējošo faktoru (slodžu) grupa	Indikators	Mērvienība	Potenciālais datu avots Latvijā
1.	Dzīvotņu pārveidošana un degradēšana (zemes izmantošanas veida maiņa)	Atmežotās platības un tās īpatsvara izmaiņas	% no platības gadā	LVM datu bāze, Meža valsts reģistrs
2.	Invazīvo sugu ieviešanās	Invazīvo augu sugu skaits un izplatības ceļi	sugu skaits	Pētījumi/monitorings
3.	Piesārņojums un bagātināšanās ar barības vielām	Slāpekļa izsēšanās	kg/ha gadā	ICP Forests dati
4.	Pārmērīga izmantošana	Izcirstās koksnes un koksnes pieauguma attiecība	indekss	LVM, MSI dati
5.	Klimata pārmaiņas	Gaisa temperatūras izmaiņas	°C gadā	LVĢMC un lokālās monitoringa stacijas
6.		Nokrišņu daudzuma un sadalījuma izmaiņas	mm gadā	LVĢMC un lokālās monitoringa stacijas
7.	Vētras	Vēja bojājumu risks	Vēja bojājumu klase	pētījumi
8.	Meža ugunsgrēki	Meža ugunsgrēku skaits	gab. gadā	VMD dati

Nr. p.k.	Ietekmējošo faktoru (slodžu) grupa	Indikators	Mērvienība	Potenciālais datu avots Latvijā
9.		Izdegusi platība	ha gadā	VMD dati
10.	Kaitēkļi	Kaitēkļu blīvums	skaitis/m ²	Meža kaitēkļu un slimību monitorings
11.	Slimības	Slimību klātbūtne	Slimību skartās platības, ha	Meža kaitēkļu un slimību monitorings

Tālāk iepriekš uzskaitītās slodzes īsi raksturotas Latvijas kontekstā.

Atmežotās platības izmaiņas. Atmežošana Latvijā visbiežāk tiek veikta dažādu infrastruktūras objektu izbūves nolūkā. Informācija par atmežoto platību iegūstama no Valsts meža dienesta (VMD) datiem (1.2. attēls). Aplūkotajā periodā (no 2014. līdz 2020.gadam) ikgadējā atmežotā platība meža zemēs svārstās no 339 līdz 1254 hektāriem.



1.2. attēls. Atmežotā platība Latvijā valsts un pārējos mežos laika posmā no 2014. līdz 2020.gadam (Datu avots: VMD)

1.2. tabula

Atmežotā platība % no kopējās meža zemju platības (Datu avots: VMD)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valsts meži	0,03	0,04	n.d.	0,01	0,06	0,05	0,05
Pārējie meži	0,01	0,01	n.d.	0,01	0,01	0,02	0,02

Invazīvo augu sugu skaits un izplatības celi. 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 saucamā “Melnā saraksta”) un 20 sugām – monitorings (“Pelēkais

saraksts”). Latvijā šīs sugas pārsvarā sastopamas antropogēnās vietās, mežos un neapstrādātās zemēs (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020). Saskaņā ar NOBANIS (*North European and Baltic Network on Invasive Alien Species 2021*) datiem, mazāks augu sugu skaits (370) tiek uzskatīts par svešzemju sugām Latvijai. No tām 29 sugas Latvijā tiek uzskatītas par invazīvām un 12 – par potenciāli invazīvām sugām.

Vairāk nekā 1/3 daļa no sugām, kas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020), saistītas ar meža ekosistēmām. Dažādu tipu mežos Latvijā ir sastopamas **deviņas augu sugas**, kas iekļautas “Melnajā sarakstā” un kurām ir nepieciešams prioritārs monitorings. Jāmin tādas sugas kā *Acer negundo*, kas veido vairākus simtus kvadrātmetru lielas audzes, un šīs sugas krūmāji ir raksturīgi urbāno mežu sākumstadijai (Laiviņš, Čekstere 2014). Augu sugas *Lupinus polyphyllus* izplatīšanās saistīta ar ceļmalām un mežmalām (Priede 2009). Neofītas augu sabiedrības veido arī *Sorbaria sorbifolia*, kas visbiežāk aug parkos un apstādījumos, ceļmalās, pamestos dārzos un mājās, kā arī kapsētās un to tuvumā. Tomēr arvien turpina pieaugt šīs sugas sastopamība skuju koku un platlapju mežos (Laiviņš 2008). Viena no plašāk izplatītākajām un agresīvākajām invazīvajām sugām Eiropā ir *Solidago canadensis*. Tās izplatību Latvijā veicina zālāju ruderalizācija un ilgstoša zemju neapsaimniekošana, tādēļ mūsdienās valsts teritorijā tā visbiežāk sastopama atmatās, gar ceļu un dzelzceļu malās, nezālienēs, kā arī mežos un mežmalās (Priede 2009). Savukārt *Impatiens parviflora* ir kļuvusi par stabilu sugu Latvijas mežu ekosistēmās, kur nereti veido dominantas audzes. Suga ir izplatījusies gandrīz visā Eiropā, izņemot Vidusjūras reģionu (Priede 2008). Gaišās mežmalās gar ceļiem un eitroficētos piepilsētās mežos sastopama svešzemju suga *Cotoneaster lucidus* (Priede 2009). Mežos var būt sastopama augu suga *Solidago gigantea* (Priede 2009). Svarīgi atzīmēt vēl divas augu sugas, proti, *Amelanchier spicata*, kura ir raksturīga suga tieši meža ceļu tuvumā, jo gar ceļiem ir ne tikai eitrofikācijai pakļauta zemsedze, bet šādās mežmalās ir arī piemēroti gaismas apstākļi (Priede 2009). Otra - *Sambucus racemosa*, kas raksturota kā bieži sastopama krūmu suga (Gavrilova 2007), un tās pieaugošā izplatība ir saistāma ar pēdējos gados aktīvi veidojošos krūmu stāvu pilsētu un piepilsētu mežos (Baturoviča 2011). Vienīgā augu suga – *Heracleum sosnowsky*, kas iekļauta oficiālajā invazīvo sugu sarakstā (MK noteikumi Nr. 468, 2008), ir bieži sastopama visā Latvijas teritorijā, un arī plaši izplatīta meža ainavā.

Transports, lauksaimniecība, dārzkopība un ainavu veidošana ir uzskatīti par galvenajiem invazīvo svešzemju augu sugu introducēšanas ceļiem Latvijā (NOBANIS 2021). Analizējot literatūru par sugām, kuras prioritāri monitorējamas un, saistītas ar meža ekosistēmām, izdalīti galvenie introdukcijas ceļi un ieviešanās veidi pēc Gerra-Inohosa et al. (2021), kas uzskaitīt 1.3. tabulā.

1.3. tabula

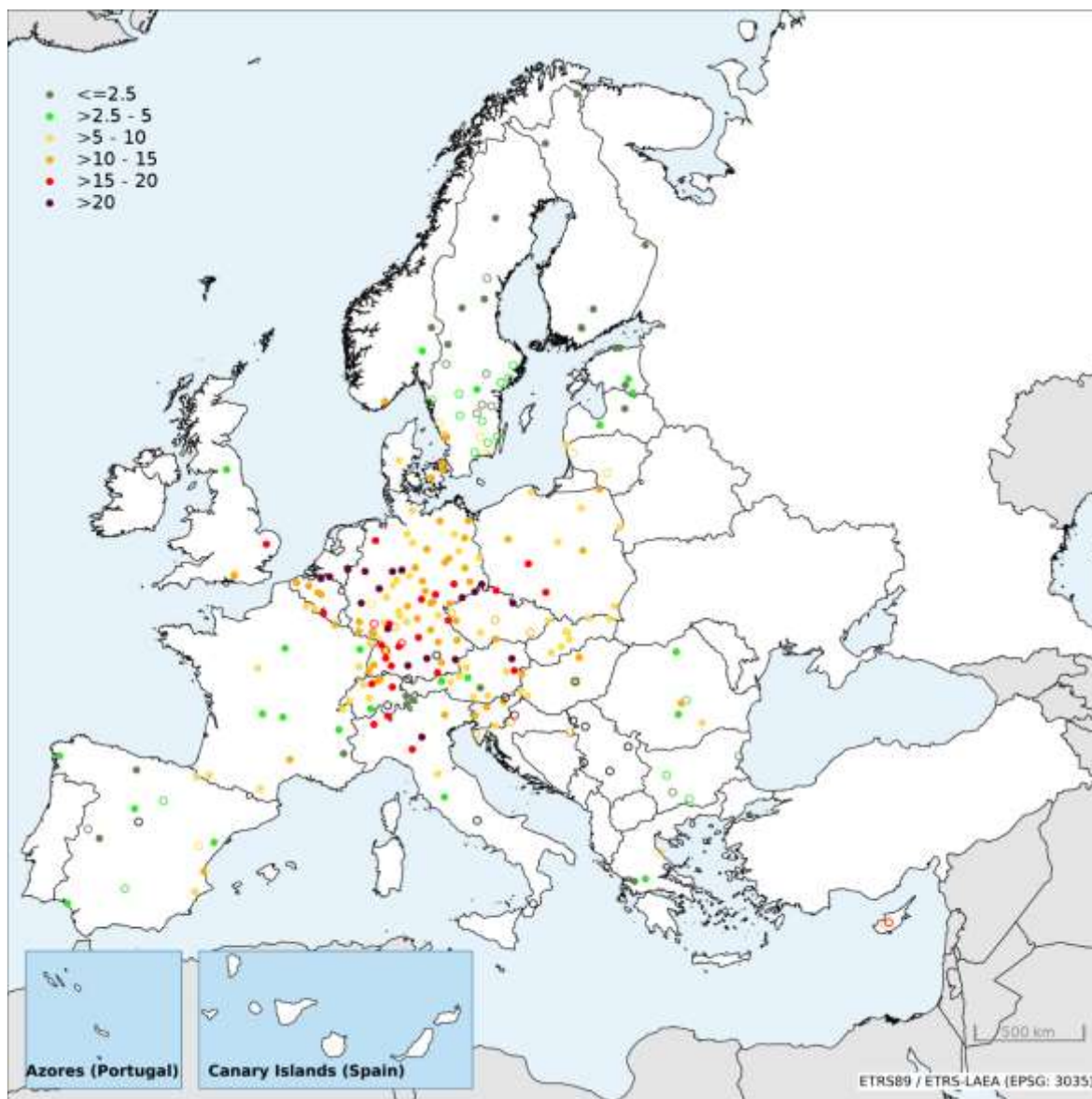
Potenciāli invazīvo mežam raksturīgo svešzemju sugu iespējamie introdukcijas ceļi

Augu suga	Introdukcijas ceļi	Augu suga	Introdukcijas ceļi
<i>Acer negundo</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana	<i>Sambucus racemosa</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana
<i>Amelanchier spicata</i>	Lauksaimniecība, Dārzkopība, Ainavu veidošana	<i>Solidago canadensis</i>	Augsnes piesārņotājs, Dārzkopība, Transports
<i>Cotoneaster lucidus</i>	Dārzkopība, Ainavu veidošana	<i>Solidago gigantea</i>	Augsnes piesārņotājs, Dārzkopība, Transports
<i>Impatiens parviflora</i>	Izbēgšana,	<i>Sorbaria sorbifolia</i>	Dārzkopība,

Augu suga	Introdukcijas ceļi	Augu suga	Introdukcijas ceļi
	Transports		Ainavu veidošana
<i>Lupinus polyphyllus</i>	Lauksaimniecība, Dārzkopība, Ainavu veidošana, Augsnes piesārņotājs, Transports	<i>Heraclium sosnowskyi</i>	Lauksaimniecība, Sekundārā introdukcija, Dārzkopība, Transports, Augsnes piesārņotājs

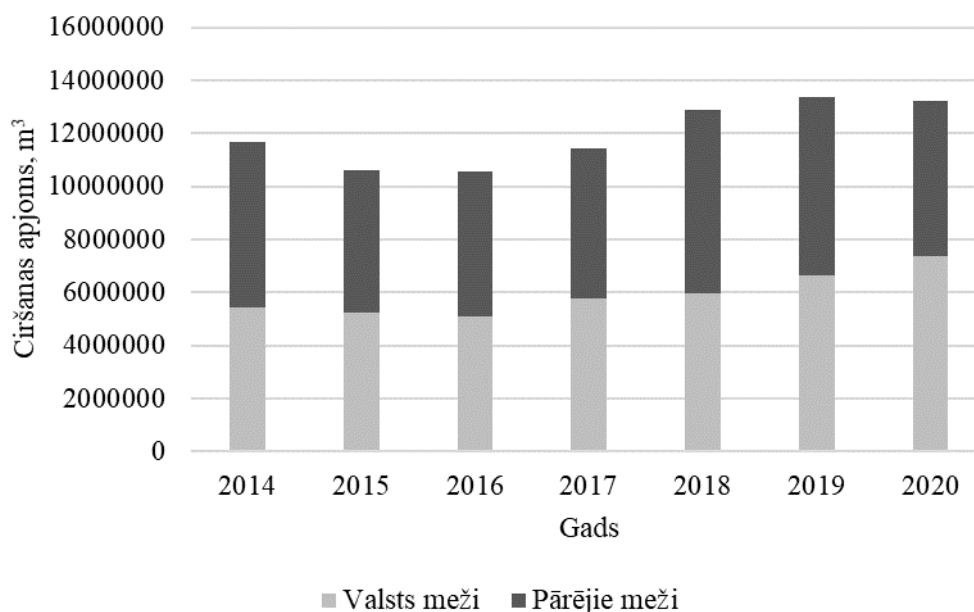
Eitrofikācija un piesārņojums. Nozīmīgākais sauszemes ekosistēmu eitrofikāciju ietekmējošais elements ir slāpekļis, tādēļ tieši slāpekļa izsēšanās tiek izmantota eitrofikācijas risku raksturošanai. Barības vielu pieejamība ir viens no būtiskākajiem ekosistēmu produktivitāti un sugu sastāvu ietekmējošajiem faktoriem, un tieši slāpekļis ir limitējošais faktors daudzās dabiskās un daļēji dabiskās ekosistēmās, tajā skaitā mežos. Oligotrofu un mezotrofu dzīvotņu sugas ir piemērojušās mazam barības vielu daudzumam un spēj veiksmīgi izdzīvot platībās, kur slāpekļa saturs augsnē ir zems. Palielināta slāpekļa izsēšanās izmaina gan veģetācijas, gan no šīs veģetācijas atkarīgās faunas struktūru.

ICP Forests II līmeņa monitoringa ietvaros visā Eiropā, tajā skaitā Latvijā, tiek mērīta slāpekļa izsēšanās meža ekosistēmās zem koku vainagiem. Monitoringa 2018. gada dati liecina, ka Latvijā neorganiskā slāpekļa depozīcijas apjoms mežaudzēs svārstās no mazāk par 2.5 līdz 5-10 kg uz vienu ha gadā (1.3. attēls).



1.3. attēls. Neorganiskā slāpekļa (nitrātu N un amonija N summa) depozicija mežaudzēs zem koku vaināgiem Eiropā, $\text{kg ha}^{-1} \text{N}$ gadā (Avots: Michel et al. (Eds), 2020)

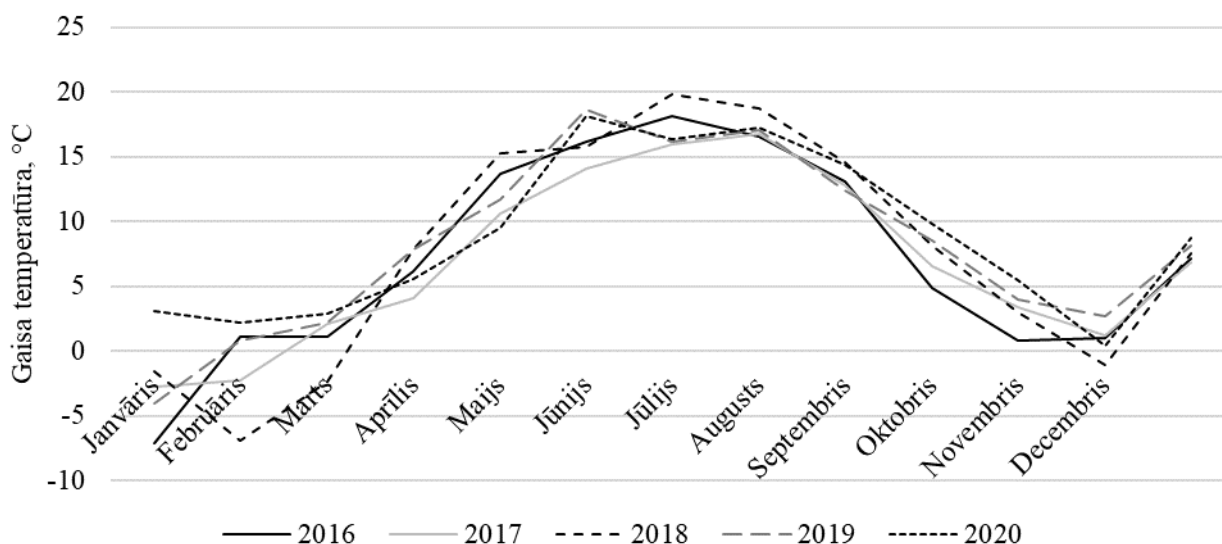
Ciršanas apjoms un nocirstās koksnes un koksnes pieauguma attiecība. Statistiku par nocirstās koksnes apjomu valstī apkopo gan Nacionālais meža monitorings, gan Valsts meža dienests. Atbilstoši VDM datiem, pēdējos trijos gados ciršanas apjoms valstī ir palielinājies un 2019. gadā tas bijis augstākais kopš 2014. gada – 13,3 miljoni m^3 (1.4. attēls).



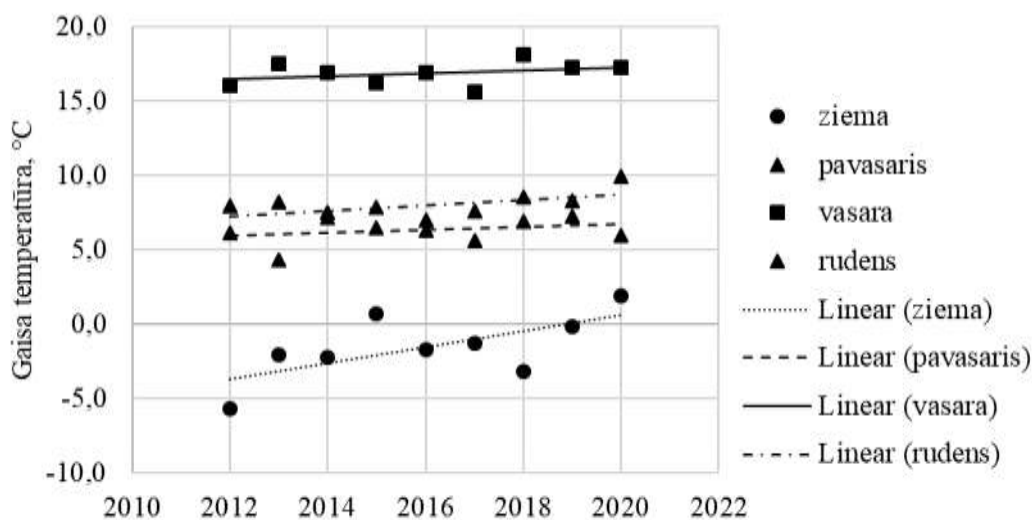
1.4. attēls. Ciršanas apjoms Latvijā no 2014. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

Tajā pašā laikā atbilstoši Nacionālā meža monitoringa datiem, ikgadējais koksnes pieaugums ir 26,8 miljoni m³. Katru gadu vidēji tiek nocirsti 39% no ikgadējā pieauguma apjoma (izmantojot 2016.-2020.g. VMD datus par nocirstās koksnes apjomu valstī un MSI datus par koksnes pieaugumu). Attiecīgā slodze Latvijas līmenī nav uzskatāma par būtisku.

Gaisa temperatūras izmaiņas. Saskaņā ar ilglaicīgo meteoroloģisko novērojumu datiem, vidējā gaisa temperatūra Latvijā vienmērīgi paaugstinās. Atbilstoši Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (LVĢMC) sniegtajai informācijai, vidējās gaisa temperatūras klimatiskā standarta norma (1981.-2010. gads) ir par 1.1 °C augstāka nekā klimatiskās referenču perioda (1961.-1990. gads) gada vidējā gaisa temperatūra. Arī pēdējo piecu gadu dati liecina par gaisa temperatūras paaugstināšanos visos četros gadalaikos (1.5., 1.6. attēls).



1.5. attēls. Vidējā gaisa temperatūra pa mēnešiem laika posmā no 2016. līdz 2020.gadam (Datu avots: LVĢMC)



1.6. attēls. Vidējā gaisa temperatūra pa gadalaikiem laika posmē no 2012. līdz 2020.gadam (Datu avots: LVĢMC)

Nokrišņu daudzuma un sadalījuma izmaiņas. Klimata pārmaiņu ietekmē ir mainījies nokrišņu daudzums un sadalījums. LVĢMC sniegtā informācija liecina, ka gada nokrišņu daudzuma klimatiskā standarta norma (1991.-2020. gads) ir par 18,9 mm lielāka nekā klimatiskās references perioda (1961.-1990. gads) gada nokrišņu daudzuma norma.

Vēja bojājumu draudi. Vēja bojājumu draudu risku nosaka vēja ātrums, augstums un topogrāfija, aspekts, kā arī augsnes raksturojums un mežaudzes parametri. Ņemot vērā šos rādītājus, Latvijā ir izstrādāts prognožu modelis vēja bojājumu riska prognozēšanai (Jansons un citi, 2013, 2014). Atbilstoši aprēķiniem, lielākais vēja bojājumu risks mežā ir Ziemeļkurzemē un Dienvidkurzemē (1.4. tabula).

1.4. tabula

Vējgāžu bojājuma draudu klases (ietverot augsnes tipa ietekmes vērtējumu) pa LVM reģioniem (Avots: Jansons, 2013)

LVM reģions	AV	DK	DL	RV	VD	Z	ZK	ZL	Vidēji
Draudu klase vidēji reģionā	10,5	14,0	10,7	10,7	10,7	11,8	12,9	10,7	11,4

Vējgāzes un snieglauzes Latvijā ietekmē vislielākās platības. Pēdējo astoņu gadu laikā šo bojājumu ik gadus skartā mežaudžu platība svārstījies no 357 līdz 953 ha (1.5. tabula).

1.5. tabula

Vējgāžu un snieglieču nopostītā mežu platība no 2013. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

	2013.g.	2014.g.	2015.g.	2016.g.	2017.g.	2018.g.	2019.g.	2020.g.
Vēja nopostītā platība, ha	711,5	725,7	558,5	608,6	603,3	357	594,4	953,0

Meža ugunsgrēku draudi. Meža ugunsgrēka izcelšanās varbūtība ir atkarīga no ugunsbīstamības, ko nosaka sekojoši faktori: augsne un reljefs konkrētajā vietā, kokaudzes parametri, meteoroloģiskie apstākļi, kā arī iepriekš minēto faktoru mijiedarbība (Jansons un citi, 2015).

Klimata pārmaiņu prognozes liecina, ka nākotnē ugunsgrēku ietekmētā platība Eiropā palielināsies (Seidl et al. 2014).

Latvijā galvenais meža ugunsgrēku cēlonis ir apzināta vai neapzināta cilvēka rīcība. Pēdējos astoņos gados ikgadējais meža ugunsgrēku skaits svārstījies no 422 ugunsgrēkiem līdz 1110 ugunsgrēkiem, bet kopējā ik gadus izdegusī platība – no 217 līdz 2864 ha (1.6. tabula).

1.6. tabula

Ugunsgrēku skaits un platība meža zemēs no 2013. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

	2013.g.	2014.g.	2015.g.	2016.g.	2017.g.	2018.g.	2019.g.	2020.g.
Ugunsgrēku skaits	422	698	704	641	423	972	1110	581
Ugunsgrēku platība, ha	216,84	591,19	539,884	466,53	265,14	2863,90	821,67	309,03

Kaitēkļu bojājumu draudi. Sistemātiska informācija par meža kaitēkļiem un to radītajiem draudiem meža ekosistēmām iegūstama no Nacionālā meža monitoringa datiem. Meža kaitēkļu monitoringa šīs monitoringa programmas ietvaros uzsākts 2014. gadā, un iekļauj vairākas apakšprogrammas, jo atšķirīgu kaitēkļu sugu uzskaitē ir piemērotas atšķirīgas monitoringa metodes. Viena no apakšprogrammām ir zemsedzes kontrole, kurā konstatējamās sekojošas kaitēkļu sugas: priežu parastā zāglapsene (*Diprion pini*), priežu sprīžotājs (*Bupalus piniarius*), priežu stūrspārnis (*Semithisa liturata*), priežu sfings (*Hyloicus pinastri*), priežu pūcīte (*Panolis flammea*), priežu iedzeltenā zāglapsene (*Gilpinia pallida*). Laika posmā no 2014. gada līdz 2020. gadam iepriekšminēto kaitēkļu savairošanās risks uzskatāms par nenozīmīgu (1.7. tabula).

1.7. tabula

Kaitēkļu savairošanās risks atbilstoši zemsedzes monitoringa rezultātiem laika periodā no 2014. līdz 2020. gadam (1 – nenozīmīgs risks, 2- vidējs risks, 3 – nozīmīgs risks) (Šmits, 2014-2020)

Suga	Risks (slodze)					
	2014.g.	2015.g.	2016.g.	2018.g.	2019.g.	2020.g.
priežu parastā zāglapsene (<i>Diprion pini</i>)	1	1	1	1	1	1
priežu sprīžotājs (<i>Bupalus piniarius</i>)	1	1	1	1	1	1
Priežu stūrspārnis (<i>Semithisa liturata</i>)	1	1	1	1	1	1
priežu sfings (<i>Hyloicus pinastri</i>)	1	1	1	1	1	1
Priežu pūcīte (<i>Panolis flammea</i>)	1	1	1	1	1	1
Priežu iedzeltenā zāglapsene (<i>Gilpinia pallida</i>)	1	1	1	1	1	1

Bīstamākā Latvijas meža kaitēkļa egļu astoņzobu mizgrauža (*Ips typographus*) populāciju dinamika tiek novērtēta, izmantojot feromonu slazdus. Ar feromonu slazdu metodi tiek sekots arī egļu mūķenes (*Lymantria monacha*) un ozolu mūķenes (*Lymantria dispar*) populāciju dinamikai (Šmits, 2014). Ozolu mūķenes radītais risks monitoringa periodā uzskatāms par nenozīmīgu, egļu mūķenes radītais risks svārstās robežās no nenozīmīga līdz vidējam, bet egļu astoņzobu mizgrauža radītais risks svārstās no nenozīmīga monitoringa perioda pašā sākumā līdz nozīmīgam monitoringa perioda beigās (1.8. tabula).

**Kaitēkļu savairošanās risks atbilstoši uzskatēm ar feromonu slazdiem laika periodā no 2014. līdz 2020. gadam (1 – nenozīmīgs risks, 2- vidējs risks, 3 – nozīmīgs risks)
(Šmits, 2014-2020)**

Suga	Risks (slodze)					
	2014.g.	2015.g.	2016.g.	2018.g.	2019.g.	2020.g.
<i>Ips typographus</i>	1	2	2	2	2/3	2/3
<i>Lymantria monacha</i>	2	2	2	1	1/2	1/2
<i>Lymantira dispar</i>	1	1	1	1	1	1

Koku slimības. Lielākā daļa koku slimību mežā ir sēņu ierosinātas. Pie nozīmīgākajām koku slimībām Latvijā pieskaitāma sakņu trupe (ierosinātāji *Heterobasidion annosum s.l.*, *Armillaria spp.*), sveķu vēzis (ierosinātājs *Peridermium pini*), skujbire (ierosinātājs *Lophodermium spp.*), ošu slimība (ierosinātājs *Hymenoscyphus fraxinea*), gobu Holandes slimība (ierosinātājs *Ophiostoma ulmi*), ozolu vadaudu mikoze (ierosinātājs *Ophiostoma roboris*), alkšņu slimība (ierosinātājs *Phytophthora alni*) kā arī baktēriju, visbiežāk *Gibbsiella quercinecans* un *Brenneria goodwinii*, izraisītā akūtā ozolu kalšana (Valsts meža dienests, 2018). Slimības parasti apdraud citu vides faktoru jau iepriekš novājinātus kokus. Latvijā vislielākās meža platības cieš no sakņu trupes.

Informācija par koku slimību sastopamību (reģionālā griezumā) iegūstama no Nacionālā meža monitoringa datiem, bet informācija par slimību skartajām meža platībām iegūstama no Valsts meža dienesta datiem. Laika periodā no 2013. līdz 2020. gadam ik gadus slimību dēļ bojāgājušā meža platība svārstījies no 47 līdz 187 ha (1.9. tabula).

Slimību nopostītā mežu platība no 2013. līdz 2020. gadam (Datu avots: VMD)

	2013.g.	2014.g.	2015.g.	2016.g.	2017.g.	2018.g.	2019.g.	2020.g.
Slimību nopostītās platības, ha	46,5	59,2	187,0	108,2	62,5	77	52,5	79,2

1.1.2. Meža ekosistēmu stāvoklis

Atbilstoši ANO tehniskajām rekomendācijām (2019), ekosistēmu stāvokli definē kā vispārējo ekosistēmu kvalitāti visās to raksturojošo rādītāju izpausmēs. Ekosistēmas stāvoklim ir jābūt tādām, kas nodrošina tās integritāti – ekosistēmas spēju ilgstoši saglabāt tai raksturīgo struktūru, funkcijas un pašorganizēšanos dabiskās variācijas robežās (Pimentel and Edwards 2000). Ekosistēmas ar augstu integritāti ir spējīgas labāk atgūties pēc traucējumiem un pielāgoties vides pārmaiņām (Holling 1973). Precizējot, ekosistēmas stāvoklis ir ekosistēmas kvalitāte, ko nosaka tās abiotiskie, biotiskie un ainavas raksturlielumi konkrētā laika brīdī (Vysna et al. 2021). Abiotiskie rādītāji sīkāk iedalāmi fizikālajos un ķīmiskajos, savukārt biotisko rādītāju grupā ietilpst sugu sastāvu, struktūras un funkcijas raksturojošie rādītāji (1.10. tabula).

ES28 ekosistēmu stāvokļa novērtējumā izmantotie rādītāji

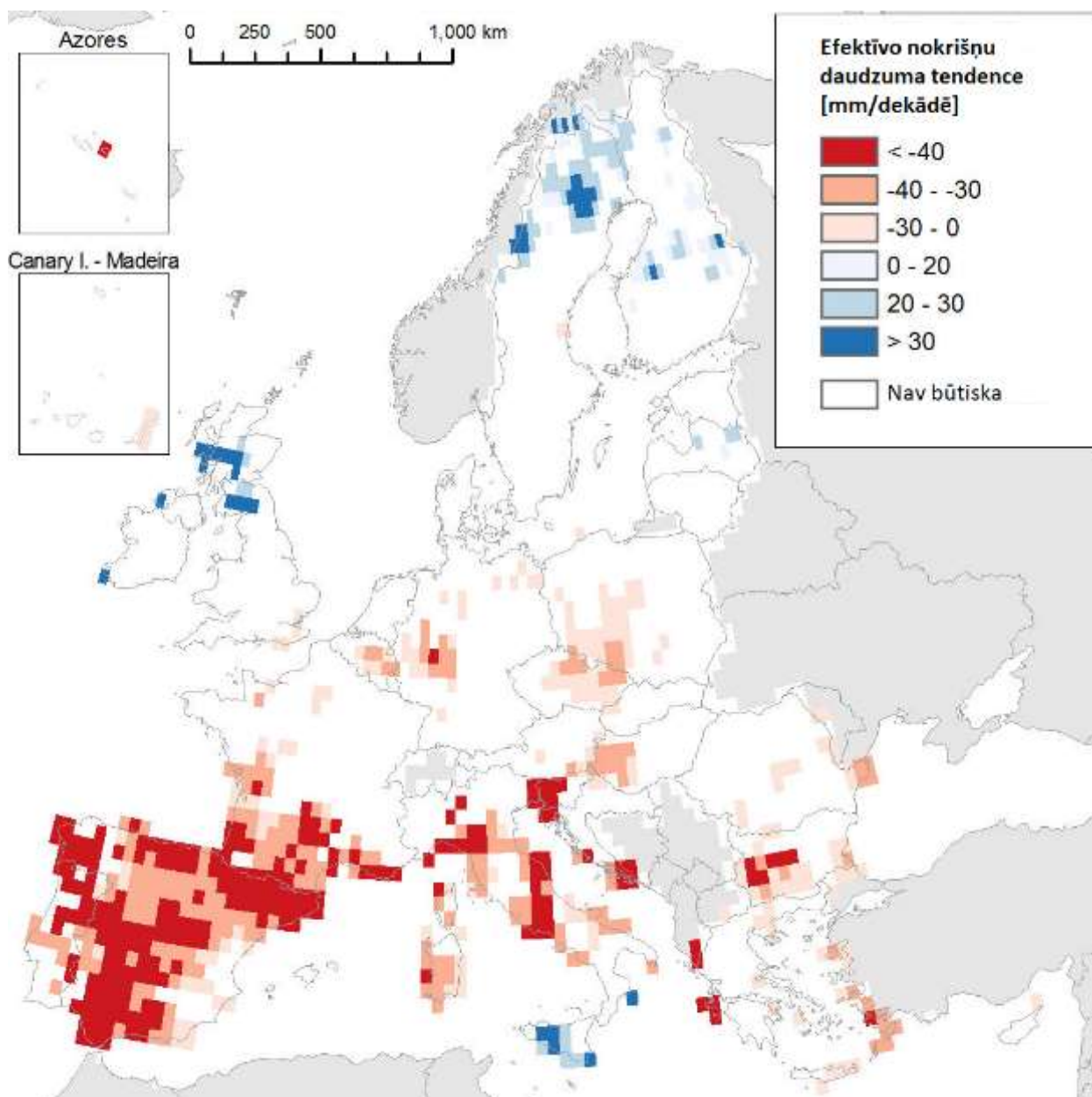
Rādītāju grupa	Rādītāju klase	Rādītāja definīcija	Mērvienība	Ticamības līmenis
Abiotiskie	Fizikālie	Augsnes mitrums	%	vidējs
	Ķīmiskie	Efektīvais nokrišņu daudzums	mm gadā	augsts
		Eitrofikācijas kritisko slodžu pārsniegums	ekvivalents uz ha gadā	vidējs
		Troposfēras ozona koncentrācija	ppb stundā	augsts
Biotiskie	Sugu sastāvs	Meža putnu indekss	indekss	vidējs
	Struktūras	Koksnes krāja	m ³ ha ⁻¹	vidējs
		Atmirusī koksne	t uz ha	vidējs
		Defoliācija	%	augsts
	Funkcijas	Evapotranspirācija	mm gadā	augsts
		Ekosistēmas produktivitāte	t ha ⁻¹ gadā	augsts
Ainavas raksturlielumi		Meža platība	%	augsts

Turpmāk īsi raksturoti minētie ekosistēmu stāvokļa indeksi.

Augsnes mitruma indekss ir aprēķināms, izmantojot tālīzpētes datus par augšņu virsmas temperatūru konkrētā NDVI indeksa (*Normalized Difference Vegetation Index* – normalizēts atšķirīgās veģetācijas indekss¹) klasē. NDVI raksturo auga attīstību atkarībā no tā, kā tas atstaro dažādus gaismas viļņus. Veselīgs un labi attīstījies augs absorbē sarkano gaismu un atstaro tuvu infrasarkanā gaismu, taču, ja augs ir novājināts un slikti attīstījies, notiek pretējais. NDVI mēra atšķirību starp tuvu infrasarkanā un sarkano gaismu.

Efektīvais nokrišņu daudzums ir lietderīgi izmantojamais ūdens daudzums, kas tiek aprēķināts kā kopējā nokrišņu daudzuma un potenciālās evapotranspirācijas starpība. Informācija par nokrišņu daudzumu iegūstama gan no LVĢMC ievāktās informācijas, gan, specifisku pētījumu gadījumā, no lokāli izvietotām meteoroloģiskajām stacijām. Informācija par potenciālo evapotranspirāciju iegūstama, piemēram, no Klimatiskās Izpētes Vienības (*Climate Research Unit*) datu kopām (Harris et al. 2020). Šīs datu kopas izmantotas arī Eiropas līmeņa ekosistēmu stāvokļa izvērtējumā. Atbilstoši Maes et al. (2020) veiktajiem aprēķiniem, Latvijā reģionāli novērojama neliela efektīvo nokrišņu daudzuma palielināšanās tendence (1.7. attēls).

¹ NDVI raksturo auga attīstību atkarībā no tā, kā tas atstaro dažādus gaismas viļņus. Veselīgs un labi attīstījies augs absorbē sarkano gaismu un atstaro tuvu infrasarkanā gaismu, taču, ja augs ir novājināts un slikti attīstījies, notiek pretējais. NDVI mēra atšķirību starp tuvu infrasarkanā un sarkano gaismu.

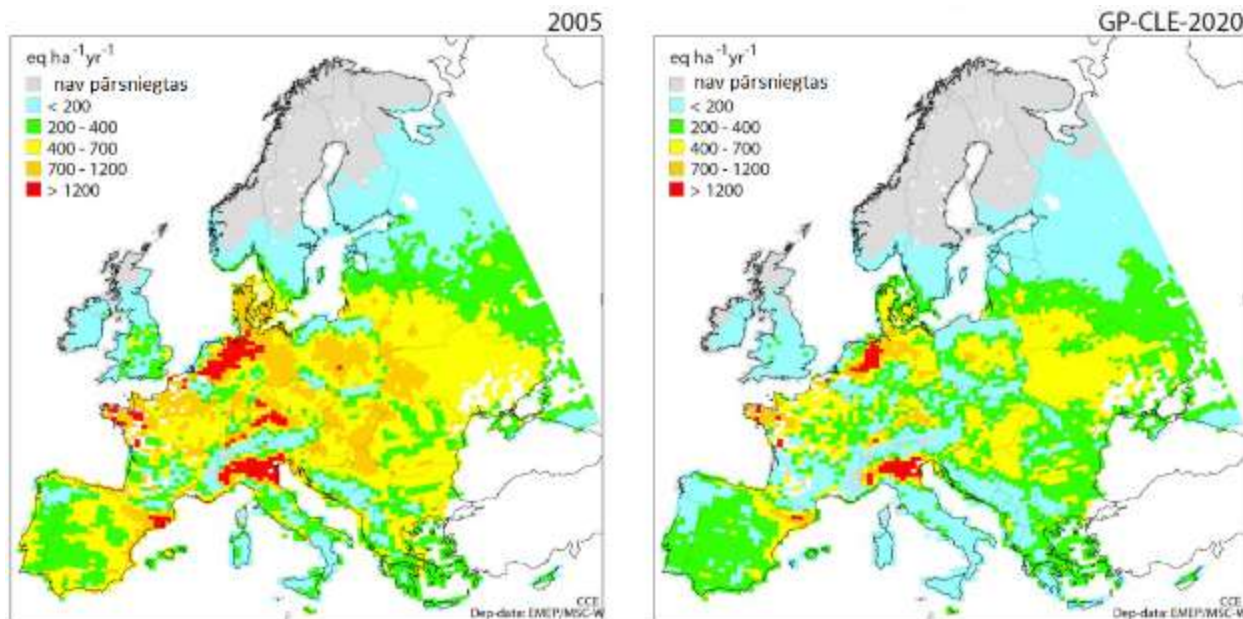


1.7. attēls. Efektīvā nokrišņu daudzuma izmaiņas Eiropā (mm dekādē) atbilstoši GLEAM modeļa datiem (Dati: Maes et al. 2020)

Eitrofikācijas kritisko slodžu pārsniegums. Kritiskā slodze tiek definēta kā vienas vai vairāku piesārņojošo vielu kvantitatīvs ekspozīcijas novērtējums, kuru nepārsniedzot saskaņā ar esošajām zināšanām netiek kaitīgi ietekmēti jutīgi vides elementi (Nilsson and Grennfelt, 1988). Kritisko slodžu pārsniegšana, ko izraisa pašreiz notiekoša vai nākotnē prognozēta slāpekļa izsēšanās, indicē riskus bioloģiskajai daudzveidībai un citiem ekosistēmas normālu funkcionēšanu nodrošinošiem elementiem. Pārlietu liels slāpekļa saturs augsnē arī palielina šī elementa izskalošanās riskus un var novest pie ūdensobjektu eitrofikācijas.

Kritiskās slodzes iespējams gan aprēķināt atšķirīgām teritorijām, gan arī novērtēt, izmantojot empīriskos sliekšņus, kas parasti svārstās no 10-25 kg uz vienu ha gadā (Bobbink and Hettelingh 2011).

Modelēšanas dati liecina, ka Latvijā N kritisko slodžu pārsniegšanas radītais risks nepārsniedz vidēju, un tam ir tendence samazināties (1.8. attēls). Šī slodze uz meža ekosistēmām nav pārāk liela, taču tajā pašā laikā jāņem vērā klimata pārmaiņu potenciāli negatīvā ietekme un, īstenojot mežsaimniecību, jāplāno arī barības vielu noplūdi ierobežojoši pasākumi.



1.8. attēls. Modelētā N eitifikācijas riskam pakļautā platība 2005. un 2020. gadā (Avots: Hettelingh et al. 2017)

Troposfēras ozons (jeb piezemes ozons) ir galvenokārt atmosfēras piesārņojuma (t.sk., vielu, kas gaisā nokļūst no automašīnu izplūdes gāzēm) un saules starojuma mijiedarbības izraisīta ozona molekulu augsta koncentrācija 0 līdz 5 km augstumā. Tas ir toksisks, veicina globālo sasilšanu, samazina graudaugu un dārzeņu ražas, kā arī mežu augšanas tempus. Troposfēras ozons var izraisīt un saasināt arī dažādas plaušu slimības cilvēkiem. Ozona kaitīgā ietekme parasti izpaužas tad, ja ozona molekulu koncentrācija pārsniedz 1 līdz 2 ozona molekulas uz 1 000 000 gaisa molekulām (LVĢMC, 2005).

MK noteikumos Nr. 1290 dotais mērķlielums veģetācijas aizsardzībai ir 18 000 $\mu\text{g m}^{-3}$ stundā vidēji piecu gadu periodā (LR Ministru Kabinets, 2009). Pārrēķinot uz ppb, tas būtu 9.2 ppb stundā (1 ppb = 1.9957 $\mu\text{g m}^{-3}$). Mērķlielums cilvēka veselības aizsardzībai ir 120 $\mu\text{g m}^{-1}$, ko nav pieļaujams pārsniegt vairāk kā 25 dienas kalendāra gadā vidēji triju gadu periodā.

Atbilstoši LVĢMC veiktajiem novērojumiem, laika periodā kopš 2016. gada ozona koncentrācija Latvijā ne reizi nav pārsniegusi mērķlielumu veģetācijas aizsardzībai (LVĢMC, 2021).

Meža putnu indekss ir komplekss rādītājs, kas raksturo meža ekosistēmām raksturīgo putnu sugu populāciju izmaiņu tendences. Sugu izvēle “balstās uz sugu klasifikāciju, izvēloties sugas, kas klasificētas kā attiecīgās ekosistēmas speciālisti. Tas, vai suga klasificēsies kā ekosistēmas speciālists, ir atkarīgs ne tikai no pašas ekosistēmas, bet arī no mēroga un teritorijas, kurai indikators tiek veidots. Daudzas sugas, kas atzītas par ekosistēmas (piemēram, lauksaimniecības zemju) speciālistiem visas Eiropas mērogā, nav par tādām uzskatāmas bioģeogrāfiskā reģiona vai valsts mērogā un otrādi. Tādēļ katrai ekosistēmai var eksistēt vairāki sugu saraksti. Sākotnēji sugu klasifikācija bija balstīta uz ekspertu viedokli, bet vēlāk sugu klasifikācija tika standartizēta, kā kritēriju izmantojot sugas reģionālās populācijas proporciju, kas attiecīgo ekosistēmu izmanto, lai ligzdotu vai barotos. Kā robežšķirtne izmantoti 75%: ja vairāk nekā 75% no sugas populācijas apdzīvo kādu ekosistēmu, tā uzskatāma par šīs ekosistēmas speciālistu.” (Auniņš un Mārdega, 2020)

Boreālā reģiona meža putnu indeksā Latvijai iekļautas sekojošas putnu sugas: vistu vanags, zvirbuļvanags, mežirbe, pelēkā dzilna, melnā dzilna, vidējais dzenis, mazais dzenis, baltmugurdzenis, sila strazds, svirlītis, zeltgalvītis, mazais mušķērājs, melnais mušķērājs, garasfīte, puva zīlīte, pelēkā zīlīte, cekulzīlīte, meža zīlīte, mizložņa, riekstrozis, egļu krustknābis, svilpis, dižknābis.

Atbilstoši aktuālajiem dienas putnu monitoringa rezultātiem, meža putnu indekss ir palielinājies, tam laika periodā no 2005. līdz 2019. gadam reģistrēts kāpums, un izmaiņu tendences šajā periodā raksturojamas kā stabilas (Auniņš un Mārdega, 2020).

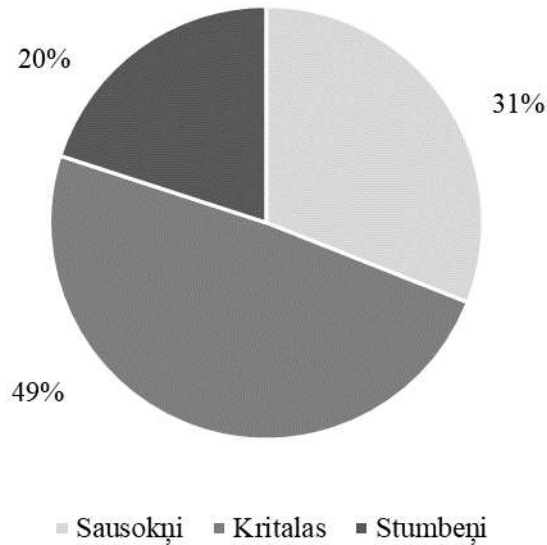
Kompleksie bioloģiskās daudzveidības indikatori, tajā skaitā meža putnu indekss, ir matemātiski precīzi un informatīvi rādītāji izmaiņu raksturošanai, ja vien uzskaišu maršruti dabā ir izvietoti reprezentatīvi un pašas uzskaites tiek veiktas regulāri. Ņemot vērā Latvijas mežainuma īpatnības un meža platību reģionālo izvietojumu, diemžēl nevar piekrist monitoringa veicēju apgalvojumam, ka esošais maršrutu teritoriālais pārklājums nerada nozīmīgas problēmas sugu populāciju novērtēšanā. Grūti pamatot, kā iespējams iegūt valsts mērogā reprezentatīvu informāciju par meža putnu populāciju izmaiņām, ja vairākos no mežainākajiem Latvijas reģioniem, jo sevišķi Kurzemē, uzskaites maršrutu nav vispār, turklāt lielākajā daļā monitoringa maršrutu netiek veikts pilns uzskaišu komplekts, un lielā daļā maršrutu uzskaites netiek atkārtotas katru gadu. Lai rādītājs būtu pilnvērtīgi izmantojams izmaiņu novērtēšanai, dati ir jāievāc regulāri, un šāda veida datu ievākšanai būtu jābūt sistemātiska valsts līmeņa monitoringa sastāvdaļai.

Koksnes krāja, kas uzkrāta dzīvajos kokos, ir nozīmīgs rādītājs, kas raksturo gan meža produktivitāti, gan vitalitāti. No šī rādītāja tālāk ir atkarīga virkne ekosistēmu pakalpojumu visās EP kategorijās.

Statistikas vajadzībām informācija par kokaudžu krāju Latvijā iegūstama no Nacionālā meža monitoringa, kura ietvaros kopš 2004. gada vairāk nekā 16 000 parauglaukumos visā Latvijā tiek veikti mērījumi meža resursu novērtēšanai un informācijas gūšanai par citām meža ekosistēmu komponentēm. Dati par individuāliem meža nogabaliem iegūstami gan no Meža valsts reģistra datiem (visu īpašnieku mežos), gan, piemēram, par valsts mežiem – no LVM uzturētās un attīstītās mežaudžu datubāzes, kas integrēta ģeotelpiskās informācijas tehnoloģiju rīkā LVM GEO, kas piedāvā arī daudzas vērtīgas papildfunkcijas.

Atmirusī koksne ir būtiska meža ekosistēmu strukturālā komponente. Tas ir daudzām dzīvo organismu sugām nepieciešams substrāts un barības bāze. Atmirusī koksne veido mikrodzīvotnes, kas palīdz uzturēt bioloģisko daudzveidību. Atmirušās koksnes veidošanās procesi (piemēram, vējgāzes), vienlaikus rada arī citas dabas daudzveidībai nozīmīgas struktūras. Vidējais atmirušās koksnes apjoms Eiropas mežos variē no 5,6 līdz 33,1 m³ ha⁻¹ (vidēji 15,8 m³ ha⁻¹) (Puletti et al. 2019). Atmirušās koksnes apjoms ir ļoti atkarīgs no meža tipa, koku sugas, mežaudzes attīstības stadijas, veiktajiem apsaimniekošanas pasākumiem. Polijā veikts pētījums liecina par ļoti lielu šī rādītāja variāciju pat īpaši aizsargājamās teritorijās – no 1,3 to 50,5 m³ ha⁻¹ (Bujoczek et al., 2021).

Latvijā informācija par mežā uzkrāto atmirušās koksnes daudzumu sistemātiski tiek iegūta Nacionālā meža monitoringa ietvaros. Atbilstoši monitoringa 5. cikla datiem, Latvijas mežos atmirušās koksnes daudzums ir 28,4 m³ ha⁻¹. Lielāko daļu no tā veido kritālas (1.9. attēls)

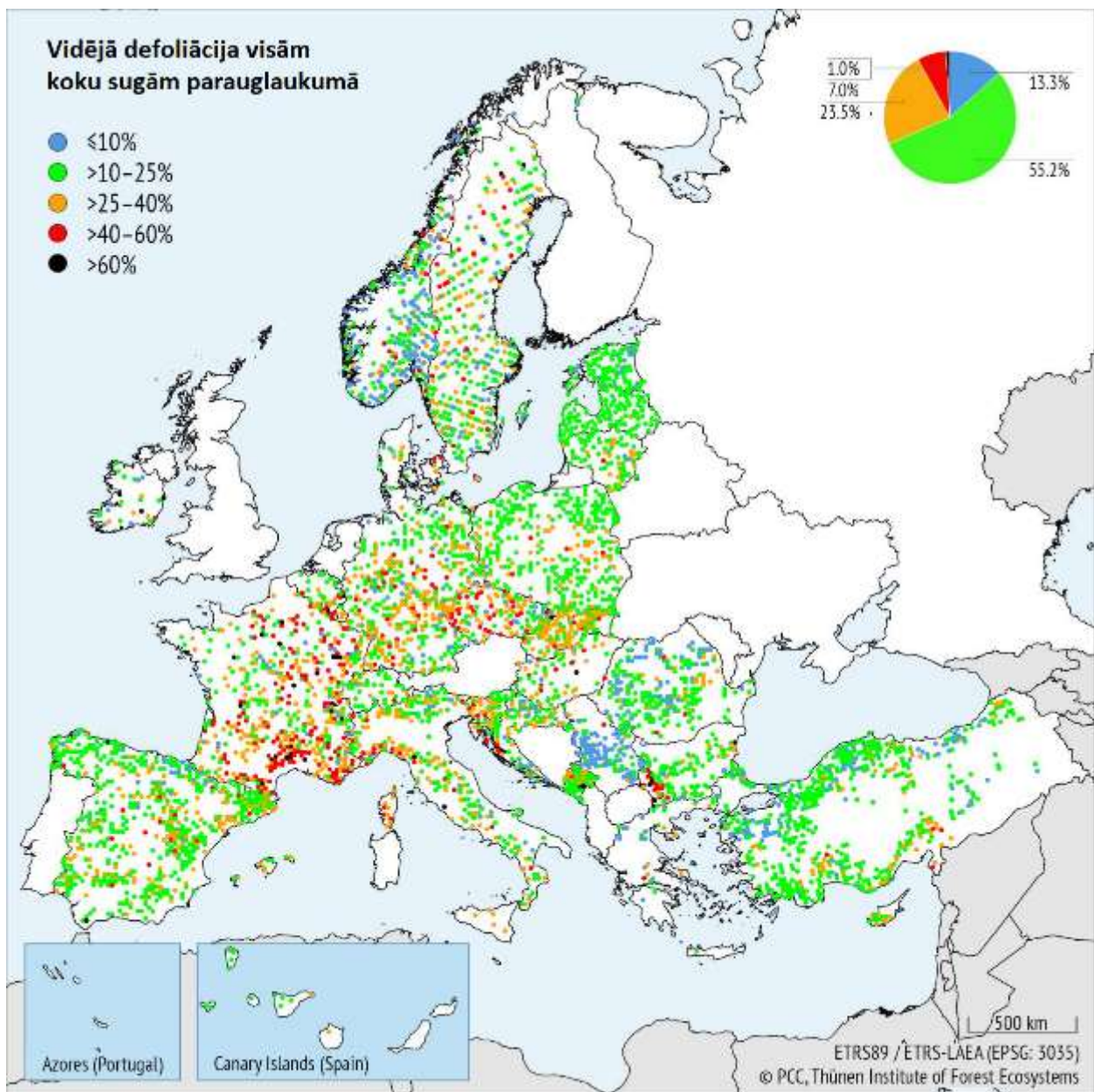


1.9. attēls. Atmirušās koksnes procentuālais sadalījums pa kategorijām (Datu avots: Nacionālais meža monitorings)

Defoliācija ir koku skuju vai lapu zudums procentos pret references līmeni (100%) konkrētā klimatiskā reģionā un ekosistēmas tipā. Defoliācija ir viens no meža veselību un vitalitāti raksturojošiem rādītājiem, par kuru jau ilgstoši tiek ievākta informācija Starptautiskās sadarbības programmas gaisa piesārņojuma ietekmes uz mežiem novērtēšanai un uzraudzībai (*The International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*, ICP Forests) I līmeņa monitoringa programmas ietvaros. ICP Forests ir starpvalstu meža ekosistēmu monitoringa un izpētes tīkls, kas izveidots 1985. gadā saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas Eiropas Ekonomikas komisijas (UNECE) Konvenciju par pārrobežu gaisa piesārņojumu lielos attālumos. Latvijā ICP Forests programmas I līmenis tiek īstenots kopš 2004. gada.

Novērojumu tiek veikti pēc vienotas metodikas (Eichhorn et al. 2016). Defoliācija tiek vērtēta attiecībā pret references koku konkrētā valstī un konkrētā ekosistēmas tipā. Fotoreferences defoliācijas klašu novērtēšanai Latvijā sagatavojis Uldis Zvirbulis. Vērtējums tiek veikts piecās klasēs: 0-10% - defoliācijas nav; >10-25% - neliela defoliācija; >25-60% - vidēja defoliācija; >60- <100% - stipra defoliācija; 100% - koks miris.

2020. gadā lielākajā daļā no 115 parauglaukumiem, kas tiek apsekoti Latvijas teritorijā, konstatēta neliela defoliācija (86% no visiem parauglaukumiem) (1.10. attēls). Vidējais defoliācijas rādītājs priedei – 19,8%, eglei – 16,9%, bērzam – 19,3%. Visām trim vērtētajām sugām defoliācijas rādītājs, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, samazinājies.



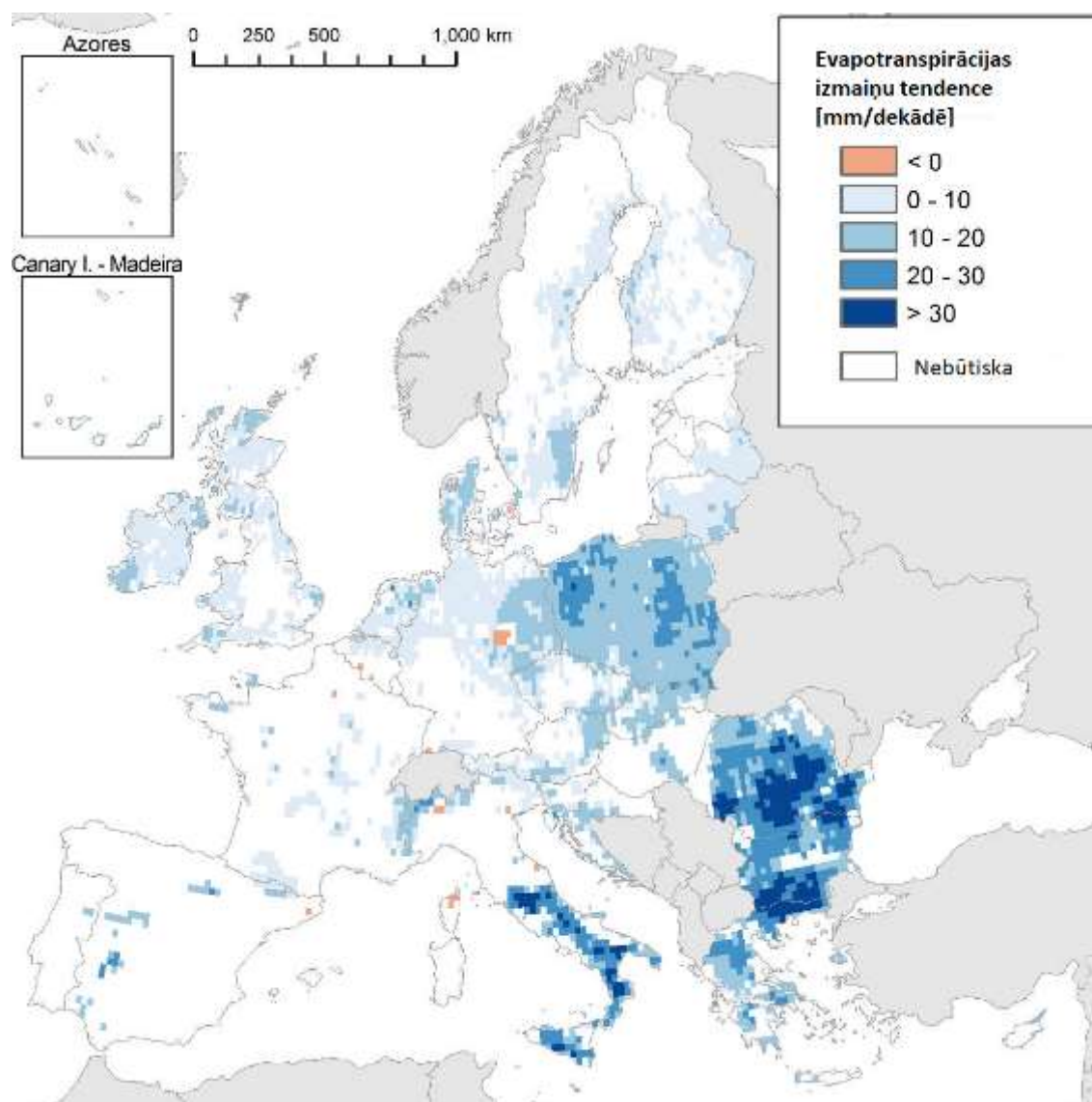
1.10. attēls. Vidējā defoliācija parauglaukumā visām koku sugām 2020. gadā (Avots: Michel et al. 2021)

Evapotranspirācija, summārā iztvaikošana no zemes virsmas un augiem, ir viena no nozīmīgākajām hidroloģiskā un enerģijas aprites cikla sastāvdaļām. Tā atgriež atmosfērā aptuveni 60% nokrišņu un patērē vairāk nekā pusi no saules radiācijas, kas sasniedz Zemi (Trenberth et al. 2009). Evapotranspirācija ietekmē saldūdens pieejamību, kā arī nodrošina lokālos un reģionālos klimata regulācijas procesus (Goulden and Bales 2014; Pan et al. 2015; Seneviratne et al. 2006), un evapotranspirācijas izmaiņām ir potenciāls ietekmēt globālo sasilšanu (Wang and Dickinson 2012).

Evapotranspirāciju ietekmē klimats, CO₂ saturs atmosfērā, kā arī veģetācijas struktūra un sastāvs. No klimatiskajiem faktoriem nozīmīgākā ietekme ir vēja ātrumam, temperatūrai, nokrišņu daudzumam un saules radiācijai. Pētījumi liecina, ka palielināts oglekļa dioksīda daudzums atmosfērā stimulē augšanu, palielinot lapu laukumu un attiecīgi arī transpirācijas intensitāti (Allen, 1991, Pan et al. 2015). Arī veģetācijas tips un blīvums ir svarīgi ietekmējoši faktori (Taylor et al. 2012), un zemes seguma veida izmaiņas parasti izraisa arī evapotranspirācijas apjoma izmaiņas (Martens et al. 2017; Sterling et al. 2013).

Eiropas līmeņa ekosistēmu stāvokļa novērtējums piedāvā evapotranspirācijas (ET) aprēķinos izmantot GLEAM modeli (*Global Land Evaporation Amsterdam Model*), kas izmanto tālzpētes algoritmu kopu komponentu aprēķināšanai 0.25° jeb aptuveni 27.75×27.75 km telpiskajā izšķirtspējā. ET šajā modelī tiek aprēķināta atbilstoši Prīstlija-Teilora vienādojumam, kas ņem vērā no satelīta novēroto augsnes mitrumu, veģetācijas optisko dziļumu, sniega-ūdens ekvivalentu, gaisa temperatūru un Saules radiāciju, kā arī zemes seguma veidu un augsnes raksturlielumus (Martens et al. 2016, 2017, Miralles et al. 2010, 2011a, 2011b).

Atbilstoši modeļa rezultātiem, Latvijas lielākajā daļā evapotranspirācijas izmaiņas ir nebūtiskas (izmantojot datus no 1980. līdz 2017.gadam) vai nepārsniedz 10 mm pieaugumu dekādē (1.11. attēls)



1.11. attēls. Evapotranspirācijas izmaiņas Eiropā (mm/dekādē) atbilstoši GLEAM modeļa datiem (Avots: Maes et al. 2020)

Ekosistēmas produktivitāte ir viens no pamata rādītājiem, kas raksturo tādus nozīmīgus ekoloģiskus procesus kā biomasas ražošana, sadalīšanās, barības vielu aprīte un vielu un enerģijas plūsmas (Gower et al. 2001). To raksturo neto primārās produkcijas rādītājs: starpība starp autotrofo organismu fotosintēzes procesā saražoto organisko vielu un autotrofās elpošanas rezultātā patērēto C apjomu. Eiropas līmeņa ekosistēmu stāvokļa novērtējumā izmantots sausmasas produkcijas (*dry matter productivity*, DMP) rādītājs (modificēta neto primārā

produkcija). Sausmasas produkcijas izmaiņas būtiski ietekmē daudzu ekosistēmu pakalpojumu nodrošinājumu – oglekļa piesaisti un uzglabāšanu, koksnes biomasas ražošanu bioenerģijas un būvniecības vajadzībām, bioloģisko daudzveidību, ūdensapgādi, erozijas kontroli, rekreāciju u.c. (Neumann et al. 2016). DMP ir ekosistēmu stāvokļa novērtēšanā izmantojams rādītājs un atspoguļo ekosistēmu funkcionālo daudzveidību (Polis 1999, Lausch et al. 2016). DMP samazināšanās var signalizēt par potenciālu kaitēkļu invāziju, atmežošanu vai uguns postījumiem, kamēr DMP palielināšanās parasti saistīta ar klimata pasiltināšanos, meža atjaunošanu un apmežošanu. Šī iemesla dēļ DMP monitorings var palīdzēt identificēt teritorijas, kuram jāpievērš sevišķa uzmanība ilgspējīgu mežkopības metožu izmantošanas kontekstā (Brouwers et al. 2016).

Eiropas līmeņa ekosistēmu stāvokļa novērtējumā dati par sausmasas produkciju meža ekosistēmās iegūti no Copernicus Global Land Service (2018) datiem. DMP slāņi tika iegūti no satelītattēliem un kombinēti ar modelētiem meteoroloģiskajiem datiem. Telpiskā izšķirtspēja ~1 km, mērvienība – kilogrami sausmasas uz ha dienā.

Citviet literatūrā tiek piedāvāti vēl citi ekosistēmu stāvokļa indikatori. Piemēram, ES Statistikas komisijas (2021) sagatavotajā Ekosistēmu kontu sistēmā mērenās un boreālās joslas mežu stāvokļa novērtēšanai tiek piedāvāti 16 indikatoru piemēri sešās stāvokļa grupās, ar piebildi, ka šis ir indikatīvs saraksts.

1.11. tabula

**Indikatoru piemēri ekosistēmu stāvokļa novērtēšanai mērenās un boreālās joslas mežos
(Avots: ES Statistikas komisija, 2021)**

Fizikālais stāvoklis	Ķīmiskais stāvoklis	Kompozicionālais stāvoklis	Strukturālais stāvoklis	Funkcionālais stāvoklis	Ainava
Ūdens saglabāšanas potenciāls	Augsnes organiskā C saturs	Koku sugu daudzveidība	Augsnes slāņa biezums	Biomasas produktivitāte	Mežainums
	Gaisa piesārņojošo vielu koncentrācija	Ķērpju sugu daudzveidība	Vainagu segums	Koku ar dobumiem blīvums	Ainavas daudzveidība
		Putnu sugu daudzveidība	Atmirušās koksnes daudzums	Plēsēju esamība (barības ķēdes funkcionalitāte)	Meža konektivitāte
			Meža vecumstruktūra		

Šis saraksts tiek piedāvāts ar piebildi, ka tas ir indikatīvs. Ir iespējams izvēlēties vēl daudzus citus rādītājus, taču galīgais lēmums par indikatoru izvēli gan šajā, gan citos vērtējuma aspektos jāpieņem kontekstā ar vērtējuma mērķi un atbilstošajiem spēkā esošajiem politikas dokumentiem.

Ekosistēmu stāvokļa vērtējuma kontekstā ir svarīgi izvēlēties references līmeni, ar kuru konkrētā stāvokļa indikatora vērtības tiek salīdzinātas. Ekosistēmu kontu sistēmas aprakstā tiek piedāvāti vairāki varianti references līmeņa izvēlei. Pieejas dabiskās un antropogēni ietekmētās ekosistēmās atšķiras.

Dabiskās ekosistēmās iespējamie references līmeņi ir sekojoši.

- **Netraucēts vai minimāli traucēts stāvoklis.** Neskarta ekosistēma, kam raksturīga maksimāla ekoloģiskā integritāte.

- **Vēsturisks stāvoklis.** Ekosistēmas stāvoklis kādā vēsturiskā punktā, kas tiek uzskatīts par stabili dabisku stāvokli reprezentējošu.
- **Mazākā traucējuma stāvoklis.** Pašlaik labākais iespējamais ekosistēmas stāvoklis.
- **Mūsdienu stāvoklis.** Ekosistēmas stāvoklis nesēnā pagātnē, par ko ir pieejami salīdzināmi dati.

Cilvēka ietekmētās ekosistēmās references līmeņi ir sekojoši.

- **Vēsturisks stāvoklis.** Ekosistēmas stāvoklis kādā vēsturiskā punktā, kas tiek uzskatīts par stabili socioekoloģisku stāvokli reprezentējošu.
- **Mazākā traucējuma stāvoklis.** Pašlaik labākais iespējamais ekosistēmas stāvoklis.
- **Mūsdienu stāvoklis.** Ekosistēmas stāvoklis nesēnā pagātnē, par ko ir pieejami salīdzināmi dati.
- **Vislabākais sasniedzamais stāvoklis.** Ekosistēmas sagaidāmais stāvoklis, pielietojot labāko iespējamo apsaimniekošanas praksi un sasniedzot stabili socioekonomisku stāvokli (ES Statistikas komisija 2021).

References līmeņa izvēle ir atkarīga no dažādiem faktoriem – gan interesējošās ekosistēmas, gan lēmumpieņemšanas konteksta, gan datu pieejamības. Arī dati par references līmeņi ir iegūstami dažādos veidos – gan dabā eksistējošās references platībās, gan no modelētiem datiem, gan no vēsturiski fiksētiem novērojumiem, gan, izmantojot mūsdienās iegūtus datus, vēlamo stāvokli raksturojošās vērtības vai ekspertu viedokli. Pieejas savā starpā ir kombinējamās, lai nonāktu pie labākā iespējamā rezultāta.

1.2. Datu avoti slodžu un stāvokļa indikatoru aprēķinam

Gan slodžu, gan ekosistēmu stāvokļa indikatoru tendenču būtiskums novērtēts atbilstoši Ekosistēmu kartēšanas un novērtēšanas metodikā (Maes et al. 2020, 36.lpp.) piedāvātajai pieejai, kas ņem vērā novērojumu perioda ilgumu, laiku, kad iegūti jaunākie dati, kā arī indikatora aprēķina metodi (1.12. tabula).

Vadlīnijas datu kvalitātes izvērtējumam (AT – augsta ticamība, VT – vidēja ticamība, ZT – zema ticamība) (Pēc: Maes 2020)

	Slodžu faktoru grupa	Stāvokļa klase	Novērojumu skaits (gadi)			Pēdējais novērojums (gads)*			Indikatora aprēķina metode		
			AT	VT	ZT	AT	VT	ZT	AT	VT	ZT
Ticamības līmenis			AT	VT	ZT	AT	VT	ZT	AT	VT	ZT
Ļoti mainīgs	Klimata pārmaiņas	Funkcionālie ekosistēmu raksturlielumi	>30	15-30	<15	2019	2017-2018	<2017	Uz tiešiem novērojumiem balstīti dati (lauka novērojumi, tālizpētes dati); oficiālā statistika ar augstu ticamību	No validētiem modeļiem iegūti dati; oficiālā statistika ar vidēju ticamību	Dati, kas iegūti ar jaunām metodēm no pagaidām nevalidētiem modeļiem; oficiālā statistika ar zemu ticamību
		Strukturālie ekosistēmu raksturlielumi (balstīti uz sugu daudzveidību un sastopamību)									
Vidēji mainīgs	Invazīvās svešzemju sugas	Vides kvalitāte	>20	10-20	<10	2019	2016-2018	<2016			
	Augsnes erozija	Strukturālie augsnes raksturlielumi									
Vidēji stabils	Piesārņojums un bagātināšanās ar barības vielām	Strukturālie ekosistēmu raksturlielumi (vispārīgie)	>10	5-10	<5	2019	2016-2018	<2016			
	Pārmērīga izmantošana										
Ļoti stabils	Dzīvotņu pārveidošana un degradēšana	Strukturālie ekosistēmu raksturlielumi (vispārīgie), kas balstīti uz zemes seguma kartēm	>5	3-5	2	2019	2013-2018	<2013			
		Strukturālie ekosistēmu raksturlielumi, kas tiek novērtēti atbilstoši Dabas direktīvām un nacionālajai likumdošanai									

Datu avotu novērtējums slodzes un ekosistēmu stāvokli raksturojošajiem indikatoriem

Indikatori	Datu avots	Datu ticamības novērtējums (AT – augsta ticamība, VT – vidēja ticamība, ZT – zema ticamība)		
		atbilstoši novērojumu perioda ilgumam	atbilstoši pēdējo novērojumu aktualitātei	Atbilstoši novērojumu metodei

Slodzes raksturojošie indikatori

Atmežotās platības izmaiņas	VMD, Nacionālais meža monitorings	AT/VT	AT	AT
Invazīvo augu sugu skaits un izplatības ceļi	Pilotpētījums	ZT	AT	VT
Slāpekļa izsēšanās	Eiropas Vides aģentūra, ICP Forests II līmeņa monitorings	ZT	AT	VT
Izcirstās koksnes un koksnes pieauguma attiecība	VMD	AT	AT	AT
Gaisa temperatūras izmaiņas	LVĢMC	AT	AT	AT
Nokrišņu daudzuma un sadalījuma izmaiņas	LVĢMC	AT	AT	AT
Vēja bojājumu draudi	VMD	AT	AT	AT
Meža ugunsgrēku draudi	VMD	AT	AT	AT
Kaitēkļu blīvums	Nacionālais meža monitorings	ZT	AT	VT
Koku slimības	VMD, Nacionālais meža monitorings	VT	AT	VT

Stāvokli raksturojošie indikatori

Augsnes mitrums	Modeļi	VT	AT	VT
Efektīvais nokrišņu daudzums	LVĢMC, CRU	AT	AT	AT
Eitrofikācijas kritisko slodžu pārsniegums	ICP Forests II līmeņa monitorings	AT	AT	VT
Troposfēras ozona koncentrācija	LVĢMC	AT	AT	AT
Meža putnu indekss	LOB	VT	AT	AT
Koksnes krāja	Nacionālais meža monitorings, VMD, LVM datu bāze	VT/AT/VT	AT	AT
Atmirusī koksne	Nacionālais meža monitorings	VT	AT	AT
Defoliācija	ICP Forests I līmeņa monitorings	VT	AT	AT
Evapotranspirācija	Modeļi	AT	VT	VT
Ekosistēmas produktivitāte	Copernicus Global Land Service	AT	AT	AT
Meža platība	Meža valsts reģistrs, LVM datu bāze	AT	AT	AT

1.3. Ekosistēmu pakalpojumi iekļaušanai modelī

Šajā pētījumu programmā ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijai tiek izmantota Vispārējās starptautiskās ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijas pašlaik aktuālākā versija (*Common International Classification of Ecosystem Services v5.1*, 2018). Atbilstoši tai, tālākai integrācijai modelī ir atlasītas 33 EP klases un katrā no tām identificēti meža ekosistēmu pakalpojumi (1.14. tabula). Lai pieņemtu lēmumu par konkrētiem ekosistēmu pakalpojumiem, kas tiks iekļauti modelī, nepieciešamas konsultācijas ar pētījuma pasūtītāju.

Atbilstoši Vispārējai starptautiskajai ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijai identificētie meža ekosistēmu pakalpojumi CICES grupās un klasēs. Treknrakstā atzīmēti potenciāli nozīmīgākie meža ekosistēmu pakalpojumi Latvijā, pasvītroti tie ekosistēmu pakalpojumi, kas iekļauti ES Ekosistēmu un to pakalpojumu novērtējuma projektā (Vysna et al., 2021)

Nr. p.k.	Sekcija	Divīzija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi
1	Apgādes pakalpojumi	Biomasa	Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, tajā skaitā sēnes un aļģes) pārtikai	<i>Meža ogas, meža sēnes, rieksti, viršu medus</i>
2			Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Šķiedras un citi materiāli no savvaļas augiem tiešai izmantošanai vai pārstrādei (izņemot ģenētiskos materiālus)	<i>Koksne, Ziemassvētku/Jaungada eglītes, dekoratīvie materiāli floristikai, kosmētikai, ārstniecībai, pirtsslotas</i>
3			Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Savvaļas augi (sauszemes un ūdens, tajā skaitā sēnes un aļģes) enerģijai	<i><u>Enerģētiskā koksne</u></i>
4			Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Savvaļas dzīvnieki (sauszemes un ūdens) pārtikai	<i>Medījumu gaļa</i>
5			Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai	Šķiedras un citi materiāli no savvaļas dzīvniekiem tiešai izmantošanai vai pārstrādei (izņemot ģenētiskos materiālus)	<i>Medījumu trofejas, medījumu ragi, kauli, ādas pārstrādei, bebru dziedzeri</i>
6		Ģenētiskais materiāls no visas biotas (ieskaitot sēklu, sporu un gametu veidošanu)	Ģenētiskais materiāls no augiem, aļģēm, sēnēm	Sēklas, sporas un citi materiāli no augiem, kas tiek ievākti, lai uzturētu vai izveidotu populāciju	<i>Koku mežēni, koku dekoratīvās formas pavairošanai, savvaļas augu (t.sk. retu un aizsargājamu) ģenētiskais materiāls pavairošanai</i>

Nr. p.k.	Sekcija	Divīzija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi
7	Regulejošie pakalpojumi	Bioķīmisko vai fizikālo ekosistēmā ieejošo plūsmu pārveidošana	Antropogēnas izcelsmes atkritumu vai toksisku vielu pārveidošana dzīvības procesu rezultātā	Bioremediācija ar mikroorganismiem, aļģēm, augiem un dzīvniekiem	<i>Koksnes pelnu izmantošana meža augšanas apstākļu uzlabošanai</i>
8			Antropogēnas izcelsmes atkritumu vai toksisku vielu pārveidošana dzīvības procesu rezultātā	Filtrācija, piesaiste, uzglabāšana un uzkrāšana, ko veic mikroorganismi, aļģes, augi un dzīvnieki	<i>Putekļu aizturēšana koku vainagos, koku un zemsedzes augu veiktā fitoremediācija</i>
9			Antropogēnas izcelsmes traucējumu mazināšana	Smaku mazināšana	<i>Smaku mazināšana</i>
10			Antropogēnas izcelsmes traucējumu mazināšana	Trokšņa mazināšana	<i>Trokšņa mazināšana</i>
11			Antropogēnas izcelsmes traucējumu mazināšana	Vizuāla aizsegšana	<i>Nepievilcīgu skatu mazināšana</i>
12		Fizikālo, ķīmisko, bioloģisko apstākļu regulēšana	Bāzes plūsmu vai ekstrēmu notikumu regulēšana	Erozijas kontrole	<i>Augsnes erozijas novēršana un/vai mazināšana</i>
13			Bāzes plūsmu vai ekstrēmu notikumu regulēšana	Hidroloģiskā cikla un ūdens plūsmas regulēšana (ieskaitot plūdu kontroli un krastu aizsardzību)	<i>Plūdu riska mazināšana</i>
14			Bāzes plūsmu vai ekstrēmu notikumu regulēšana	Aizsardzība no vēja	<i>Vēja bojājumu mazināšana citās ekosistēmās</i>
15			Dzīves cikla uzturēšana, dzīvotņu un ģenētiskās daudzveidības aizsardzība	Apputeksnēšana	<i>Meža ekosistēmām raksturīgo kukaiņu veiktā meža un citu ekosistēmu augu apputeksnēšana</i>
16			Dzīves cikla uzturēšana, dzīvotņu un ģenētiskās daudzveidības aizsardzība	Sēklu izplatīšana	<i>Meža dzīvnieku un putnu veiktā sēklu izplatīšana</i>

Nr. p.k.	Sekcija	Divīzija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi
17			Dzīves cikla uzturēšana, dzīvotņu un ģenētiskās daudzveidības aizsardzība	Populāciju un dzīvotņu saglabāšana (ieskaitot ģenētiskās daudzveidības aizsardzību)	<i>Dzīvotņu nodrošināšana mežam raksturīgajām dzīvnieku, putnu, bezmugurkaulnieku, augu, sūnu un ķērpju, sēņu u.c. sugām</i>
18		Fizikālo, ķīmisko, bioloģisko apstākļu regulēšana	Kaitēkļu un slimību kontrole	Kaitēkļu kontrole (ieskaitot invazīvās sugas)	<i>Dzīvotne dabiskajiem kaitēkļu kontroles aģentiem (putni, citi antagonisti)</i>
19			Augsnes kvalitātes regulēšana	Sadalīšanās un piesaistes procesi un to ietekme uz augšnes kvalitāti	<i>Augsnes kvalitātes uzturēšana meža ekosistēmās</i>
20			Ūdens sastāvs un kvalitāte	Saldūdeņu ķīmiskā sastāva regulēšana caur dzīvības procesiem	<i><u>Barības vielu noplūdes uz ūdensobjektiem mazināšana</u></i>
21			Atmosfēras sastāvs un apstākļi	Atmosfēras un okeānu ķīmiskā sastāva regulēšana	<i><u>Oglekļa piesaiste un uzkrāšana dažādos meža ekosistēmu komponentos</u></i>
22			Atmosfēras sastāvs un apstākļi	Temperatūras un mitruma regulēšana, ieskaitot ventilāciju un iztvaikošanu	<i>Mikroklimata regulēšana un uzturēšana (temperatūras un mitruma svārstību mazināšana)</i>
23	Kultūras pakalpojumi	Tieša, klātesoša mijiedarbība ar dzīvajām sistēmām brīvā	Fiziska un pieredzē balstīta mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamās veselību, atveseļošanās un prieku veicinošas aktivitātes aktīvas vai iesaistošas mijiedarbības veidā	<i><u>Vide dažādiem aktīvās atpūtas veidiem</u></i>

Nr. p.k.	Sekcija	Divīzija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi
24		dabā, kas ir atkarīga no atrašanās vidē	Fiziska un pieredzē balstīta mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamās veselību, atveseļošanos un prieku veicinošas aktivitātes pasīvas vai novērojošas mijiedarbības veidā	<i>Vide dažādiem pasīvās atpūtas veidiem</i>
25			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamu zinātnisko izpēti vai tradicionālo ekoloģisko zināšanu radīšanu	<i>Objekti un teritorijas zinātniskiem pētījumiem un vides procesu izpratnei dažādos līmeņos</i>
26			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas izmantojamas izglītībā un apmācībās	<i>Izglītojošas takas, vides semināru objekti</i>
27			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kam piemīt kultūras vai mantojuma rezonanse	<i>Lokālo un nacionālo identitāti un kultūras kontekstu veidojoši objekti, piemēram, Gaujas senleja, Tērvetes sils</i>
28			Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kas padara iespējamu estētisku pieredzi	<i>Vizuāli skaistas vietas, panorāmas skati</i>
29		Netieša, attālināta mijiedarbība ar dzīvajām sistēmām bieži vien iekštelpās, kas nav atkarīga no atrašanās vidē	Garīga, simboliska un cita veida mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kam piemīt simboliska nozīme	<i>Meža ekosistēmas un to elementi kā simboli</i>
30			Garīga, simboliska un cita veida mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības, kam piemīt svēta vai reliģiska nozīme	<i>Meža ekosistēmas vai to elementi ar sakrālu nozīmi</i>
31			Garīga, simboliska un cita veida mijiedarbība ar dabisko vidi	Dzīvo sistēmu īpašības izmantošanai izklaidē vai reprezentācijā	<i>Meža ekosistēmas un to elementi izmantošanai reprezentatīviem mērķiem vai izklaidei</i>

Nr. p.k.	Sekcija	Divīzija	Grupa	Klase	Meža ekosistēmu pakalpojumi
32			Citi biotiski raksturlielumi, kam piemīt ārpusizmantošanas vērtība	Dzīvo sistēmu īpašības vai sastāvdaļas, kam piemīt iespējamā vai saglabāšanas vērtība	<i>Meža ekosistēmas, to elementi un funkcijas kā saglabājams fenomens ar jauniem potenciālās izmantošanas veidiem nākotnē</i>
33			Citi biotiski raksturlielumi, kam piemīt ārpusizmantošanas vērtība	Dzīvo sistēmu īpašības vai sastāvdaļas, kam piemīt eksistences vērtība	<i>Meža ekosistēmas, to elementi un funkcijas kā pats par sevi nozīmīgs un saglabājams fenomens</i>

Ekosistēmu pakalpojumus raksturojošajiem indikatoriem jābūt ne vien zinātniski pamatotiem, bet arī praktiski izmantojamiem, un jānodrošina apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanai nepieciešamā informācija. Atbilstoši Cash et al. (2003), lai informācija par zinātniskās izpētes rezultātiem būtu praktiski pielietojama un tiktu arī reāli pielietota, tai jābūt ne vien ticamai, bet arī nozīmīgai lēmumu pieņemšanas kontekstā, kā arī pamatotai. Ticamība (*credibility*) nozīmē to, ka informācija ir zinātniski adekvāta. Nozīmīgums (*salience*) norāda uz informācijas pielietojamību lēmumpieņemšanas atbalstam. Pamatotība (*legitimacy*) nozīmē, ka informācija ir ievākta objektīvi un lēmumpieņēmēju vērtības atspoguļojoši. Šo kritēriju pamatotību un lietderību informācijas ieguvē par vidi un ekosistēmām atzinuši vairāki autori (piemēram, Ash et al., 2010, Posner et al. 2016, Wright et al. 2017).

Van Oudenhoven et al. (2018) iesaka šīs trīs kritēriju grupas papildināt ar pielietojamību (*feasibility*), kas apliecina to, ka interesējošo informāciju vispār ir iespējams iegūt, un piedāvā 16 kritērijus ekosistēmu pakalpojumus raksturojošo indikatoru izvēlei (1.15.tabula).

1.15. tabula

Kritēriji un to skaidrojums ekosistēmu pakalpojumus raksturojošo indikatoru izvēlei (Pēc: Van Oudenhoven et al. 2018)

Nr. p.k.	Kritēriju grupa	Kritērijs	Īss apraksts
1.	Ticamība	Objektu/procesu atspoguļojošs	Indikators atspoguļo objektu vai procesu, ko tas indicē.
2.		Zinātnieku un/vai ekspertu akceptēts	Indikatoru ir izvērtējuši un akceptējuši zinātnieki un/vai eksperti.
3.		Pamatots zinātniskajā literatūrā	Zinātniskajā literatūrā ir atrodams pamatojums indikatora izmantošanai.
4.		Saistīts konceptuālajā ietvarā	Indikators jau ir konceptuālā ietvara sastāvdaļa vai atbilst prasībām, lai tāds būtu.
5.		Kvantificējams	Indikators ir pamatots ar pierādījumiem, izmērāms un pamatojams ar kvalitatīviem datiem.
6.	Nozīmīgums	Atbilstošs informācijas vajadzībām	Indikators atbilst lēmumpieņēmēju, politikas veidotāju un, ideālā gadījumā, arī iesaistīto pušu vajadzībām pēc informācijas.
7.		Mērogojams un pārnesams	Indikators ir izmantojams dažādos telpiskajos mērogos un var tikt salīdzināts starp dažādiem ģeogrāfiskiem reģioniem.
8.		Parāda izmaiņas laikā	Indikators ir laikā konkrēts un ļauj novērtēt izmaiņas, ilustrējot progresu un nepieciešamības gadījumā veicot agrās brīdināšanas funkciju.
9.		Saprotams	Indikators ir saprotams lēmumpieņēmējiem, kā arī, vēlamā gadījumā, plašākai auditorijai.
10.		Uzmanību pievērsošs	Indikators pievērš uzmanību objektam/procesam, ko tas apraksta, un motivē uz darbību.
11.	Pamatotība	Izvēlēts iekļaujošā procesā	Indikators ir izvēlēts iekļaujošā procesā.

Nr. p.k.	Kritēriju grupa	Kritērijs	Īss apraksts
12.		Plaši akceptēts	Indikatora izmantošanu ir atzinušas daudzas un dažādās iesaistītās puses.
13.	Pielietojamība	Datu pieejamība	Ir pietiekams datu apjoms un detalizācija indikatora aprēķiniem.
14.		Laika pieejamība	Indikatora attīstīšanai un aprēķināšanai pietiek laika.
15.		Ekonomiskie apsvērumi	Indikatora izvēles, izveidošanas un pielietošanas process ir finansiāli reālistisks un izmaksu efektīvs.
16.		Elastība	Indikatoru vajadzības gadījumā iespējams papildināt un uzlabot.

Literatūra

- Allen, L. 1991. Effects of increasing carbon dioxide levels and climate change on plant growth, evapotranspiration, and water resources. In National Research Council (Ed.), Managing Water Resources in the West Under Conditions of Climate Uncertainty (pp. 101–147). Washington, DC: The National Academies Press
- Ash, N., Blanco, H., Brown, C., Garcia, K., Henrichs, T., Lucas, N., Raudsepp-Hearne, C., Simpson, R.D., Scholes, R., Tomich, T.P., Vira, B., Zurek, M. 2010. Ecosystems and Human Well-Being. A Manual for Assessment Practitioners. Island Press, Washington, D.C.
- Auniņš, A. un Mārdega, I. 2020. Dienas putnu fona monitorings. Gala atskaite par 2020. gadu. Rīga, 59 lpp. Pieejams: <https://www.daba.gov.lv/lv/media/8661/download>
- Baturoviča, L. 2011. Engures ezera sateces baseina svešzemju augu sugu izplatības faktori. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 58 lpp.
- Bobbink, R. and Hettelingh, J.P. (Eds). 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), 246 pp.
- Brouwers and Coops. 2016. Decreasing Net Primary Production in forest and shrub vegetation across southwest Australia. Ecological Indicators 66, 10-19
- Bujoczek, L., Bujoczek, M. & Zięba, S. 2021. Distribution of deadwood and other forest structural indicators relevant for bird conservation in Natura 2000 special protection areas in Poland. Scientific Reports 11, 14937. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94392-1>
- Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., Jäger, J., Mitchell, R.B. 2003. Knowledge systems for sustainable development. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 100, 8086-8091
- Common International Classification of Ecosystem Services. 2018. Structure of CICES. Pieejams: <https://cices.eu/cices-structure/>
- Copernicus Global Land Service. 2018. Dry matter productivity. Pieejams: <https://land.copernicus.eu/global/products/dmp>

11. Eichhorn, J., Roskams, P., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S. 2016. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 54 p. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>
12. Eiropas Komisija. 2019. Eiropas Zaļais kurss. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>
13. 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>
14. Eiropas Komisija. 2021b. Komisijas deleģētā regula (ES) 2021/2800. Pieejams: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM:C\(2021\)2800](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM:C(2021)2800)
15. 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>
16. Erhard, M., Teller, A., Maes, J., Meiner, A., Berry, P., Smith, A., ..., Christiansen, T. 2016. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Mapping and Assessing the condition of Europe's ecosystems: Progress and challenges. 3rd Report. Publications office of the European Union, Luxembourg. http://catalogue.biodiversity.europa.eu/uploads/document/file/1328/3rdMAESReport_Condition.pdf
17. EU Platform for Sustainable Finance. 2021a. PART B – Annex: Full list of Technical Screening Criteria August 2021. Pieejams: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210803-sustainable-finance-platform-report-technical-screening-criteria-taxonomy-annex_en.pdf
18. EU Platform for Sustainable Finance. 2021a. Taxonomy pack for feedback. August 2021. Pieejams: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210803-sustainable-finance-platform-report-technical-screening-criteria-taxonomy_en.pdf
19. European Commission. 2021a. Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA). Pieejams: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/7870049/12943935/KS-FT-20-002-EN-N.pdf/de44610d-79e5-010a-5675-14fc4d8527d9?t=1624528835061>
20. European Commission. 2021b. Call for feedback by the Platform on Sustainable Finance on preliminary recommendations for technical screening criteria for the EU taxonomy. Pieejams: https://ec.europa.eu/info/publications/210803-sustainable-finance-platform-technical-screening-criteria-taxonomy-report_en
21. 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
22. EUROSTAT. 2021. Ecosystem accounts - measuring the contribution of nature to the economy and human wellbeing. Pieejams: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Ecosystem_accounts_-_measuring_the_contribution_of_nature_to_the_economy_and_human_wellbeing&oldid=534846#Developing_ecosystem_accounts_in_the_EU

23. 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.
24. Gavrilova, Ģ. 2007. Latvijas svešzemju sugu saraksts. Tiešsaistes resurss: http://biodiv.daba.gov.lv/cooperation/invaz/i-netam_invazivie.xls
25. Gerra-Inohosa, L., Pilāte, D., Lībiete, Z., Dauškane, I., Aleksejevs, E., Boiko, D., Čeirāns, A., Plikšs, M. 2021. Identification of pathways of introduction in Latvia for 66 invasive alien species of European Union concern, Latvian State Forest Research Institute “Silava”, 50 pp.
26. Goulden, M. L., & Bales, R. C. 2014. Mountain runoff vulnerability to increased evapotranspiration with vegetation expansion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(39), 14071-14075
27. Gower, S. T., Krankina, O., Olson, R.J., Apps, M., Linder, S., Wang, C. 2001. Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications* 11(5), 1395-1411
28. Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P., Lister, D. 2020. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data* 7, 109. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
29. Hettelingh, J.P., Posch, M., Slootweg, J. (eds.). 2017. European critical loads: database, biodiversity and ecosystems at risk, CCE Final Report 2017, Coordination Centre for Effects, RIVM Report 2017-0155, Bilthoven, Netherlands, 208 pp.
30. Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4(1), 1–23
31. Jansons, Ā. 2013. Atskaite par projekta “Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” darba uzdevumu izpildi. *Salaspils*, 245 lpp.
32. Jansons, Ā. 2015. Kopsavilkums par projekta “Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” darba uzdevumu izpildi. *Salaspils*, 53 lpp.
33. Laiviņš, M. 2008. *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br. naturalizēšanās Latvijā. *Latvijas veģetācija* 16: 45 – 60.
34. Laiviņš, M., Čekstere, G. 2014. Nemeža biotopu pārkrūmošanās Rīgā. I *Acer negundo* izplatība, ekoloģija un augu sabiedrības. *Mežzinātne* 28 (61): 39–65.
35. Lausch, A., Erasmi, S., King, D., Magdon, P., & Heurich, M. 2016. Understanding Forest Health with Remote Sensing -Part I—A Review of Spectral Traits, Processes and Remote-Sensing Characteristics. *Remote Sensing*, 8(12), 1029
36. LR Ministru Kabinets. 2008. Ministru kabineta noteikumi Nr.468 ”Invazīvo augu sugu saraksts.”
37. LR Ministru Kabinets. 2009. Ministru kabineta noteikumi Nr.1290 “Noteikumi par gaisa kvalitāti”. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/200712-noteikumi-par-gaisa-kvalitati>
38. LVĢMC. 2005. Piezemes ozons. Pieejams: <https://www.meteo.lv/lapas/piezemes-ozons?id=1207>
39. LVĢMC. 2021. Pārskats par gaisa kvalitāti Latvijā 2020.gadā. 61 lpp. https://videscentrs.lvģmc.lv/files/Gaiss/Gaisa_kvalitate/parskats_par_gaisa_kvalitati_Latvija%20_2020g.pdf

40. Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Condé, S., Vallecillo, S., Barredo, J.I., Paracchini, M.L., Abdul Malak, D., Trombetti, M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A.M., Grizzetti, B., Somma, F., Hagyo, A., Vogt, P., Polce, C., Jones, A., Marin, A.I., Ivits, E., Mauri, A., Rega, C., Czúcz, B., Ceccherini, G., Pisoni, E., Ceglar, A., De Palma, P., Cerrani, I., Meroni, M., Caudullo, G., Lugato, E., Vogt, J.V., Spinoni, J., Cammalleri, C., Bastrup-Birk, A., San Miguel, J., San Román, S., Kristensen, P., Christiansen, T., Zal, N., de Roo, A., Cardoso, A.C., Pistocchi, A., Del Barrio Alvarellós, I., Tsiamis, K., Gervasini, E., Deriu, I., La Notte, A., Abad Viñas, R., Vizzarri, M., Camia, A., Robert, N., Kakoulaki, G., Garcia Bendido, E., Panagos, P., Ballabio, C., Scarpa, S., Montanarella, L., Orgiazzi, A., Fernandez Ugalde, O., Santos-Martín, F., Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment - supplement, EUR 30161 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, I
41. Martens, B., Miralles, D. G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R. A. M., Fernández-Prieto, D., et al. 2017. GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture. *Geoscientific Model Development*, 10(5), 1903-1925
42. Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., Fernández-Prieto, D., Verhoest, N.E.C.: Improving terrestrial evaporation estimates over continental Australia through assimilation of SMOS soil moisture. 2016. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 48, 146–162
43. Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A., and Verhoest, N.E.C. 2017. GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture, *Geoscientific Model Development*, 10, 1903–1925
44. Michel, A., Kirchner, T., Prescher, A.K., Schwärzel, K. (Eds). 2021. *Forest Condition in Europe: The 2021 Assessment*. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, 106 pp. <https://doi.org/10.3220/ICPTR1624952851000>
45. Michel, A., Prescher, A.-K/, Schwärzel, K. (Editors). 2020. *Forest Condition in Europe: The 2020 Assessment*. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute. <https://doi.org/10.3220/ICPTR1606916913000>
46. Miralles, D.G., de Jeu, R.A.M., Gash, J.H., Holmes, T.R.H., Dolman, A.J. 2011. Magnitude and variability of land evaporation and its components at the global scale, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 967–981
47. Miralles, D.G., Gash, J.H., Holmes, T.R.H., de Jeu, R.A.M., Dolman, A.J. 2010. Global canopy interception from satellite observations, *Journal of Geophysical Research*, 115, D16122
48. Miralles, D.G., Holmes, T.R.H., de Jeu, R.A.M., Gash, J.H., Meesters, A.G.C.A., Dolman, A.J. 2011. Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 453–469
49. Neumann, M., Moreno, A., Thurnher, C., Mues, V., Härkönen, S., Mura, M., Bouriaud, O., Lang, M., Cardellini, G., Thivolle-Cazat, A., Bronisz, K., Merganic, J., Alberdi, I., Astrup, R., Mohren, F., Zhao, M., Hasenauer, H. 2016. Creating a Regional MODIS Satellite-Driven Net Primary Production Dataset for European Forests. *Remote Sensing* 8, 554
50. Nilsson, J. and Grennfelt, P. 1988. *Critical Loads for Sulphur and Nitrogen*. Report from Skokloster Workshop. Skokloster. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4003-1_11

51. NOBANIS, [internet vietne], <https://www.nobanis.org/>, (skatīts 9 decembris 2021)
52. Pan, S., Tian, H., Dangal, S. R. S., Yang, Q., Yang, J., Lu, C., et al. 2015. Responses of global terrestrial evapotranspiration to climate change and increasing atmospheric CO₂ in the 21st century. *Earth's Future*, 3(1), 15-35
53. Pimentel, D., and Edwards, C. A. (2000). Agriculture, Food, Populations, Natural Resources and Ecological Integrity. In P. Crabbé, A. Holland, L. Ryszkowski, & L. Westra (Eds.), *Implementing Ecological Integrity: Restoring Regional and Global Environmental and Human Health* (pp. 377–398). Springer Netherlands.
54. Polis, G.A. 1999. Why Are Parts of the World Green Multiple Factors Control Productivity and the Distribution of Biomes. *Oikos*, 86, 3-15
55. Posner, S.M., McKenzie, E., Ricketts, T.H. 2016. Policy impacts of ecosystem services knowledge. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113, 1760-1765
56. Priede, A. 2008. Invazīvo svešzemju sugu izplatība Latvijā. *Latvijas veģetācija*, 17, 148 lpp.
57. Priede, A. 2009. Invazīvie neofīti Latvijas florā: izplatība un dinamika. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 127 lpp.
58. Puletti, N., Canullo, R., Mattioli, W. et al. 2019. A dataset of forest volume deadwood estimates for Europe. *Annals of Forest Science* 76, 68. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0832-0>
59. Roze, I., Peipiņa, I. 2019. Latvijas Universitātes 77. starptautiskā zinātniskā konference. Dzīvo organismu bioloģiskie pētījumi pilsētas, lauku un ūdens ekosistēmās. Raksti, Rīga.
60. Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Rammer, W., and Verkerk, P.J., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4, 806–810
61. Seneviratne, S. I., Lüthi, D., Litschi, M., & Schär, C. 2006. Land–atmosphere coupling and climate change in Europe. *Nature*, 443, 205-209
62. Sterling, S. M., Ducharne, A., & Polcher, J. 2013. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. *Nature Climate Change*, 3(4), 385-390
63. Šmits, A. 2015. Meža kaitēkļu un slimību monitoringa 2014. gada rezultāti. *Salaspils*, 21 lpp.
64. Taylor, C. M., de Jeu, R. A. M., Guichard, F., Harris, P. P., & Dorigo, W. A. 2012. Afternoon rain more likely over drier soils. *Nature*, 489 (7416), 423-426
65. Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., Kiehl, J. 2009. Earth's Global Energy Budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(3), 311-324
66. United Nations. 2019. *Technical Recommendations in Support of the System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Experimental Ecosystem Accounting*. United Nations, New York. 209 pp.
67. United Nations. 2021. *System of environmental economic accounting*. Pieejams: <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>
68. Valsts meža dienests. 2018. Bīstamākie meža kaitēkļi un slimības Latvijā. 29 lpp. Pieejams: <https://www.vmd.gov.lv/public/ck/files/VMD%20kukaini%20buklets.pdf>
69. Van Oudenhoven, A.P.E., Schröter, M., Drakou, E.G., Geijzendorffer, I.R., Jacobs, S., Bodegom, P.M., Chazee, L., Czúcz, B., Grunewald, K., Lillebø, A., I., Mononen, L.,

- Nogueira, A.J.A., Pacheco-Romero, M., Perennou, C., Remme, R.P., Rova, S., Syrbe, R.-U., Tratalos, J.A., Vallejos, M., Albert, C. 2018. Key criteria for developing ecosystem service indicators to inform decision making. *Ecological Indicators* 95 (1), 417-426
70. Vysna, V., Maes, J., Petersen, J.E., La Notte, A., Vallecillo, S., Aizpurua, N., Ivits, E., Teller, A. 2021. Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA). Final report from phase II of the INCA project aiming to develop a pilot for an integrated system of ecosystem accounts for the EU. Statistical report. Publications office of the European Union, Luxembourg, 62 pp.
71. Wang, K., & Dickinson, R. E. 2012. A review of global terrestrial evapotranspiration: Observation, modeling, climatology, and climatic variability. *Reviews of Geophysics*, 50(2), 2011RG000373
72. Wright, W.C.C., Eppink, F.V., Greenhalgh, S. 2017. 2017. Are ecosystem service studies presenting the right information for decision making? *Ecosystem Services* 25, 128-139

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

Dažāda veida mežsaimnieciskās darbības kā, piemēram, mežizstrāde, meža infrastruktūras izbūve un meliorācijas sistēmu izveide vai renovācija, var ietekmēt gan vielu biokīmiskās pārveides procesus, gan arī makro- un mikroelementu plūsmas meža ekosistēmās. Gan ilgtermiņa, gan īstermiņa pētījumi šajā jomā turpinās dažādos reģionos, tai skaitā Baltijas un Ziemeļvalstu reģionā, kur meža zemes aizņem ievērojamu platību no valstu kopējās teritorijas (līdz 66% Somijā²). Pastiprināta uzmanība vielu pārveides procesu un elementu plūsmu ietekmei uz ūdeņu kvalitāti un atmosfēras sastāvu tiek pievērsta dažādu starptautisku politiku, nolīgumu un regulu kontekstā. Kā nozīmīgākos piemērus varam minēt ES Ūdens Struktūrdirektīvu³ un Parīzes nolīgumu⁴.

Ziemeļeiropas reģionā pēdējā desmitgadē ir audzis pieprasījums pēc mežizstrādes atlieku un celmu/sakņu biomasas bioenerģijas mērķiem. Tas ir veicinājis mežizstrādes intensifikāciju, kad no mežaudzes tiek izvākta visa biomasas ieskaitot koku galotnes, zarus un celmus. Tā kā liela daļa barības elementu kokos lokalizējas tieši lapotnē un zaros, izvēcot šīs koku daļas no mežaudzes, tiek samazināta barības elementu ienese augsnē un nodrošinājums, kas ilgtermiņā palielina barības elementu līdzsvara traucējumu un meža produktivitātes riskus. Tālākā nākotnē tas var veicināt biomasā saistītā oglekļa apjoma un dzīvās biomasas krājas samazināšanos. Tāpat pastāv riski samazināties nedzīvās koksnes un augsnes organiskā oglekļa uzkrājumam, samazinoties organiskās vielas ieneses apjomam augsnē ar mežizstrādes atliekām, celmu/sakņu biomasas izvākšanas rezultātā, kā arī augsnes organiskās vielas noārdīšanās rezultātā, ko pastiprina augsnes struktūras sajaukšana (Raulund-Rasmussen et al., 2008; Helmisaari et al., 2011; Tveite and Hanssen, 2013; Persson, 2017; Clarke et al., 2021, de Vries et al. 2021). Kopumā pētījumos iegūti pretrunīgi rezultāti attiecībā uz intensificētas mežizstrādes ietekmi uz augsnes ķīmiju. Tas iezīmē nepieciešamību pēc pētījumiem, kas identificētu faktorus, kas nosaka iepriekšējo pētījumu rezultātu atšķirības, un šo faktoru ilgtermiņa ietekmi (Centre of Advanced Research in Ecosystem Services, 2021a). Lai arī salīdzinoši liels skaits pētījumu ir veikti Ziemeļvalstīs, joprojām nav skaidrs, cik lielā mērā šo pētījumu rezultāti ir piemērojami Baltijas valstu reģionam un Latvijai konkrēti.

Pagājušā gadsimta laikā ūdens patēriņš pasaulē ir pieaudzis astoņas reizes, bet ūdens patēriņš uz vienu iedzīvotāju ir pieaudzis par 50%. Tiek prognozēts, ka ūdens patēriņa apjoms vēl turpinās pieaugt. Līdz ar to laba ūdens kvalitāte un pietiekams ūdens daudzums kļūst par īpaši svarīgu meža ekosistēmu pakalpojumu. Mežu apsaimniekošana kopumā un individuālas mežsaimnieciskās darbības ir jāplāno tā, lai radītu pēc iespējas mazākus risku attiecībā uz ūdens kvalitāti (Centre of Advanced Research in Ecosystem Services, 2021b). Dažādu pētījumu ietvaros Baltijas un Ziemeļvalstu reģionā uzmanība tiek pievērsta ūdensobjektu aizsargjoslu funkcionalitātei (Ring et al., 2018), meliorācijas sistēmu uzturēšanai (īpaši platībās ar organiskām augsnēm) un videi draudzīgu meliorācijas elementu ieviešanai praksē (Finér et al., 2018.), bebru darbības ietekmei uz ūdens kvalitāti (Kalvīte et al., 2021), kā arī mežizstrādes intensifikācijas ietekmei uz ūdens kvalitāti (e.g., Ring et al., 2015; Clarke et al., 2018). Latviju no daudzām citām Ziemeļvalstīm atšķir pazemes spiedes ūdeņu ietekme, līdz ar to ne visi Ziemeļvalstīs veikto pētījumu rezultāti par mežsaimniecisko darbību ietekmi uz ūdeņu kvalitāti ir tieši attiecināmi uz Latvijas apstākļiem.

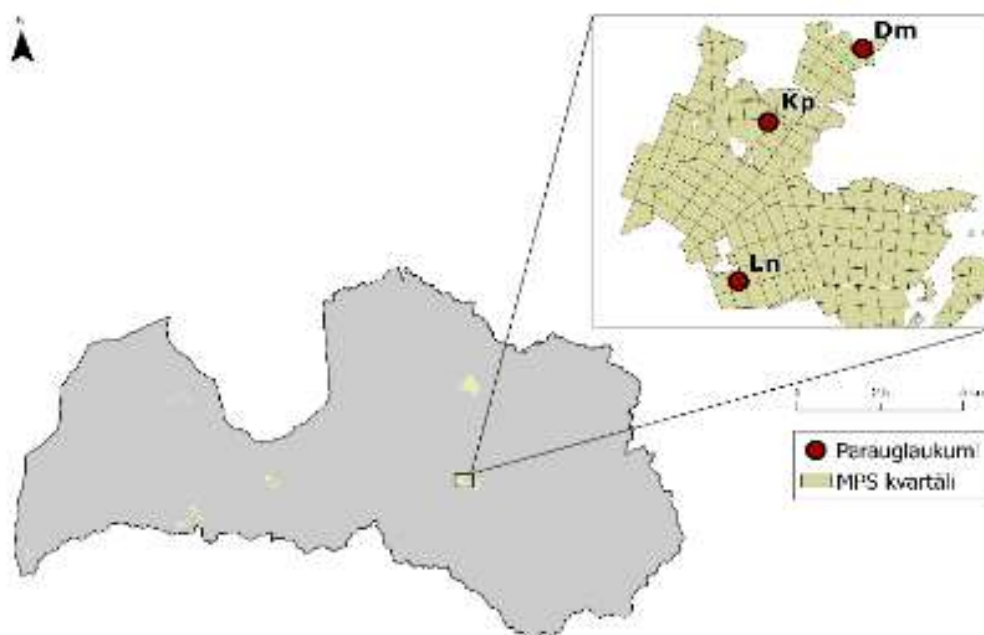
² <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20210321-1>

³ https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

⁴ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en

2.1.1.1. Objekti un mērījumi

Lai nodrošinātu nepārtrauktu datu rindu, visas 2021. gada veģetācijas sezonas laikā ir turpināts monitorings Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā ierīkotajos trijos pētījuma objektos, kur tiek sekots dažādas intensitātes vienlaidu atjaunošanas cirtes ietekmei (2.1. attēls). Katrā objektā ir trīs varianti: 1) parauglaukums, kur izvākta visa virszemes biomasa (VB), 2) parauglaukums, kur izvākta stumbru biomasa (SB) un 3) nenocirsta mežaudze jeb kontrole (K). Mežizstrāde objektos veikta 2013. gada sākumā, 2013. gada rudenī damaksnī un lānā veikta augsnes sagatavošana ar aktīvo disku arklu, bet 2014. gada pavasarī mežaudzes atjaunotas, damaksnī un lānā stādot priedi vagās, bet kūdrenī stādot egli nesagatavotā augsnē.



2.1.attēls. Pētījuma objekti dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai. Foto no kreisās: damaksnis, lāns, šaurlapju kūdrenis (03.04.2020.)

No 2012. gada līdz 2021. gadam objektos analizēti veģetācijas sezonas (no aprīļa līdz oktobrim) nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens, gruntsūdens un virszemes ūdens paraugi. Paraugi pirmajos piecos pētījuma gados ņemti divas reizes mēnesī, bet no 2016. līdz 2021. gadam – reizi mēnesī. Virszemes ūdens paraugi tika ņemti Svirējas upē, kas tek gar damaksnī ierīkoto objektu, un meliorācijas grāvī, kas tek gar kūdrenī ierīkoto objektu. Paraugos laboratoriski noteikti sekojoši ķīmiskie parametri: $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{N}_{\text{kop.}}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, K, Ca un Mg joni, pH augsnes ūdenī, gruntsūdenī un notecē, kā arī N, P, K, Ca, Mg ienese ar nobirām. Kopš 2016. gada katru pavasari veikta jaunaudzis uzskaitē katrā parauglaukumā ierīkojot četrus vienmērīgi izvietotus apļveida

uzskaites laukumus ar rādiusu 5,64 m (platība 100 m²) un uzskaitot gan stādītus, gan dabiski izaugušos kociņus 10 cm augstuma klasēs, kā arī regulāras (ar 2-3 gadu intervālu) veģetācijas uzskaites laukumiņos ar punktu metodi. Pētījuma dizains un metodika detalizēti aprakstīta iepriekšējo pētījuma etapu pārskatos, piemēram, Lībiete un citi (2012). Datu analīze un grafiku sagatavošana veikta programmā R (R Core Team, 2017).

2.1.tabula

Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai skuju koku audzēs raksturojums

Nr. p.k.	Objekts	Kv.	Nog.	MT	Vald. suga	Valdošās sugas koku vidējais H, m (2021. g.)	Mežizstrāde veikta	Meža atjaunošana veikta
1.	Damaksnis	15.	1.	Dm	P	1,91	2013.g.	2014.g.
2.	Kūdrenis	96.	10., 11.	Kp	E	1,71		
3.	Lāns	180.	8., 12.	Ln	P	1,66		

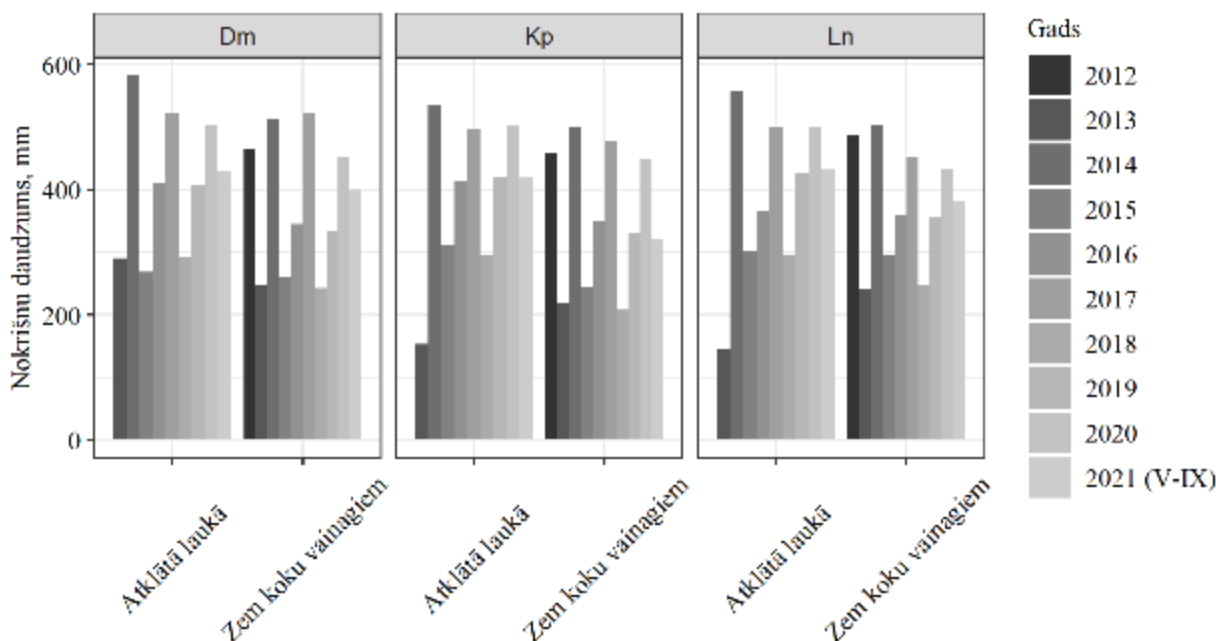
Lai noskaidrotu, vai pastāv kādas atšķirības starp meža atjaunošanās sekmēm platībā, kur izvēta stumbra biomasa, un platībā, kur izvēta visa virszemes biomasa, 2016. gada maijā, 2017. gada aprīlī, 2018. gada maijā, 2019. gada aprīlī, 2020. gada aprīlī un 2021. gada aprīlī pētījuma objektos tika veikta koku uzskaitē, katrā parauglaukumā (VB – izvēta visa biomasa; SB – izvēta stumbra biomasa) ierīkojot četrus vienmērīgi izvietotus apļveida uzskaites laukumus ar rādiusu 5.64 m (platība 100 m²). Uzskaites laukumos stādītajiem kokiem tika noteikts to augstums, kā arī nomērīts stumbra diametrs virs sakņu kakla. Dabiski izaugušie kociņi tika uzskaitīti 10 cm augstuma klasēs. Stādītajiem kokiem objektos Damaksnis (Dm) un Lāns (Ln), kur meža atjaunošana veikta ar priedi, atsevišķi uzskaitīti dzīvie, bojātie un bojāgājušie kociņi. Objektā Kūdrenis (Kp), kur atjaunošana veikta ar egli, pirmajās uzskaitēs liela daļa no stādītajiem kokiem bija pārnadžu bojāti (sānu un galotnes dzinumumu apkodumi), tādēļ tur sākotnēji atsevišķi uzskaitīti dzīvie nebojātie koki, dzīvie koki ar bojātiem sānu dzinumiem, dzīvie koki ar bojātu galotnes dzinumumu un bojāgājušie koki. Savukārt 2018. gadā bojāto kociņu stāvoklis bija uzlabojies un jaunu bojājumu bija maz, tādēļ kociņi ar bojātiem sāniem un bojātām galotnēm turpmāk tika uzskaitīti kā bojātie kociņi (neizdalot galotnes vai sānu dzinumumu bojājumus). Parauglaukumi dabā marķēti ar metāla mietiņiem, lai nākamajos gados uzskaiti varētu atkārtot.

Datu statistiskā apstrāde veikta, izmantojot R programmu. Datu veikta dispersijas analīze ANOVA un paraugkopu salīdzināšana, izmantojot LSD (*Least Significant Difference*) *post-hoc* testu.

2.1.1.2. Barības vielu aprites izmaiņas objektos

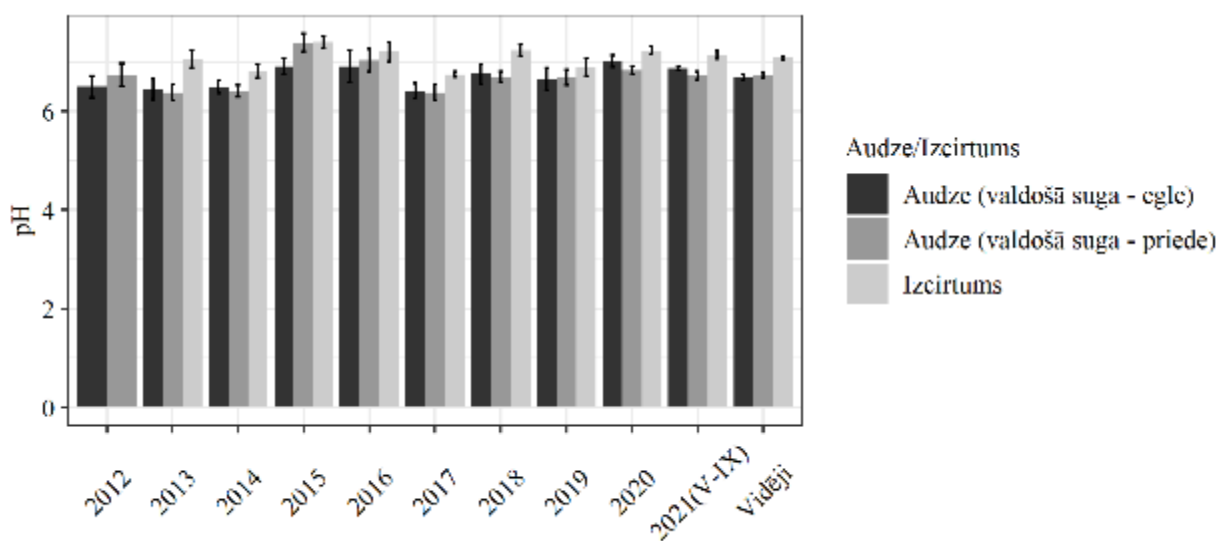
Barības vielu ienese ar nokrišņiem

Zem koku vainagiem kopējais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) ir vidēji par 50 mm mazāks nekā atklātā laukā. Lielākās atšķirības starp nokrišņu daudzumu atklātā laukā un zem koku vainagiem vērojamas objektā Kp (egļu audze), kur kopējais nokrišņu daudzums atklātā laukā ir vidēji par 64 mm lielāks. Pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam lielākais nokrišņu daudzums veģetācijas sezonā (maijs – oktobris) ir bijis 2014., 2017. un 2020. gadā (2.2. attēls).

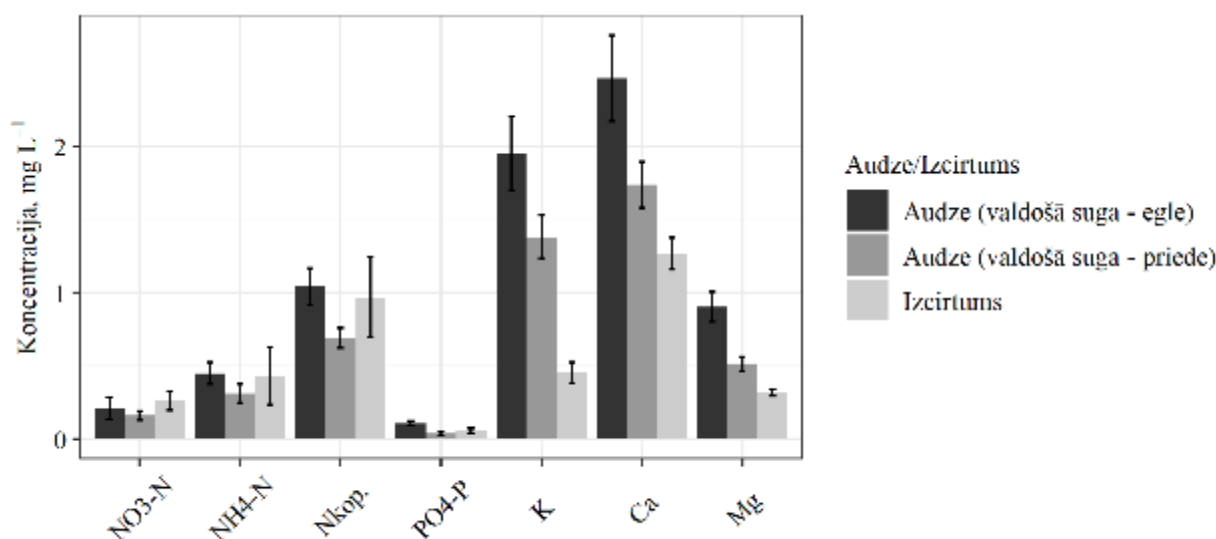


2.2. attēls. Vidējais nokrišņu daudzums veģētācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021.gadam

2.3. un 2.4. attēlā parādīts vidējais nokrišņu ūdens pH laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam, un vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas atklātā lauka nokrišņos (izcirtumā) un nokrišņos zem koku vainagiem, laika periodā no 2012. līdz 2021. gadam. Pētījumu rezultāti liecina, ka skuju koku lapotnes tiecas nokrišņus paskābināt, un tas norāda, ka skābju pārtveršanas apjomi ir daudz lielāki nekā koku vainagu virsmas buferkapacitāte vai bāzisko vielu sausā izsēšanās kokaudzē (Tērauda, 2008). Šāda tendence konstatēta arī šī pētījuma ietvaros, jo zem koku vainagiem nokrišņu ūdens pH ir vidēji par 0,36 pH vienībām skābāks nekā atklātā laukā. Bāzisko katjonu koncentrācijas atklātās platības nokrišņos ir zemākas nekā mežaudzē, jo mežaudzē, izkrītot caur koku vainagiem, nokrišņi uztver uz skuju vai lapu virsmas esošos savienojumus, savukārt nitrātu koncentrācijas atklātā lauka nokrišņos ir lielākas. Egļu audzēs visu analizēto elementu koncentrācijas vainagu caurtecē ir augstākas nekā priežu audzēs, kas attiecībā uz bāziskiem katjoniem visticamāk skaidrojams ar lapu laukuma indeksa atšķirībām – egļu vainagi ir blīvāki, un tajos izsēžas vairāk daļiņu no atmosfēras, kas pēc tam nonāk nokrišņu ūdeņos.



2.3. attēls. Vidējais nokrišņu ūdens pH veģētācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2021.gadam)



2.4. attēls. Vidējās ķīmisko elementu koncentrācijas nokrišņos veģetācijas sezonā (maijs-oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021.gadam (izcirtumā no 2013. līdz 2021.gadam)

Vidējās veģetācijas perioda (maijs – oktobris) ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam parādītas 2.2. tabulā. Vērojamas atšķirības ar nokrišņiem ienestā ķīmisko elementu daudzumā starp atklātā lauka platībām (izcirtumiem) un mežaudzēm. Vidēji lielākais slāpekļa savienojumu daudzums ienests izcirtumos, bet mazākais – priežu audzēs. Savukārt vidēji lielākais bāzisko katjonu daudzums ienests egļu audzēs, bet mazākais – izcirtumos.

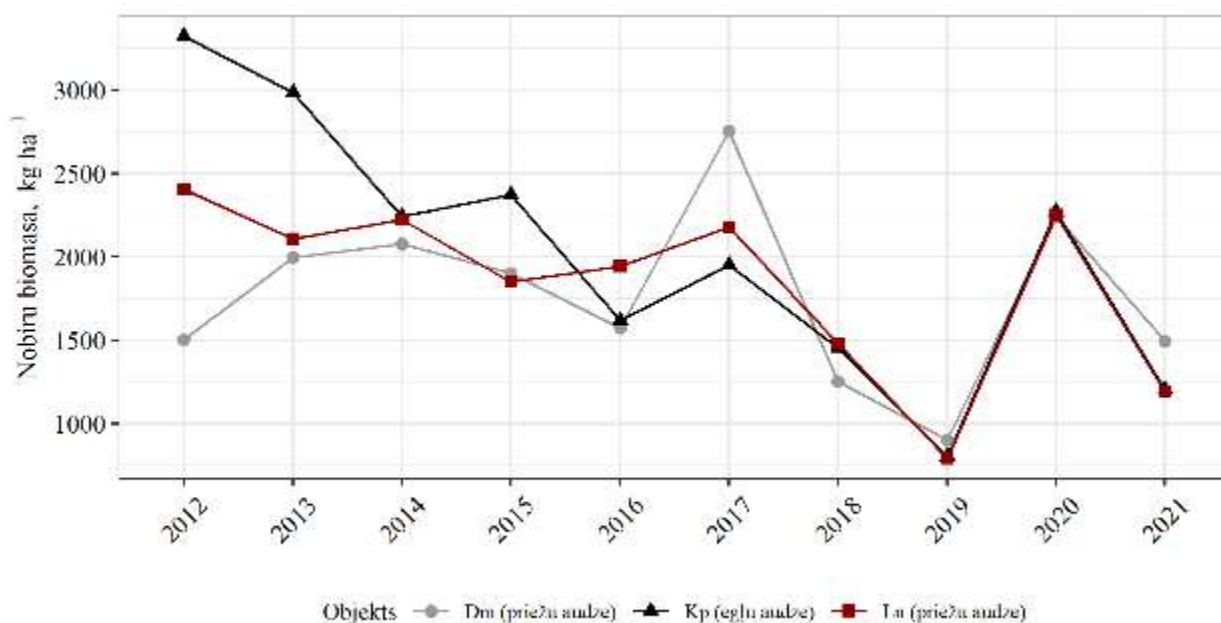
2.2. tabula.

Vidējā ķīmisko elementu ieneses ar nokrišņiem (kg ha⁻¹) veģetācijas periodā (maijs – oktobris) laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam. Treknrakstā izceltas maksimālās ieneses vērtības

Elements	Egļu audze	Priežu audze	Izcirtums
NO ₃ ⁻ -N	0,59 ± 0,26	0,50 ± 0,12	1,02 ± 0,26
NH ₄ ⁺ -N	0,84 ± 0,18	0,54 ± 0,06	1,31 ± 0,37
N _{kop.}	2,07 ± 0,16	1,53 ± 0,09	3,23 ± 0,68
K	4,78 ± 0,67	3,68 ± 0,34	1,04 ± 0,15
Ca	6,94 ± 0,68	5,09 ± 0,42	4,10 ± 0,43
Mg	2,59 ± 0,16	1,48 ± 0,08	0,96 ± 0,06
PO ₄ ³⁻ -P	0,20 ± 0,04	0,05 ± 0,01	0,15 ± 0,05

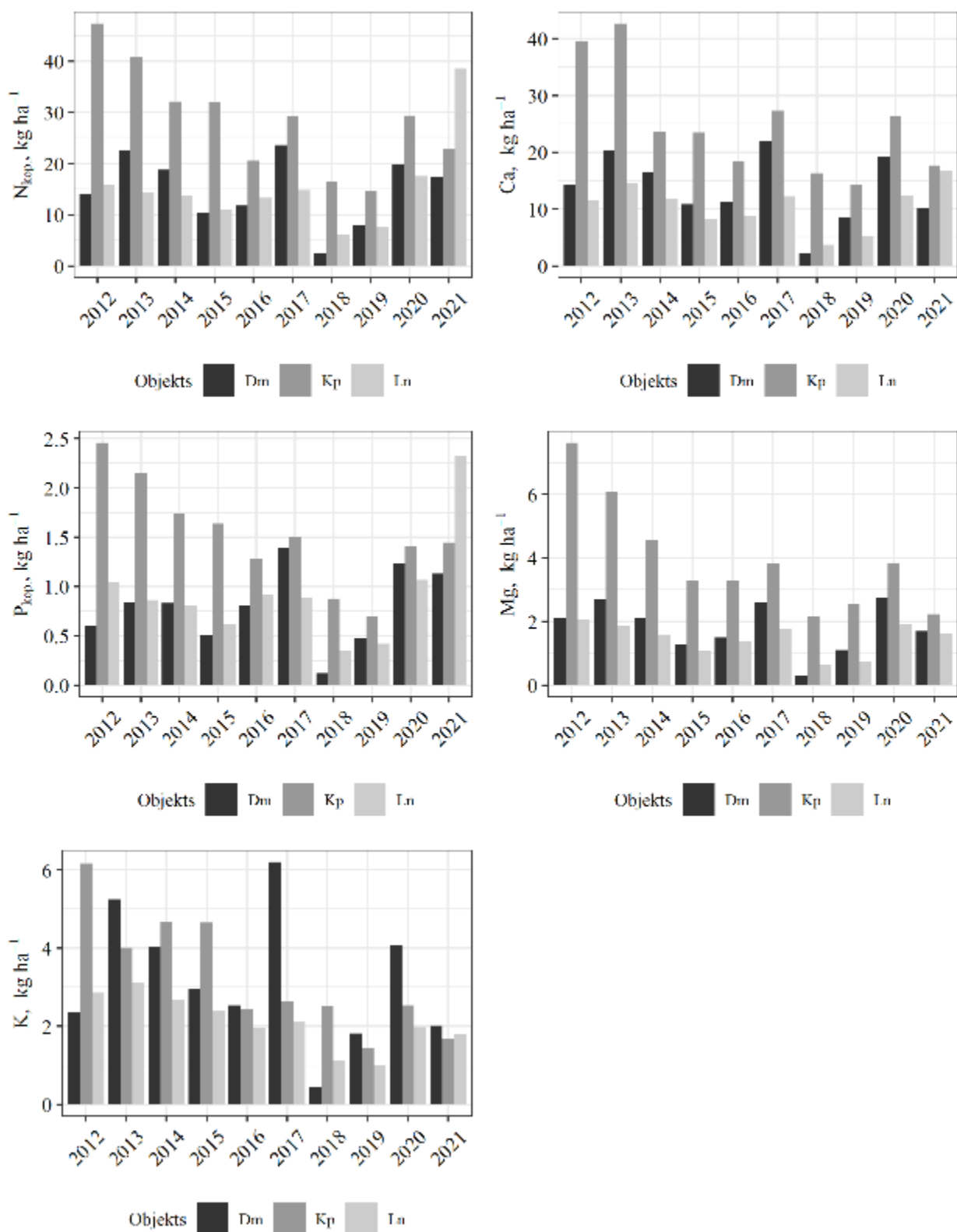
Barības vielu ienese ar nobirām

Veģetācijas sezonas nobiru biomasas apjoma izmaiņas pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam parādītas 2.5. attēlā. Visos objektos vērojamas līdzīgas tendences nobiru biomasas apjoma variācijā gadu gaitā. Mazākais nobiru biomasas apjoms visos objektos tika konstatēts 2019. gadā (791 – 901 kg ha⁻¹ atkarībā no objekta). Lielākais nobiru biomasas apjoms objektos, kas ierīkoti Kp un Ln meža tipos, konstatēts 2012. gadā (3323 un 2406 kg ha⁻¹, attiecīgi), bet objektā, kas ierīkots Dm meža tipā, lielākais nobiru biomasas apjoms konstatēts 2017. gadā (2752 kg ha⁻¹).

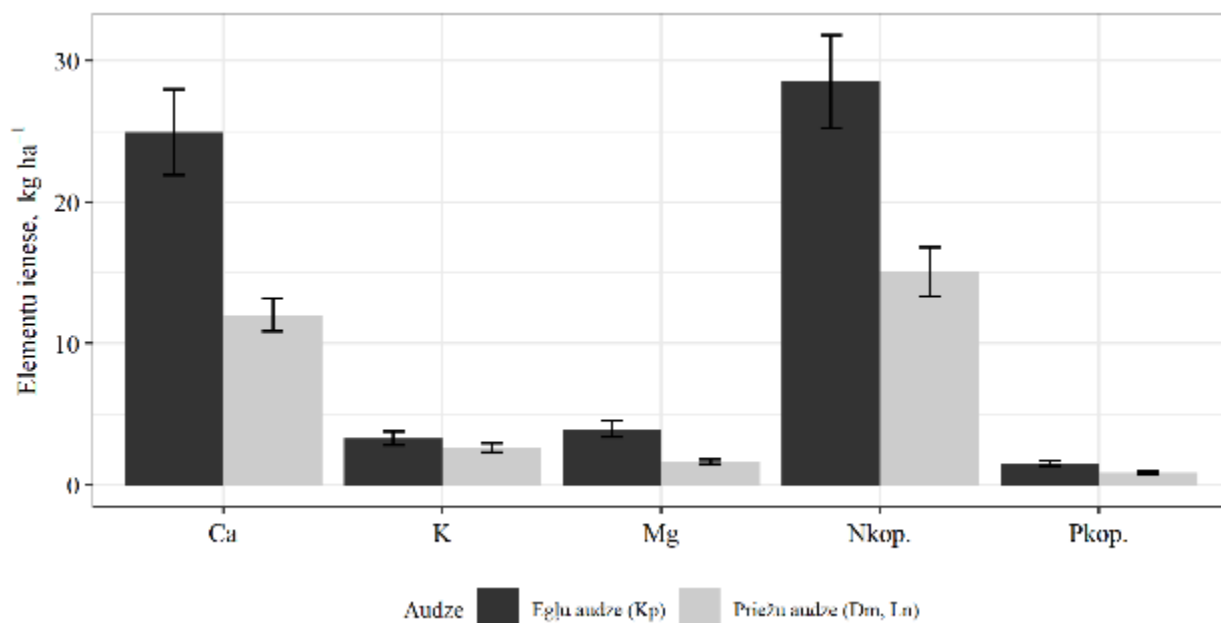


2.5. attēls. Veģetācijas sezonas nobiru biomasas apjoma izmaiņas pētījuma objektos laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam

Elementu ieneses ar nobirām pētījuma objektos veģetācijas sezonā pa gadiem parādītas 2.6. un 2.7. attēlā. Izvērtējot vidējās veģetācijas perioda ķīmisko elementu ieneses periodā no 2012. līdz 2021. gadam, konstatējām, ka ikgadējā vidējā visu elementu ienese vislielākā ir bijusi egļu audzē (2.7. attēls). Egļu audzē kopējā slāpekļa ienese bija $28,5 \pm 3,3 \text{ kg ha}^{-1}$, kopējā fosfore ienese $1,52 \pm 0,17 \text{ kg ha}^{-1}$, kālija, kalcija un magnija ieneses attiecīgi $3,27 \pm 0,48$, $24,9 \pm 3,0$ un $3,95 \pm 0,55 \text{ kg ha}^{-1}$. Tajā pašā laikā priēžu audzēs vidējās elementu ieneses ar nobirām veģetācijas periodā bija šādas: $15,1 \pm 1,7 \text{ kg ha}^{-1}$ kopējā slāpekļa, $0,86 \pm 0,10 \text{ kg ha}^{-1}$ kopējā fosfora un $2,63 \pm 0,31$, $12,0 \pm 1,2$ un $1,64 \pm 0,15 \text{ kg ha}^{-1}$ kālija, kalcija un magnija.



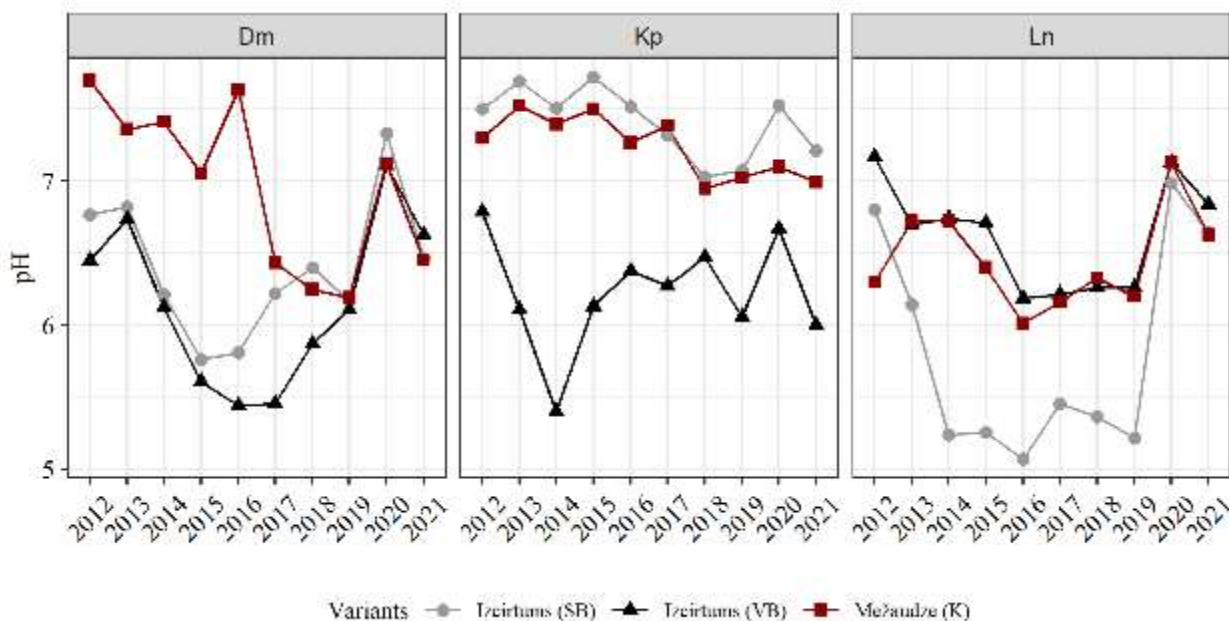
2.6. attēls. Elementu ienese ar nobīrām pētījuma objektos veģetācijas sezonā pa gadiem



2.7. attēls. Vidējā barības vielu ienese ar nobirām priežu un egļu audzēs veģetācijas periodā laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam

Barības vielu koncentrācija augsnes ūdenī

2.8. attēlā parādīts augsnes ūdens vidējais pH pētījuma objektu parauglaukumos, kur 2013. gada sākumā veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Lai novērtētu mežizstrādes ietekmi uz augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, pētījums uzsākts gadu pirms mežizstrādes veikšanas (2012. gadā) un pētījums turpināts deviņus gadus pēc mežizstrādes darbu veikšanas (2013.-2021. gads). Augsnes ūdens vidējais pH mežaudzē, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no pH $6,0 \pm 0,1$ (Ln meža tips, 2016. gads) līdz $7,7 \pm 0,1$ (Dm meža tips, 2012. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais augsnes ūdens pH svārstās no pH $5,6 \pm 0,2$ (Dm un Ln meža tips, 2016. gads) līdz pH $7,3 \pm 0,1$ (Kp meža tips, 2012. gads). Izvērtējot desmit gadus ilga pētījuma rezultātus, konstatēta tendence augsnes ūdens pH samazināties pēc mežizstrādes veikšanas, īpaši otrajā līdz ceturtajā gadā (2014.-2016. gads) pēc mežizstrādes veikšanas. Būtisks gada vidējās augsnes ūdens pH vērtības samazinājums, salīdzinot ar 2012. gadu un ar parauglaukumiem, kur mežaudze ir saglabāta, ir bijis Kp objekta parauglaukumā, kur izvākta visa biomasa, 2014. gadā, kā arī Ln objekta parauglaukumā, kur izvākta stumbra biomasa, 2014.-2019. gadā.



2.8. attēls. Augsnes ūdens vidējais pH pētījumu objektos

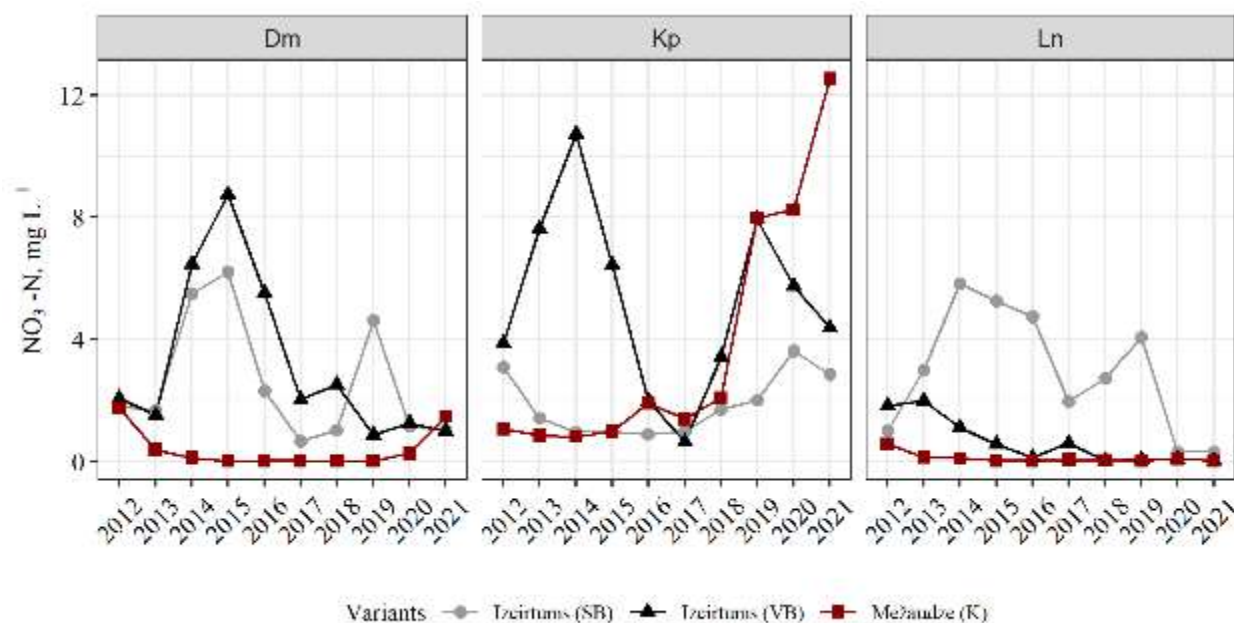
2.9.-2.11. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu, amonija jonu un kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $< 0,01 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (Dm meža tips, 2015. un 2018. gads) līdz $12,5 \pm 2,2 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2021. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī svārstās no $0,02 \pm 0,02 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (Ln meža tips, 2018. gads) līdz $10,7 \pm 1,6 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2014. gads). Kopumā desmit gadus ilgā pētījuma periodā vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī plašākā diapazonā variē kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, salīdzinot ar parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde.

Salīdzinot desmit gadus ilga pētījuma perioda (2012. – 2021. gads) vidējo nitrātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos un kur mežaudze ir saglabāta, vidēji lielākais nitrātu saturs konstatēts Kp meža tipā ($3,30 \pm 0,34 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$), bet, salīdzinot nitrātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde, lielākais nitrātu saturs konstatēts Dm meža tipā ($3,60 \pm 0,20 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$).

Dm objektā būtisks nitrātu satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts gan VB, gan arī SB parauglaukumos 2014. – 2016. gadā. Kontroles parauglaukumā šajā pašā objektā, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts būtisks nitrātu koncentrācijas samazinājums.

Kp objekta VB parauglaukumā būtisks nitrātu satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts 2014. gadā. Savukārt Kp objekta SB parauglaukumā nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī laika posmā no 2013. – 2019. gadam ir pat zemāka nekā 2012. gadā. Jāatzīmē, ka laika posmā kopš 2018. gada objektā Kp visos parauglaukumos (īpaši VB parauglaukumā un parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta) vērojama nitrātu koncentrācijas paaugstināšanās.

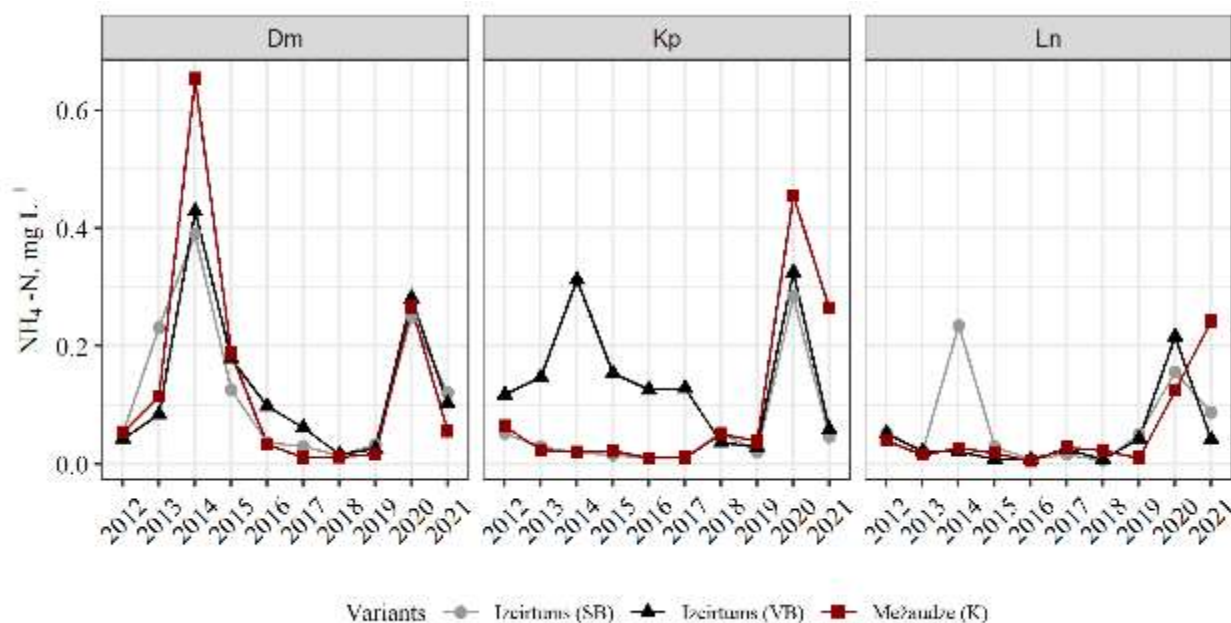
Arī Ln objekta SB parauglaukumā konstatēts būtisks nitrātu satura palielinājums 2014.-2016. un 2019. gadā, salīdzinot ar references periodu, bet VB parauglaukumā nitrātu saturs augsnes ūdenī laika posmā sākot no 2014. gada ir samazinājies, salīdzinot ar references periodu.



2.9. attēls. Nitrātu saturs augšes ūdeņos pētījuma objektos

Gada vidējais amonija jonu saturs augšes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no 0,01 mg NH₄⁺-N L⁻¹ (Kp un Ln meža tips, 2016. gads; Dm un Kp meža tips, 2017. gads; Dm meža tips, 2018. gads; Ln meža tips, 2019. gads) līdz 0,65 ± 0,58 mg NH₄⁺-N L⁻¹ (Dm meža tips, 2014. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs augšes ūdenī svārstās no < 0,01 mg NH₄⁺-N L⁻¹ (Ln meža tips, 2016. un 2018. gads) līdz 0,43 ± 0,18 mg NH₄⁺-N L⁻¹ (Dm meža tips, 2014. gads). Kopumā desmit gadus ilgā pētījuma periodā (2012. – 2021. gads) vidējais amonija jonu saturs augšes ūdenī plašākā diapazonā variē kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, salīdzinot ar parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde. Salīdzinot visa pētījuma perioda vidējo amonija jonu saturu augšes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, lielākais amonija jonu saturs gan parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, gan parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, ir Dm meža tipā (attiecīgi, 0,20 ± 0,11 mg NH₄⁺-N L⁻¹ un 0,17 ± 0,02 mg NH₄⁺-N L⁻¹).

Dm objektā nevienā parauglaukumā netika konstatētas statistiski būtiskas amonija satura atšķirības, salīdzinot gadus pēc kailcirtes ar retrospekcijas periodu, kaut gan ievērojams amonija jonu satura palielinājums atsevišķos gados konstatēts gan SB parauglaukumā, gan VB parauglaukumā, gan arī kontroles parauglaukumā, kur mežaudze tika saglabāta. Kp objektā nākamajos gados pēc kailcirtes gada vidējais amonija saturs augšes ūdenī nav būtiski mainījies, izņemot 2014. gadu VB parauglaukumā un 2020. gadu, kad būtiski lielāka gada vidējā amonija jonu koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu, konstatēta visos parauglaukumos. Līdzīgas likumsakarības novērotas arī Ln objektā.



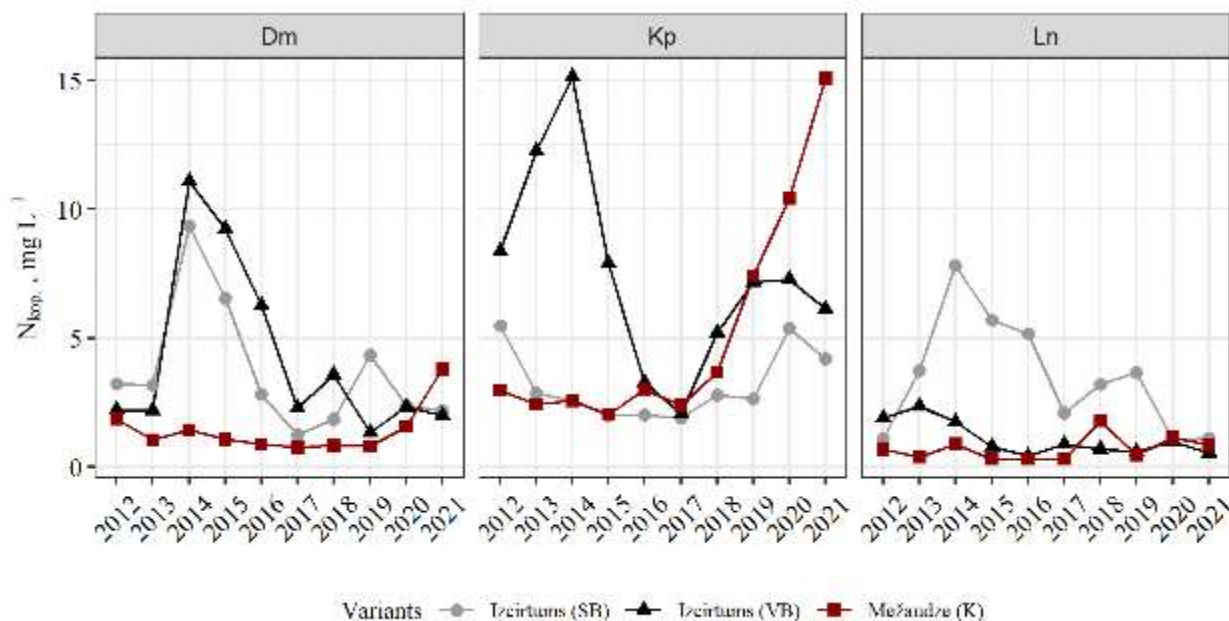
2.10. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

Vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $0,3 \text{ mg N L}^{-1}$ (Ln meža tips, 2015.-2017. gads) līdz $15,1 \pm 2,1 \text{ mg N L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2021. gads). Savukārt parauglaukumos, kur 2013. gada sākumā veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī variē no $0,41 \pm 0,05 \text{ mg N L}^{-1}$ (Ln meža tips, 2012. gads) līdz $15,2 \pm 1,6 \text{ mg N L}^{-1}$ (Kp meža tips, VB parauglaukums, 2014. gads). Salīdzinot desmit gadus ilga pētījuma perioda vidējo kopējo slāpekļa saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos un kur mežaudze ir saglabāta, vidēji lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts Kp meža tipā ($4,55 \pm 0,36 \text{ mg N L}^{-1}$). Tāpat arī salīdzinot kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kur veikta mežizstrāde, lielākais kopējā slāpekļa saturs konstatēts Kp meža tipā ($4,95 \pm 0,26 \text{ mg N L}^{-1}$). Savukārt Ln meža tipā konstatēta būtiski mazāka vidējā kopējā slāpekļa koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar Dm un Kp objektiem.

Dm objektā būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu un parauglaukumiem, kur nav veikta mežizstrāde, konstatēts VB un SB parauglaukumos 2014. un 2015. gadā. Šī paša objekta parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, nav konstatētas būtiskas izmaiņas kopējā slāpekļa vidējā koncentrācijā augsnes ūdenī pētījuma periodā.

Kp objektā būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu un parauglaukumiem, kur nav veikta mežizstrāde, konstatēts VB parauglaukumā 2013. un 2014. gadā. Savukārt Kp objekta SB parauglaukumā konstatēts būtisks kopējā slāpekļa vidējās koncentrācijas samazinājums laika posma no 2013. līdz 2019. gadam, salīdzinot ar retrospekcijas periodu. Šī paša objekta parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, būtisks kopējā slāpekļa vidējās koncentrācijas palielinājums konstatēts kopš 2019. gada, ja salīdzina ar retrospekcijas periodu.

Ln objekta SB parauglaukumā būtisks kopējā slāpekļa satura palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu, konstatēts 2014. – 2016. gadā, bet VB parauglaukumā un parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, būtiskas izmaiņas kopējā slāpekļa vidējā saturā augsnes ūdenī nākamajos gados pēc mežizstrādes veikšanas nav konstatētas.



2.11. attēls. Kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

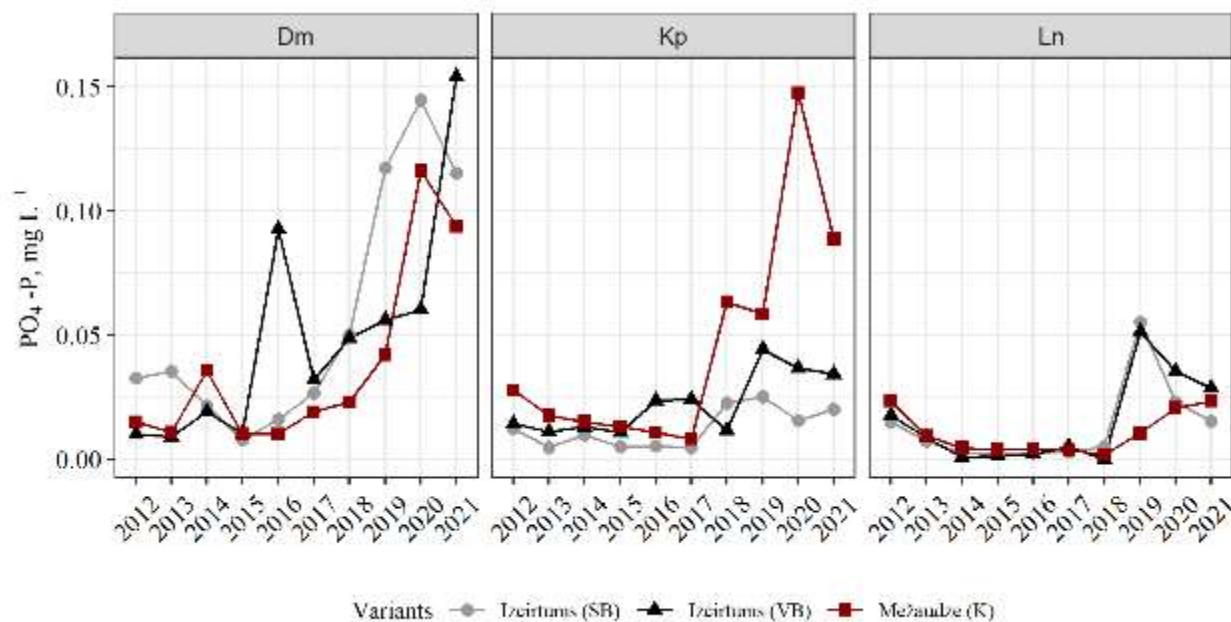
Desmit gadus ilga pētījuma rezultāti liecina, ka atsevišķos gadījumos izcirtumos augsnes ūdenī ir palielinājies izšķīdušo slāpekļa savienojumu saturs, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas. Palielinātam slāpekļa savienojumu saturam augsnes ūdenī, ir duāla ekoloģiska ietekme – pirmkārt, tiek palielināts barības elementu izskalošanās risks no meža ekosistēmas un, otrkārt, tiek palielināta barības vielu pieejamība jaunaudzei. Lai arī analīžu rezultāti norāda, ka atsevišķos parauglaukumos slāpekļa savienojumu satura palielināšanos augsnes ūdenī tieši saistāma ar mežizstrādi, secinājumu, ka slāpekļa savienojumu satura palielināšanos augsnes ūdenī ir izraisījuši tieši kailcirte, nevar vispārināt, jo dažos gadījumos slāpekļa saturs ir palielinājies arī kontroles platībās, savukārt citos tas ir samazinājies, tajā skaitā arī izcirtumos.

2.12. attēlā atspoguļots vidējais fosfātu saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta. Gada vidējais fosfātu saturs augsnes ūdenī parauglaukumos, kur nav veikta mežizstrāde, pētījuma periodā variē no $< 0,01 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ līdz $0,15 \pm 0,04 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ (Kp meža tips, 2020. gads). Savukārt parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais fosfātu saturs augsnes ūdenī svārstās no $< 0,01 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ līdz $0,15 \pm 0,04 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ (Dm meža tips, VB parauglaukums, 2021. gads).

Salīdzinot desmit gadus ilga pētījuma perioda vidējo fosfātu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, lielākais fosfātu saturs gan parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, gan parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, ir Dm meža tipā ($0,046 \pm 0,008 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ un $0,044 \pm 0,005 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$, attiecīgi).

Salīdzinoši lielās fosfātu koncentrācijas augsnes ūdeņos variācijas dēļ pētījuma periodā Dm objektā būtiskas fosfātu koncentrācijas izmaiņas, salīdzinot ar 2012. gadu, netika novērotas, izņemot 2016. gadu VB parauglaukumā. Līdzīga situācija novērota arī Kp objektā, izņemot 2020. gadu, kad kontroles parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, konstatēta būtiski lielāka fosfātu koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu. Ln objektā laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam SB parauglaukumā un laika posmā no 2014. līdz 2018. gadam kontroles parauglaukumā konstatēta statistiski būtiska fosfātu koncentrācijas samazināšanās augsnes ūdeņos, salīdzinot ar 2012. gadu. Savukārt laika posmā kopš 2018. gada visos objektos augsnes ūdenī vrojama fosfātu koncentrācijas palielināšanās. Turklāt Ln objektā 2019. gadā gan SB, gan VB parauglaukumā konstatēta būtiski lielāka fosfātu koncentrācija augsnes ūdenī, salīdzinot ar 2012. gadu. Tomēr šis

tendences nav viennozīmīgi skaidrojamas ar mežizstrādes ietekmi, jo fosfātu koncentrācijas palielināšanās konstatēta ne tikai SB parauglaukumos, kur šis process teorētiski varētu tikt skaidrots ar lielāka izmēra mežizstrādes atlieku sadalīšanos, bet arī parauglaukumos, kur izvēkta visa virszemes biomasa, un kontroles parauglaukumos.

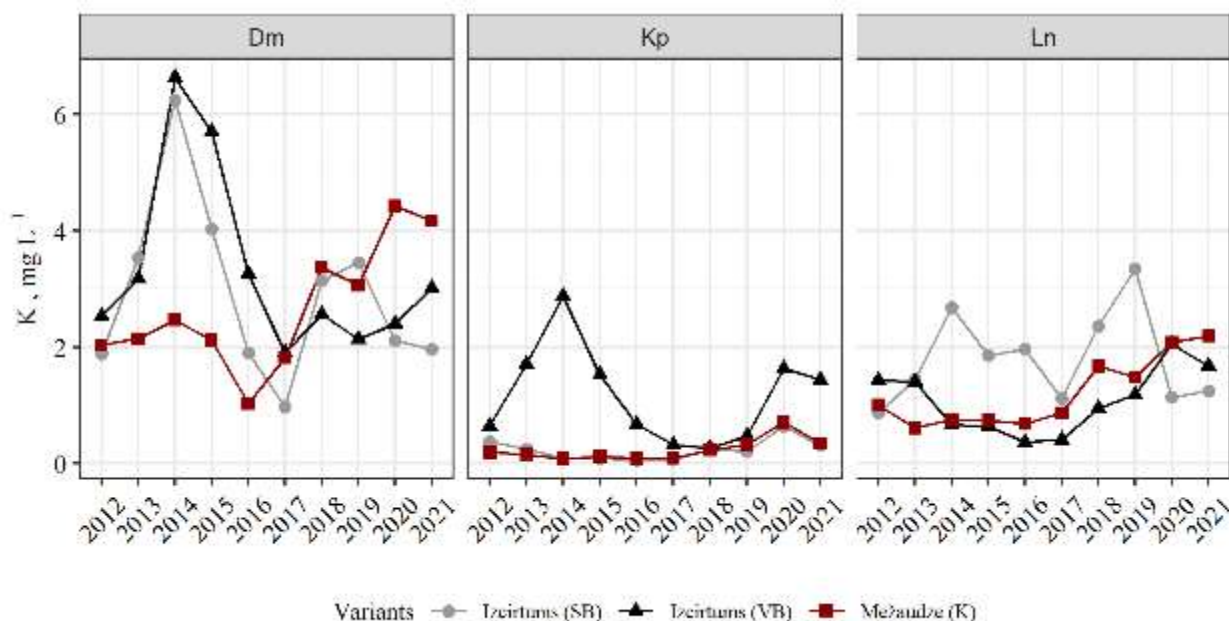


2.12. attēls. Fosfātu saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

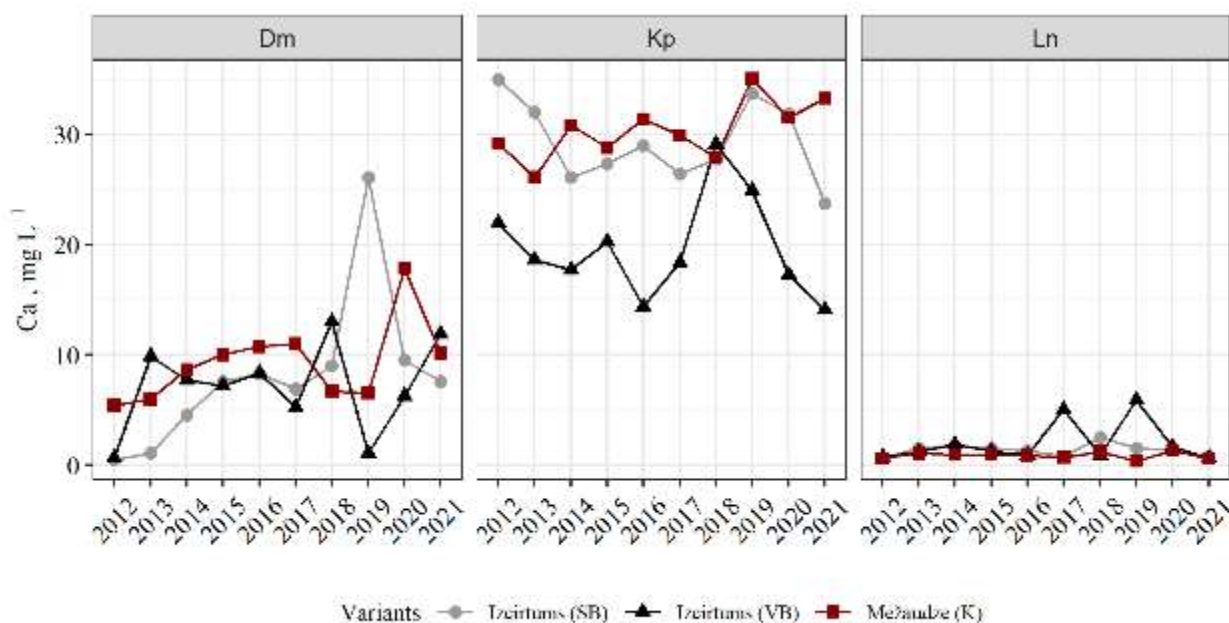
2.13.-2.15. attēlā atspoguļots vidējais bāzisko katjonu (K, Ca un Mg) saturs augsnes ūdenī pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, un kontroles parauglaukumos, kur mežaudze ir saglabāta, laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam. Vidējais kālija saturs augsnes ūdenī parauglaukumos pētījuma periodā variē no $0,06 \pm 0,01$ mg K L⁻¹ (Kp meža tips, SB parauglaukums, 2016. gads) līdz $6,63 \pm 0,68$ mg K L⁻¹ (Dm meža tips, VB parauglaukums, 2014. gads), vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī variē no $0,35 \pm 0,11$ mg Ca L⁻¹ (Ln meža tips, mežaudze, 2019. gads) līdz $35,1 \pm 1,5$ mg Ca L⁻¹ (Kp meža tips, mežaudze, 2019. gads), bet vidējais magnija saturs augsnes ūdenī variē no $0,31 \pm 0,04$ mg Mg L⁻¹ (Dm meža tips, SB parauglaukums, 2012. gads) līdz $9,85 \pm 1,04$ mg Mg L⁻¹ (Kp meža tips, SB parauglaukums, 2012. gads). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, vērojamas atšķirības. Lielāks vidējais K saturs augsnes ūdenī konstatēts parauglaukumos (gan kontroles mežaudzē, gan izcirtumā), kas ierīkoti Dm meža tipā, savukārt lielāks Ca un Mg saturs augsnes ūdenī konstatēts Kp meža tipā.

Salīdzinot bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī pirms un pēc mežizstrādes, konstatēts, ka Dm objekta izcirtumos kālija saturs ir būtiski palielinājies 2014. un 2015. gadā, bet parauglaukumā, kur mežaudze ir saglabāta, būtiskas izmaiņas vidējā kālija saturā augsnes ūdenī pētījuma periodā nav konstatētas. Kp objekta izcirtuma parauglaukumos vērojamas pretējas tendences – ja SB parauglaukumā laika posmā no 2014. līdz 2017. gadam kālija vidējais saturs ir būtiski mazāks kā 2012. gadā, tad VB parauglaukumā pēc mežizstrādes veikšanas vērojams kālija satura palielinājums, turklāt 2014. gadā vidējais kālija saturs ir būtiski lielāks kā 2012. gadā. Arī Ln objekta izcirtumos vērojamas pretējas tendences – SB parauglaukumā vērojams vidējās kālija koncentrācijas pieaugums augsnes ūdenī pēc mežizstrādes veikšanas, turklāt 2014. un 2019. gadā vērojams būtiski lielāks vidējais kālija saturs, salīdzinot ar 2012. gadu (pirms mežizstrādes veikšanas), bet VB parauglaukumā vērojama vidējās kālija koncentrācijas samazināšanās augsnes ūdenī pēc mežizstrādes, turklāt 2016. gadā konstatēts būtisks samazinājums, salīdzinot ar 2012. gadu.

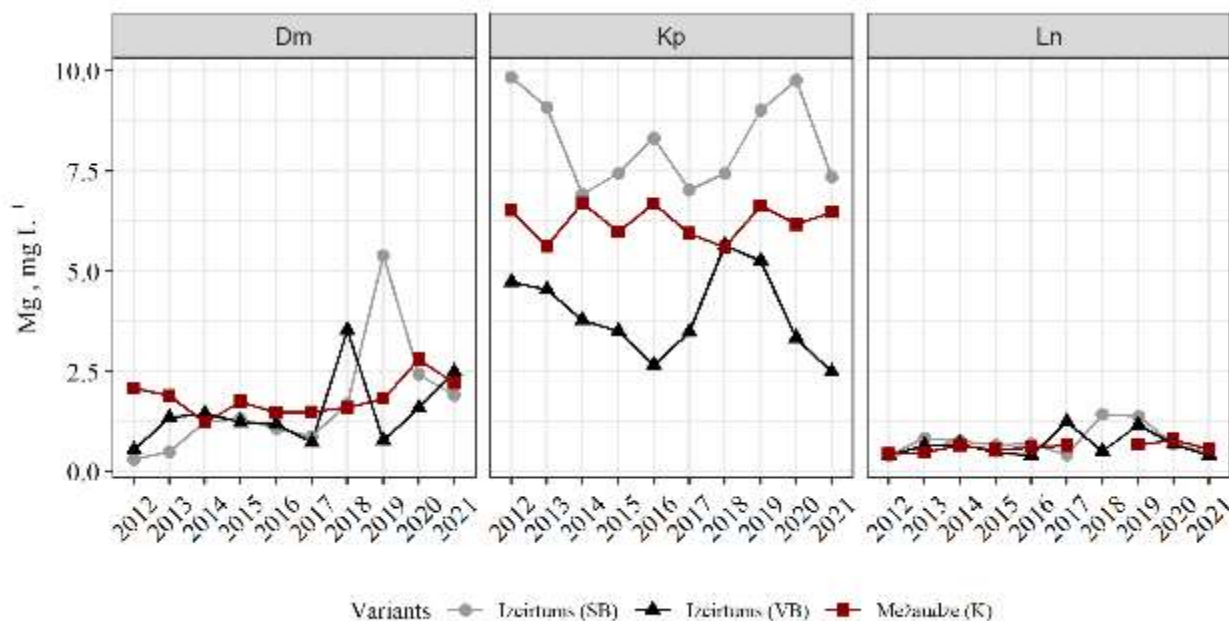
Būtisks kalcijs un magnija koncentrācijas palielinājums augsnes ūdenī, salīdzinot ar retrospekcijas periodu (2012. gads), konstatēts tikai atsevišķos gadījumos – būtiski lielāks kalcijs saturs konstatēts Dm objekta SB parauglaukumā 2019. gadā, bet būtiski lielāks magnija saturs konstatēts Dm objekta SB parauglaukumā 2019. gadā un VB parauglaukumā 2018. gadā, kā arī Ln objekta SB parauglaukumā 2018. un 2019. gadā.



2.13. attēls. Kālija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

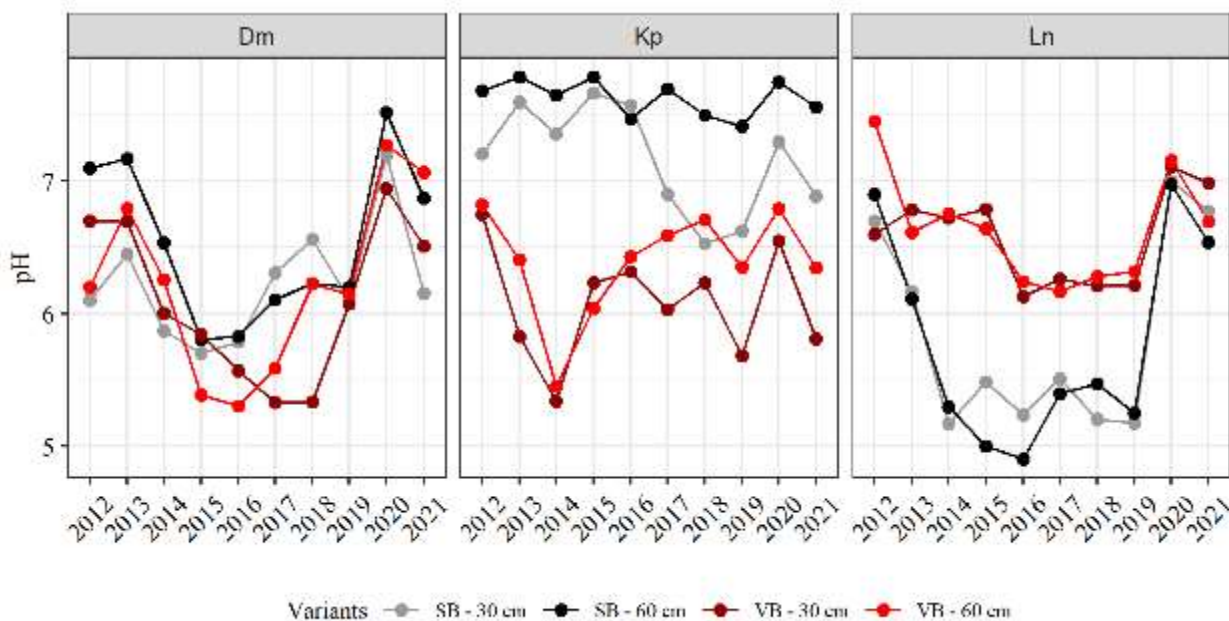


2.14. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos



2.15. attēls. Magnija saturs augsnes ūdeņos pētījuma objektos

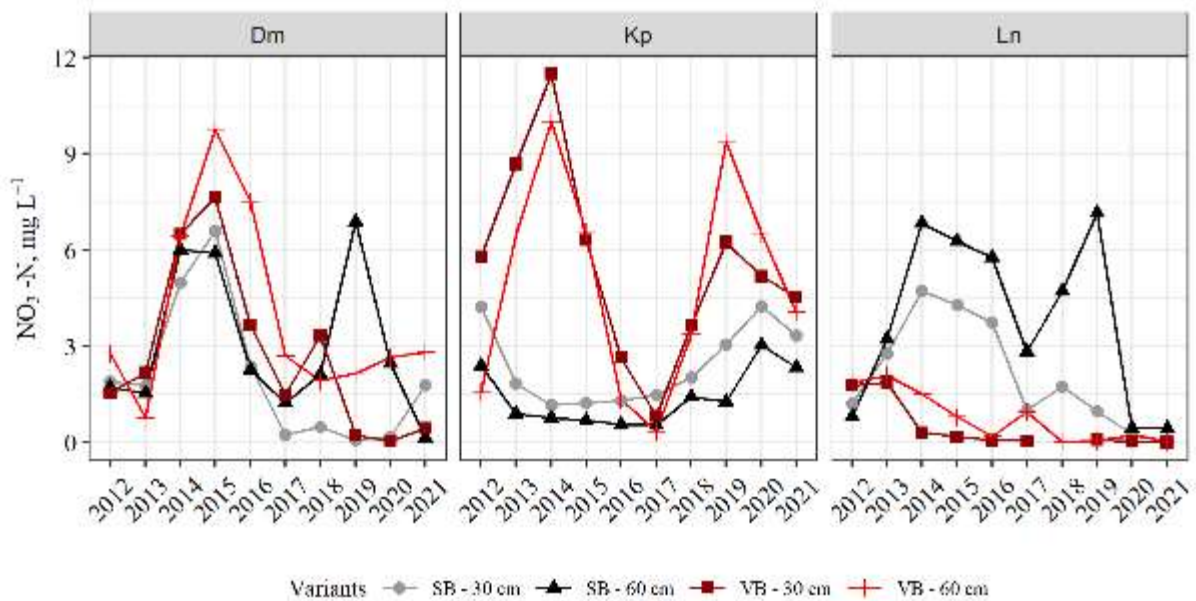
2.16. attēlā atspoguļots augsnes ūdens skābums 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos, kas ierīkoti Dm, Kp un Ln meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes – kailcirte ar visas biomasas izvākšanu (VB) vai kailcirte ar stumbra biomasas izvākšanu (SB). Pētījuma perioda vidējais augsnes ūdens pH svārstās no $\text{pH } 4,9 \pm 0,2$ (2016. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļums) līdz $\text{pH } 7,8 \pm 0,1$ (2013. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļums). Salīdzinot augsnes ūdens pētījuma perioda vidējo pH starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, bāziskākie augsnes ūdeņi gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā konstatēti Kp meža tipā, kas norāda uz ar karbonātiem bagātu pazemes spiedes ūdeņu pieplūdi pētījuma objektā. Skābākie augsnes ūdeņi konstatēti parauglaukumā Ln meža tipā, kur veikta stumbra biomasas izvākšana. Dm un Ln meža tipā ierīkotos parauglaukumos, kā arī VB parauglaukumā Kp meža tipā vērojama tendence mežizstrādes rezultātā augsnes ūdeņiem paskābināties gan 30 cm, gan 60 cm dziļumā. Būtiskas augsnes ūdens skābuma atšķirības starp mežizstrādes variantiem konstatētas Kp objektā, kur augsnes ūdens bija skābāks parauglaukumā, kur izvākta visa biomasas. Pretēja sakarība konstatēta Ln objektā, kur laika posmā no 2013. līdz 2019. gadam augsnes ūdens bija būtiski skābāks parauglaukumos, kur izvākta stumbru biomasas.



2.16. attēls. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes

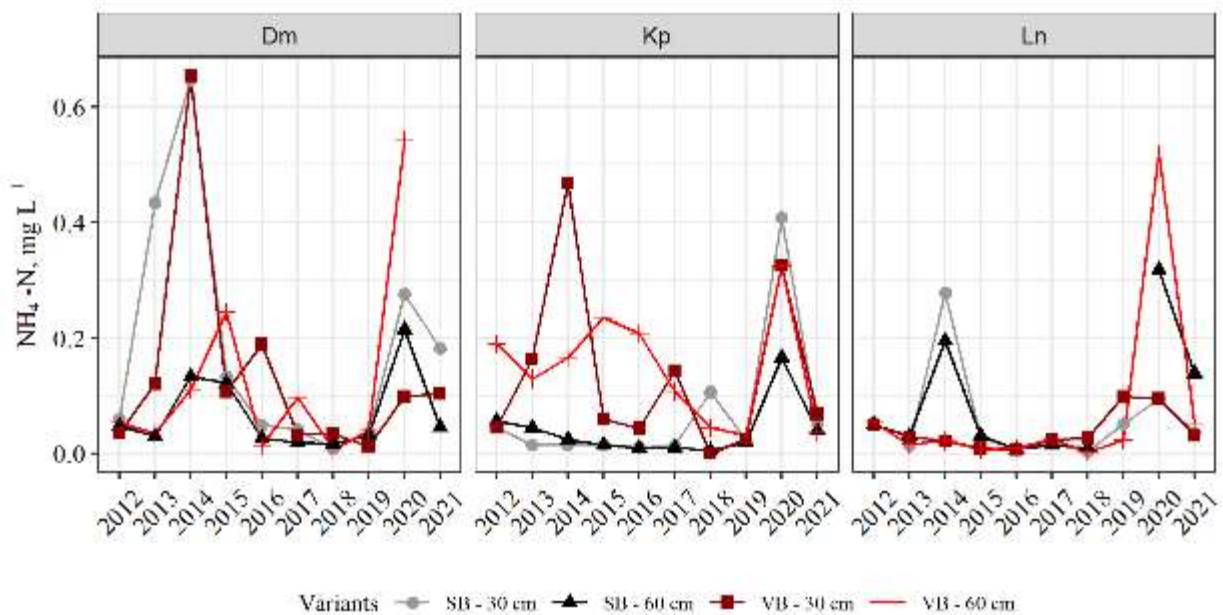
Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī variē no $< 0,01 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (2021. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz $11,5 \pm 2,3 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (2014. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) (2.17. attēls). Atsevišķos parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties nitrātu saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, sasniedzot būtisku koncentrācijas paaugstinājumu. Savukārt ceturtajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama nitrātu satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Vislabāk šī tendence saskatāma parauglaukumos, kas ierīkoti Dm objektā (gan SB, gan VB parauglaukumā), Kp objekta VB parauglaukumā un Ln objekta SB parauglaukumā.

Kopumā visā pētījuma periodā tika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp mežizstrādes variantiem – Dm un Kp objektā vidējais nitrātu saturs augsnes ūdenī bija augstāks VB parauglaukumā, bet Ln objektā augstāks nitrātu saturs augsnes ūdenī bija SB parauglaukumā ($p < 0.001$).



2.17. attēls. Nitrātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs augsnes ūdenī variē no $< 0,01 \text{ mg NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$ līdz $0,65 \pm 0,30 \text{ mg NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$ (2014. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā). Atsevišķos parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties amonija jonu saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas (2.18. attēls). Vairākos parauglaukumos ievērojams amonija jonu koncentrācijas palielinājums konstatēts 2020. gadā, salīdzinot ar iepriekšējo gadu, taču šajā tendencē netika konstatētas kādas konkrētas likumsakarības. Būtiskas atšķirības starp augsnes ūdens vidējo amonija jonu saturu parauglaukumā, kur izvākta stumbra biomasa un visa virszemes biomasa, konstatētas tikai Kp objektā (2013.-2020. gads), lielāks amonija jonu saturs augsnes ūdenī konstatēts VB parauglaukumā.

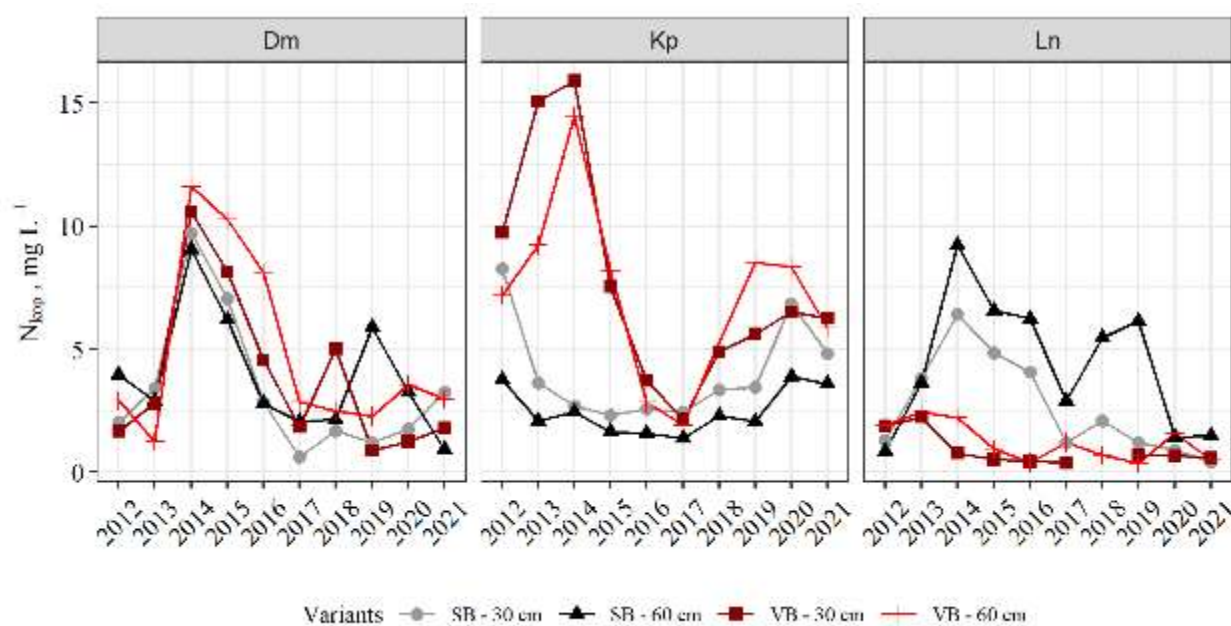


2.18. attēls. Amonija jonu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

2.19. attēlā atspoguļots vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma objektu

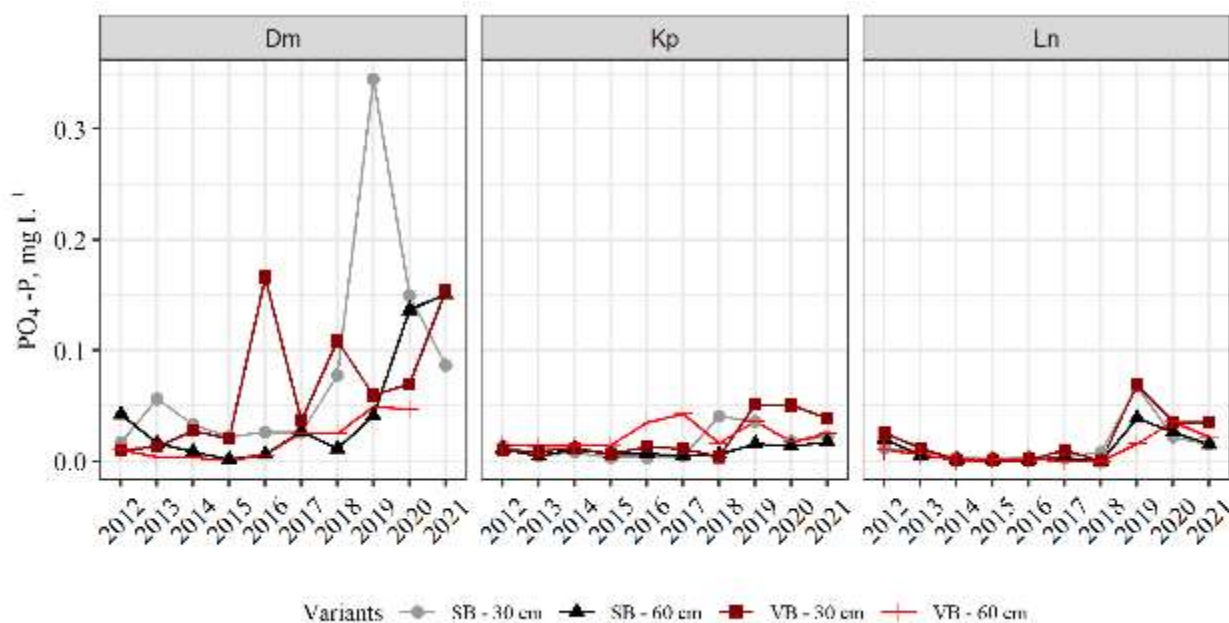
parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī variē no $0,37 \pm 0,07 \text{ mg N L}^{-1}$ (2019. gads, Ln meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) līdz $15,9 \pm 2,4 \text{ mg N L}^{-1}$ (2014. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta visa biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā). Galvenokārt parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties kopējā slāpekļa saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, sasniedzot būtisku palielinājumu, savukārt, sākot no ceturta gada pēc mežizstrādes veikšanas, atkal vērojama kopējā slāpekļa satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Šāda tendence nav saskatāma SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde, un VB parauglaukumā, kas ierīkots Ln meža tipā.

Pētījuma periodā kopumā būtiskas augsnes ūdens kopējā slāpekļa vidējās koncentrācijas atšķirības starp VB un SB parauglaukumu konstatētas visos objektos – Dm un Kp objektā būtiski augstāks kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī konstatēts VB parauglaukumā, bet Ln objektā statistiski būtiski augstāks kopējā slāpekļa saturs augsnes ūdenī konstatēts SB parauglaukumā.



2.19. attēls. Kopējais slāpekļa saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

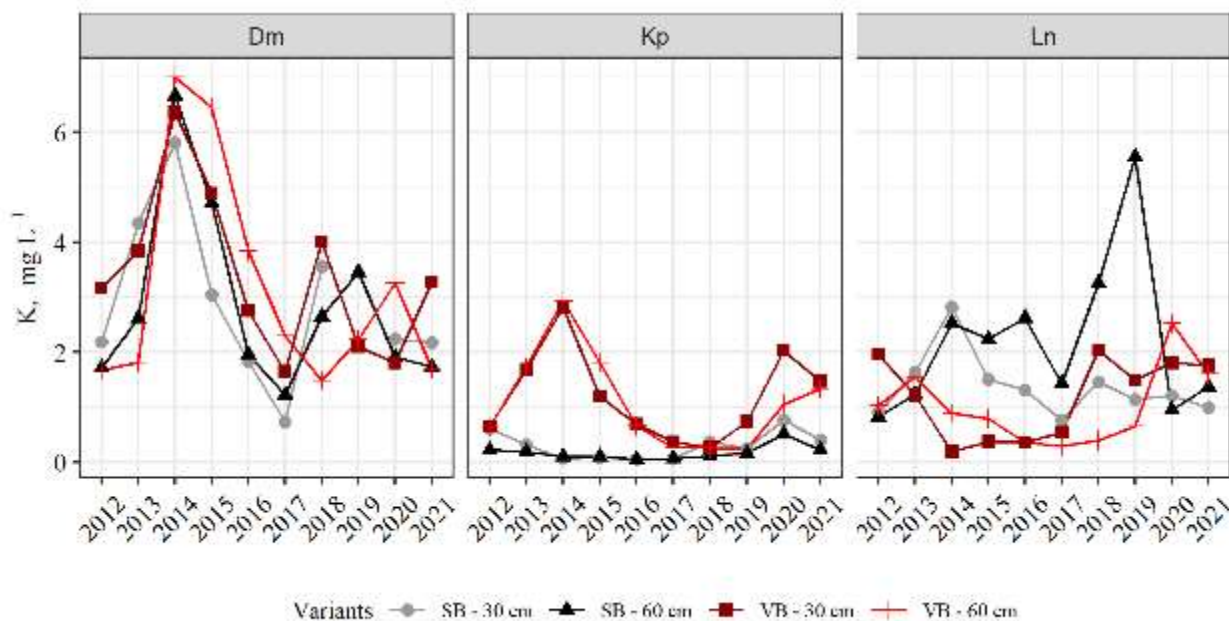
2.20. attēlā atspoguļots vidējais fosfātu saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Pētījuma objektu parauglaukumos, kur veikta mežizstrāde, pētījuma perioda vidējais fosfātu saturs augsnes ūdenī variē līdz $0,35 \pm 0,32 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$ (2019. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta stubra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā). Pētījuma ietvaros nav novērota būtiska mežizstrādes vai mežizstrādes paņēmiena (intensitātes) ietekme uz fosfātu saturu augsnes ūdenī. Vienīgā būtiskā fosfātu satura augsnes ūdenī atšķirība starp izcirtumiem konstatēta Kp objektā 60 cm dziļumā, augstāks fosfātu saturs bijis VB parauglaukumā. 2018.-2021. gadā atsevišķos parauglaukumos tika konstatēta fosfātu satura augsnes ūdenī palielināšanās, turklāt 2019. un 2020. gadā vairākos parauglaukumos novērotas pētījuma perioda lielākās vidējās fosfātu satura vērtības augsnes ūdenī, kas, līdzīgi kā slāpekļa savienojumu gadījumā, varētu norādīt uz pastiprinātu elementu atbrīvošanos, sadaloties organiskajai vielai.



2.20. attēls. Fosfātu saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

Pētījuma perioda (2012.-2021. gads) vidējais kālija saturs augsnes ūdenī variē salīdzinoši plašā amplitūdā no $0,06 \pm 0,01$ mg K L⁻¹ (2016. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz $7,01 \pm 1,09$ mg K L⁻¹ (2014. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta visas biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā) (2.21. attēls). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo K saturu augsnes ūdeņos starp parauglaukumiem (izcirtumiem), kas ierīkoti dažādos meža tipos, būtiski lielāks K saturs augsnes ūdeņos konstatēts Dm meža tipā. Vismazākais K saturs augsnes ūdeņos konstatēts SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. Galvenokārt parauglaukumos mežizstrādes rezultātā vērojama tendence palielināties kālija saturam augsnes ūdeņos, īpaši otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas, savukārt ceturtajā un piektajā gadā pēc mežizstrādes veikšanas atkal vērojama kālija satura augsnes ūdeņos samazināšanās. Šāda tendence nav saskatāma SB parauglaukumā, kas ierīkots Kp meža tipā, un VB parauglaukumā, kas ierīkots Ln meža tipā.

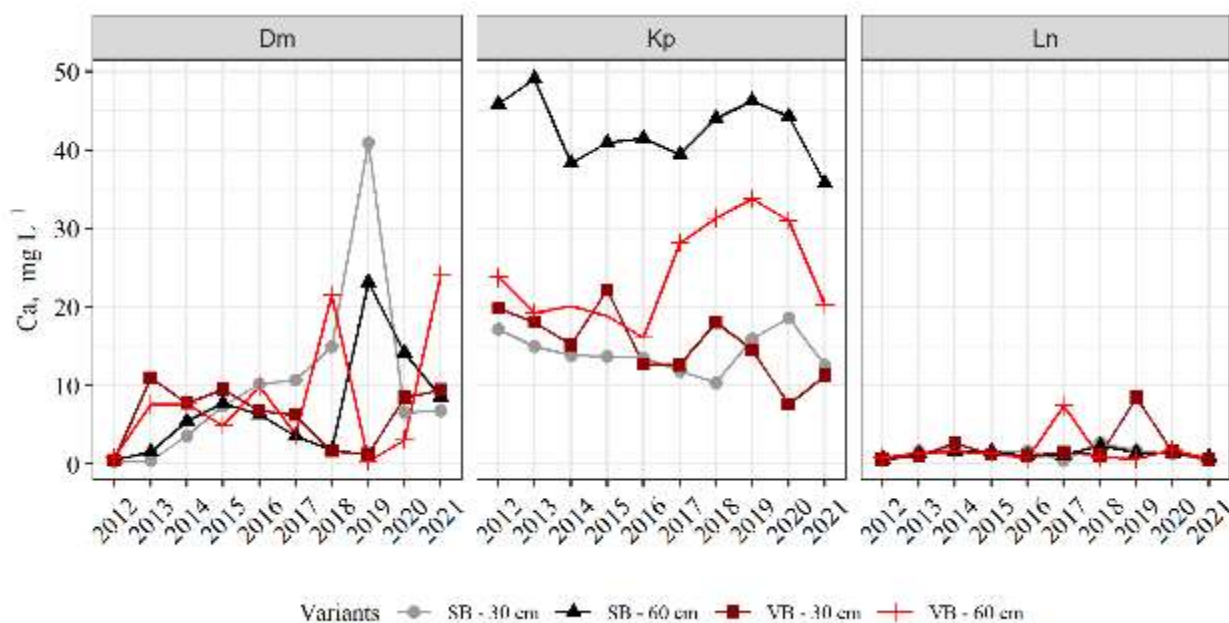
Pētījuma periodā kopumā būtiskas augsnes ūdens kālija vidējās koncentrācijas atšķirības starp VB un SB parauglaukumu konstatētas Kp un Ln objektos – Kp objektā būtiski augstāks kālija saturs augsnes ūdenī konstatēts VB parauglaukumā, bet Ln objektā statistiski būtiski augstāks kālija saturs augsnes ūdenī konstatēts SB parauglaukumā.



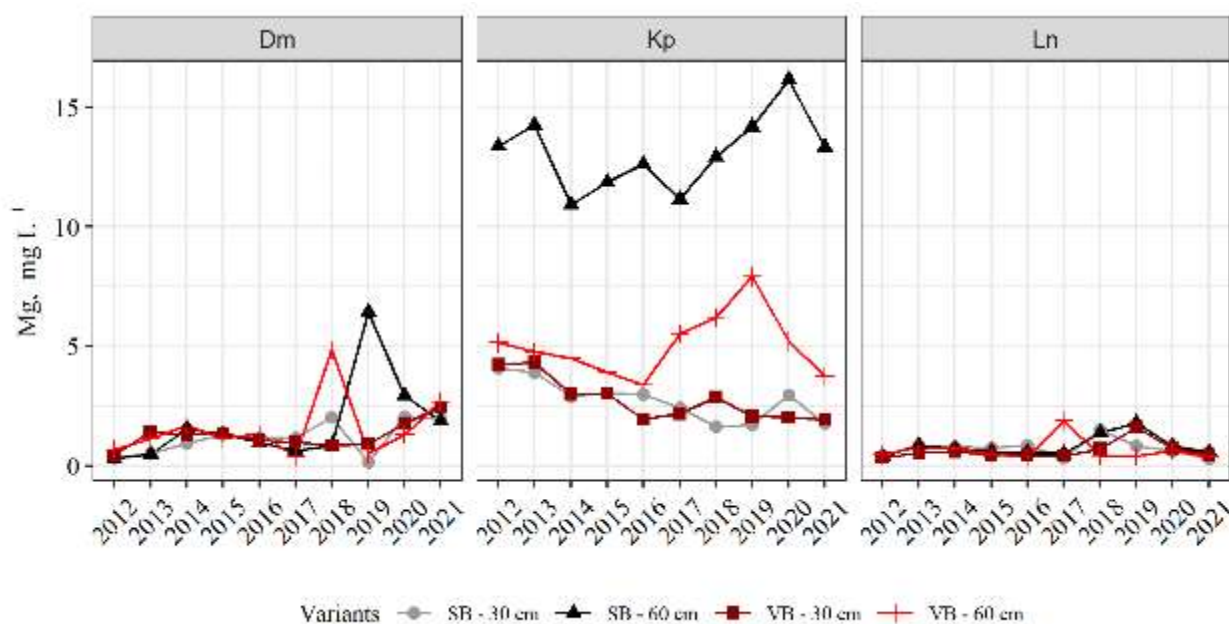
2.21. attēls. Kālija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

2.22. un 2.23. attēlā parādīts vidējais Ca un Mg saturs augsnes ūdenī 30 cm un 60 cm dziļumā pētījuma objektos atkarībā no mežizstrādes intensitātes (2012.-2021. gads). Pētījuma perioda vidējais kalcija saturs augsnes ūdenī variē no $0,36 \pm 0,04$ mg Ca L⁻¹ (2012. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz $49,1 \pm 2,8$ mg Ca L⁻¹ (2013. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā), bet vidējais Mg saturs augsnes ūdenī variē no $0,15$ mg Mg L⁻¹ (2019. gads, Dm meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 30 cm dziļumā) līdz $16,1 \pm 1,0$ mg Mg L⁻¹ (2020. gads, Kp meža tips, parauglaukums, kur veikta stumbra biomasas izvākšana, 60 cm dziļumā). Salīdzinot pētījuma perioda vidējo Ca un Mg saturu augsnes ūdeņos starp parauglaukumiem, kas ierīkoti dažādos meža tipos, būtiski lielāks Ca un Mg saturs augsnes ūdeņos 60 cm dziļumā konstatēts Kp meža tipā, kur vērojama pazemes spiedes ūdeņu pieplūde. Vismazākais Ca un Mg saturs augsnes ūdeņos konstatēts parauglaukumos, kas ierīkoti Ln meža tipā.

Dm objektā netika konstatētas būtiskas kalcija vai magnija satura atšķirības augsnes ūdenī izcirtumā, kur izvākta stumbru biomasas, un izcirtumā, kur izvākta visa biomasas. Savukārt Kp objektā 60 cm dziļumā parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasas, bija būtiski augstāks kalcija un magnija saturs augsnes ūdenī, salīdzinot ar otru izcirtumu, bet, jāņem vērā, ka minētās atšķirības novērotas arī 2012. gadā (retrospekcijas periodā).

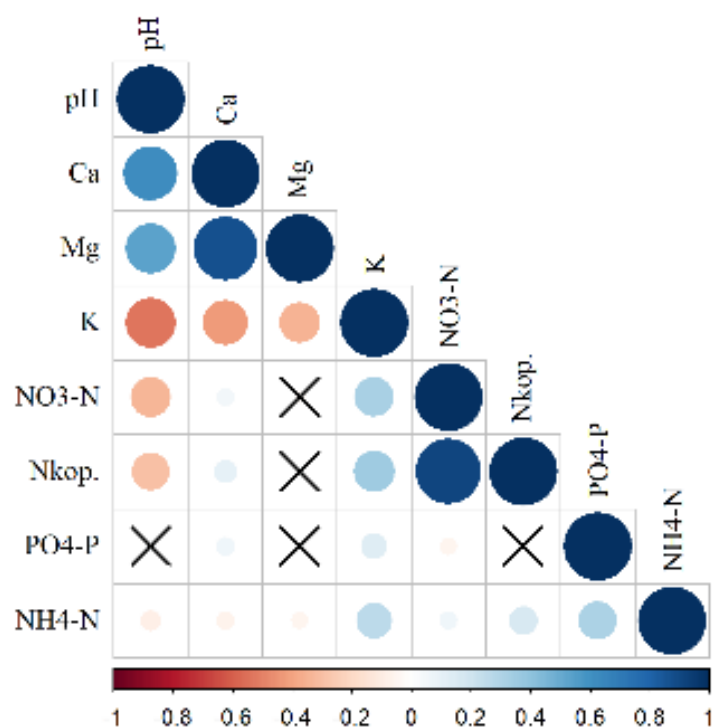


2.22. attēls. Kalcija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes



2.23. attēls. Magnija saturs augsnes ūdenī atkarībā no mežizstrādes intensitātes

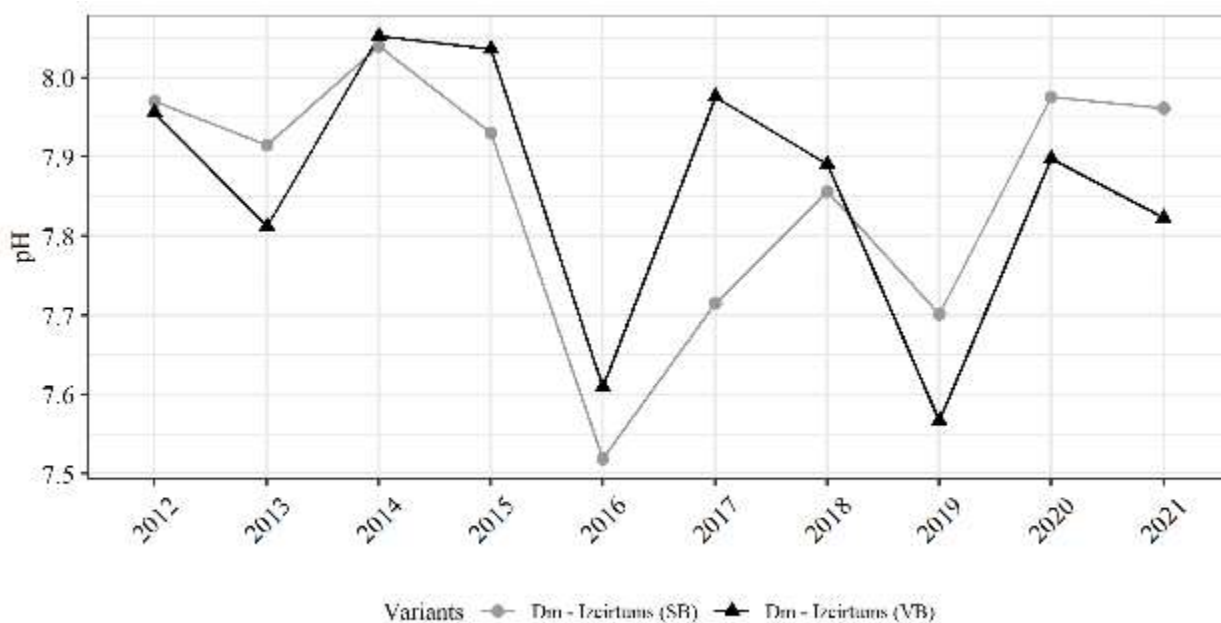
Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2021. gada pētījumu periodam parādīta 2.24. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ($r > 0,50$, $p < 0,05$) konstatētas starp augsnes ūdens pH un Ca un Mg saturu augsnes ūdenī ($r = 0,62$ un $r = 0,53$, attiecīgi), kā arī starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī ($r = 0,92$) un starp kalcija un magnija saturu augsnes ūdenī ($r = 0,87$). Būtiska negatīva korelācija konstatēta tikai starp augsnes ūdens pH un K saturu augsnes ūdenī ($r = -0,53$).



2.24. attēls. Augsnes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2021. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apļa izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām $p > 0,05$, tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X).

Barības vielu koncentrācija gruntsūdenī

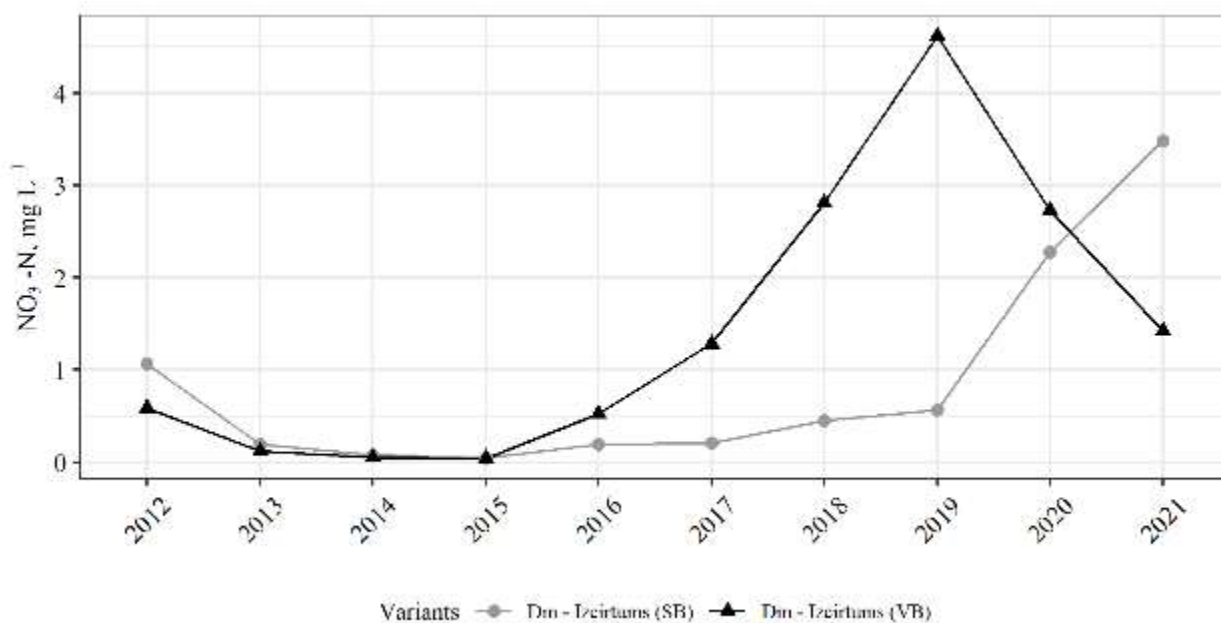
2.25.-2.32. attēlā atspoguļots gruntsūdens ķīmiskais sastāvs Dm pētījuma objekta SB un VB parauglaukumos. 2.25. attēlā parādīts gruntsūdens pH Dm pētījuma objektā, izcirtumos ar dažādu mežizstrādes intensitāti. Pētījuma ietvaros gruntsūdens ķīmiskais sastāvs pētīts atsevišķi parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, un parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana. Gruntsūdeņu vidējais pH desmit gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0.5 pH vienībām. Gan parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, gan parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, neliela gruntsūdeņu paskābināšanās novērota 2016. un 2019. gadā, bet statistiski būtisks vidējais pH vērtības samazinājums netika novērots.



2.25. attēls. Gruntsūdeņu pH Dm pētījuma objektā

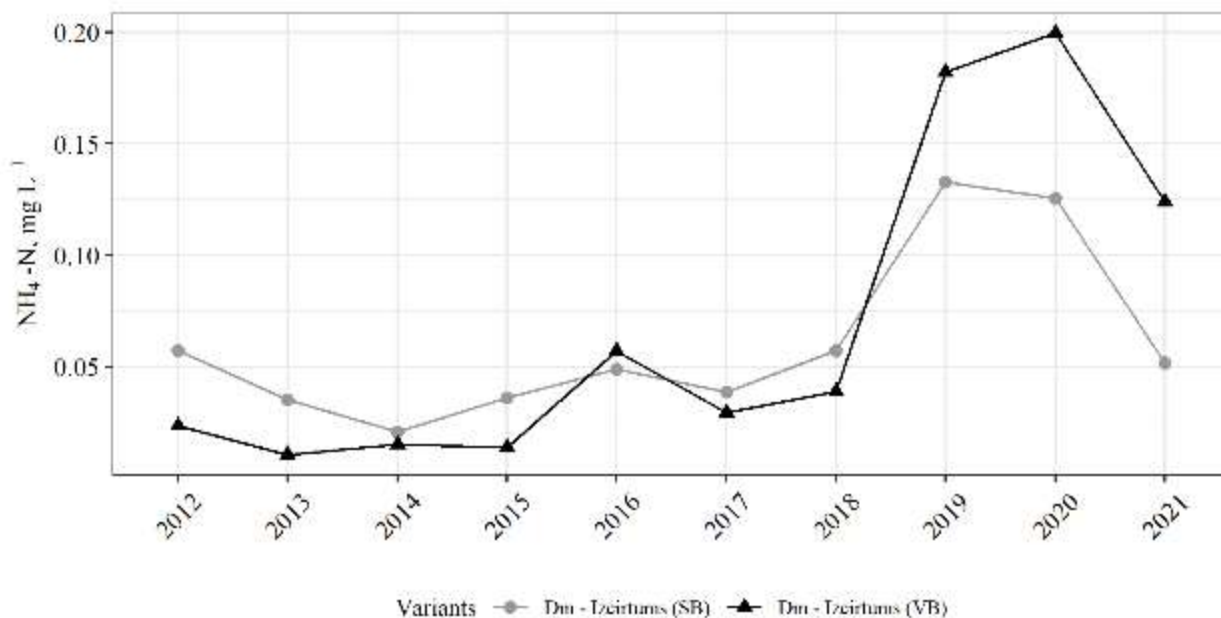
2.26. attēlā parādīts nitrātu, kas ir galvenā slāpekli saturošā neorganiskā savienojumu forma, saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Nitrātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variēja līdz $5,28 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedza $4,62 \pm 0,24 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$. ES Nitrātu direktīvā (1991) noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ vai tam ekvivalents $11,3 \text{ mg NO}_3^- \text{ N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta.

Augstākais vidējais nitrātu saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, konstatēts 2021. gadā – devītais gads pēc mežizstrādes veikšanas. Parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, augstākais nitrātu saturs konstatēts 2019. gadā (septītais gads pēc mežizstrādes veikšanas). Kopš 2016. gada gan parauglaukumā, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana, gan parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, vērojama pakāpeniska nitrātu satura palielināšanās gruntsūdeņos. Turklāt laika posmā no 2017. līdz 2019. gadam parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, konstatēts būtiski lielāks nitrātu saturs gruntsūdeņos, salīdzinot ar parauglaukumu, kur veikta tikai stumbra biomasas izvākšana.



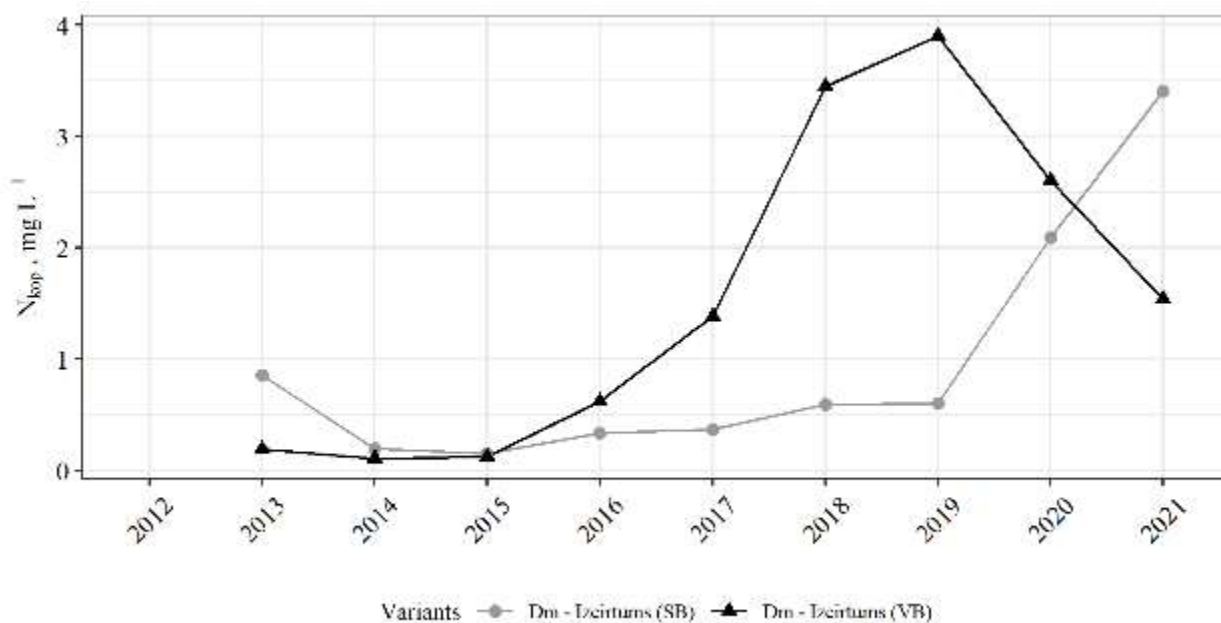
2.26.attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

2.27. attēlā atspoguļots amonija jonu saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē līdz 0,85 mg NH₄⁺-N L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 0,20 ± 0,13 mg NH₄⁺-N L⁻¹. Parauglaukumā, kur izvēkta stumbru biomasa, amonija saturs gruntsūdenī līdz 2014. gadam samazinājies, bet 2018. gadā atkal sasniegta un 2019. – 2021. gadā ievērojami pārsniegta 2012. gada vidējā vērtība. Līdzīgi kā SB parauglaukumā, arī VB parauglaukumā 2019. un 2020. gadā sasniegtas maksimālās pētījuma perioda vidējās amonija jonu koncentrācijas gruntsūdeņos.



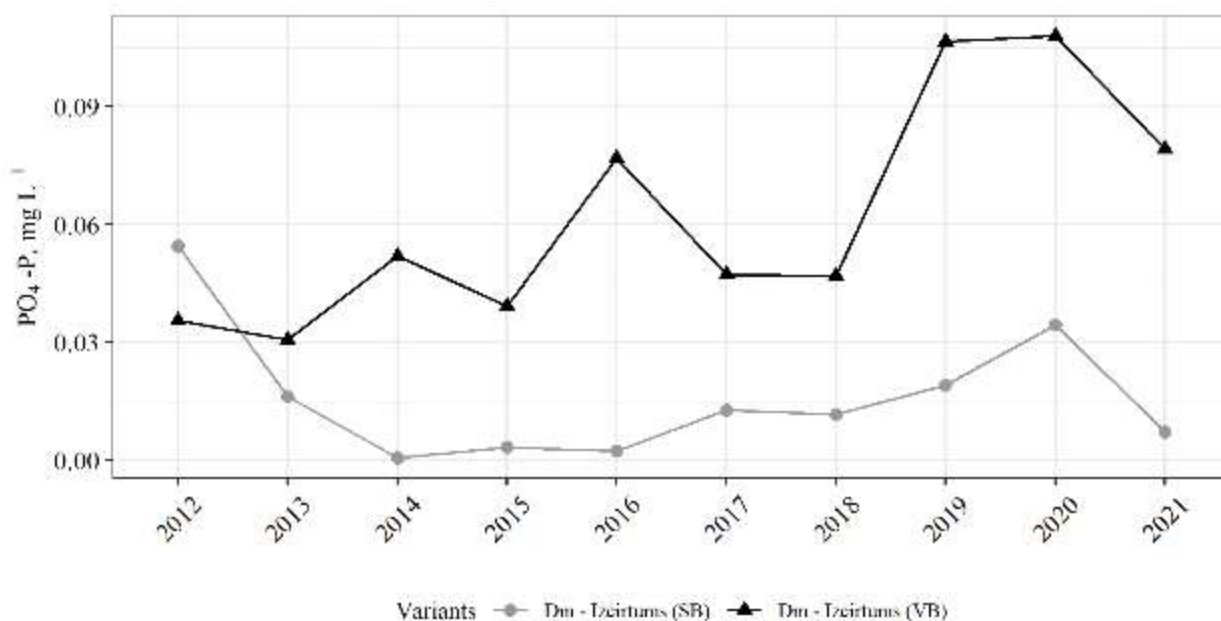
2.27.attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

2.28.attēlā atspoguļots kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē no 0,04 mg N L⁻¹ līdz 6,03 mg N L⁻¹. 2013. gadā (pirmais gads pēc mežizstrādes veikšanas) būtiski lielāks kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos konstatēts SB parauglaukumā, bet 2016. - 2020. gadā ievērojami lielāks kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos konstatēts VB parauglaukumā.



2.28.attēls. Kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

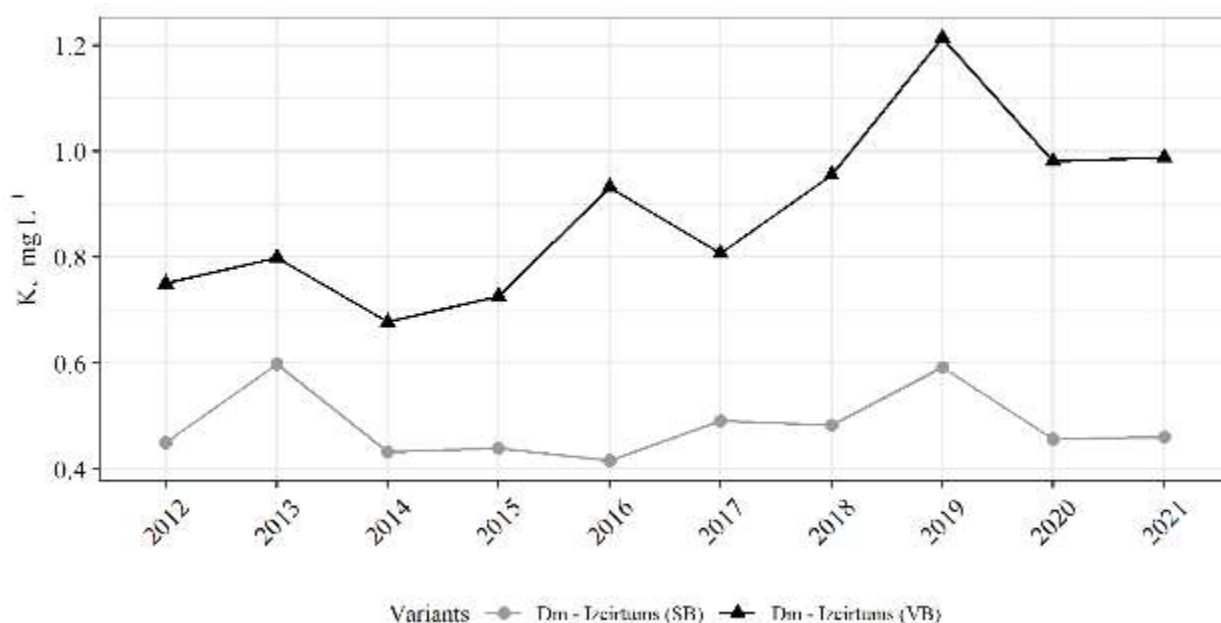
2.29. attēlā parādīts fosfātu saturs gruntsūdeņos objektā, kas ierīkoti Dm meža tipā, atkarībā no mežizstrādes intensitātes. Fosfātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā variē līdz 0,29 mg PO₄³⁻-P L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 0,11 ± 0,03 mg PO₄³⁻-P L⁻¹. Kopš 2013. gada ievērojami lielāks vidējais fosfātu saturs konstatēts VB parauglaukumā, salīdzinot ar SB parauglaukumu. Izvērtējot vidējo fosfātu saturu gruntsūdenī laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam, ievērojams vidējā fosfātu satura palielinājums konstatēts VB parauglaukumā 2016., 2019. – 2021. gadā. 2019. un 2020. gadā SB parauglaukumā novērotās vidējās fosfātu koncentrācijas gruntsūdenī pārsniedz vidējās koncentrācijas, kas konstatētas laika posmā no 2013. līdz 2018. gadam, bet VB parauglaukumā 2019. un 2020. gadā konstatētas pētījuma perioda maksimālās vidējās fosfātu koncentrācijas gruntsūdenī.



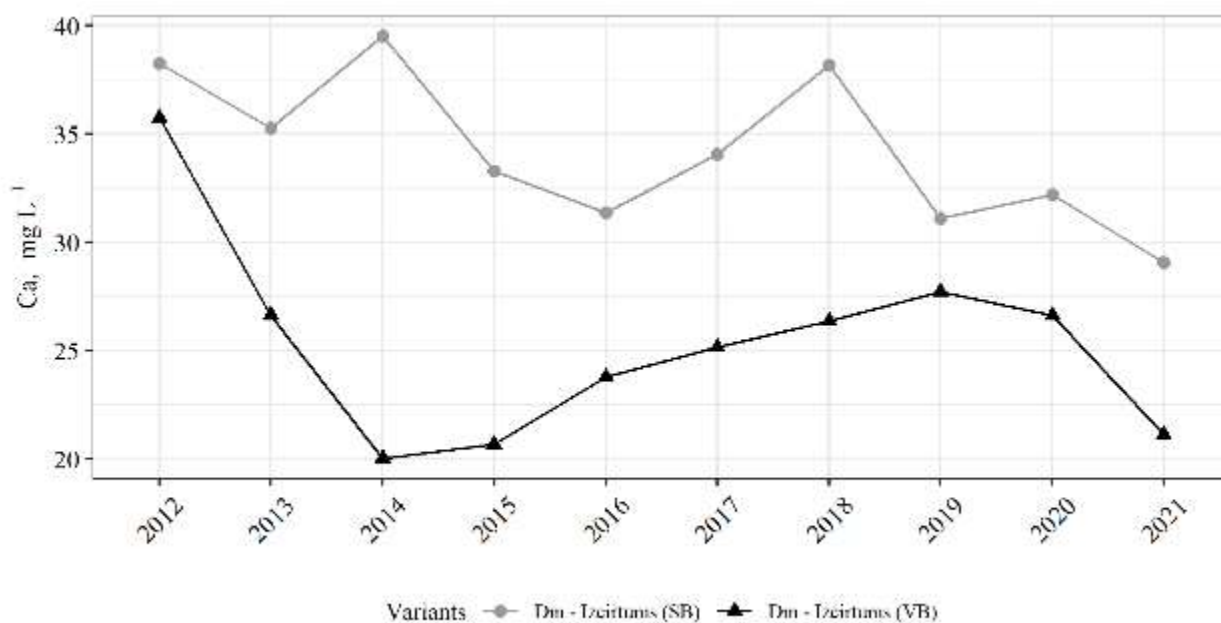
2.29. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

Laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam kālija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 0,26 mg K L⁻¹ līdz 1,51 mg K L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs nepārsniedz 1,21 ± 0,12 mg K L⁻¹ (2.30. attēls). Kalcija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 14,8 mg Ca L⁻¹ līdz 59,1 mg Ca L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējais kalcija saturs nepārsniedz 39,5 ± 0,7 mg Ca L⁻¹ (2.31.attēls). Savukārt laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam magnija saturs gruntsūdeņos pētījuma objektos variē no 0,56 mg Mg L⁻¹ līdz 12,0 mg Mg L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējais magnija saturs nepārsniedz 9,16 ± 0,14 mg Mg L⁻¹ (2.32.attēls). Līdzīgi kā virsūdeņos, arī gruntsūdeņos bāzisko katjonu saturs samazinās sekojošā secībā: Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺.

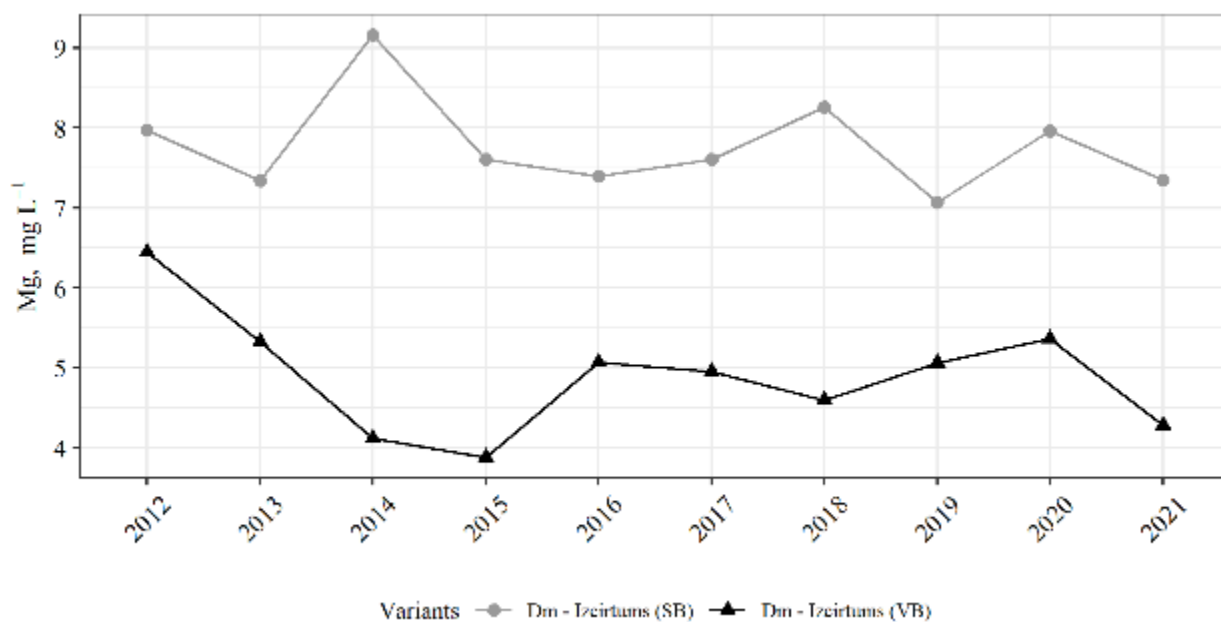
VB parauglaukumā gruntsūdeņos visus deviņus gadus pēc mežizstrādes (2013.-2021. gads) konstatēta būtiski mazāka kalcija koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu. Tāpat VB parauglaukuma gruntsūdeņos laika posmā no 2013. līdz 2021. gadam konstatēta būtiski mazāka magnija koncentrācija, salīdzinot ar 2012. gadu. Visos pētījuma gados pēc mežizstrādes novērotas arī būtiskas bāzisko katjonu koncentrācijas atšķirības starp abiem šī objekta parauglaukumiem. Kālija saturs augstāks bijis VB parauglaukumā, bet kalcija un magnija saturs – SB parauglaukumā.



2.30. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

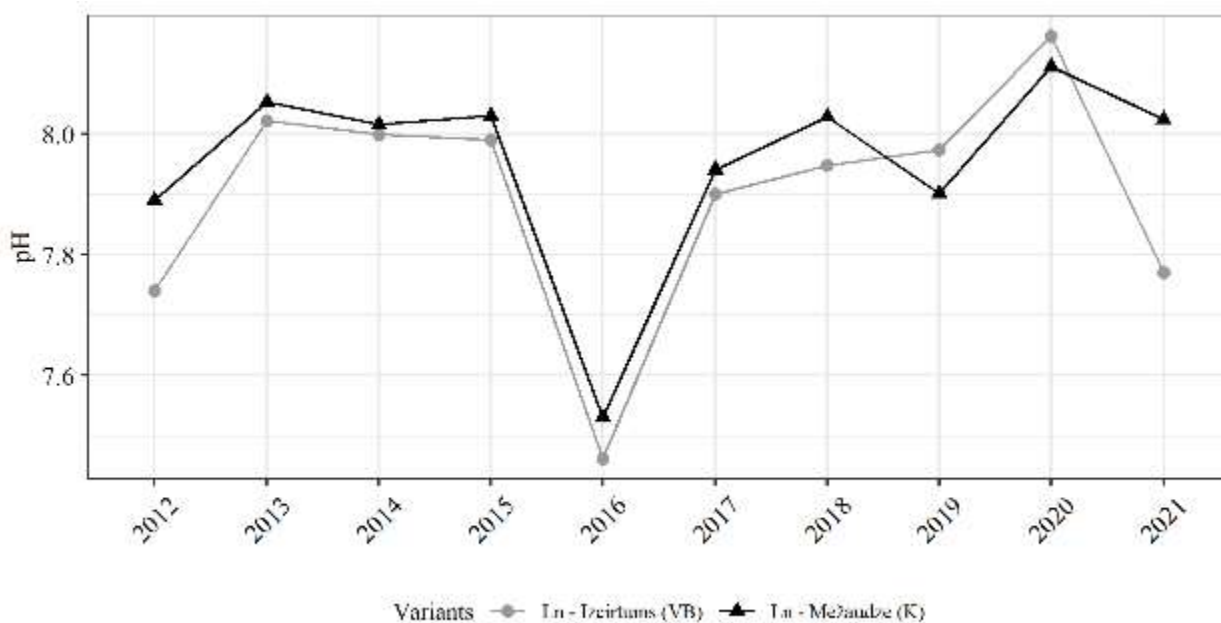


2.31. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā



2.32 attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Dm pētījuma objektā

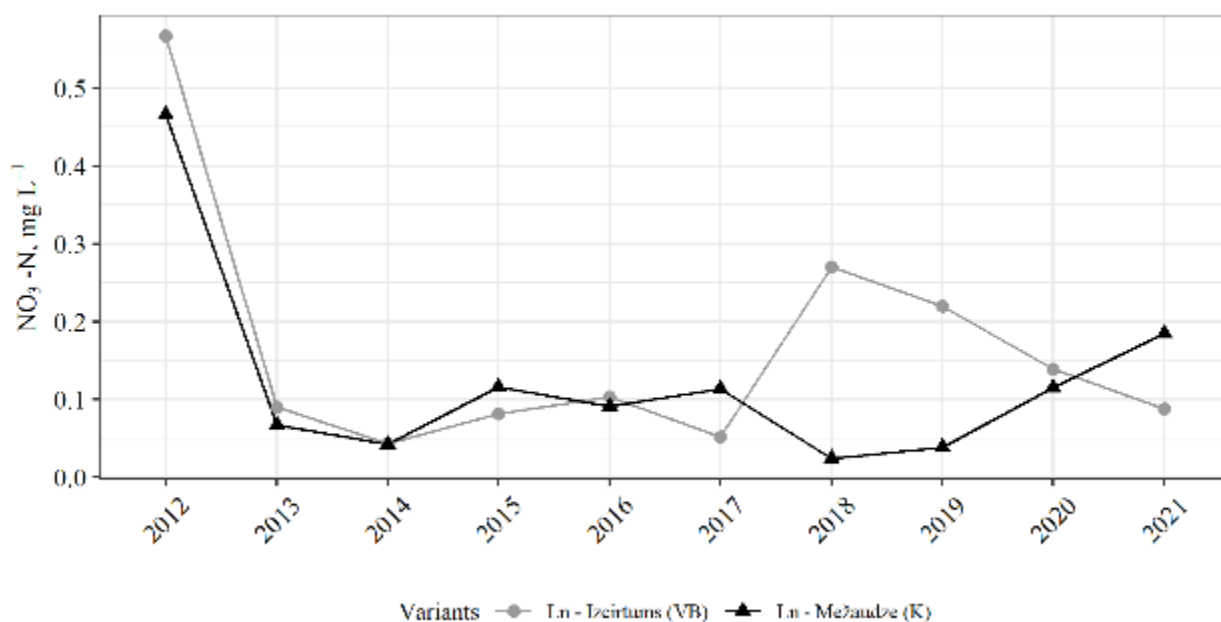
2.33. attēlā parādīts gruntsūdens pH pētījuma objektā, kas ierīkots Ln meža tipā. Pētījuma ietvaros gruntsūdens ķīmiskais sastāvs pētīts atsevišķi parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, un kontroles parauglaukumā. Līdzīgi kā liecina gruntsūdeņu pētījumu rezultāti objektā Dm, arī objektā Ln gruntsūdeņu pH astoņus gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0,7 pH vienībām. Gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā neliela gruntsūdeņu paskābināšanās novērota 2016 gadā, taču tā nav būtiska.



2.33. attēls. Gruntsūdeņu pH Ln pētījuma objektā

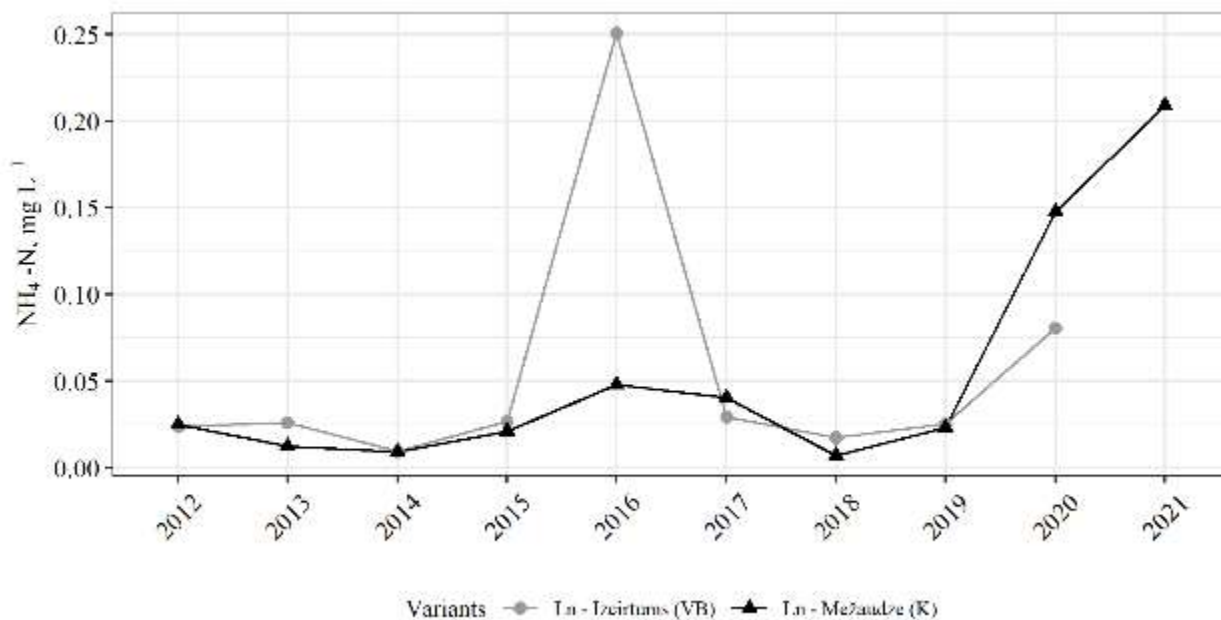
Pētījuma periodā nitrātu saturs gruntsūdeņos variē līdz $0,95 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais nitrātu saturs nepārsniedz $0,57 \pm 0,10 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$ (2.34. attēls). ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ vai tam ekvivalents $11,3 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta.

Augstākais nitrātu saturs gruntsūdeņos gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā, konstatētas 2012. gadā. Turklāt salīdzinot nākamo gadu (2013. – 2017. gads) koncentrācijas ar 2012. gada koncentrācijām, abos parauglaukumos vērojams būtisks samazinājums. 2018. un 2019. gadā parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izstrāde, vērojams nitrātu satura gruntsūdenī palielinājums (2019. gadā konstatēta statistiski būtiska atšķirība starp VB un kontroles parauglaukumiem), kas teorētiski varētu būt saistīts ar mežizstādes ietekmi.



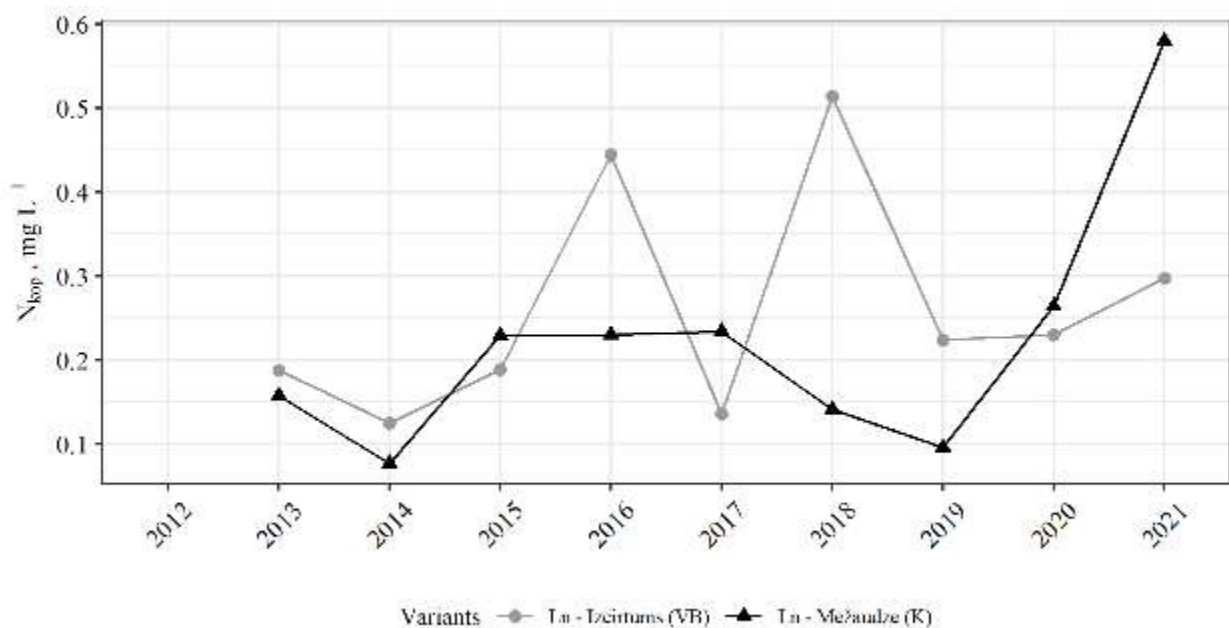
2.34. attēls. Nitrātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

Pētījuma periodā amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln objektā variē līdz $1,35 \text{ mg NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs nepārsniedz $0,25 \pm 0,18 \text{ mg NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$ (2.35. attēls). Augstākais amonija jonu saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, konstatēts 2016. gadā, kas teorētiski varētu norādīt uz mežizstrādes ietekmi, taču tas nav viennozīmīgi, jo amonija jonu saturs mērījumu rezultāti VB parauglaukumā uzrāda lielu izkliedi un 2016. gadā amonija jonu saturs nedaudz palielinājies arī kontroles parauglaukuma gruntsūdeņos. 2020. un 2021. gadā amonija jonu vidējais saturs gruntsūdenī abos parauglaukumos nedaudz palielinājies, salīdzinot ar laika posmu no 2012. līdz 2019. gadam (izņemot VB parauglaukumu 2016. gadā).



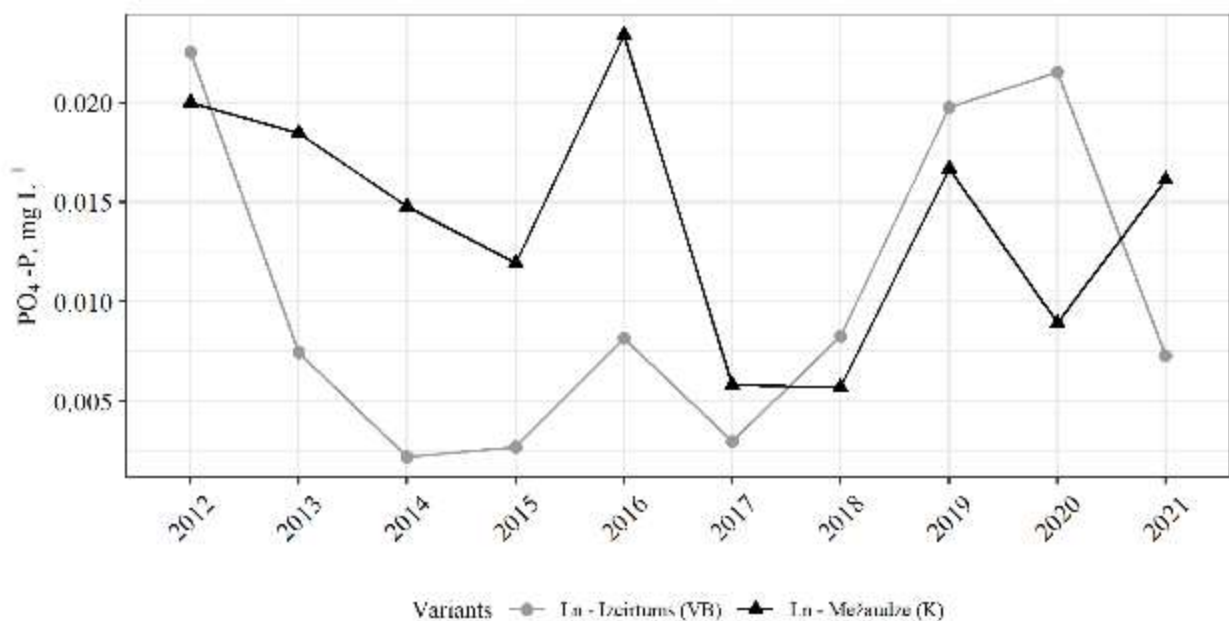
2.35. attēls. Amonija jonu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

Pētījuma periodā kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln objektā variē no $0,02 \text{ mg N L}^{-1}$ līdz $1,52 \text{ mg N L}^{-1}$ (2.36. attēls), bet pētījuma perioda vidējais kopējā slāpekļa saturs nepārsniedz $0,58 \pm 0,15 \text{ mg N L}^{-1}$. Augstākais kopējā slāpekļa saturs gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta visas biomasas izvākšana, konstatēts 2018. gadā, bet kontroles parauglaukumā – 2021. gadā. Kopējā slāpekļa koncentrācijas palielināšanās VB parauglaukuma gruntsūdenī atsevišķos pētījuma periodos teorētiski varētu norādīt uz mežizstrādes ietekmi un minerālvielu atbrīvošanos, sadaloties organiskajai vielai.



2.36. attēls. Kopējais slāpekļa saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

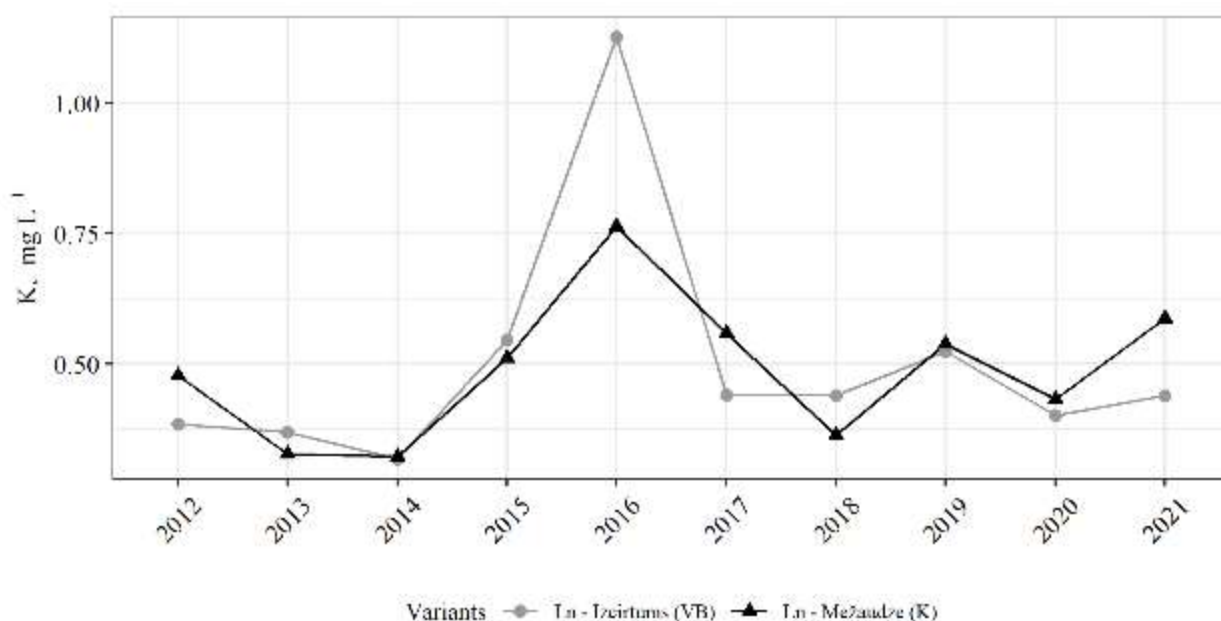
2.37. attēlā atspoguļots fosfātu saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā, kas ierīkoti Ln meža tipā. Pētījuma periodā fosfātu saturs gruntsūdeņos variē līdz $0,125 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējais fosfātu saturs nepārsniedz $0,023 \pm 0,017 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$. Salīdzinot fosfātu saturu gruntsūdeņos parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu, un kontroles parauglaukumā, vērojama tendence fosfātu saturam gruntsūdeņos samazināties pēc mežizstrādes veikšanas (VB parauglaukumā atšķirības no 2012. gada līmeņa nākamajos gados pēc kailcirtes (2013.-2018. gads) ir būtiskas). 2019. un 2020. gadā vidējās fosfātu koncentrācijas vērtības VB parauglaukumā atkal sasniedz 2012. gada līmeni, bet 2021. gadā atkal vērojams fosfātu satura samazinājums. Kaut arī pētījuma periodā kontroles parauglaukumā vērojama tendence fosfātu saturam gruntsūdeņos samazināties, salīdzinot ar 2012. gadu, nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp vidējām fosfātu koncentrācijas vērtībām kontroles parauglaukumā.



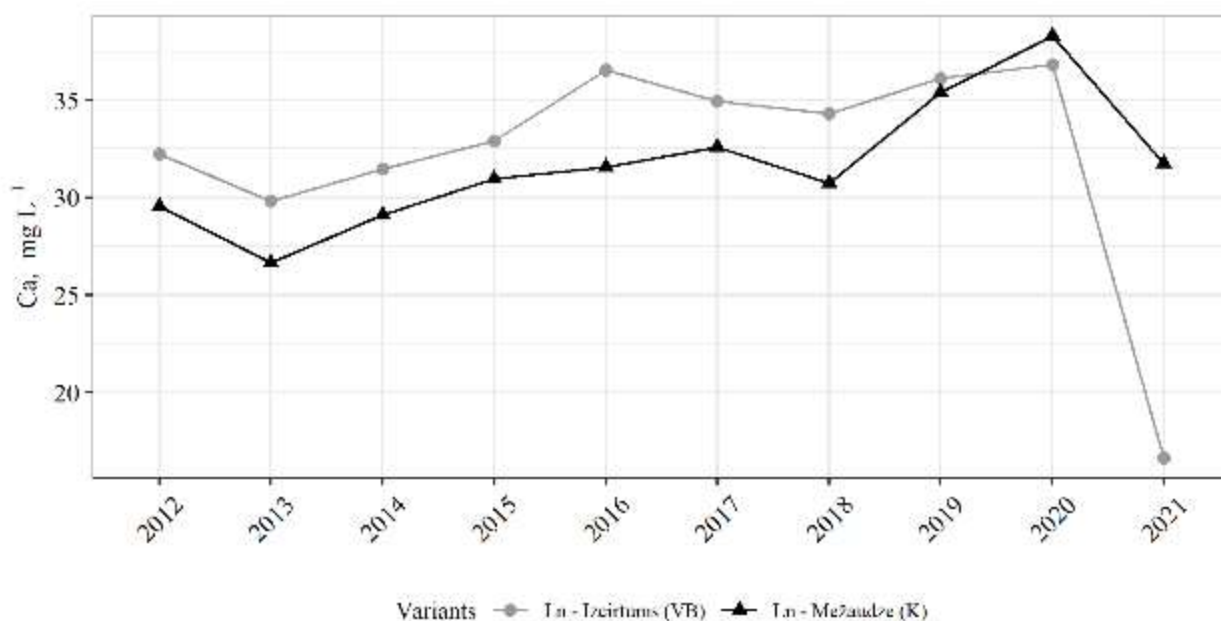
2.37. attēls. Fosfātu saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

2.38.-2.40. attēlā parādīts bāzisko katjonu (K, Ca, Mg) saturs gruntsūdeņos pētījuma objektā, kas ierīkoti Ln meža tipā, laika posmā no 2012. līdz 2021. gadam. Pētījuma periodā kālija saturs gruntsūdeņos variē no 0,02 mg K L⁻¹ līdz 3,23 mg K L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējais kālija saturs gruntsūdeņos nepārsniedz 1,13 ± 0,36 mg K L⁻¹. Augstākais kālija saturs gruntsūdeņos gan parauglaukumā, kur veikta biomasas izvākšana, gan kontroles parauglaukumā konstatētas 2016. gadā, būtisks palielinājums, salīdzinot ar gadu pirms mežizstrādes, vērojams VB parauglaukumā.

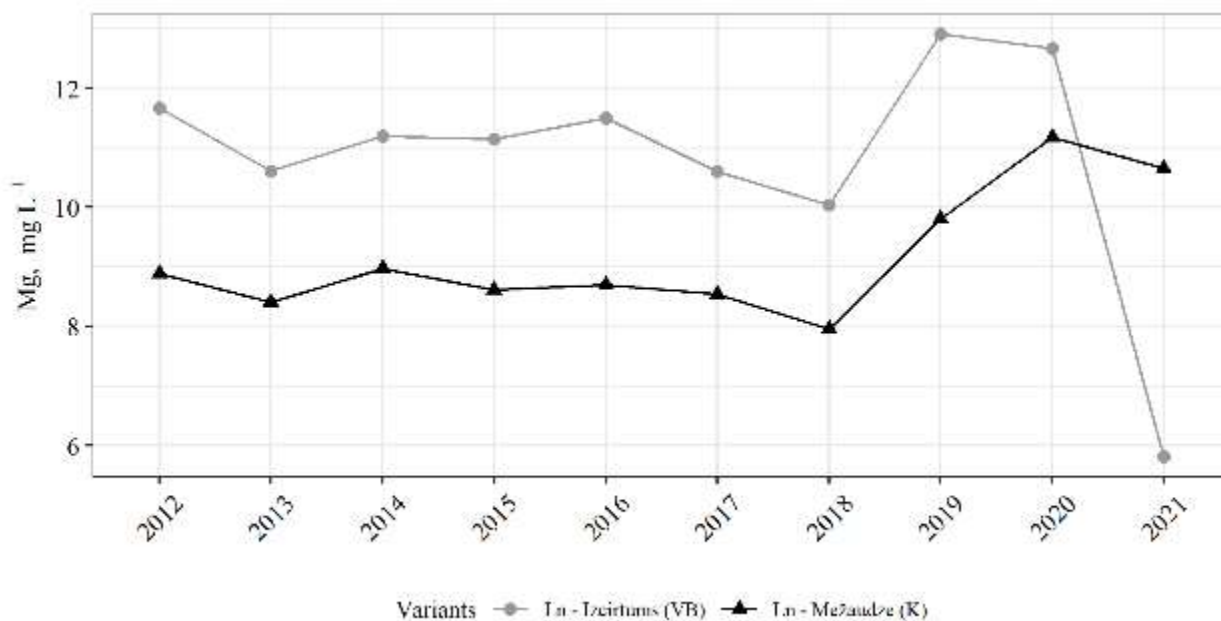
Ca un Mg saturs gruntsūdeņos desmit gadus ilga pētījuma periodā (2012.-2021. gads) ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā svārstās salīdzinoši šaurā amplitūdā – Ca saturs gruntsūdeņos variē no 23,3 mg Ca L⁻¹ līdz 46,9 mg Ca L⁻¹, bet Mg saturs variē no 0,94 mg Mg L⁻¹ līdz 13,7 mg Mg L⁻¹. Gan 2012.gadā, gan visos turpmākajos gados, izņemot 2020. un 2021. gadu, pēc mežizstrādes kalcija un magnija koncentrācija gruntsūdenī augstāka bijusi parauglaukumā, kur veikta mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu (p < 0.05), salīdzinot ar kontroles parauglaukumu.



2.38. attēls. Kālija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

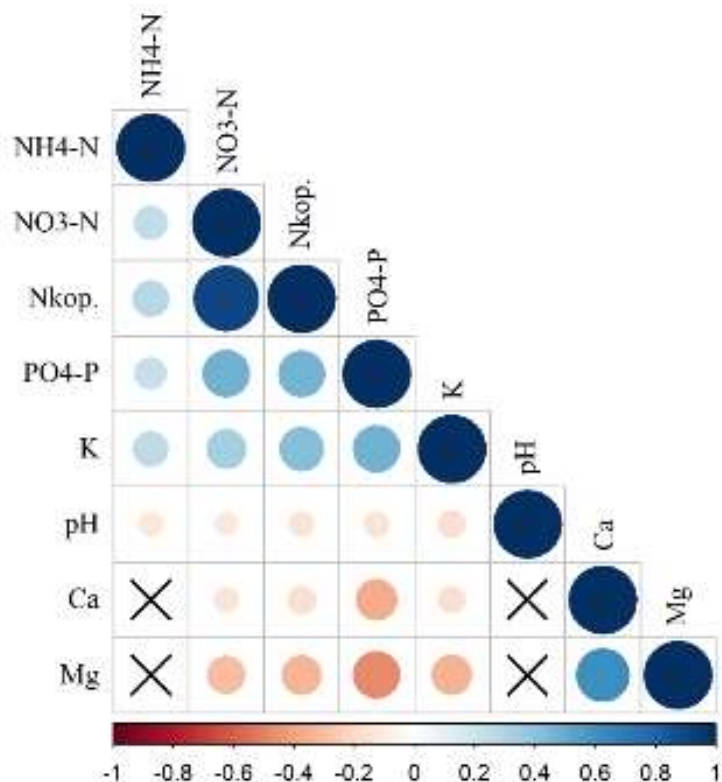


2.39. attēls. Kalcija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā



2.40. attēls. Magnija saturs gruntsūdeņos Ln pētījuma objektā

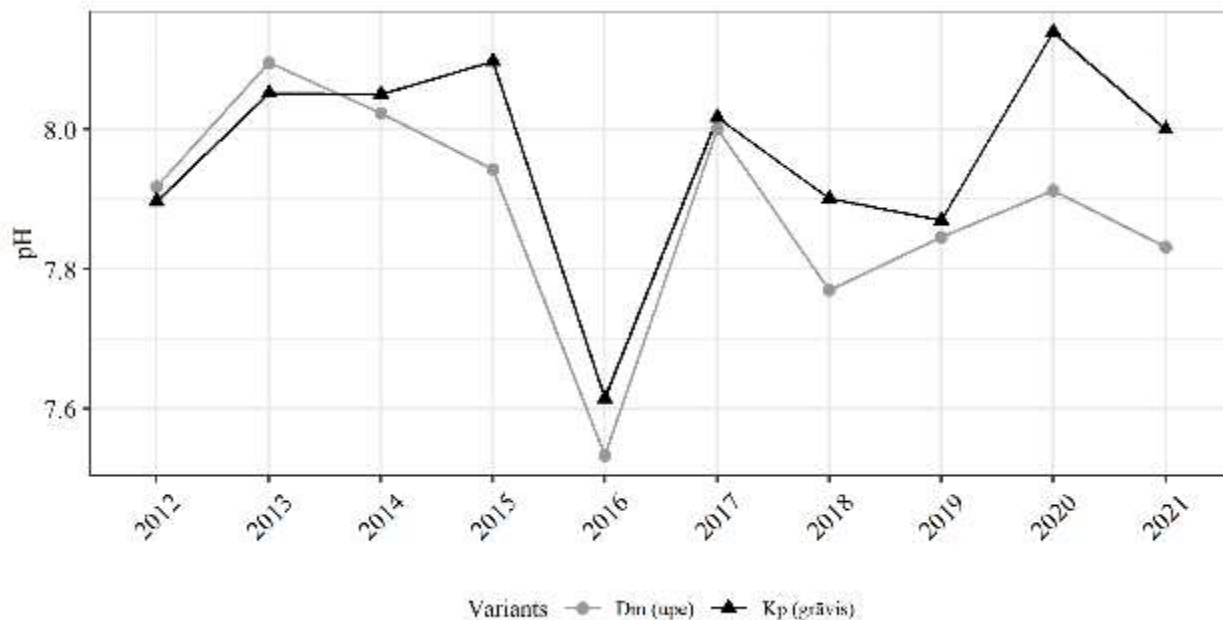
Gruntsūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2021. gada pētījumu periodam parādīta 2.41. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ($r > 0,50$, $p < 0,05$) konstatētas starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu gruntsūdenī ($r = 0,91$) un starp kalcija un magnija saturu gruntsūdenī ($r = 0,61$).



2.41. attēls. Gruntsūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2021. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apļa izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām $p > 0,05$, tiek uzskatītas par nenožīmīgām (attiecīgā šūna ir X)

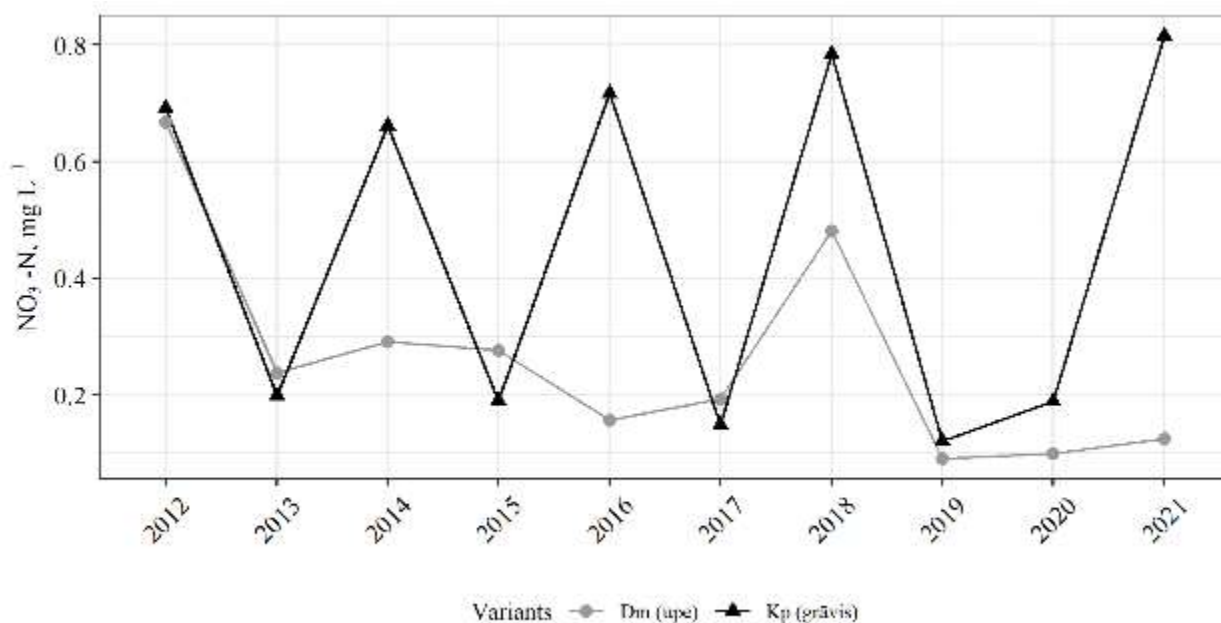
Barības vielu koncentrācija virszemes ūdeņos

2.42. attēlā parādīts virszemes ūdens pH pētījuma objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Pētījumā ietvertajos objektos virszemes ūdeņu pH desmit gadus ilga pētījuma periodā ir salīdzinoši stabils un gadu griezumā nesvārstās vairāk par 0,6 pH vienībām. Vērtības ir nedaudz zemākas 2016. gadā. Viens no teorētiski ietekmējošiem faktoriem varētu būt 2016.gadā īstenotā meliorācijas sistēmu renovācija, kas varētu būt ietekmējusi virszemes ūdeņus Kp meža tipā, tomēr meliorācija neskaidro ūdens pH samazināšanos Svirējas upē, kas tek gar Dm objektu.



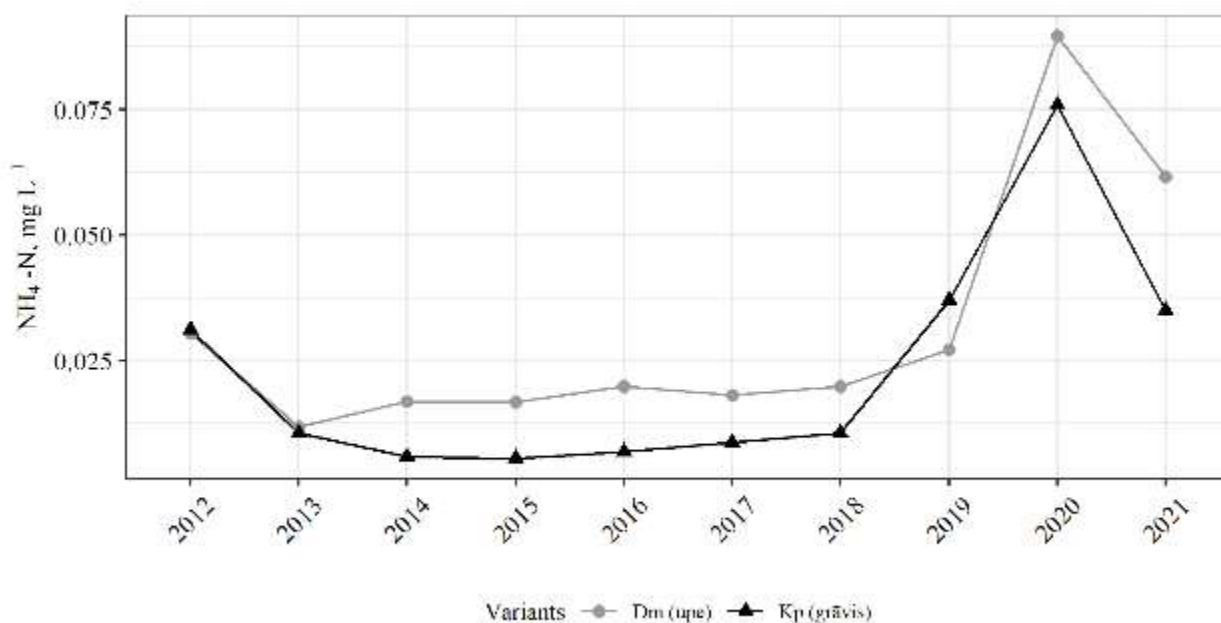
2.42. attēls. Virszemes ūdeņu pH pētījuma objektos

2.43. attēlā parādīts nitrātu, kas ir galvenā slāpekli saturošā neorganiskā savienojumu forma, saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz $5,36 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz $0,81 \pm 0,29 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$. ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ($50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ vai tam ekvivalents $11,3 \text{ mg NO}_3^- \text{-N L}^{-1}$) pētījumu periodā nav pārsniegta. 2019. vērojams pētījuma perioda mazākais nitrātu saturs virszemes ūdeņos gan Dm objektā, gan Kp objektā.



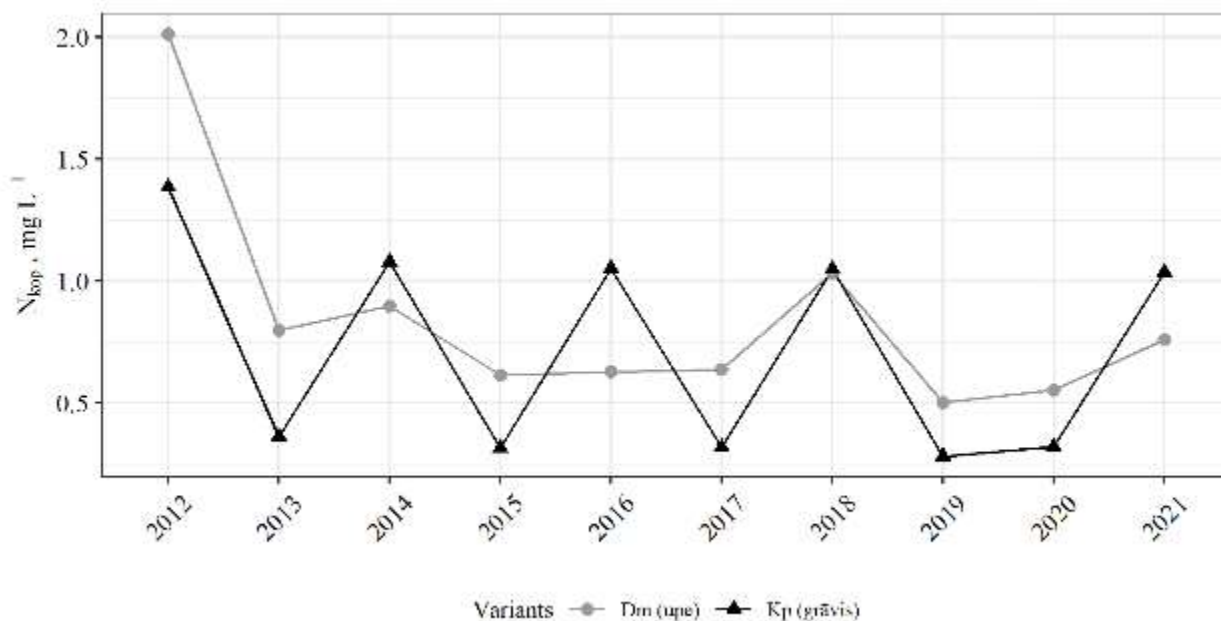
2.43. attēls. Nitrātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

2.44. attēlā parādīts amonija jonu saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz 0,116 mg NH₄⁺-N L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 0,090 ± 0,006 mg NH₄⁺-N L⁻¹. Gan objektā Dm, gan objektā Kp augstākās amonija jonu koncentrācijas virszemes ūdeņos konstatētas 2020. gadā.



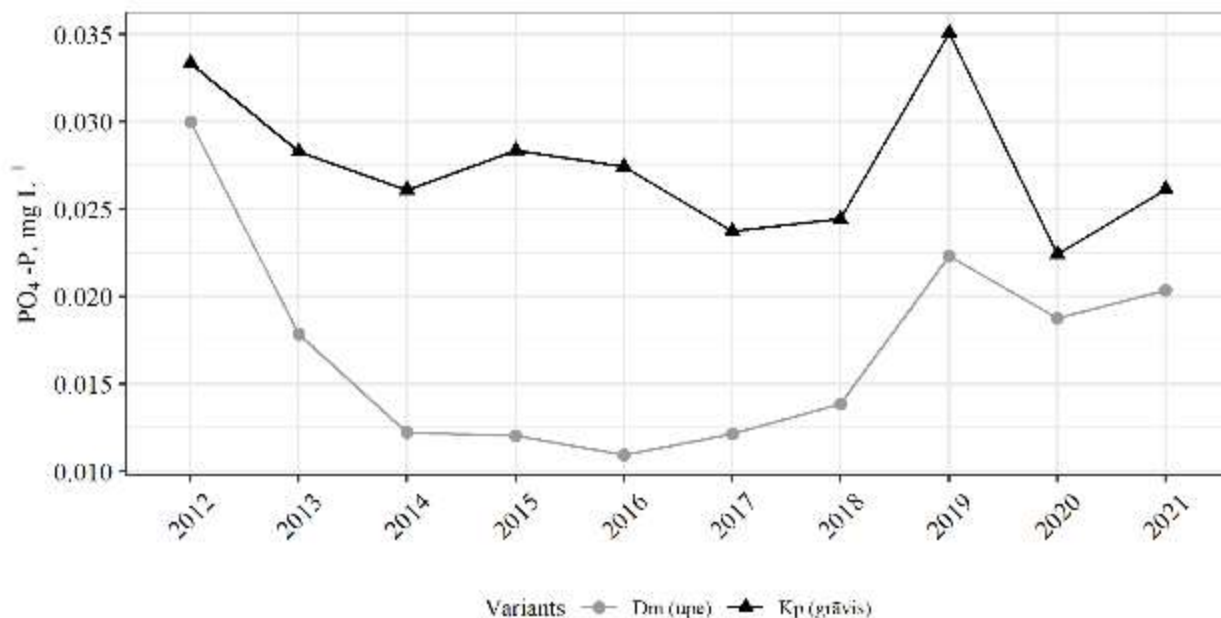
2.44. attēls. Amonija jonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

Kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē no 0,11 mg N L⁻¹ līdz 6,16 mg N L⁻¹, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz 2,01 ± 0,27 mg N L⁻¹ (2.45. attēls). Augstākās kopējā slāpekļa koncentrācijas virszemes ūdeņos gan objektā Dm, gan objektā Kp konstatētas 2012. gadā. Pētījuma ietvaros konstatēta vidēji cieša korelācija starp pētījuma perioda vidējo kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos objektā Dm un objektā Kp, korelācijas koeficients r ir 0.71. Šāda sakarība netieši norāda uz gada griezumā meteoroloģisko faktoru ietekmi uz virszemes ūdeņu kvalitāti un to ietekmējošajiem faktoriem.



2.45. attēls. Kopējais slāpekļa saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

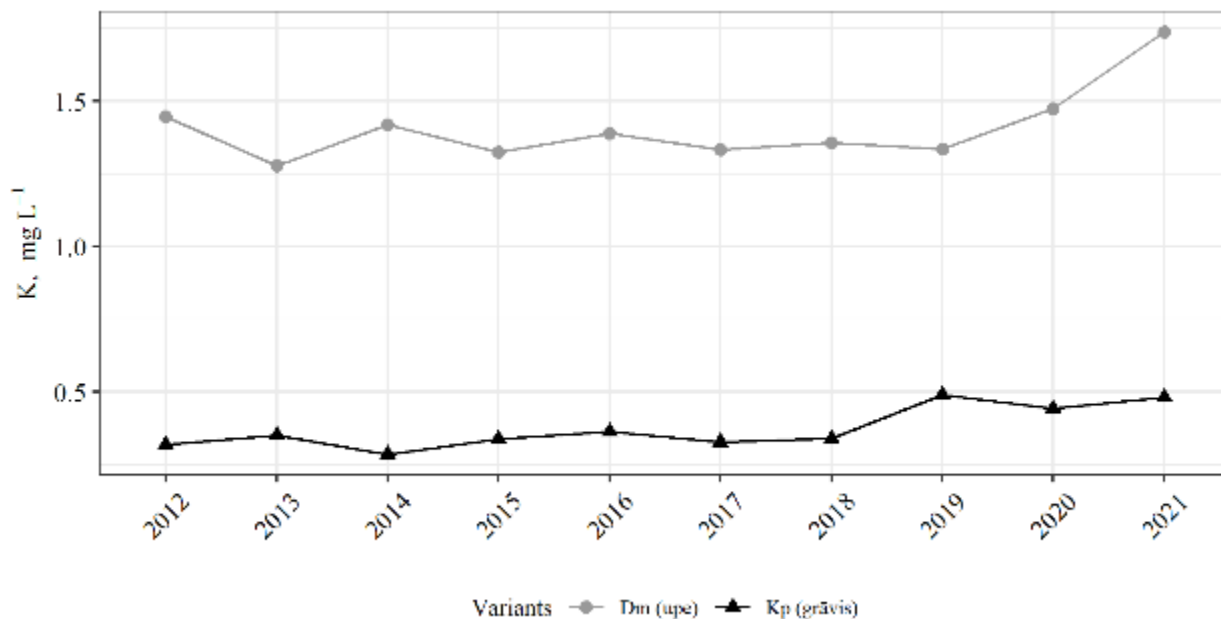
2.46. attēlā parādīts fosfātu saturs virszemes ūdeņos objektos, kas ierīkoti Dm un Kp meža tipā. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē līdz $0,090 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$, bet pētījuma perioda vidējās vērtības nepārsniedz $0,035 \pm 0,002 \text{ mg PO}_4^{3-}\text{-P L}^{-1}$. Objektā Dm augstākais fosfātu saturs virszemes ūdeņos konstatētas 2012. gadā, bet objektā Kp augstākais fosfātu saturs virszemes ūdeņos konstatētas 2019. gadā. Salīdzinot objektus, konstatēts, ka visā pētījuma periodā lielāka vidējā fosfātu koncentrācija virszemes ūdeņos konstatēta objektā Kp, turklāt atšķirība vidējās vērtībās ir būtiska.



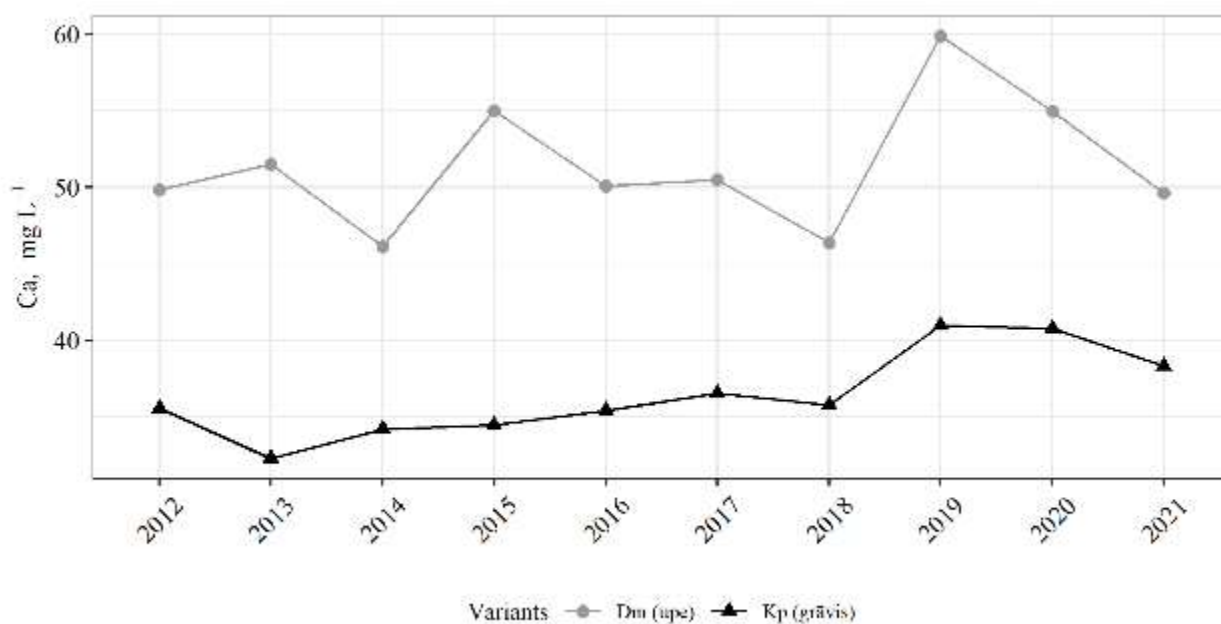
2.46. attēls. Fosfātu saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

Pētījumā ietvertajos objektos bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos astoņus gadus ilgā pētījuma periodā (2012.-2021. gads) objektu ietvaros ir salīdzinoši stabils (2.47.-2.49. attēls). Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos variē no $0,13 \text{ mg K L}^{-1}$ līdz $2,41 \text{ mg K L}^{-1}$, kalcija saturs virszemes ūdeņos variē no $5,8 \text{ mg Ca L}^{-1}$ līdz $78,4 \text{ mg Ca L}^{-1}$, bet magnija saturs virszemes ūdeņos variē no $0,9 \text{ mg Mg L}^{-1}$ līdz $17,5 \text{ mg Mg L}^{-1}$. Līdzīgi kā objektā Zalvīte, arī šī

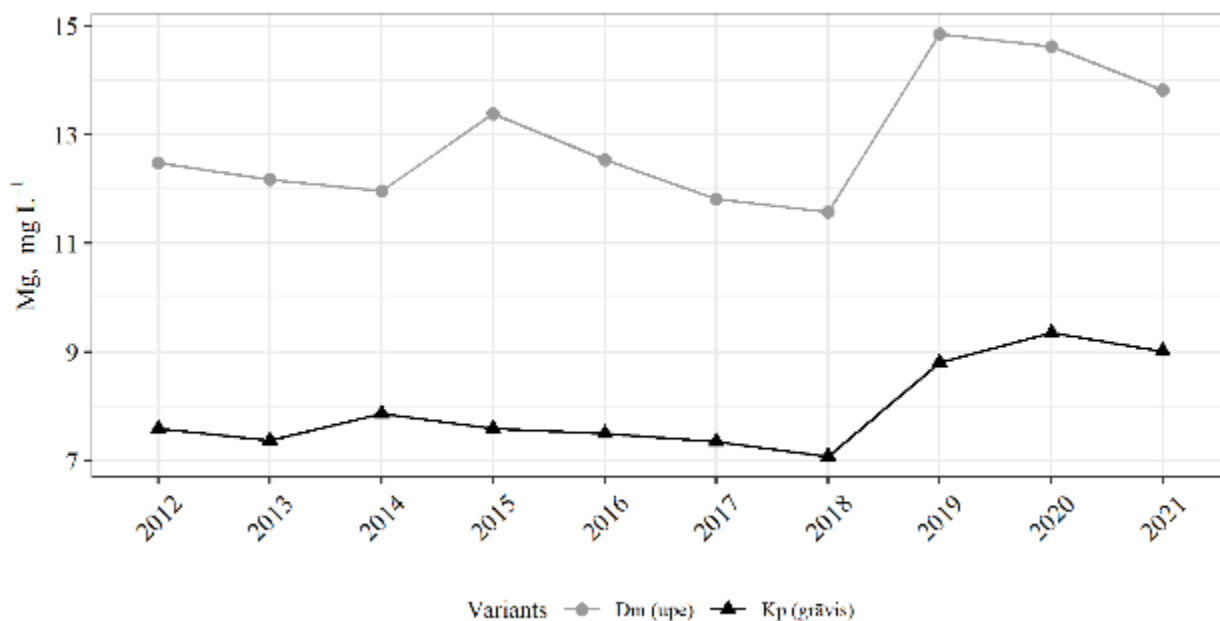
pētījuma objektos bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos samazinās sekojošā secībā: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Bāzisko katjonu saturs virszemes ūdeņos pētījuma griezumā saglabājas salīdzinoši nemainīgs abās paraugu ņemšanas vietās.



2.47. attēls. Kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

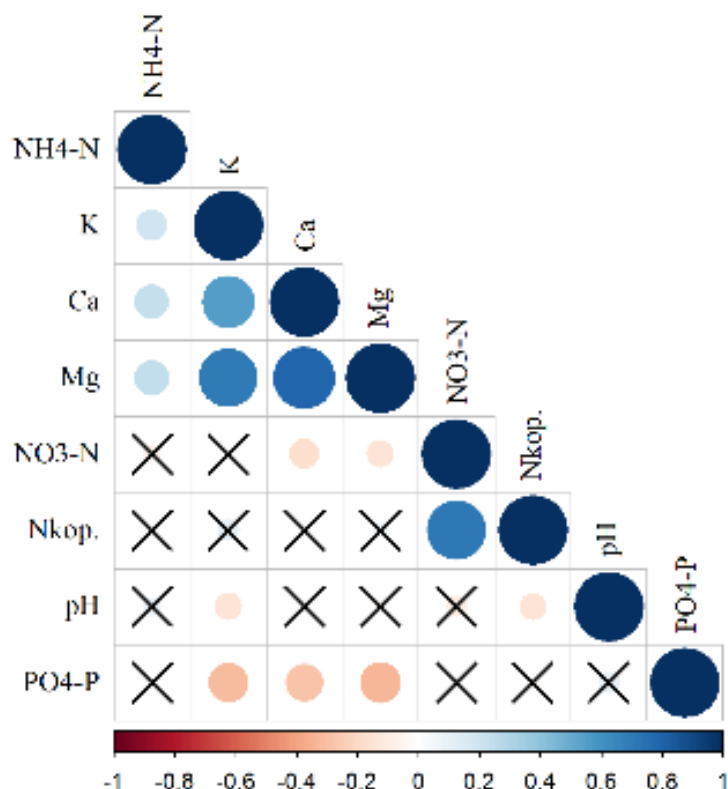


2.48. attēls. Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos



2.49. attēls. Magnija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektos

Virszemes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012.-2021. gada pētījumu periodam parādīta 2.50. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ($r > 0,50$, $p < 0,05$) konstatētas starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdenī ($r = 0,71$), kā arī starp bāzisko katjonu saturu virszemes ūdenī ($r > 0,56$).

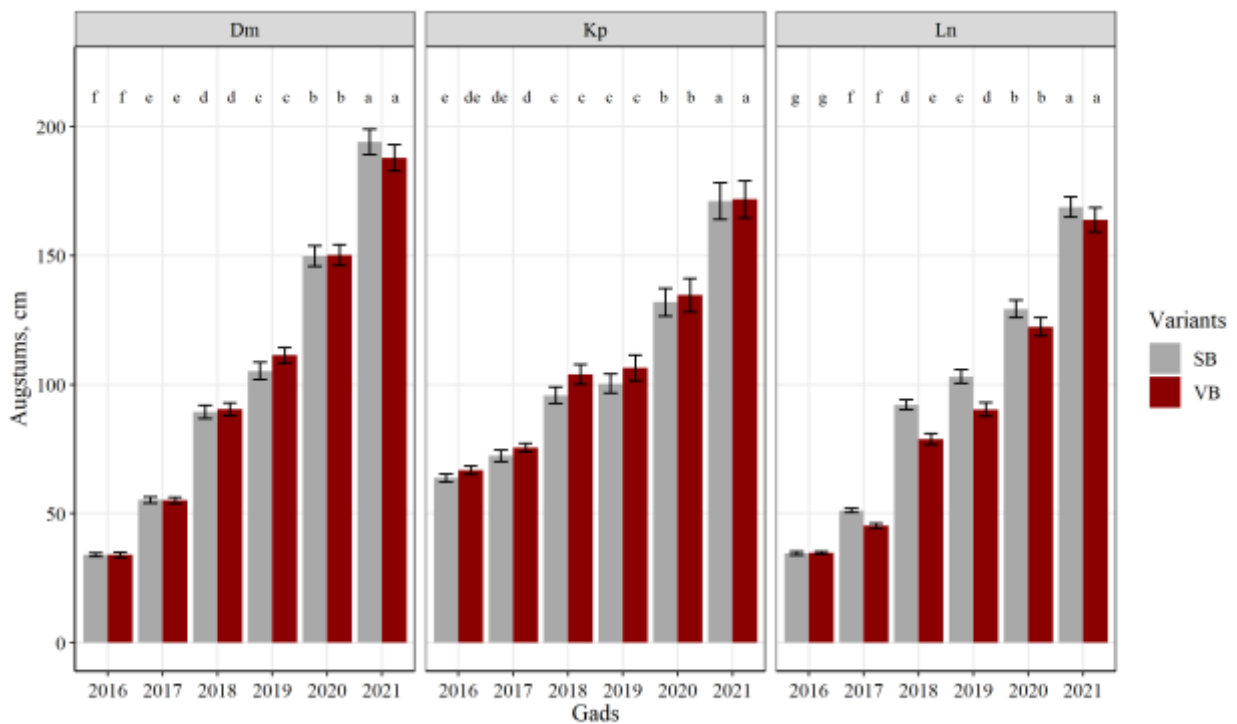


2.50. attēls. Virszemes ūdens ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2021. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apļa izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām $p > 0,05$, tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X)

2.1.1.3. Jaunaudžu augšanas gaita pētījuma objektos

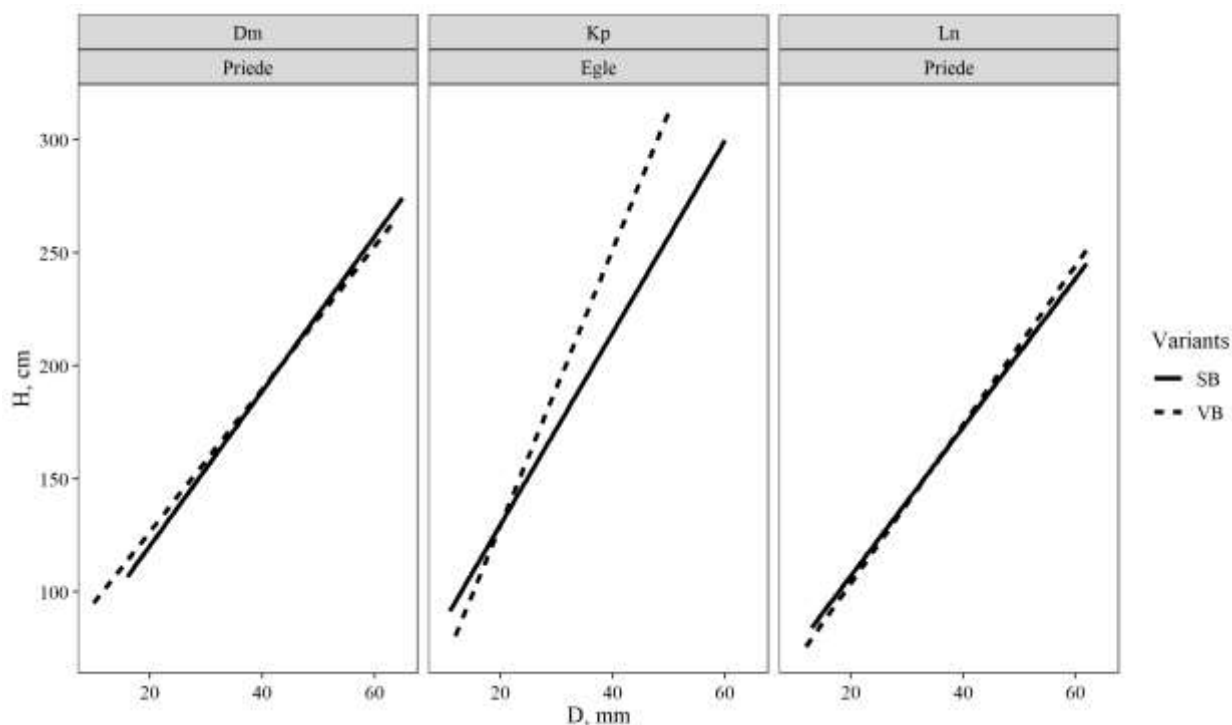
Novērojumu laikā stādīto kociņu skaits kopumā ir nedaudz samazinājies Kp un Ln objektā dabiskās konkurences un atmiruma dēļ, kamēr viennozīmīga tendence nav novērojama objektā Dm. Objektos konstatētās koku skaita izmaiņas pa gadiem nav būtiski atšķirīgas un svārstās metodes kļūdu robežās.

Divos pēdējos novērojumu gados stādīto kociņu vidējiem augstumiem netika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp izstrādes variantiem (2.51. attēls). Objektos Kp un Dm pa visiem novērojumu gadiem būtiskas atšķirības starp izstrādes variantiem netika konstatētas. Objektā Ln tika novērota skaidra tendence no ceturrtā līdz astotajam novērojumu gadam pēc atjaunošanas cirtes – kociņu augstums bija lielāks SB parauglaukumā. Piektajā un sestajā gadā pēc mežizstrādes šīs atšķirības bija statistiski būtiskas (p -vērtības <0.001).



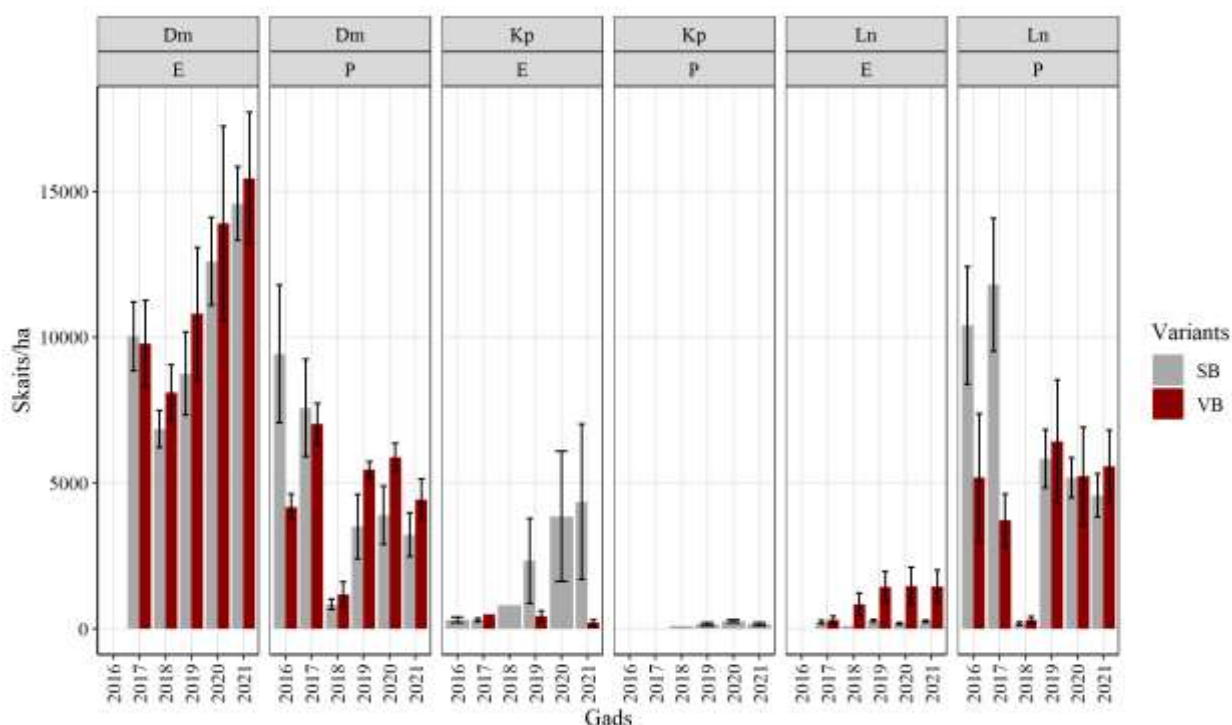
2.51. attēls. Stādīto kociņu vidējais augstums virzemes biomasas izvākšanas objektos. Nogriežņi attēlo standartkļūdas; dažādi burti norāda uz statistiski būtiskām atšķirībām

Objektos Dm un Ln kociņu augstuma un sakņu kakla diametra attiecība bija līdzīga abos izstrādes variantos (2.52. attēls). Savukārt objektā Kp kociņi ar mazāku sakņu kakla diametru ir sasnieguši lielāku augstumu VB izstrādes variantā.



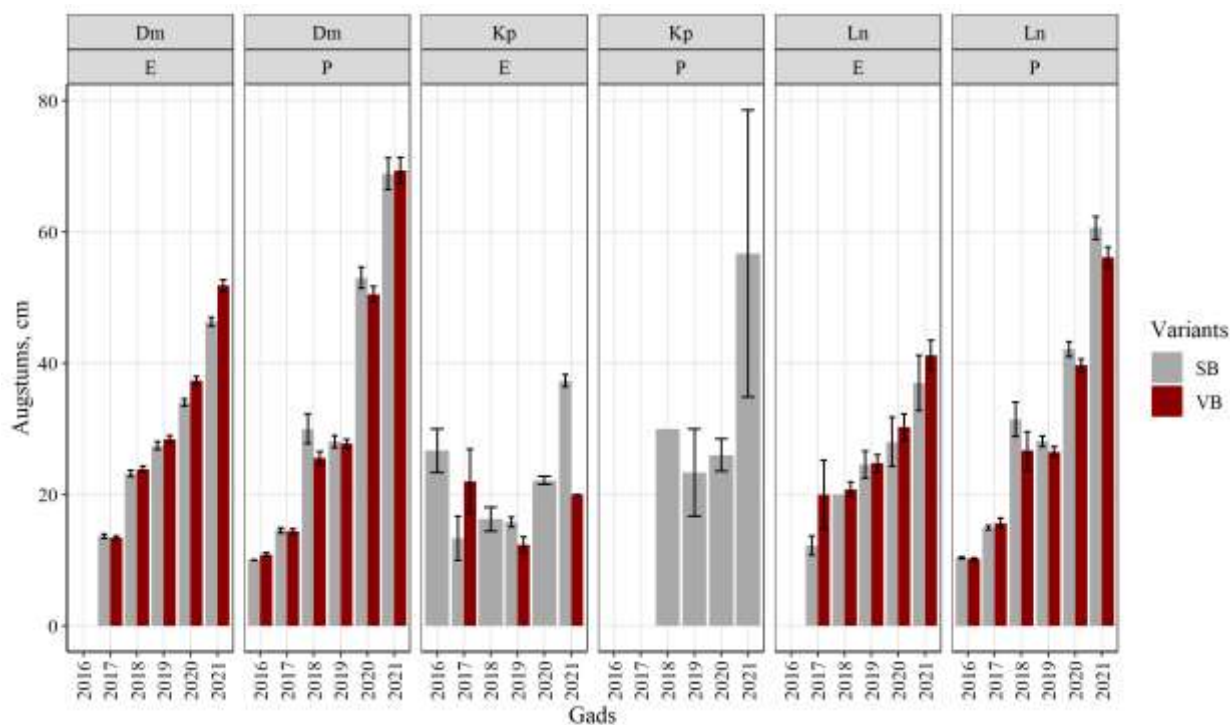
2.52. attēls. Koku augstumi atkarībā no sakņu kakla diametra 2021. gadā virszemes biomasas izvākšanas objektos

Dabiski izaugušo kociņu skaita dinamika attēlota 2.53. attēlā. Objektā Dm dabiski izaugušo eglīšu skaits vēl arvien katru gadu nedaudz palielinās, kamēr priežu skaits Dm objektā, kā arī visu sugu dabiski izaugušo kociņu skaits Kp un Ln objektos ir nostabilizējies.



2.53. attēls. Dabiski izaugušo kociņu skaits biomasas izvākšanas objektos. Nogriežņi attēlo standartklūdas

Objektos Dm un Ln dabiski izaugušo kociņu vidējais augstums ir pakāpeniski pieaudzis (2.54. attēls). Kp objektā novērojama liela dabiski izaugušo kociņu vidējā augstuma variācija pa gadiem un starp parauglaukumiem, kas skaidrojama ar nelielu dabiski izaugušo kociņu skaitu.



2.54. attēls. Dabiski ieaugušo kociņu vidējais augstums biomasas izvākšanas objektos. Nogriežņi attēlo standartklūdas

Pētījumos, kur apskatīta visas koku biomasas izvākšanas ietekme uz mežaudžu attīstību, dažādi autori ir novērojuši negatīvu ietekmi uz egļu augstumu (Wall et al. 2011; Egnell 2016) vai nav konstatējuši būtisku ietekmi (Wall et al. 2011), vai arī novērojuši pozitīvu ietekmi uz priežu augstumu (Egnell 2016). Novērojumu laikā objektos Dm un Kp netika konstatētas būtiskas atšķirības starp priežu augstumiem dažādos izstrādes variantos, turpretim objektā Ln piektajā un sestajā gadā pēc mežistrādes tika konstatēts statistiski būtiski zemāks kociņu vidējais augstums laukumos, kur izvākta visa virszemes biomasā. Šī tendence parādījās ceturtajā gadā pēc mežistrādes un pastāv līdz pēdējam novērojumu veikšanas gadam, taču tā kļūst mazāk izteikta. Laika periods, kurā šīs atšķirības tika novērotas, atbilst mežistrādes atlieku sadalīšanās laikam (Pearson et al. 2017; Vávřová et al. 2009), kas norāda, ka ciršanas atliekas ir būtisks augu barības vielu avots oligotrofos apstākļos.

Somijā veiktā pētījumā tika novēroti samazināti egļu un priežu stumbra diametri, ko izraisījusi visas koku biomasas izvākšana (Wall et al. 2011). Līdzīga tendence novērota eitrofajā objektā Kp, kur konstatēts salīdzinoši mazāks sakņu kakla diametrs parauglaukumā, kur izvākta visa biomasā. Negatīvo ietekmi, iespējams, izraisījusi veģētācijas konkurence. Fahey et al. (1991) konstatēja, ka veģētācijas biomasas pieaugums pēc visas koku biomasas izvākšanas ir divreiz lielāks, salīdzinot ar tikai stumbru izvākšanu, jo ciršanas atliekas ierobežo augu attīstību. Šādas sakarības netika novērotas starp izstrādes variantiem mezotrofiskos apstākļos objektā Dm un oligotrofiskos apstākļos objektā Ln, kur veģētācijas konkurence ir ievērojami mazāka.

Šī pētījuma aspekta rezultāti publicēti divās publikācijās.

Klavins, I., Kalvite, Z., & Libiete, Z. 2019. Development of young stands after different intensity regeneration fellings. Proceedings of the International Conference “Research for Rural Development”, Jelgava, 2019, p. 18-23

Klavins, I., Kalvite, Z. 2022. Development of young stands after different intensity regeneration fellings. Proceedings of the International Conference “Rural Development”, Kaunas, 2021 (in press)

Secinājumi

1. Mežā kopējās elementu bilances ieneses komponenti, ko veido caur koku vainagiem izkritušie nokrišņi un meža nobiras, lielā mērā nosaka meža apsaimniekošanas cikla stadija (izcirtums vai kokaudze) un kokaudzes parametri (koku suga, biezība). Izcirtumā konstatēta lielāka nitrātu ienese ar nokrišņiem nekā mežaudzē, savukārt priežu audzē konstatēta lielāka visu elementu ienese ar nobirām nekā egļu audzē.
2. Pētījuma objektos, sevišķi Ln un Dm, 2-6 gadus pēc mežizstrādes konstatēta augsnes ūdens paskābināšanās. Lānā iezīmējas lielākas atšķirības starp izstrādes variantiem: paskābināšanās ievērojami izteiktāka ir parauglaukumā, kur izvākta tikai stumbru biomasa.
3. Slāpekļa savienojumu koncentrācija augsnes ūdenī izteikti īslaicīgi palielinās 2-3 gadus pēc mežizstrādes. Mazāks palielinājums vērojams 6-7 gadus pēc mežizstrādes, kas varētu būt saistāms ar sakņu/celmu un lielāko mežizstrādes atlieku sadalīšanos. Process ir izteiktāks mežos ar minerālaugsnēm. Līdzīgu nitrātu koncentrācijas palielinājumu var izraisīt arī ar saimniecisko darbību nesaistīti procesi, piemēram, kritalu sadalīšanās pēc vējgāzes, kas novērota Kp kontroles parauglaukumā. Neraugoties uz palielinājumu, nitrātu koncentrācijas nevienā gadījumā nepietuvojas Nitrātu direktīvā noteiktajai robežvērtībai.
4. Izvērtējot bāzisko katjonu izmaiņas augsnes ūdenī, konstatēts, ka mežizstrāde ietekmē kālija saturu, izraisot īslaicīgu tā koncentrācijas palielinājumu 2-3 gadus pēc mežizstrādes. Savukārt kūdrenī iezīmējas spēcīga pazemes spiedes ūdeņu ietekme uz kalcija un magnija saturu, kas visos šī objekta parauglaukumos ir salīdzinoši augstāks nekā mežos ar minerālaugsnēm. Pazemes spiedes ūdeņu ietekmi netieši apliecina arī augstākās Ca un Mg koncentrācijas dziļākajos augsnes slāņos (60 cm).
5. Oligotrofos sausieņu mežos mežizstrādes ietekme uz gruntsūdens ķīmisko sastāvu ir vāji izteikta vai neparādās vispār. Līdzīgs secinājums attiecas uz virszemes (upes, grāvja) ūdeņiem blakus damakšņa un kūdreņa objektiem, ko zināmā mērā varētu būt ietekmējusi ūdensobjektam blakus esošā aizsargjosla.
6. Pēc meža atjaunošanas sausieņu mežos novērota tendence, ka jaunaudzēs koki ir garāki parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasa, taču statistiski būtiskas atšķirības iezīmējas tikai lānā 2018. un 2019. gadā, pēc tam tās izlīdzinās. Dabiski ieaugušās priedes lānā ir garākas parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasa.

Literatūra

1. Centre of Advanced Research in Ecosystem Services. 2021a. Effects of intensive biomass harvesting on soil organic carbon and nutrients. Pieejams: https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2021/04/CAR_ES_02.6.4.2021.pdf
2. Centre of Advanced Research in Ecosystem Services. 2021b. Forests and waters in the Nordic-Baltic region - highlights from the CAR-ES network. Pieejams: https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2021/04/CAR_ES_04.6.4.2021.pdf
3. Clarke, N., Kiær, L.P., Kjønnaas, O.J., Bárcena, T.G., Vesterdal, L., Stupak, I., Finér, L., Jacobson, S., Armolaitis, K., Lazdina, D., Stefánsdóttir, H.M., Sigurdsson, B.D. 2021. Effects of intensive biomass harvesting on forest soils in the Nordic countries and the UK: A meta-analysis. Forest Ecology and Management. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118877>.

4. Clarke, N., Skår, S., Kjønaas, O.J., Hanssen, K.H., Økland, T., Nordbakken, J.-F. Eldhuset, T.D., Lange, H. 2018. Effects of forest residue harvesting on short-term changes in soil solution chemistry, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33:3, 299-307, DOI: [10.1080/02827581.2017.1375141](https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1375141)
5. De Vries, W., de Jong, A., Kros, J., Spijker, J. 2021. The use of soil nutrient balances in deriving forest biomass harvesting guidelines specific to region, tree species and soil type in the Netherlands. *Forest Ecology and Management*, 479, 118591, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118591>
6. Egnell, G. 2016. Effects of slash and stump harvesting after final felling on stand and site productivity in Scots pine and Norway spruce. *Forest Ecology and Management* 371: p.42–49.
7. Fahey, T.J., Hill, M.O., Stevens, P.A., Hornung, M., & Rowland, P. 1991. Nutrient accumulation in vegetation following conventional and whole-tree harvest of Sitka spruce plantations in North Wales. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 64(3), 271–288
8. Finér, L., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lode, E., Nieminen, M., Pierzgalski, E., Ring, E., Strand, L., Sikström, U. 2018. WAMBAF – Good Practices for Ditch Network Maintenance to Protect Water Quality in the Baltic Sea Region. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-576-9>
9. H.-S. Helmisaari, K.H. Hanssen, S. Jacobson, M. Kukkola, J. Luro, A. Saarsalmi, P. Tamminen, B. Tveite. 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *For. Ecol. Manage.*, 261: 1919-1927.
10. Kalvīte, Z., Lībiete, Z., Kļaviņš, I., Bārdule, A., Bičkovskis, K. 2021. The impact of beaver dam removal on the chemical properties of water in drainage ditches in peatland forests, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36:1, 1-14, DOI: [10.1080/02827581.2020.1855364](https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1855364)
11. Pearson, M., Laiho, R., & Penttilä, T. 2017. Decay of Scots pine coarse woody debris in boreal peatland forests: Mass loss and nutrient dynamics. *Forest Ecology and Management*.
12. Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I., Clarke, N., Callesen, I., Helmisaari, H.-S., Karlton, E., Varnagiryte-Kabasinskiene, I. 2008. Effects of very intensive biomass harvesting on short and long term site productivity. In: Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., Stupak, I. (eds.), *Sustainable use of forest biomass for energy – a synthesis with focus on the Nordic and Baltic countries. Managing Forest Ecosystems Vol. 12*, Springer.
13. Ring, E., Andersson, E., Armolaitis, K., Eklöf, K., Finér, L., Gil, W., Glazko, Z., Janek, M., Lībiete, Z., Lode, E., Małek S., Piirainen, S. 2018. Good practices for forest buffers to improve surface water quality in the Baltic Sea region. *Piecejams*: https://converges.eu/wp-content/uploads/2020/10/ring_2018.pdf
14. Ring, E., Högbom, L., Nohrstedt, H.-Ö., Jacobson, S. 2015. Soil and soil-water chemistry below different amounts of logging residues at two harvested forest sites in Sweden. *Silva Fennica* vol. 49 no. 4 article id 1265. 19 p.
15. T. Persson. Stump harvesting for bioenergy – methods and environmental effects. *Scand. J. For. Res.*, 32 (2017), pp. 201-203.
16. Tveite, B., Hanssen, K.H. 2013. Whole-tree thinnings in stands of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*): Short- and long-term growth results. *For. Ecol. Manage.*, 298 (2013), pp. 52-61.

17. Vávřová, P., Penttilä, T., & Laiho, R. 2009. Decomposition of Scots pine fine woody debris in boreal conditions: Implications for estimating carbon pools and fluxes. *Forest Ecology and Management* 401, 304-318
18. Wall, A., & Hytönen, J. 2011. The long-term effects of logging residue removal on forest floor nutrient capital, foliar chemistry and growth of a Norway spruce stand. *Biomass and Bioenergy* 35(8), 3328-3334

2.1.2. Objektu izvēle un aprīkošana barības vielu aprites monitoringam lapu koku audzēs

Apakšnodaļa attiecas uz 2.1.2. darba uzdevumu.

Objekti barības vielu aprites izpētei lapu koku audzēs izvēlēti Zinātniskās izpētes mežu Kalsnavas meža novadā, 257.kvartāla 7. nogabalā un 261.kvartāla 17. nogabalā. Pētījuma objektos paredzēti sekojoši mežizstrādes varianti: 1) mežizstrāde ar visas virszemes biomasas izvākšanu, 2) mežizstrāde ar stumbru biomasas izvākšanu, ciršanas atliekas atstājot izklaidus cirsmā, 3) kontrole bez mežizstrādes. Katrs no mežizstrādes variantiem tiks sadalīts divos apakšvariantos atkarībā no meža atjaunošanas veida – atjaunošanās un atjaunošana stādot, savukārt stādītais variants tālāk vēl divos variantos – ar un bez augsnes sagatavošanas. Katrs parauglaukums tiks aprīkots ar lizimetriem augsnes ūdens paraugu ieguvei.

2.3.tabula

Pētījuma objektu dažādas intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai lapu koku audzēs raksturojums

Kvartāls	Nogabals	Platība, ha	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Sugu sastāvs	Meža tips	Bonitāte
257	7	2.75	427	8B2E74 +A74 M74	Ap	I
261	17	4.54	402	4B3A2E1M74 +Oz74 Os74	Vr	I

Līdz 2021. gada decembra beigām parauglaukumi ir iemarkēti un sagatavoti paraugu ņemšanas uzsākšanai 2022. gada pavasarī. Objektu sadalījums izpētes variantos, kā arī parauglaukumu izmērs redzams 2.55. un 2.56. attēlos.



2.55. attēls. Pētījuma objekta 257.kv.7.nog. sadalījums izstrādes un meža atjaunošanas variantos Apzīmējumi: S - sagatavota augsne, N - nesagatavota augsne, SB – izvākta stumbru biomasa, VB – izvākta visa virszemes biomasa, St – atjaunošana stādot, Dab – atjaunošanās, K – kontrole



2.56. attēls. Pētījuma objekta 261.kv.17.nog. sadalījums izstrādes un meža atjaunošanas variatos. Apzīmējumi: S - sagatavota augsne, N - nesagatavota augsne, SB – izvākta stumbru biomasa, VB – izvākta visa virszemes biomasa, St – atjaunošana stādot, Dab – atjaunošanās, K – kontrole

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

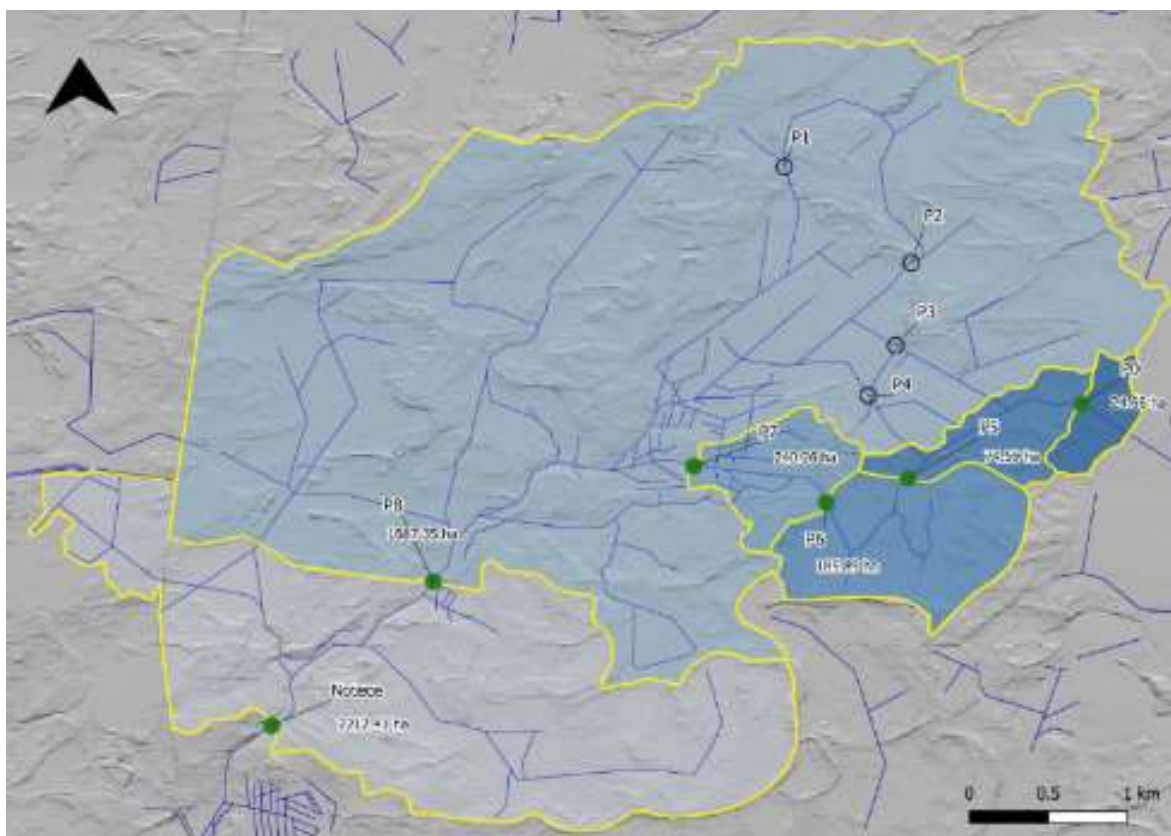
2.2.1. Paraugu ņemšanas vietu precizēšana un ūdens paraugu ievākšana Zalvītes modeļteritorijā meža apsaimniekošanas ainavu līmeņa ietekmes novērtēšanai

Apakšnodaļa attiecas uz 2.2.1. darba uzdevumu.

2.2.1.1. Objektu un metodika

2021.-2026. gada periodā tiek turpināta izpēte Zalvītes modeļteritorijā, Zalvītes strauta sateces baseinā Lielupes upju baseinu apgabalā. Vairāk par 95% no šīs teritorijas aizņem mežs, >90% no tā apsaimnieko LVM, un kopš 2015. gada platībā veikta daudzveidīga saimnieciskā darbība. Teritorijā iepriekšējos piecus gadus jau veikti pētījumi par mežsaimniecības un meža infrastruktūras renovācijas ietekmi uz vidi. Šī izpētes perioda mērķis ir noskaidrot, kā mežsaimniecības prakse ietekmē biogēno un citu elementu iznesi (tajā skaitā dzīvsudrabu un metildzīvsudrabu) sateces baseina un objekta mērogā vidējā termiņa pēc darbību veikšanas, kvantificējot riskus ūdens kvalitātei. Uzmanība pievērsta gan mežsaimniecības praksei kopumā, gan specifiskām darbībām, kas ietekmē augsnes struktūru un kuru ietekme uz ūdens kvalitāti Latvijā līdz šim nav pētīta, - meža tehnikas pārvietošanās un augsnes sagatavošana.

Pirms šīs pētījuma fāzes uzsākšanas (2021. gada 31. martā) tika precizētas paraugu ņemšanas vietas Zalvītes modeļteritorijā, lai pētāmajā platībā varētu izdalīt apakšbaseinus detalizētākai mežsaimniecības ietekmes analīzei. Saglabāti visi esošie paraugu ņemšanas punkti Zalvītes strautā, kā arī izvēlēti divi jauni punkti šajā pašā ūdenstecē. Papildus tika uzstādīts nokrišņu uztvērējs nokrišņu daudzuma un ķīmiskā sastāva novērtēšanai. Lai saglabātu nepārtrauktu datu rindu, visa gada garumā ir turpināta ūdens paraugu ņemšana un papildu parametru noteikšana ar zondi vienu reizi mēnesī, kā arī bez pārtraukuma – noteces apjoma fiksēšana. Informācija par paraugu ņemšanas vietām, apakšbaseiniem un veiktajiem mērījumiem ir apkopota 2.57. attēlā un 2.4. tabulā.



2.57.attēls. Aktīvie mērījumu un ūdens paraugu ņemšanas punkti Zalvītes strautā un tiem atbilstošie apakšbaseini

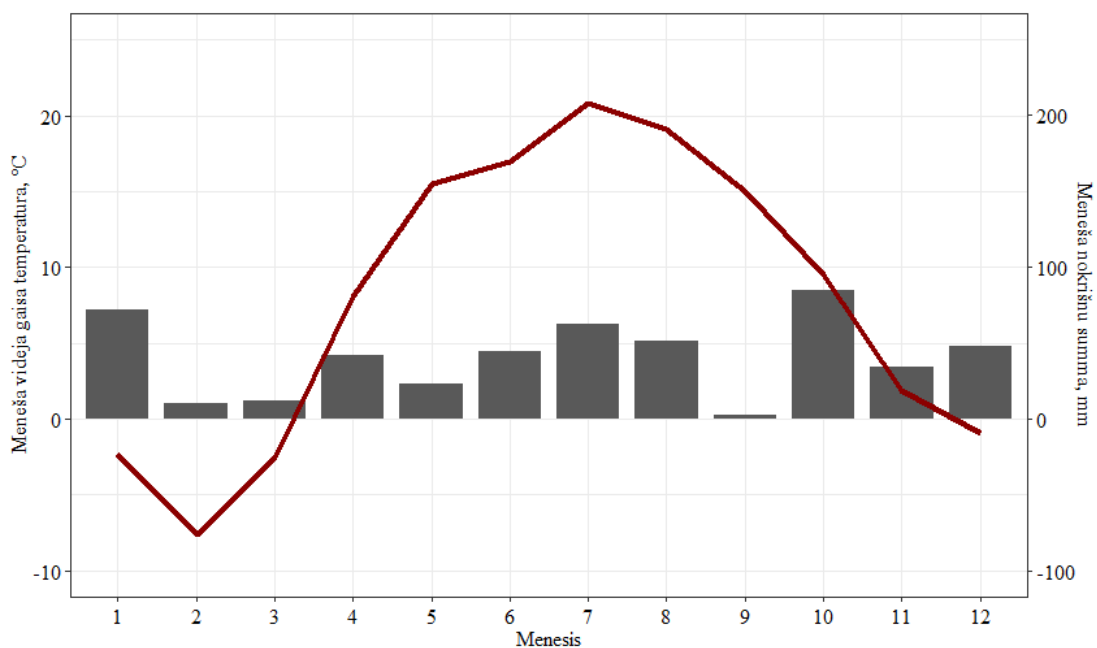
2.4. tabula

Ūdens kvalitātes mērījumu punkti Zalvītes strautā

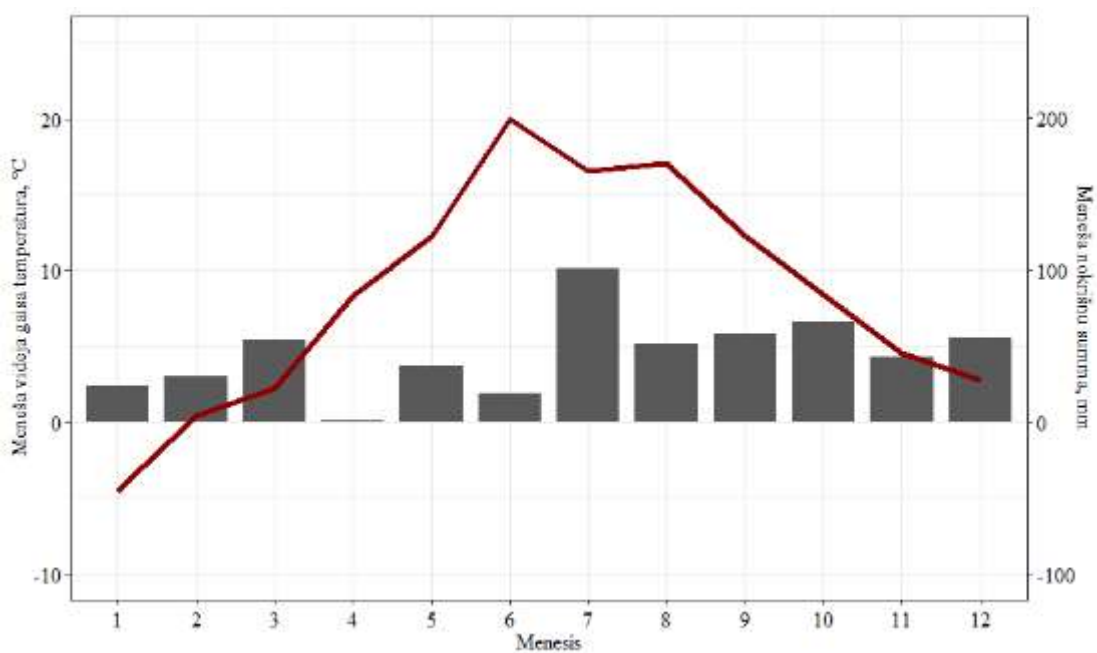
Mērījumu punkta nosaukums	Mērījumu punkta apraksts	Paraugošanas/ mērījumu biežums
ZALV P0	Zalvītes strauta iztece no Saukas purva	1x mēnesī
ZALV P5	2015.gadā pārbūvēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa rekonstrukcija	1x mēnesī
ZALV P6	Meža ceļš šķērso Zalvītes strautu, 2017.gada veikta ceļa pārbūve	1x mēnesī
ZALV P7	Nepārbūvēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu	1x mēnesī
ZALV P8	2017.g. izbūvēts meža ceļš šķērso Zalvītes strautu	1x mēnesī
ZALV notece	Notece mērīšanas punkts Zalvītes strautā	1x mēnesī

2.2.1.2. Meteoroloģiskie rādītāji Zalvītes modelteritorijā

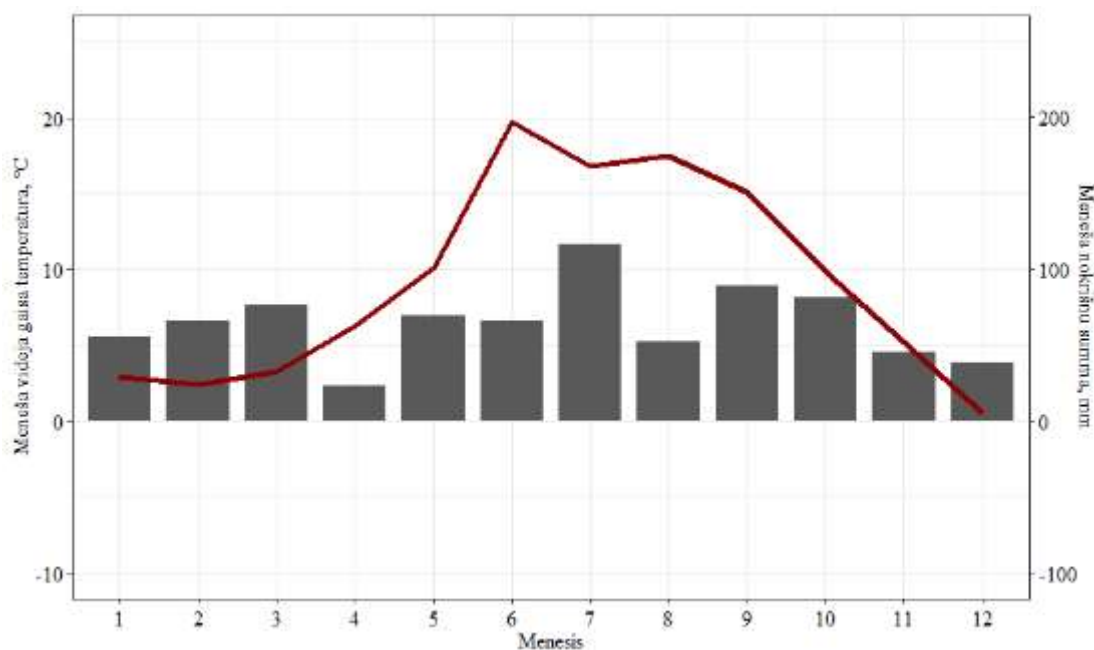
Zalvītes modelteritorijā 2018. gadā tika uzstādīta meteostacija, kas pastāvīgi veic gaisa temperatūras, gaisa spiediena, gaisa mitruma, vēja ātruma un nokrišņu daudzuma mērījumus. Turpmāk 2.58.-2.61. attēlā parādīti dati par gaisa temperatūru un nokrišņu daudzumu mēnešu griezumā no 2018. gada 1. janvāra līdz 2021. gada 15. decembrim.



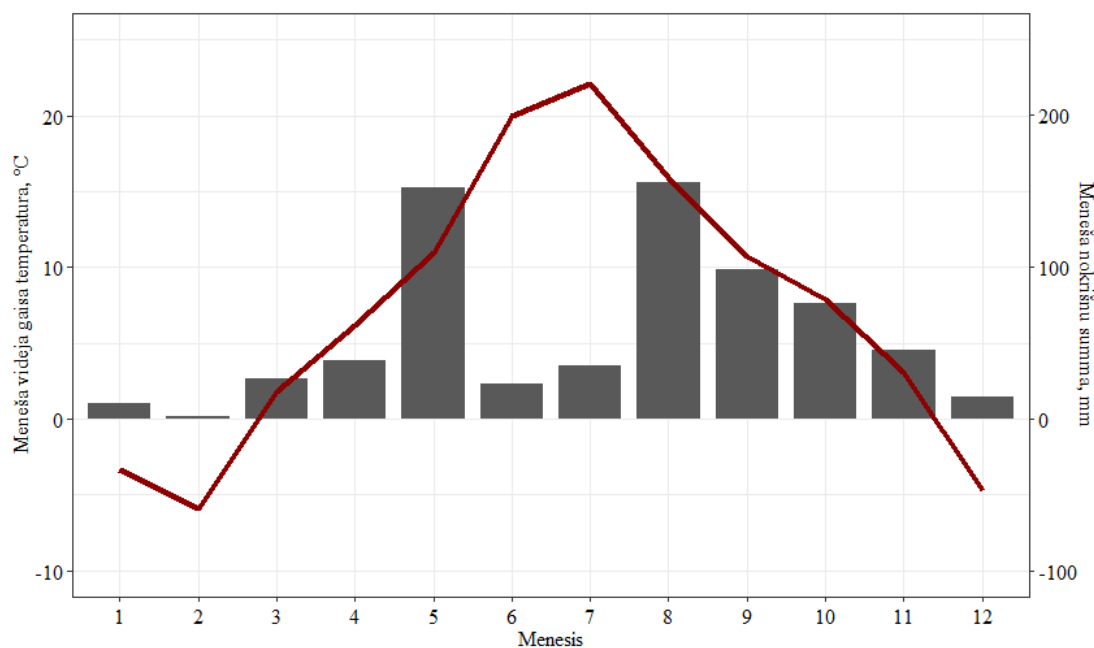
2.58. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2018. gadā



2.59. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2019. gadā



2.60. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2020. gadā



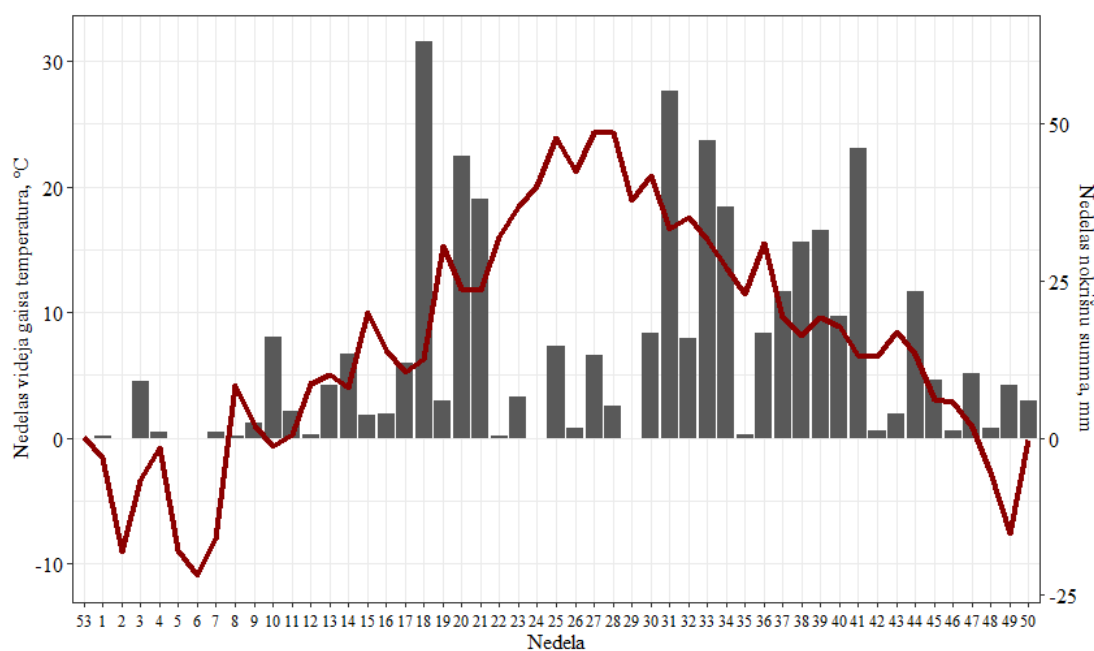
2.61. attēls. Mēnešu vidējās gaisa temperatūras un mēnešu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2021. gadā

Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā ir $+6.4^{\circ}\text{C}$, vissiltākais mēnesis – jūlijs ar vidējo gaisa temperatūru $+17.4^{\circ}\text{C}$, turpretim visaukstākie mēneši ir janvāris un februāris ar vidējo temperatūru -3.2 un -3.7°C (LVĢMC). 2018. un 2019. gadā Zalvītes modeļteritorijā vidējā gaisa temperatūra bija $+8.4^{\circ}\text{C}$. 2020. gadā Zalvītes modeļteritorijā vidējā gaisa temperatūra sasniedza $+9.1^{\circ}\text{C}$, turpretim 2021. gadā bija vien $+7.7^{\circ}\text{C}$.

Vidējais nokrišņu daudzums Latvijā ir 692 mm gadā. Visvairāk nokrišņus novēro augustā (77 mm) un jūlijā (76 mm), turpretim vismazāk nokrišņus novēro aprīlī (34 mm) (LVĢMC). 2018. un 2019. gadā nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā bija ievērojami zem Latvijas ilgtermiņa vidējā nokrišņu daudzuma – attiecīgi 486 un 539 mm. 2020. gads bija nokrišņiem bagātāks –

Zalvītē tika novēroti 779 mm nokrišņu. 2021. gadā līdz decembra vidum tika novēroti 678 mm nokrišņu.

Vidējās gaisa temperatūras un nokrišņu summas pa nedēļām Zalvītes modeļteritorijā 2021. gadā attēlotas 2.62. attēlā.



2.62. attēls. Nedēļu vidējās gaisa temperatūras un nedēļu nokrišņu daudzums Zalvītes modeļteritorijā 2021. gadā

2.2.1.3. Virszemes ūdens kvalitātes rādītāji Zalvītes modeļteritorijā

Virszemes ūdens kvalitātes raksturošanai Zalvītes modeļteritorijā noteikti 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 (N_{kop}) un izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs.

Ūdenī izšķīdušais skābeklis ir viens no dzīvības procesus limitējošajiem faktoriem ūdens ekosistēmās. Lai dzīvības procesi noritētu normāli, izšķīdušā skābekļa saturs nedrīkst būt mazāks par 5 mg L^{-1} (Melecis, 2011; Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). 2.63. attēlā parādīts vidējais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2016. – 2021. gadā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka 2016. – 2021. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ paraugu ņemšanas vietā P6 2021. gada jūlijā līdz $12,4 \text{ mg L}^{-1}$ Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2020. gada martā. Gada vidējais izšķīdušā skābekļa saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte svārstījās amplitūdā no $5,4 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ paraugu ņemšanas vietā P5 (2018. gads) līdz $10,1 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$ Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā (2020. gads).

Kopš 2021. gada izšķīdušā skābekļa satura mērījumi veikti paraugu ņemšanas punktā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva. Šajā paraugu ņemšanas punktā novērots zemākais izšķīdušā skābekļa saturs Zalvītes modeļteritorijā (vidēji $5,6 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$), kas ir tikai nedaudz virs robežvērtības 5 mg L^{-1} , kas nosaka dzīvības procesu normālu noriti. Salīdzinoši zemākās izšķīdušā skābekļa vērtības skaidrojamas ar lielāku tā patēriņu organisko vielu

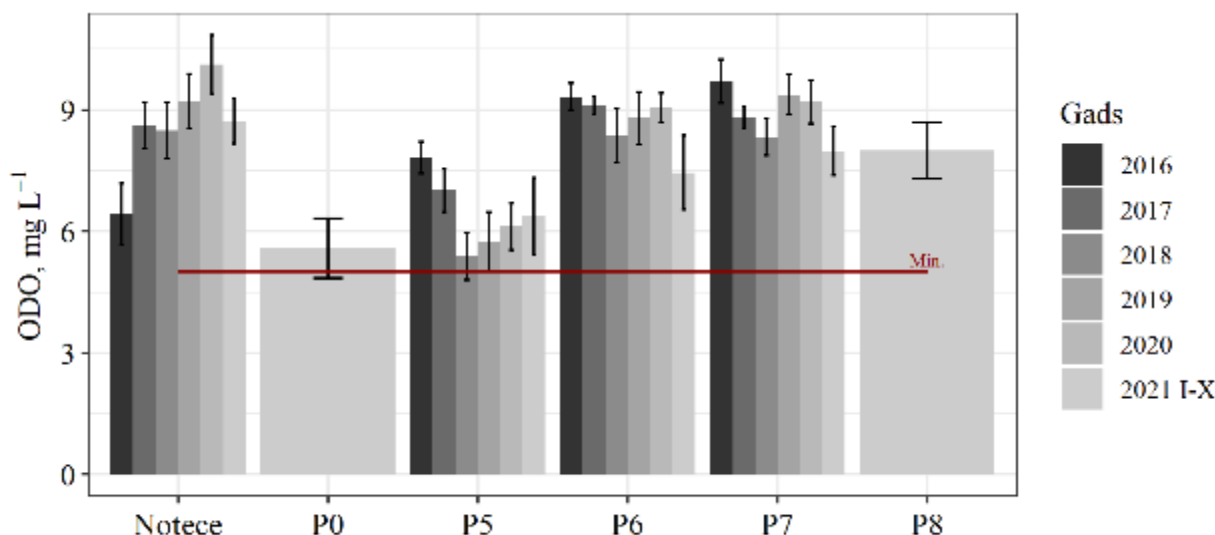
noārdīšanās procesos, jo Zalvītes straucha iztekā no Saukas purva novērots salīdzinoši liels organisko vielu saturs (2.63., 2.76. attēls).

Renovētajos grāvjos (paraugu ņemšanas punkti P5-P8) 2018. gadā vērojams izšķīdušā skābekļa satura samazinājums. Izšķīdušā skābekļa koncentrācijas samazināšanās vistīcāmāk ir saistāma ar meteoroloģiskajiem apstākļiem – sauso un karsto vasaru. 2018. gadā Zalvītes modeļteritorijā kopējais nokrišņu daudzums (486 mm) bija ievērojami zem Latvijas ilgtermiņa vidējā nokrišņu daudzuma (692 mm gadā). Turklāt skābekļa šķīdība samazinās, palielinoties ūdens temperatūrai. Izšķīdušā skābekļa saturu ietekmē arī organiskās vielas veidošanās un sadalīšanās procesi ūdensobjektos – jo intensīvāk noris, piemēram, ūdensaugu atmiršana, jo vairāk pieejamā izšķīdušā skābekļa tiek patērēts organiskās vielas sadalīšanās procesos (2.81. attēls). Turklāt jāņem vērā, ka 2018. gadā gaisa temperatūras arī rudens mēnešos bija visai augstas, tādējādi saglabājot augstu bioloģisko aktivitāti ūdensobjektos. Kaut gan kopumā renovētajos grāvjos 2016. – 2021. gada pētījuma periodā vidējais izšķīdušā skābekļa saturs bija $> 5,4 \text{ mg L}^{-1}$, atsevišķos periodos dzīvības procesi skābekļa trūkuma dēļ varēja būt ietekmēti.

Zalvītes straucha noteces mērīšanas punktā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs svārstījās amplitūdā no $3,1 \text{ mg L}^{-1}$ līdz $12,4 \text{ mg L}^{-1}$. Mērījumu rezultāti liecina, ka, līdzīgi kā renovētos grāvjos, arī Zalvītes straucha noteces mērīšanas punktā dzīvības procesi skābekļa trūkuma dēļ atsevišķos periodos varēja būt ierobežoti. Šajā gadījumā tas visdrīzāk skaidrojams ar paraugu ņemšanas vietas spēcīgo noēnojumumu. Noteces mērīšanas punktā praktiski nav ūdensaugu veģetācijas, kas fotosintēzes rezultātā varētu papildināt ūdenstecē izšķīdušā skābekļa krājumus.

2016. gadā pēc ceļu būves darbu uzsākšanas (oktobrī un novembrī) netika novērota izšķīdušā skābekļa satura samazināšanās paraugu ņemšanas punktos, kas atrodas darbu veikšanas tiešā tuvumā. Līdzīgi arī 2017. gada pētījuma periodā vidējā izšķīdušā skābekļa satura samazināšanās paraugu ņemšanas punktos nav saistāma ar ceļu būves darbu veikšanu, jo izšķīdušā skābekļa satura izmaiņas konstatētas gan punktos, kas atrodas darbu veikšanas tiešā tuvumā (P6), gan punktos, kas neatrodas darbu veikšanas tiešā tuvumā (P5 un P7).

2019. un 2020. gada pētījuma periodā izšķīdušā skābekļa saturs vidēji ir palielinājies visos paraugu ņemšanas punktos, salīdzinot ar 2018. gadu. Turklāt Zalvītes straucha noteces mērīšanas punktā 2020. gadā novērotas augstākā gada vidējās izšķīdušā skābekļa satura vērtība visā novērojumu periodā (laika posmā no 2016. gada). Tas varētu būt skaidrojams ar nokrišņu daudzumu, kas 2020. gadā bija ievērojami lielāks nekā iepriekšējos gados.



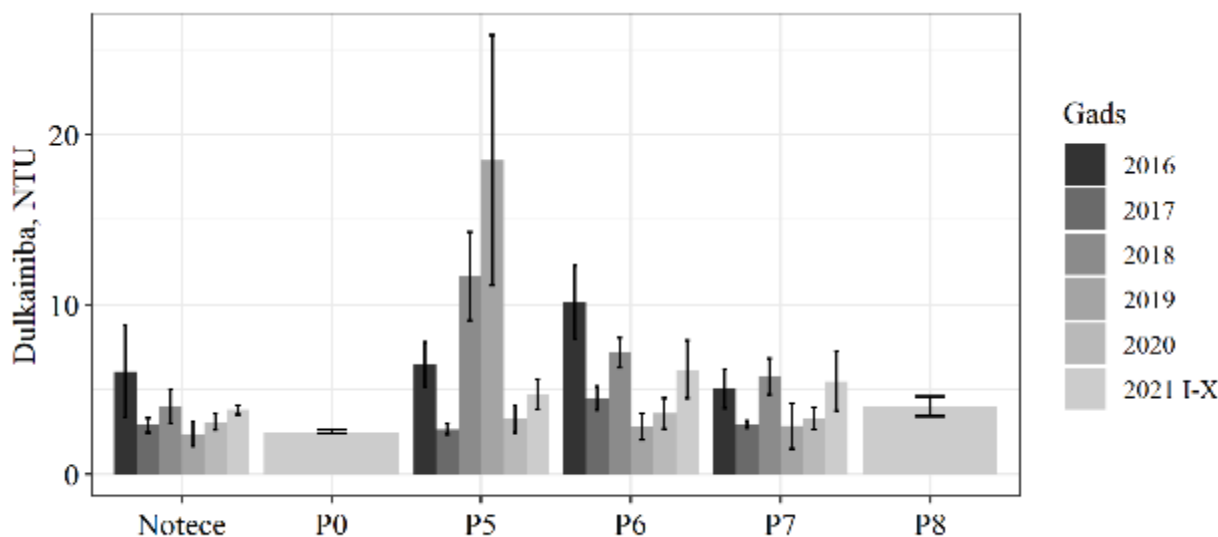
2.63. attēls. Vidējais izšķīdušā skābekļa (ODO) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gadā. Sarkanā līnija atspoguļo izšķīdušā skābekļa satura robežvērtību (5 mg L^{-1}), kuru nesasniedzot, dzīvības procesu norma norise var tikt ierobežota skābekļa trūkuma dēļ

Ūdens duļķainību ietekmē suspendēto daļiņu, koloīdu, izšķīdušo vielu un mikroorganismu saturs ūdenī; dabas ūdeņos to rada suspendētais materiāls (māla, smilts un putekļu daļiņas, neorganiskās un organiskās vielas), aļģes, planktons vai citi mikroskopiski organismi, kas kavē gaismas caurlaidību ūdenī. Ūdens duļķainību rada arī krāsaina un fluorescējoša organiskā matērija (piemēram, humīnskābes). Liela ūdens duļķainība samazina saules gaismas caurlaidību ūdens vidē, un līdz ar to negatīvi ietekmē fotosintēzes norisi.

2.64. attēlā atspoguļota virszemes ūdeņu vidējā duļķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka 2016. – 2021. gada pētījuma periodā duļķainība virszemes ūdeņos galvenokārt svārstījās amplitūdā līdz 70,3 NTU (nephelometriskās *duļķainības* vienības – *nephelometric turbidity units*). Gada vidējā duļķainības vērtība pētījuma objektā nepārsniedz $18,5 \pm 7,4$ NTU (2.64. attēls).

2017. gadā, kad pētījuma objektā veikta meža infrastruktūras izbūve, nav vērojama vidējās ūdens duļķainības rādītāju palielināšanās, salīdzinot ar 2016. gadu (references periods pirms saimnieciskās darbības uzsākšanas). Savukārt 2018. gadā, kad pētījuma objektā veikti mežizstrādes darbi, vidējie duļķainības rādītāji virszemes ūdeņos ir palielinājušies, salīdzinot ar 2017. gadu, un atsevišķos paraugu ņemšanas punktos (piemēram, P5 un P7) salīdzinot arī ar 2016. gadu. Šo ūdens duļķainības vidējo rādītāju palielinājumu nevar tieši saistīt ar mežizstrādes darbu veikšanu, jo vidējie duļķainības rādītāji palielinājušies gan punktos, kur veikti mežizstrādes darbi tieši to tuvumā (P5 un P6), gan punktos, kur mežizstrādes darbi tieši tuvumā nav veikti (P7).

2019. gadā paraugu ņemšanas vietā P5 konstatēta novērojuma perioda (2016. – 2021. gads) augstākā gada vidējā duļķainība – $18,5 \pm 7,4$ NTU. Tas visticamāk skaidrojams ar nelielo ūdens daudzumu grāvī, jo mežizstrāde tieši šī punkta tuvumā ir veikta jau 2018. gada februārī. Sevišķi augstas duļķainības vērtības šajā paraugu ņemšanas punktā konstatētas tieši vasaras mēnešos. Kopumā var secināt, ka Zalvītes modeļteritorijā veiktā pietiekami intensīvā meža infrastruktūras izbūve un mežizstrādes darbi nav negatīvi ietekmējusi šī ūdens kvalitātes rādītāja vērtības.



2.64. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu dulķainība Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā

Suspendētās jeb koloidālās daļiņas (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 (2.76. attēls).

2.65. attēlā atspoguļots vidējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumu rezultāti norāda, ka kopējais suspendēto daļiņu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā laika posmā kopš 2016. gada svārstījās amplitūdā no $< 1 \text{ mg L}^{-1}$ līdz 438 mg L^{-1} paraugu ņemšanas vietā P5 2016. gada jūlijā. Salīdzinoši lielāks suspendēto daļiņu saturs ($> 100 \text{ mg L}^{-1}$) virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā konstatēts tikai atsevišķos gadījumos (3,3% gadījumu) un nav tieši saistāms ar ceļa rekonstrukciju vai mežsaimniecisko darbību veikšanu paraugu ņemšanas vietu tiešā tuvumā.

Laika posmā kopš 2016. gada Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā neliels suspendēto daļiņu satura palielinājums konstatēts tikai 2020. gadā (vidēji $18 \pm 14 \text{ mg L}^{-1}$), kas skaidrojams ar palielinātu suspendēto daļiņu saturu Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2020. gada februārī (153 mg L^{-1}). Vidējais kopējais suspendēto daļiņu saturs Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā bija $12 \pm 3 \text{ mg L}^{-1}$.

Renovētajos grāvjos (paraugu ņemšanas punkti P5-P8) pētījuma perioda vidējais suspendēto daļiņu saturs variē no $2,6 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ (P7, 2016. gads) līdz $53 \pm 48 \text{ mg L}^{-1}$ (P5, 2016. gads), ko nosaka ekstremāli augstā vērtība paraugu ņemšanas vietā 2016. gada jūlija mēnesī (438 mg L^{-1}). Minētais suspendēto daļiņu satura palielinājums paraugu ņemšanas vietā P5 nav skaidrojams ar mežsaimniecisko darbību veikšanu, jo ne ceļa rekonstrukcija, ne arī mežizstrādes darbi 2016. gadā nav veikti grāvja tiešā tuvumā.

Kopš 2021. gada suspendēto daļiņu satura mērījumi veikti paraugu ņemšanas punktā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztecē no Saukas purva. Šajā paraugu ņemšanas punktā novērots zemākais suspendēto daļiņu saturs Zalvītes modeļteritorijā (vidēji $1,4 \pm 0,9 \text{ mg L}^{-1}$).

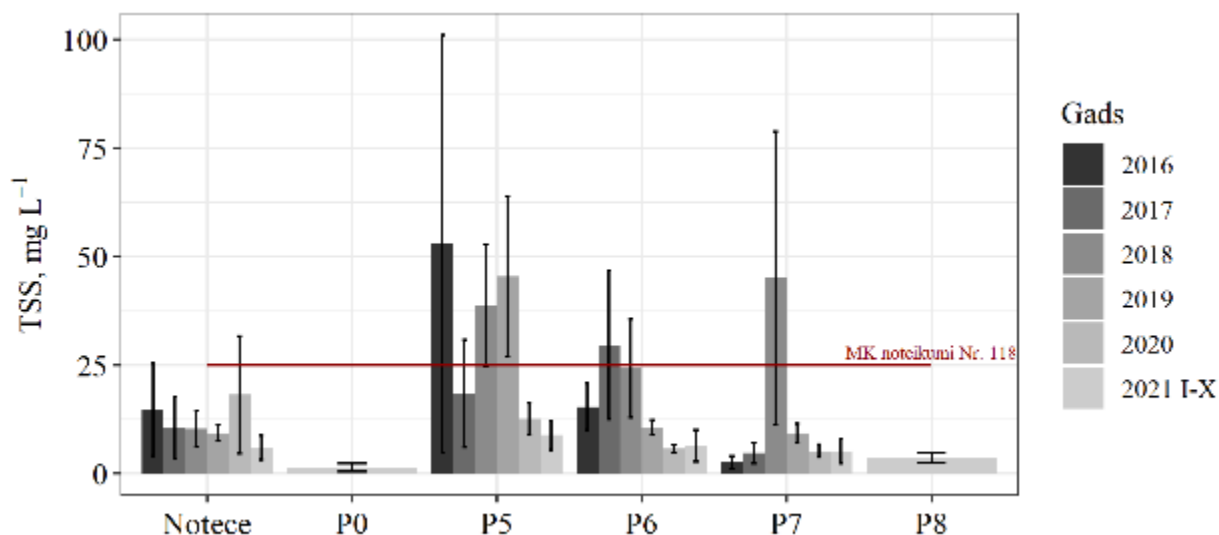
MK noteikumu Nr. 118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" 3.pielikumā "Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem" dotais mērķlielums suspendētajām daļiņām gan lašveidīgo, gan karpveidīgo zivju ūdeņos ir $\leq 25 \text{ mg L}^{-1}$, turklāt šis rādītājs var tikt pārsniegts neraksturīgu hidroloģisku vai meteoroloģisku apstākļu dēļ. Zalvītes modeļteritorijā gada vidējā suspendēto daļiņu satura vērtība pārsniedz 25 mg L^{-1} mērījumu punktos P5 (2016., 2018. un 2019. gads), P6 (2017. gads) un P7 (2018. gads), bet tas galvenokārt saistīts ar atsevišķiem un īslaicīgiem suspendēto

daļiņu satura palielinājumiem.

2017. gadā, kad objektā veikti ceļu būves darbi, šī rādītāja gada vidējā vērtība ir pārsniegta mērījumu punktā P6. Analizējot ikmēneša mērījumu rezultātus, konstatēts, ka šo rezultātu ietekmējusi suspendēto daļiņu koncentrācija janvāra un februāra paraugos, bet pārējos mēnešos suspendēto daļiņu koncentrācija nav pārsniegusi 21 mg L^{-1} , turklāt noteces mērīšanas punktā Zalvītes strautā arī gada vidējā koncentrācija 2017. gadā ir bijusi $10,6 \text{ mg L}^{-1}$. Tātad pētījuma objektā meža autoceļu būve nav palielinājusi suspendēto daļiņu koncentrācijas ūdenī līdz tādām līmenim, kas varētu pasliktināt promtekas – Zalvītes straucha – ekoloģisko kvalitāti un apdraudēt dzīvības procesus tajā.

2018. un 2019. gada pētījumu periodā, kad Zalvītes modeļteritorijā veikti mežizstrādes darbi, minētais mērķlielums suspendētajām daļiņām (25 mg L^{-1}) pārsniegts objektos P5 (gan 2018., gan 2019. gads) un P7 (2018. gads). Analizējot datus pa mēnešiem, konstatēts, ka suspendēto daļiņu mērķlielums minētos objektos pārsniegts galvenokārt īslaicīga suspendēto daļiņu satura palielinājuma rezultātā, ko visticamāk izraisījis kāds mehānisks saduļļojums vai, piemēram, stipra lietusgāze.

Tātad suspendēto daļiņu gada vidējo vērtību variāciju galvenokārt nosaka atsevišķas, netipiski augstas suspendēto daļiņu satura vērtības, kas visticamāk radušās mehāniska traucējuma rezultātā. Vidējā suspendēto daļiņu satura palielinājums virszemes ūdeņos nav saistāms ar mežizstrādes darbu veikšanu paraugu ņemšanas punktu tiešā tuvumā.

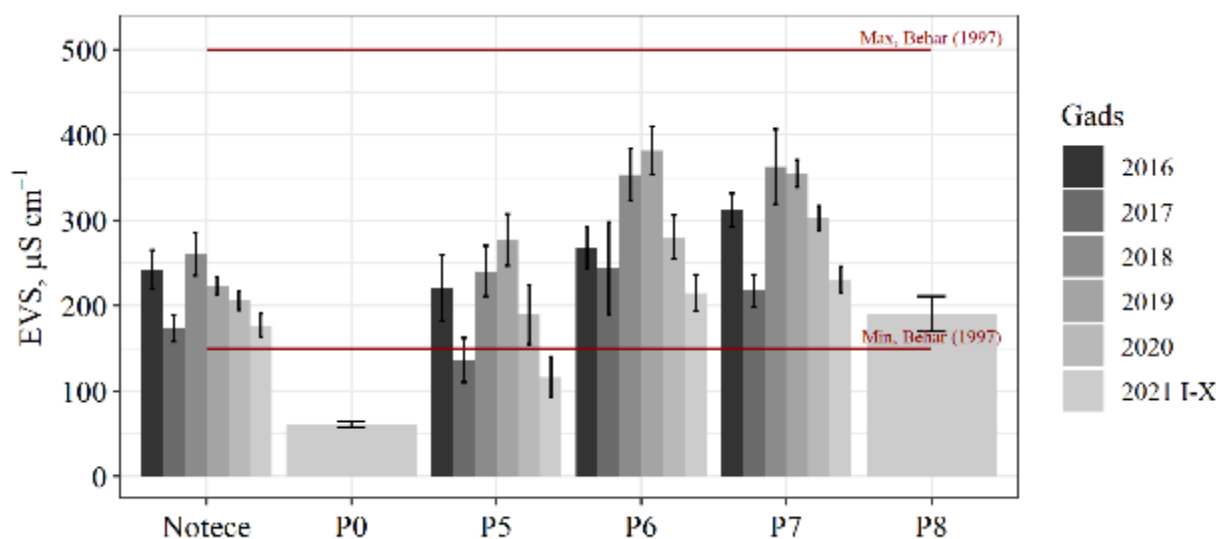


2.65. attēls. Vidējais kopējais suspendēto daļiņu (TSS) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Sarkanā līnija atspoguļo MK noteikumu Nr. 118 3.pielikuma "Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem" mērķlielumu suspendētajām daļiņām lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņos

Ūdens elektrovadītspēja (EVS) tieši raksturo ūdenī izšķīdušo kopējo sāļu daudzumu. Elektrovadītspēju ietekmē ūdens temperatūra – jo tā augstāka, jo lielāka arī elektrovadītspēja. 2.66. attēlā atspoguļota virszemes ūdeņu vidējā elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka laika posmā kopš 2016. gada virszemes ūdeņu elektrovadītspēja svārstījās amplitūdā no $48,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (paraugu ņemšanas vietā P0, 2021. gada martā) līdz $810,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (paraugu ņemšanas vietā P6, 2017. gada jūlijā). Gada vidējā elektrovadītspēja variē no $61,0 \pm 3,9 \mu\text{S cm}^{-1}$ (P0, 2021. gads) līdz $381,7 \pm 28,6 \mu\text{S cm}^{-1}$ (P6, 2019. gads). Visās paraugu ņemšanas vietās, kur ūdens kvalitātes mērījumi veikti kopš 2016. gada, augstākās gada vidējās elektrovadītspējas vērtības konstatētas 2018. vai 2019. gadā. Atsevišķās paraugu ņemšanas vietās (P6 un P7) arī 2020. gada pētījuma periodā saglabājas salīdzinoši augstas elektrovadītspējas vidējās vērtības, salīdzinot ar 2016. – 2017. gada pētījuma periodu. Savukārt 2021. gadā visos ūdens kvalitātes monitorēšanas punktos, kur ūdens kvalitātes mērījumi veikti kopš 2016. gada, elektrovadītspējas vidējās vērtības ir samazinājušās, salīdzinot

ar 2018. – 2020. gada pētījuma periodu. Minētais virszemes ūdes elektrovadītspējas paaugstinājums teorētiski varētu būt saistīts ar mežizstrādes un augsnes sagatavošanas darbu veikšanu, kas veicinājuši elementu izskalošanos no augsnes Zalvītes modeļteritorijā.

Renovētos grāvjos (P5, P6, P7, P8) un Zalvītes strautā pētījuma periodā vidējā elektrovadītspēja bija $250,8 \pm 6,8 \mu\text{S cm}^{-1}$, bet mazākā vidējā elektrovadītspēja konstatēta paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkota Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, – $61,0 \pm 3,9 \mu\text{S cm}^{-1}$. Atbilstoši Behar (1997) ūdenstecēs, lai tās spētu uzturēt daudzveidīgas dzīvo organismu populācijas, elektrovadītspējai ideālā gadījumā būtu jābūt robežās no 150 līdz $500 \mu\text{S cm}^{-1}$. Zalvītes modeļteritorijā, izņemot Zalvītes strauta izteku no Saukas purva, gada vidējā ūdens elektrovadītspēja variē visai tuvu Behar (1997) noteiktam elektrovadītspējas intervālam. Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva elektrovadītspēja nepārsniedz $76,1 \mu\text{S cm}^{-1}$, arī atsevišķos gadījumos renovētos grāvjos (piemēram, P5) gada vidējā elektrovadītspēja ūdens paraugos bija mazāka par $100 \mu\text{S cm}^{-1}$. Tomēr zema ūdens elektrovadītspēja nedod pamatu bažām par kopēju ūdens kvalitātes pasliktināšanos.



2.66. attēls. Vidējā virszemes ūdeņu elektrovadītspēja Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Sarkanā līnija atspoguļo elektrovadītspējas intervālu, kura robežās ūdens ekosistēmas spēj uzturēt daudzveidīgas dzīvo organismu populācijas (atbilstoši Behar, 1997)

Ūdens pH vērtība atspoguļo ūdeņraža jonu koncentrāciju ūdenī un līdz ar to nosaka, cik skābs vai bāzisks ir ūdens. Tas ir nozīmīgs ūdens kvalitāti raksturojošs rādītājs, jo ne tikai ietekmē lielāko daļu ķīmisko un bioloģisko procesu norisi, bet arī limitē dažādu sugu izplatību ūdens ekosistēmās. pH nosaka gan barības vielu un citu ķīmisko elementu šķīdību ūdenī, gan šo vielu bioloģisko pieejamību (vai smago metālu gadījumā – to toksiskuma līmeni). Metāli ir toksiskāki pie zemākām pH vērtībām, jo šādos apstākļos tie ir vairāk šķīstoši. pH izmaiņas par vienu vienību nozīmē to, ka skābums ir mainījies desmit reizes.

2.67. attēlā atspoguļots vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Ikmēneša virszemes ūdeņu kvalitātes mērījumu rezultāti norāda, ka ūdens pH svārstījās amplitūdā no 3,7 paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, līdz 8,4 paraugu ņemšanas vietā P7. Gada vidējās pH vērtības svārstījās amplitūdā no $3,8 \pm 0,1$ paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva, līdz $7,6 \pm 0,1$ paraugu ņemšanas vietās P6, P7, kā arī Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā.

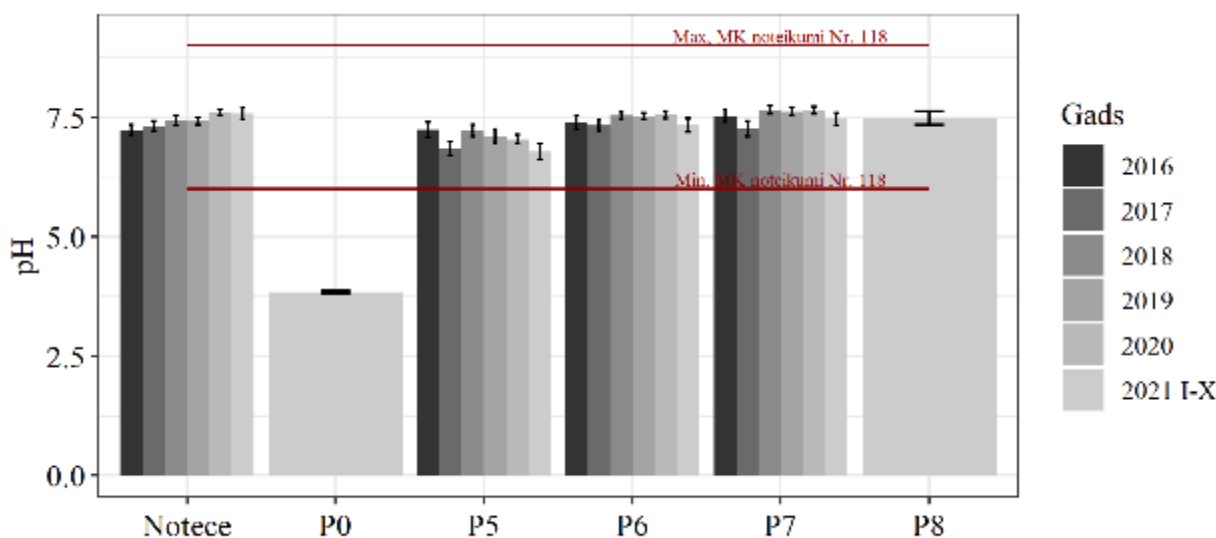
Dabiskās ūdenstecēs un ūdentilpēs pH vērtība ir diapazonā no 6 – 8, bet izteikti negatīva ietekme uz ūdens organismiem sāk izpausties tad, kad ūdens pH samazinās zem 5 vai palielinās virs 9,6. MK noteikumu Nr. 118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti”

3.pielikumā “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” dotais robežlielums gan lašveidīgo, gan karpveidīgo zivju ūdeņos ir pH intervāls no 6 līdz 9. ASV Vides aizsardzības aģentūras (U.S. EPA) noteiktais vides kvalitātes kritērijs saldūdens pH ir intervāls no 6,5 līdz 9,0 (U.S. EPA, 2021).

Mūsu pētījuma objekta ūdens kvalitātes novērošanas punktos P5-P8 un Zalvīes straucha noteces mērīšanas punktā analīžu rezultāti neliecina par virszemes ūdeņu paskābināšanas problēmu, kaut gan 2017. un 2021. gada pētījumu periodos atevišķos ūdens kvalitātes novērošanas punktos (P5, P6, P7) vērojama virszemes ūdeņu vidējās pH vērtības samazināšanās, salīdzinot ar 2016. un 2018.-2020. gadu. Ūdenstecēs pH samazināšanos izraisa virkne dabisku faktoru, piemēram, skuju koku nobiru nokļūšana un sadalīšanās tajās, kā arī organiskās skābes. 2017. gadā palielinātā nokrišņu daudzuma dēļ bija lielāka virszemes notece, attiecīgi ūdenī nokļuva lielāks daudzums organiskās vielas, no kuras daļu veido organiskās skābes. Par šo dabisko procesu tieši liecina izšķīdušā organiskā oglekļa satura palielināšanās mērījumu punktos 2017. gadā (2.67., 2.76. attēls).

Paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes straucha iztekā no Saukas purva, vidējais ūdens pH 2021. gadā bija $3,8 \pm 0,1$. Saukas purvs ir augstais purvs un ūdeņu pH augstajos purvos parasti svārstās no 3,0 līdz 4,2. Vides reakciju augstajos purvos lielā mērā nosaka humīnvietu sadalīšanās process, mazākā mērā metabolisma procesi sfagnos *Sphagnum* spp. (Mežaka et al. 2021).

Kopumā analizējot pH izmaiņas atsevišķos paraugu ņemšanas punktos Zalvītes modeļteritorijā, nav teorētiska pamatojuma apgalvot, ka nelielās izmaiņas būtu izraisījusi meža autoceļu būve vai mežizstrādes darbu veikšana. Turklāt promtekā – Zalvītes strauchā – vērojama pat neliela ūdens bāziskuma palielināšanās tendence.



2.67. attēls. Vidējais virszemes ūdeņu pH Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā. Sarkanās līnijas atspoguļo MK noteikumu Nr. 118 3.pielikuma “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” minimālo un maksimālo ūdens pH robežlielumu lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņos

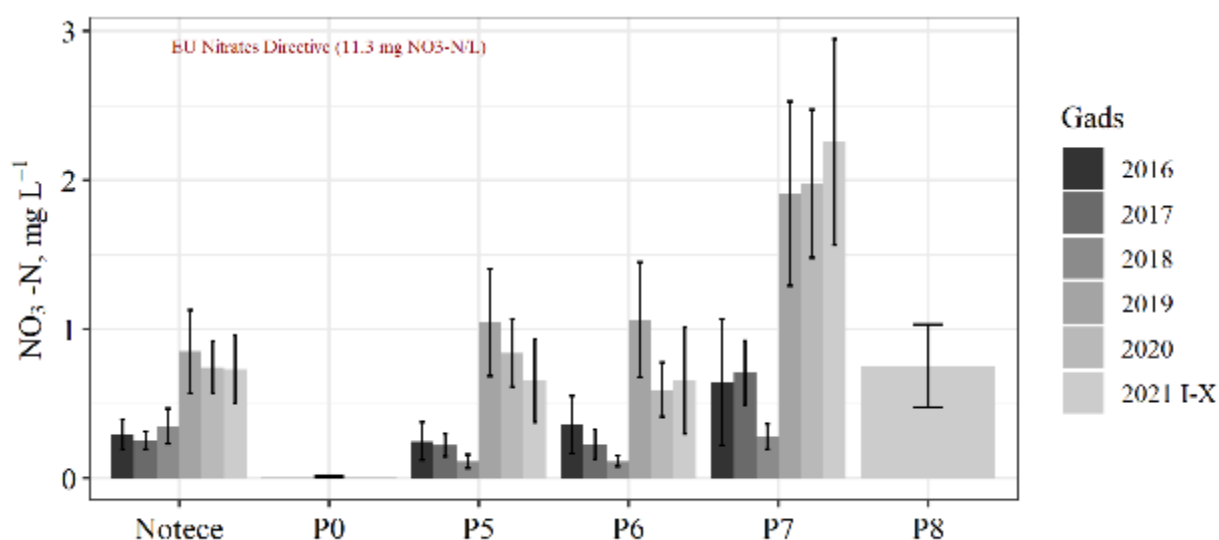
Tīros virszemes ūdeņos nitrātu koncentrācija parasti ir līdz $0,4-8 \text{ mg L}^{-1}$, bet piesārņotos ūdeņos – pat līdz 50 mg L^{-1} , kas ir ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība. Nitrātu sezonālās mainības raksturu ietekmē atšķirības starp nitrātjonu pieplūdes un patēriņa avotiem. Galvenie nitrātu avoti meža ekosistēmās ir organisko un neorganisko vielu pārvērtības un transformācijas procesi. Slāpekļa savienojumu apriti nosaka mikroorganismu darbība (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, kālija joniem (Nikodemus et al., 2018). Līdz ar to nitrātu saturam virszemes ūdeņos tiek pievērsta īpaši liela vērība.

2.68. attēlā atspoguļots vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Slāpekļa galvenā neorganisko savienojumu forma virszemes ūdeņos pētījuma objektā ir nitrātu forma – vidēji 30% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir nitrātu formā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumu rezultāti norāda, ka 2016. – 2021. gada pētījuma periodā nitrātu saturs virszemes ūdeņos mūsu pētījumu objektā svārstījās amplitūdā no $<0,01 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ līdz $6,61 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$, bet gada vidējās nitrātu satura vērtības nepārsniedz $1,98 \pm 0,50 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$.

Visos ūdens paraugu ņemšanas punktos, kur ūdens kvalitātes mērījumi veikti kopš 2016. gada, tai skaitā Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā, 2019. gadā vērojams straujšs vidējā nitrātu satura ūdenī palielinājums. Visticamāk šī paaugstinātā nitrātu koncentrācija 2019. gadā skaidrojama ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi. Augstākās nitrātu vērtības paraugu ņemšanas punktos konstatētas mēnešos, kad fiksēta lielākā notece no platības (janvārī-martā un novembrī-decembrī). Šajos periodos augi neizmanto barības vielas, un situācijā, kad daļā teritorijas, jo sevišķi paraugu ņemšanas punktu tuvumā, ir relatīvi lielas platības, ko nesedz veģetācija (izcirtumi), ir iespējama elementu izskalošanās. Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā un paraugu ņemšanas punktos P5 un P6 2020. un 2021. gadā vērojams pakāpenisks vidējā nitrātu satura samazinājums, bet, neskatoties uz to, tās saglabājas salīdzinoši augstas, salīdzinot ar 2016. – 2018. gada pētījuma periodu. Paraugu ņemšanas punktā P7 2020. un 2021. gadā saglabājas nitrātu satura ūdenī palielināšanās tendence.

Objekts Zalvīte atrodas Lielupes upju baseinu apgabalā. Laika posmā no 2016. līdz 2020. gadam gada vidējā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija Lielupes baseina ūdenstīlpēs bija $0,03 - 14,46 \text{ mg L}^{-1}$, bet maksimālā koncentrācija – $37,60 \text{ mg L}^{-1}$ – konstatēta Maučupes grīvā 2020. gadā (LVĢMC, 2017; LVĢMC, 2018; LVĢMS, 2019; LVĢMC, 2020; LVĢMC, 2021), kas ir ievērojami vairāk kā mūsu pētītajos virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā. Jāņem vērā, ka kopumā nitrātu saturam Latvijas upēs ir tendence pieaugt. Laika posmā no 2016. līdz 2019. gadam gada un ziemas vidējā koncentrācija, kā arī maksimāli novērotā gada koncentrācija ir pieaugusi lielākajā daļā monitoringa staciju Latvijā, salīdzinot ar 2011. – 2015. gadu. $\text{NO}_3\text{-N}$ satura pieaugumu pēdējos gados var saistīt ne tikai ar antropogēno darbību, bet arī ar ekstremāliem klimatiskajiem un hidroloģiskajiem apstākļiem (LVĢMC, 2021).



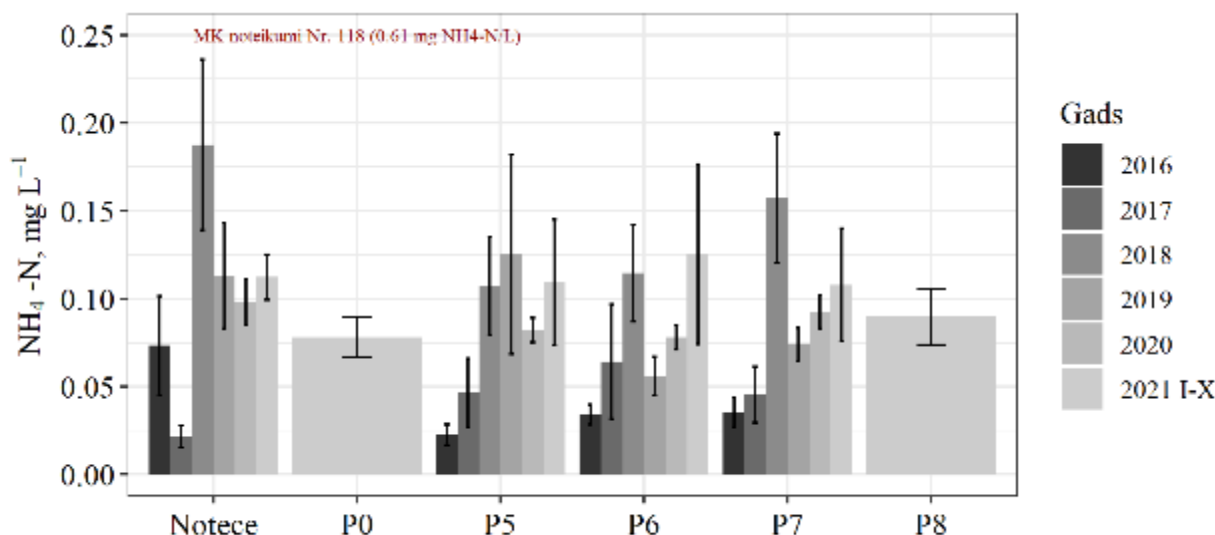
2.68. attēls. Vidējais nitrātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2020. gada pētījuma periodā. ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība ir $11,3 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$

Amonija joni dabas ūdeņos veidojas, sadaloties organiskajām slāpekli saturošajām vielām heterotrofo baktēriju darbības rezultātā. Sadaloties organiskajām vielām, kā starpprodukti veidojas relatīvi daudz dažādu slāpekļa savienojumu, tomēr to akumulācija ūdeņos nenotiek, jo to bioloģiskā stabilitāte ir zema. Atkarībā no vides pH, amonjaks ūdens vidē pastāv kā NH_4^+ jons (tipiski, ja ūdens $\text{pH} < 7$) vai nedisociētā NH_4OH . Amonija joni sorbējas uz suspendētām daļiņām ūdens vidē (2.76. attēls), bet purvu ūdeņos tie var būt saistīti humīnskābju un fulvoskābju sāļu veidā. Saistīšanās ar organiskām vai suspendētām vielām samazina jonu bioloģisko pieejamību. Amonija jonu saturs dabas ūdeņos ir atkarīgs no bioloģisko procesu rakstura tajos, un tāpēc sezonālie procesi ietekmē amonija jonu koncentrācijas. Tipiski vasaras sezonā notiek to intensīva asimilācija, bet ziemas laikā to koncentrācija ūdeņos pieaug (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi liecina, ka amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā pētījuma periodā (2016. – 2021. gads) svārstījās amplitūdā līdz $0,67 \text{ mg NH}_4^+-\text{N L}^{-1}$, bet visa pētījuma perioda vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos bija $0,09 \pm 0,01 \text{ mg NH}_4-\text{N L}^{-1}$ (2.69. attēls). Visā pētījuma periodā vidēji 6,4% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos bija amonija jonu formā.

Salīdzinot pētījuma perioda vidējo amonija jonu saturu virszemes ūdeņos dažādās paraugu ņemšanas vietās, lielāks vidējais amonija jonu saturs konstatēts Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktā 2018. gada pētījuma periodā ($0,19 \pm 0,05 \text{ mg NH}_4-\text{N L}^{-1}$). Kopumā kopš 2018. gada pētījuma periodā konstatēts vidējā amonija jonu satura palielinājums visos paraugu ņemšanas punktos, salīdzinot ar 2016. – 2017. gada pētījuma periodu. Visticamāk paaugstinātā amonija jonu koncentrācija skaidrojama ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi.

Gan nitrātu, gan amonija jonu koncentrācijas dabas ūdeņos veģetācijas sezonas laikā stipri variē. Amonija joni dabas ūdeņos veidojas heterotrofisku baktēriju darbības rezultātā kā organiskās vielas sadalīšanās primārais galaprodukts. Slāpekļa nitrifikācijas procesu rezultātā amonija jonu koncentrācijas parasti ir zemas ūdeņos ar lielu izšķīdušā skābekļa saturu (2.81. attēls). Ja izšķīdušā skābekļa koncentrācijas dabas ūdeņos ir zemas, tiek pārtraukta amonija jonu nitrifikācija, samazinās sedimentu absorbcijas kapacitāte un palielinās amonija jonu atbrīvošana no sedimentiem. Rezultātā amonija jonu koncentrācijas var pieaugt (Quirós 2003). Atbilstoši MK noteikumiem Nr.118 “Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti” 3.pielikumam “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem”, amonija jonu koncentrācijas robežlielums abu tipu ūdensobjektiem ir $0,78 \text{ mg L}^{-1}$ (attiecīgi NH_4-N koncentrācijas robežlielums ir $0,61 \text{ mg L}^{-1}$). Pētījuma periodā minētais robežlielums nedaudz pārsniegts tikai vienu reizi – 2019. gada jūlijā punktā P5.



2.69. attēls. Vidējais amonija jonu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā. MK noteikumu Nr. 118 3.pielikuma “Ūdens kvalitātes normatīvi prioritārajiem zivju ūdeņiem” robežlielums amonija jonu saturam lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņos ir 0,61 mg NH₄-N L⁻¹.

2.70. attēlā parādīts vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā, bet 2.71. attēlā parādīts izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gadā. Pētījumu objektā vidēji 65% no kopējā slāpekļa satura virszemes ūdeņos ir organisko savienojumu formā.

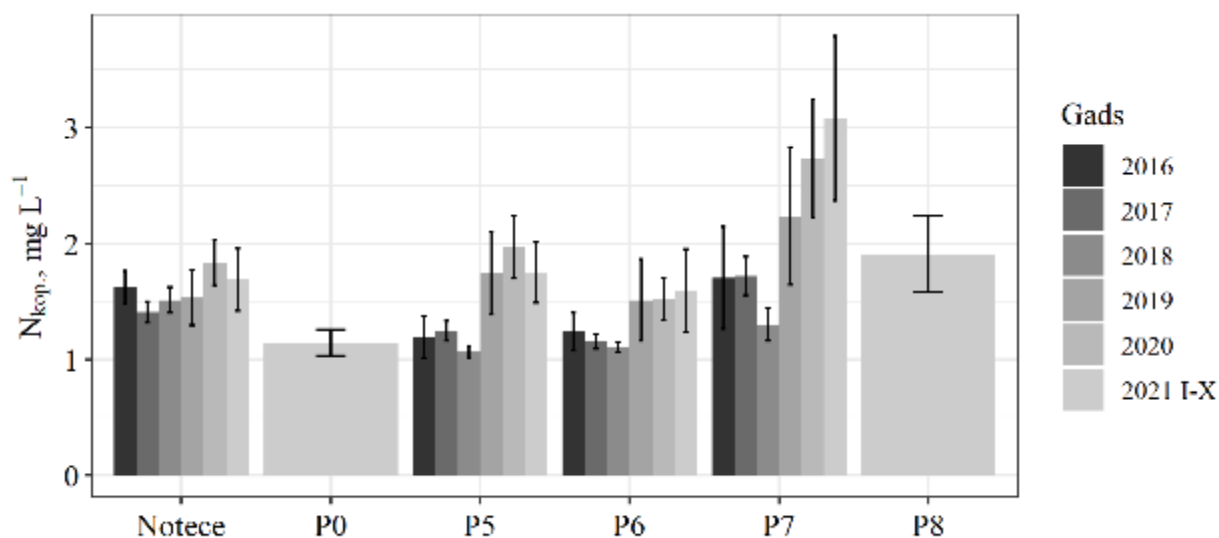
Salīdzinot kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, lielākais vidējais kopējā slāpekļa saturs ($3,1 \pm 0,7$ mg N L⁻¹) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7 2021. gadā, bet lielākais vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa saturs ($81,6 \pm 7,7$ mg C L⁻¹) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots humīnvielām bagātā Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva. No purviem iznestais skābais un humīnvielām bagātais ūdens, nonākot ūdenstecēs, var kļūt par būtisku vides pārveidotāju, ja nokļūst virszemes ūdeņos, kas dabiski nav skābi un humīnvielām bagāti (Priede et al., 2017). Nokļūstot virszemes ūdeņos, uz lielmolekulārām humīnvielām adsorbētie slāpekļa savienojumi var daļēji šķīst baktēriju darbības rezultātā (Priede et al., 2017). Purva ūdeņu ķīmiskais sastāvs raksturīgs ar zemu barības vielu un makroelementu saturu (Mežaka et al., 2021). Arī ūdens kvalitātes mērījumu rezultāti norāda, ka kopējā slāpekļa saturs ūdenī paraugu ņemšanas vietā P0 ir mazāks kā vidēji renovētos grāvjos (P5-P8) un Zalvītes strautā. Līdz ar to nepastāv palielinātas slāpekļa ieneses riski virszemes ūdeņos.

Salīdzinot kopējā slāpekļa saturu virszemes ūdeņos mēnešu griezumā, 2016. gadā lielāko kopējā slāpekļa saturu konstatējām novembrī (attiecīgi 2,8 mg N L⁻¹), 2017. gadā lielāko kopējā slāpekļa saturu konstatējām februārī (attiecīgi 2,0 mg N L⁻¹), 2018. gadā – decembrī (attiecīgi 1,5 mg N L⁻¹), 2019. gadā – februārī (attiecīgi 4,4 mg N L⁻¹), 2020. gadā – oktobrī (attiecīgi 3,4 mg N L⁻¹), bet 2021. gadā – februārī (attiecīgi 3,6 mg N L⁻¹). Tātad lielākās kopējā slāpekļa satura vērtības virszemes ūdeņos pētījuma objektā konstatējām tieši rudens un ziemas mēnešos. Lielāko mēneša vidējo izšķīdušā oglekļa saturu virszemes ūdeņos konstatējām 2017. gada oktobrī (attiecīgi 69,4 mg C L⁻¹).

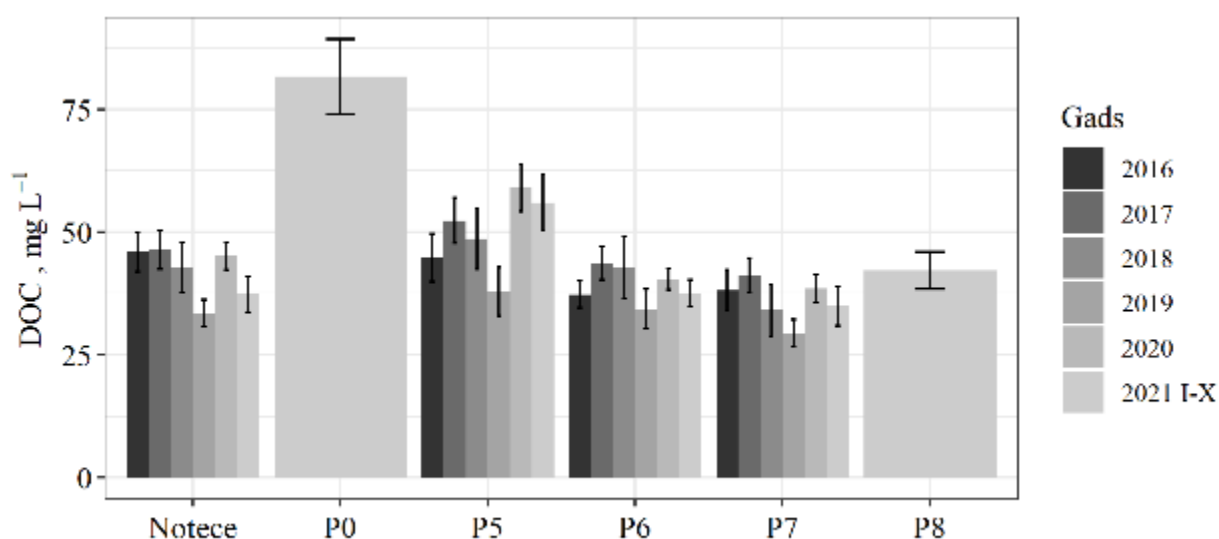
Atbilstoši modeļteritorijā iegūtajiem datiem, rudens un ziemas mēnešos palielinās arī nitrātu un amonija koncentrācija ūdens paraugos, kā arī pieaug šo savienojumu īpatsvars kopējā slāpekļa saturā, tajā pašā laikā samazinoties organiskā slāpekļa īpatsvaram. Atkarībā no dažādu dabisku faktoru ietekmes slāpekļis ūdensobjektos var atrasties amonija, nitrātu un organisko savienojumu veidā, un slāpekļa savienojumiem dabā ir raksturīga izteikta sezonālā dinamika, ar

ko skaidrojamas slāpekļa un tā savienojumu koncentrācijas izmaiņas arī mūsu pētījuma objektā.

Kopumā kopš 2019. gada pētījuma objektā konstatējam kopējā slāpekļa satura palielinājumu virszemes ūdeņos, salīdzinot ar vidējiem kopējā slāpekļa satura rādītājiem 2016. – 2018. gada pētījuma periodos. Visticamāk paaugstinātās kopējā slāpekļa koncentrācijas skaidrojamas ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi.



2.70. attēls. Vidējais kopējā slāpekļa saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016.-2021. gada pētījuma periodā



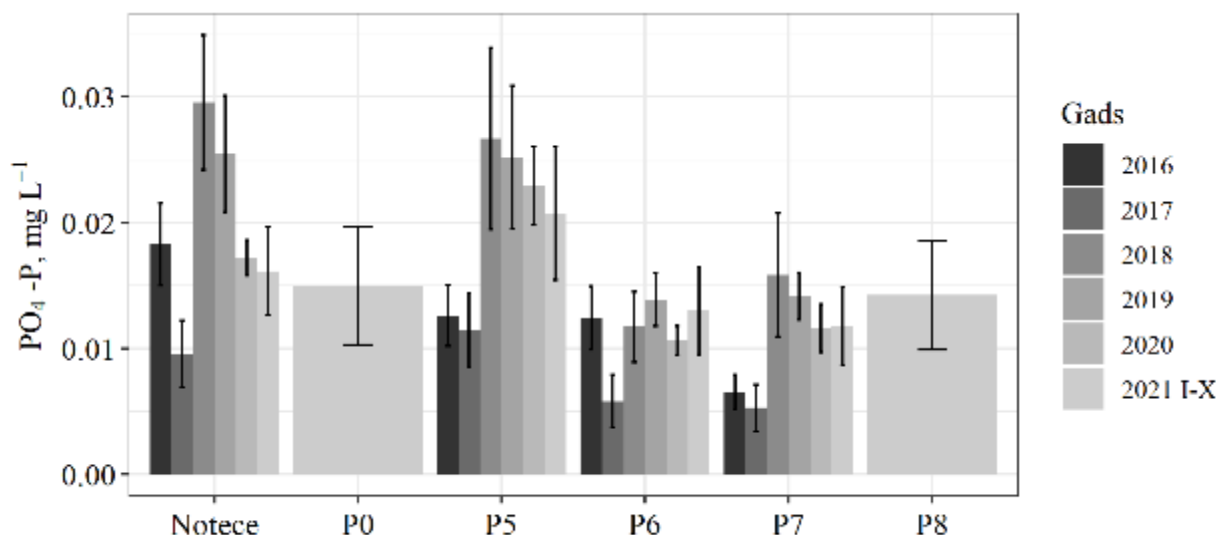
2.71. attēls. Vidējais izšķīdušā organiskā oglekļa (DOC) saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā

Saldūdens ekosistēmās fosfors primāri ir sastopams organiskā un neorganiskā formā. Bioloģiski pieejamā neorganiskā fosfora forma ir ortofosfāti (PO_4^{3-}). Fosfora savienojumiem ir liela nozīme ūdenskrātuvju eutrofikācijas procesos.

2.72. attēlā atspoguļots vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā. Salīdzinot fosfātu saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, lielākais vidējais fosfātu saturs visā pētījuma periodā (vidēji $0,020 \pm 0,002$

mg PO₄³⁻-P L⁻¹) konstatēts paraugu ņemšanas vietā P5. 2018. gadā konstatēta tendence fosfātu koncentrācijai visās paraugu ņemšanas vietās paaugstināties, salīdzinot ar 2016. un 2017. gadu, kas visticamāk skaidrojama ar modeļteritorijā veikto mežizstrādi. 2019. gadā fosfātu saturs saglabājas salīdzinoši augsts, bet 2020. un 2021. gadā galvenokārt vērojama fosfātu satura virszemes ūdeņos samazināšanās.

M.Kļaviņa (2004) dotā koncentrācijas robežvērtība fosfātiem ir 0,05 mg L⁻¹. Pētījuma objektā gada vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos ne vienā no ūdens kvalitātes monitorēšanas punktiem nepārsniedz robežvērtību 0,03 mg PO₄³⁻-P L⁻¹, bet atsevišķos gadījumos fosfātu saturs virszemes ūdeņos variē līdz 0,077 mg PO₄³⁻-P L⁻¹, kas norāda, ka teorētiski paraugu ņemšanas vietās periodiski pastāv lokāli eitrofikācijas draudi.



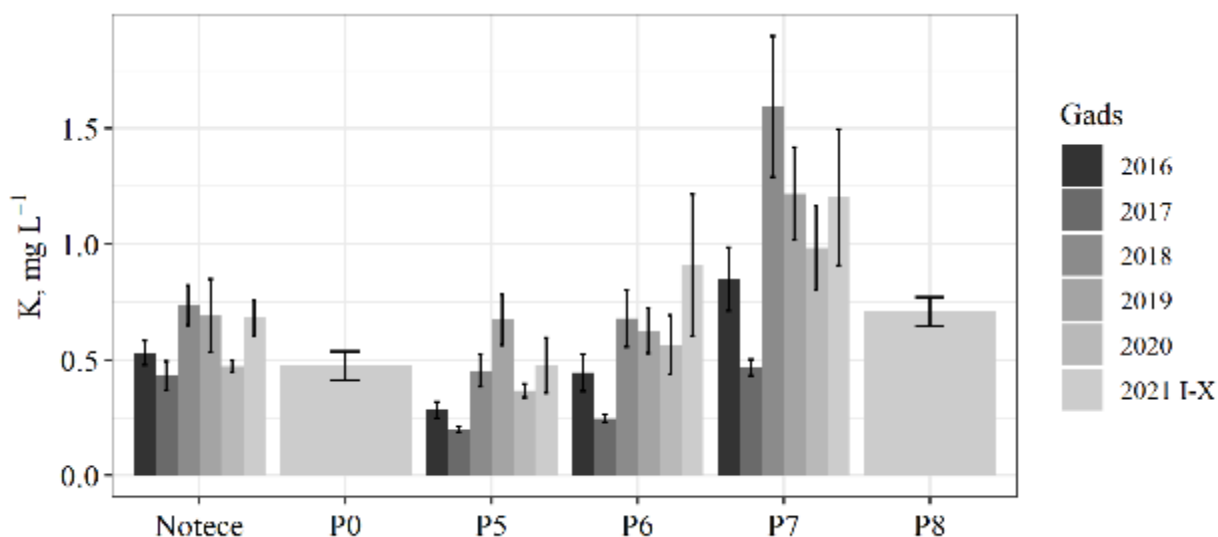
2.72. attēls. Vidējais fosfātu saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā

Līdzīgi kā gruntsūdeņos, arī virszemes ūdeņos pētījuma objektā katjonu saturs samazinās sekojošā secībā: Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺. Kalcijns dabas ūdeņos nokļūst galvenokārt kalcija sulfātu saturošu iežu dēdēšanas rezultātā, kā arī karbonātiem mijiedarbības rezultātā ar oglekļa dioksīdu un ūdeni, veidojoties viegli šķīstošiem hidrogēnkarbonātiem. Magnija avoti ūdeņos ir karbonātu un silikātu dēdēšanas procesi. Magnija nozīmi dabas vidē nosaka tas, ka magnijs ietilpst hlorofila sastāvā. Savukārt kālijs dabas ūdeņos meža ekosistēmās galvenokārt nokļūst, sadēdot tādiem minerāliem kā ortoklāzam, biotītam, laukšpatam un silvinītam. Kālija jonu saturu ūdeņos ietekmē paaugstināta kālija jonu asimilācija augsnē, īpaši kālija joni spēj sorbēties uz minerālu daļiņām un iekļauties to struktūrā. Latvijas apstākļos paaugstināti kālija daudzumi var nokļūt ūdeņos, izskalojoties no augsnēm, kas nabadzīgas ar humusu (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Lielupes un tās baseina ūdeņos ir konstatētas visaugstākās bāzisko katjonu koncentrācijas Latvijā: vidējā kālija jonu koncentrācija gadā ir 4,8 mg L⁻¹, vidējā kalcija jonu koncentrācija – 100 mg L⁻¹, bet magnija jonu koncentrācija – 23 mg L⁻¹ (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

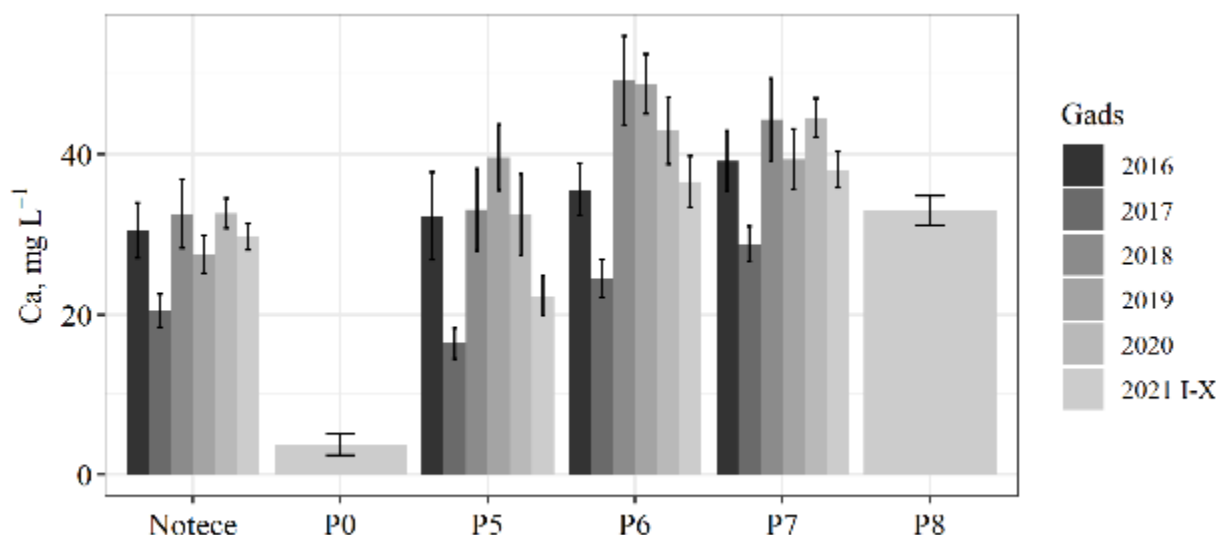
2.73., 2.74. un 2.75. attēlā parādīts vidējais kālija, kalcija un magnija saturs virszemes ūdeņos objektā Zalvīte 2016. – 2021. gada pētījuma periodā. Ikmēneša ūdens kvalitātes mērījumi norāda, ka kālija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no 0,13 mg K L⁻¹ līdz 3,61 mg K L⁻¹. Kalcija saturs virszemes ūdeņos pētījuma objektā svārstījās amplitūdā no 1,6 mg Ca L⁻¹ līdz 90,7 mg Ca L⁻¹, bet magnija saturs virszemes ūdeņos svārstījās amplitūdā no 0,34 mg Mg L⁻¹ līdz 27,5 mg Mg L⁻¹. Salīdzinot katjonu saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā, būtiski lielāks kālija saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P7 (salīdzinot ar Zalvītes strauta noteces mērīšanas punktu un P0, P5, P6 un P8), kas zīmīga ar to, ka Zalvītes strauts vairāku simtu metru garumā tek cauri pārplūstošam

klajumam, kur potenciāli iespējama ar bāziskiem katjoniem bagātu pazemes ūdeņu izplūde. Salīdzinot kalcija un magnija saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, konstatēts, ka būtiski lielāks kalcija un magnija saturs ir virszemes ūdeņos paraugu ņemšanas vietā P6 un P7. Zīmīgi, ka paraugu ņemšanas vietās P6 un P7 konstatēts arī salīdzinoši bāziskākais ūdens vidējais pH (2.67. attēls, 2.76. attēls). Salīdzinot kalcija un magnija saturu dažādās paraugu ņemšanas vietās pētījuma objektā, būtiski mazāks kalcija un magnija saturs konstatēts paraugu ņemšanas vietā P0, kas ierīkots Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva. Tas skaidrojams ar zemu barības vielu un makroelementu saturu augstā purva ūdeņos, kas arī nosaka ūdens ķīmisko sastāvu Zalvītes strauta iztekā no Saukas purva.

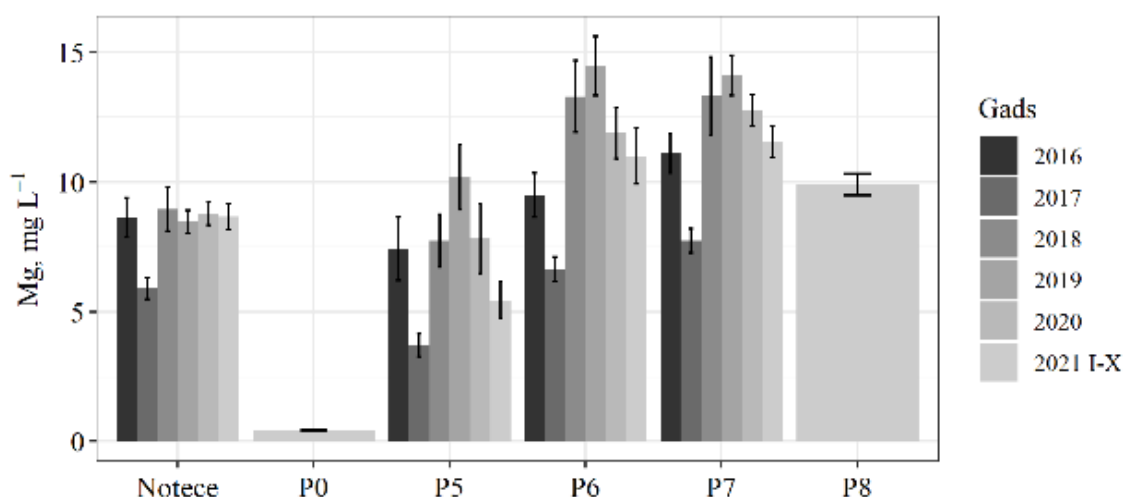
Pētījuma gaitā ņemto ūdens paraugu analīžu rezultāti neliecina par pastiprinātu bāzisko katjonu izskalošanos saistībā ar meža autoceļu izbūvi. Savukārt, 2018. – 2021. gada pētījuma periodā ir palielinājušās bāzisko katjonu vidējās koncentrācijas, salīdzinot kā ar 2017. gadu, tā arī ar references periodu (2016. gads). Kaut arī bāzisko katjonu palielinājums konstatēts kā punktos, kur tiešā to tuvumā veika mežizstrāde 2018. gadā (P5, P6), gan punktos, kur tiešā to tuvumā mežizstrāde nav veikta (P7), minētais bāzisko katjonu palielinājums teorētiski varētu būt saistīts ar mežizstrādes darbu veikšanu modeļteritorijā.



2.73. attēls. Vidējais kālija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā

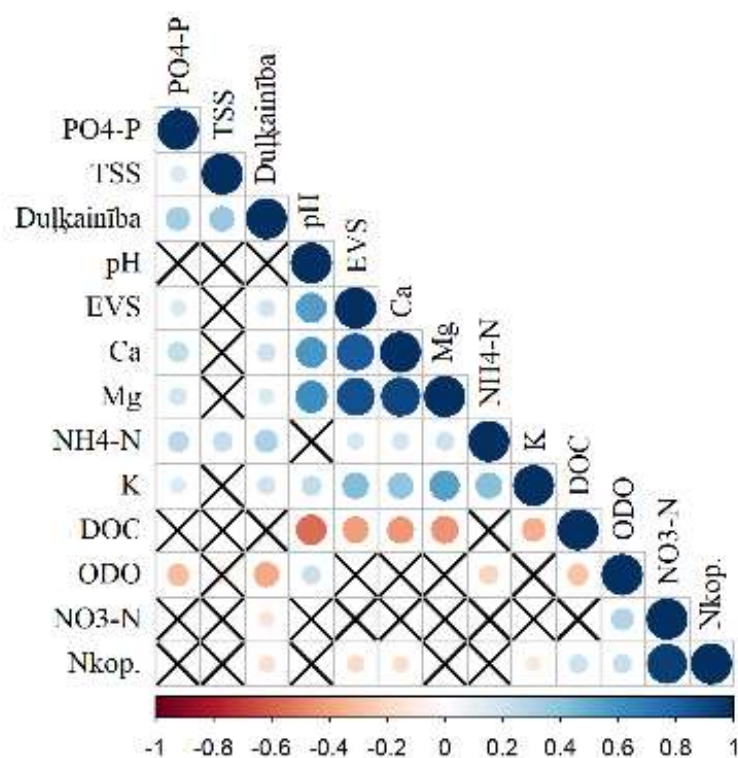


2.74. attēls. Vidējais kalcija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā



2.75. attēls. Vidējais magnija saturs virszemes ūdeņos Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījuma periodā

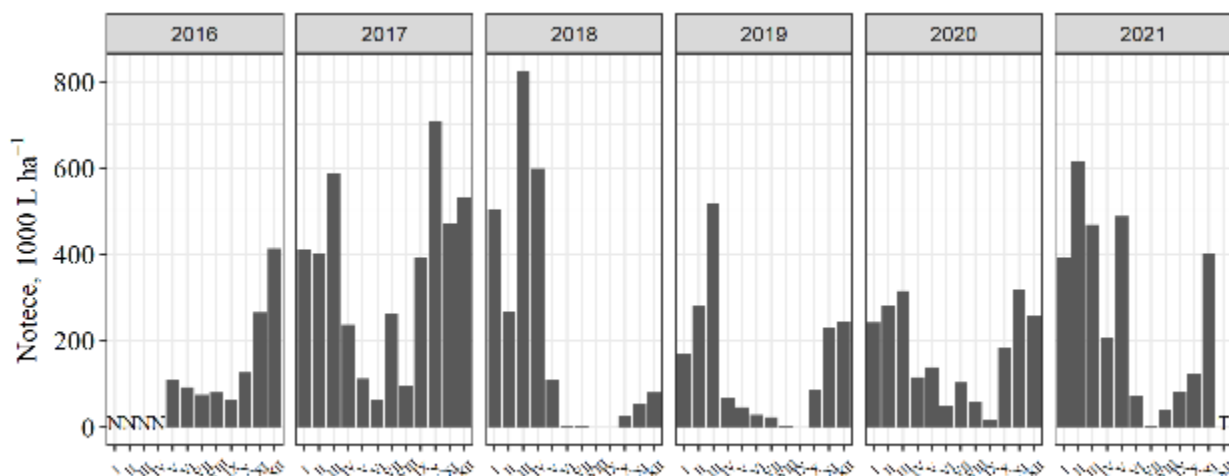
Virszemes ūdeņu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica 2012. – 2021. gada pētījumu periodam parādīta 2.76. attēlā. Būtiskas pozitīvas korelācijas ($r > 0,50$, $p < 0,05$) konstatētas starp augsnes ūdens pH un Ca saturu, Mg saturu un augsnes ūdens EVS ($r = 0,57$, $r = 0,61$ un $r = 0,55$, attiecīgi), starp nitrātu un kopējā slāpekļa saturu augsnes ūdenī ($r = 0,94$), kā arī starp bāzisko katjonu saturu augsnes ūdenī ($r > 0,50$) un starp augsnes ūdens EVS un Ca un Mg saturu augsnes ūdenī ($r = 0,84$ un $r = 0,87$, attiecīgi). Būtiska negatīva korelācija konstatēta tikai starp augsnes ūdens pH un DOC saturu augsnes ūdenī ($r = -0,55$). Attēlā atspoguļotas arī vairākas citas būtiskas ūdens ķīmisko parametru savstarpējās sakarības, kurām Pīrsona korelācija koeficients $r < 0,50$.



2.76. attēls. Virszemes ūdeņu ķīmiskā sastāva Pīrsona korelācijas matrica objektiem Zalvītes modeļteritorijā 2016. – 2021. gada pētījumu periodā. Pozitīvas sakarības jeb korelācijas parādītas zilā krāsā, negatīvas - sarkanā krāsā. Krāsu intensitāte un apla izmērs ir proporcionāls korelācijas ciešumam. Attēla apakšā leģendas krāsa parāda attiecīgā korelācijas koeficienta vērtību. Korelācijas, kurām $p > 0,05$, tiek uzskatītas par nenozīmīgām (attiecīgā šūna ir X).

2.2.1.4. Elementu iznese no Zalvītes modeļteritorijas

Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas sateces baseina parādīts 2.82. attēlā. Lielākais mēneša summārais noteces apjoms fiksēts 2018. gada martā – 824 kL ha⁻¹. 2.5.tabulā parādīta pētījuma ietvaros apskatīto makroelementu summārā iznese no Zalvītes modeļteritorijas sateces baseina. Salīdzinot elementu izneses 2017.–2020. gadā, kad pieejami dati par visa gada (janvāris – decembris) summāro elementu iznesi, lielākā bāzisko katjonu, kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa iznese konstatēta 2017. gadā, kad ievērojami bija paaugstināts arī kopējais noteces apjoms (4278 kL ha⁻¹), lai gan vielu koncentrācijas vai nu būtiski neatšķiras, vai arī ir pat nedaudz zemākas nekā citos pētījuma periodos (2.83. attēlā). Ievērojams suspendēto daļiņu izneses apjoms konstatēts 2020. gadā (51,8 kg ha⁻¹) un tas skaidrojams ar augsto suspendēto daļiņu koncentrāciju noteces mērīšanas punktā 2020. gadā (2.82. attēls). Atšķirīgas likumsakarības novērojamas attiecībā uz slāpekļa neorganisko savienojumu (nitrātu un amonija jonu) iznesi. Lielākā amonija jonu iznese konstatēta 2018. gadā, kad konstatētas arī palielināta vidējā amonija jonu koncentrācija noteces ūdenī. Nitrātu izneses apjoms ievērojami pieaudzis 2019. – 2021. gadā, un tas ir saistīts pamatā ar nitrātu koncentrācijas paaugstināšanos noteces ūdenī, ko visticamāk ir izraisījusi pētījuma objektā veiktā mežizstrāde (2.5. tabula, 2.82. attēls). Tajā pašā laikā jāuzsver, ka nitrātu slāpekļa koncentrācija notecē no meža platības ir daudzkārt mazāka par jebkādam normatīvos noteiktajām robežvērtībām.

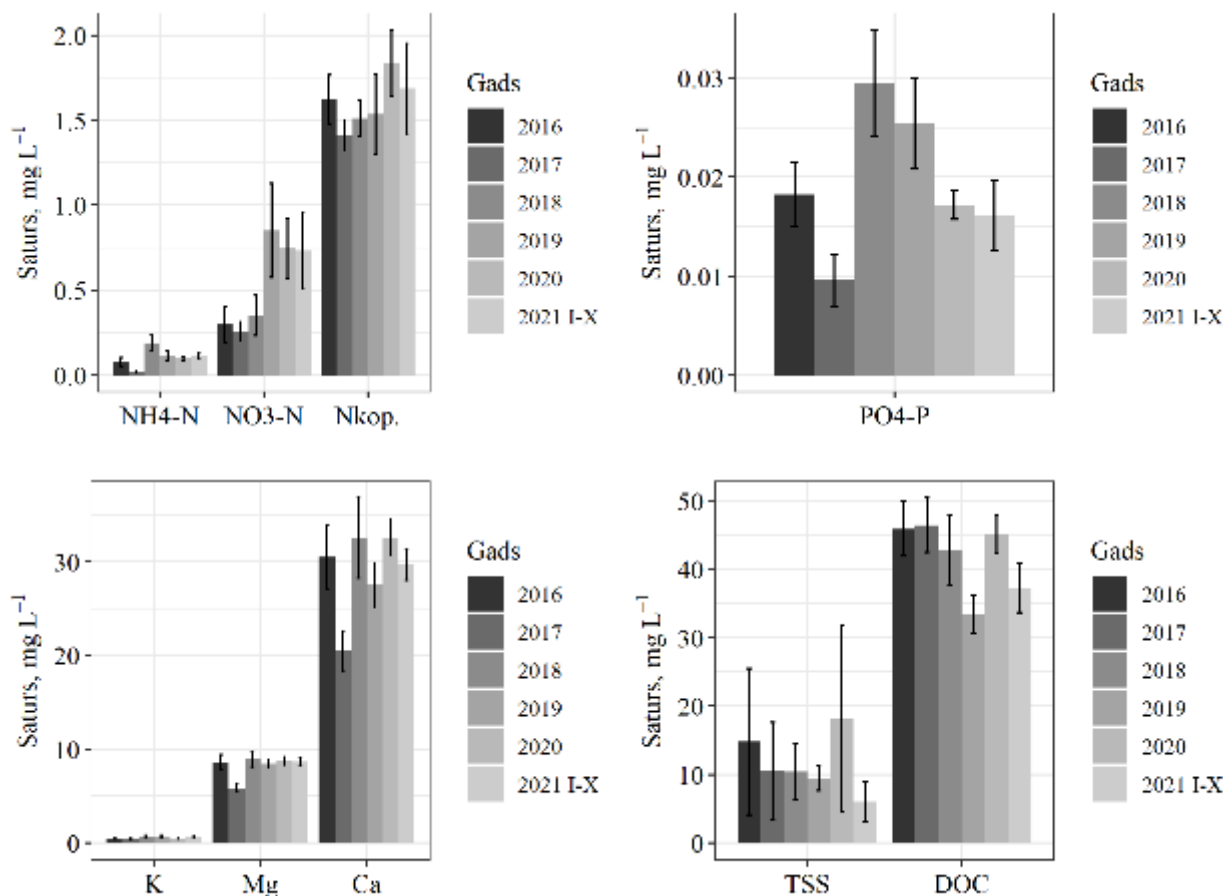


2.82. attēls. Noteces apjoms pa mēnešiem no Zalvītes modeļteritorijas (N – noteces mērījumi nav veikti, T – noteces apjoma vērtība tiks pievienota).

2.5. tabula

Elementu iznese (kg ha^{-1}) no Zalvītes strauta sateces baseina 2016.- 2021. gada pētījuma periodos. Pelēkā krāsā iekrāsoti periodi, kad pieejami dati par summāro gada elementu iznesi (janvāris-decembris), tumšāk iekrāsotas 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- oktobris
NO_3^- -N	0,61	0,96	0,68	2,38	1,99	2,65
PO_4^{3-} -P	0,017	0,029	0,031	0,028	0,034	0,028
NH_4^+ -N	0,065	0,098	0,535	0,171	0,225	0,296
K	0,57	1,84	1,83	1,12	1,02	1,10
Ca	29,6	79,6	53,7	44,3	62,7	56,8
Mg	9,0	23,1	17,3	12,9	17,1	16,1
$\text{N}_{\text{kop.}}$	2,00	6,20	3,50	3,40	4,30	5,08
TSS	13,2	19,5	24,0	17,1	51,8	20,8
DOC	58,2	181,9	117,9	58,5	98,5	104,7



2.83. attēls. Vielu vidējās koncentrācijas pa gadiem noteces mērījumu punktā Zalvītes modelīteritorijā

Secinājumi

1. Pētījuma objektā kā nozīmīgākā problēma saistībā ar uz ūdens kvalitāti iezīmējas suspendēto daļiņu saturs palielinājums, kas lokālos gadījumos pārsniedz normatīvos minētās robežvērtības. Suspendēto daļiņu koncentrācijai raksturīga plaša variācija saistībā ar īslaicīgiem koncentrāciju lēcieniem individuālu notikumu, piemēram, spēcīgu lietusgāzu, sakarā. Sateces baseina mērogā vērojams palielinājums arī kontekstā ar teritorijā veikto mežizstrādi, taču gada vidējās vērtības nepārsniedz robežlielumu.
2. Saimnieciskās darbības (mežizstrādes) laikā un pēc tās gan lokāli, gan sateces baseina mērogā palielinās slāpekļa savienojumu saturs grāvju un upes ūdenī, tomēr vielu koncentrācijas saglabājas kopumā zemas un nepietuvojas ES Nitrātu Direktīvas noteiktajām robežvērtībām. Lai noteiktu ietekmes ilgumu, mērījumi jāturpina.
3. Dažādu elementu izneses visizteiktāk ietekmē nokrišņu apjoms, kas tieši nosaka noteces apjomu. Turpmākajos pētījuma posmos tiks detalizēti analizēta ieneses/izneses bilance un izvērtēta mežsaimniecības un vides faktoru un to mijiedarbību ietekme.

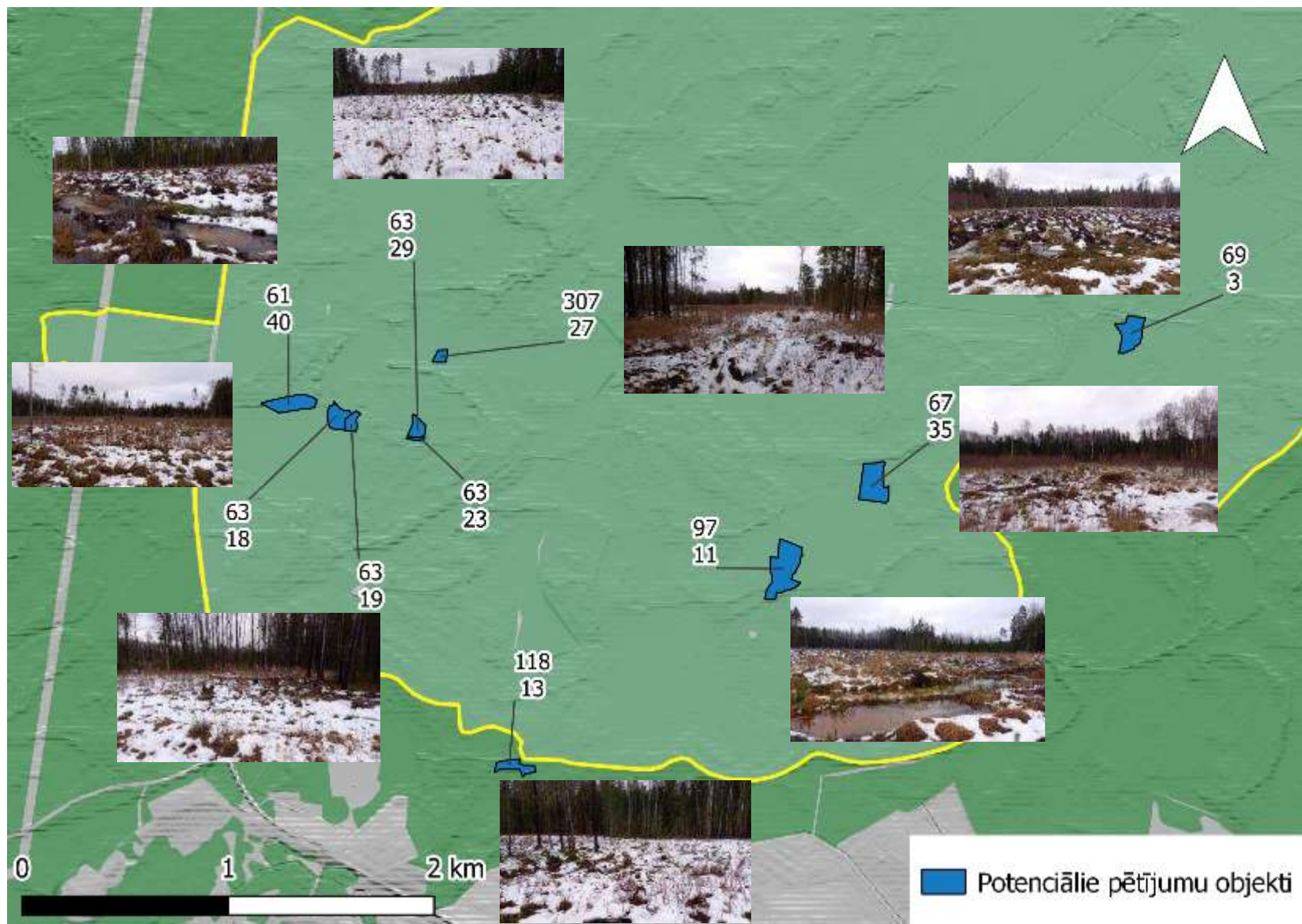
Literatūra

1. Behar S. 1997. Testing the Waters: Chemical and Physical Vital Signs of a River. Montpelier, VT: River Watch Network, 211 p.
2. Kļaviņš, M., Cimdiņš, P. 2004. Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 208 lpp.
3. LVĢMC. 2017. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2016.gadā. Rīga, 113 lpp.
4. LVĢMC. 2018. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2017.gadā. Rīga, 123 lpp.
5. LVĢMC. 2019. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2018.gadā. Rīga, 156 lpp.
6. LVĢMC. 2020. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2019.gadā. Rīga, 128 lpp.
7. LVĢMC. 2021. Pārskats par virszemes un pazemes ūdeņu stāvokli 2020.gadā. Rīga, 176 lpp.
8. Mežaka, A., Priede, A., Dobkeviča, L. 2021. Augāja un purva ūdeņu ķīmiskā sastāva kopsakarības augstajos purvos. LU Ikmēneša raksti. Pieejams: <https://www.lu.lv/latvijaspurvi/projekta-rezultati/ikmenesa-raksti/>
9. Nikodemus, O., Kļaviņš, M., Krišjāne, Z., Zelčs, V. (zin.red.). 2018. Latvija. Zeme, tauta, valsts. Rīga: Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 752 lpp
10. Priede, A. (red) 2017. Aizsargājamo biotopu saglabāšanas vadlīnijas Latvijā. 4. sējums. Purvi, avoti un avoksnāji. Dabas aizsardzības pārvalde, Sigulda. Pieejams: <https://www.daba.gov.lv/lv/media/4845/download>
11. Quirós, R. 2003 The relationship between nitrate and ammonia concentrations in the pelagic zone of lakes. *Limnetica* 22: 37–50

2.2.2. Objektu izvēle, apsekošana un paraugšanas vietu izvēle elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu izpētei

Apakšnodaļa attiecas uz 2.2.2. darba uzdevumu.

Elementu izneses un dzīvsudraba metilācijas risku izvērtēšanai saistībā ar meža tehnikas pārvietošanos un augsnes sagatavošanu 2022. gada trijās sezonās (pavasārī, vasarā un rudenī) nogabalos, kur konstatēta iepriekšminēto darbību ietekme, tiks ņemti paraugi dzīvsudraba un metildzīvsudraba (Hg un MeHg), kā arī citu ķīmisko elementu analīzēm. 2021. gada beigās atlasīti deviņi potenciālie objekti, no kuriem nākamā gada pavasarī pēc atkārtotas apsekošanas dabā tiks izvēlēti trīs piemērotākie (2.84. attēls). Kritēriji atlasei: mežtehnikas pēdas (rises) un/vai augsnes gatavošanas vagas, kur vērojama ūdens uzkrāšanās, kā arī pietiekami ērta pieejamība no ceļa, lai nogabali būtu izmantojami kā demonstrācijas objekti.



2.84. attēls. Potenciālie objekti elementu izneses, Hg un MeHg izpētei Zalvītes modelteritorijā (foto: 17.12.2021.)

3. Bioloģiskās daudzveidības, ekosistēmu aizsardzības un atjaunošanas sekmēšana

3.1. Invazīvo un potenciāli invazīvo zemsedzes augu sugu izplatības pētījumi

Apakšnodaļa attiecas uz 3.1. darba uzdevumu.

Latvijā sugas, kas iekļautas prioritāro invazīvo sugu sarakstā, pārsvarā sastopamas antropogēnās teritorijās, mežos un neapstrādātās zemēs (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020). Literatūras dati liecina, ka vairāk nekā 1/3 daļa no sugām, kas iekļautas prioritāro invazīvo sugu uzskaitē (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020), saistītas ar meža ekosistēmām.

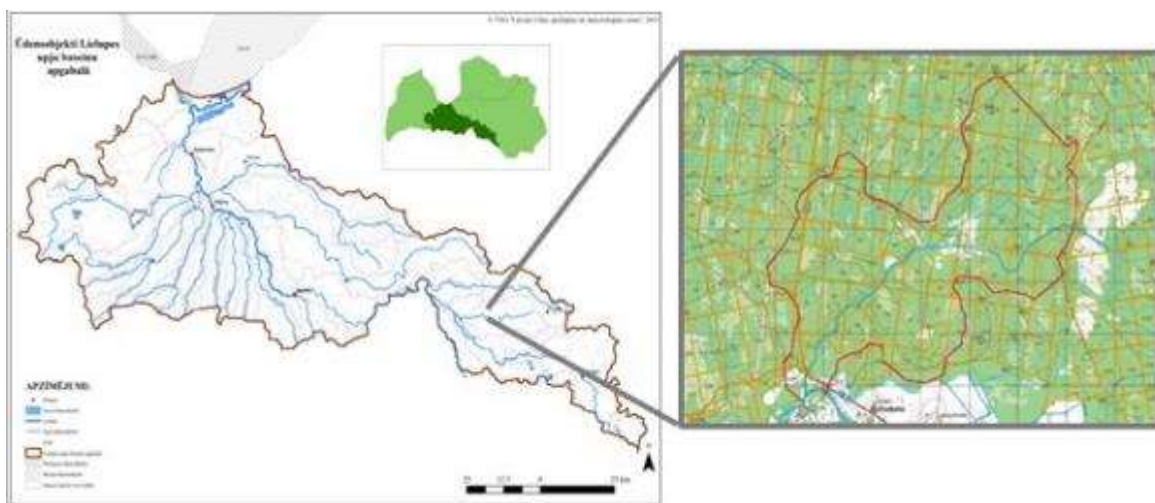
Pieaugošā antropogēnā slodze uz ekosistēmām un klimata izmaiņas veicina sugām dabisko biotopu degradāciju. Lai arī meža ceļu tīkla izveide palielina mežsaimniecības efektivitāti, šādi traucējumi var izmainīt meža ekosistēmas funkcijas, tajā skaitā vietējo sugu sastāvu un svešzemju sugu izplatību (Chytrý et al. 2008). Ceļa malas darbojas gan kā biotopi, gan kā koridors, kas veicina augu populāciju ekspansiju (Christen, Matlack 2009). Ir zināms, ka ceļu izbūve palielina meža floras daudzveidību, bet tajā pašā laikā veicina arī floras sinantropizāciju (Zielińska 2007). Līdz ar to biotopu fragmentācija un meža ceļi, kas raksturīgi apsaimniekotām mežu platībām, var veidot galvenos biotopam neraksturīgo un tajā skaitā arī invazīvo sugu izplatīšanās ceļus (Priede 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).

Šī pētījuma galvenais mērķis ir novērtēt jaunizbūvētu un pārbūvētu meža ceļu ietekmi uz augu sugu daudzveidību apsaimniekotos mežos. Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, tiek veikts veģetācijas monitorings dažādas ietekmētības pakāpes ceļu objektos apsaimniekotā meža teritorijā, īpašu uzmanību pievēršot invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatībai.

3.1.1. Objekti un mērījumi

Pētījuma vieta

Pētījums tiek veikts ~3000 ha lielā modeļteritorijā Zalvītes upes sateces baseinā (3.1. attēls), kurā > 90% platības aizņem mežs un > 90% meža apsaimnieko LVM . 2021. gadā invazīvo sugu uzskaitē veikta atkārtoti četriem šajā teritorijā ietilpstošiem jaunizbūvētiem vai pārbūvētiem meža ceļiem, kuriem būvniecības darbi veikti no 2015. līdz 2017. gadam. Papildus 2021. gadā kā kontroles objekts izvēlēts vēl viens ceļa posms (Bikšu ceļš), kur būvniecība nav veikta (1. tabula). Arī kontroles objektā veikta pilna veģetācijas uzskaitē, izmantojot iepriekšējos gados pielietoto metodi.



3.1. attēls. Pētījuma teritorija - Zalvītes upes sateces baseins un apsekojamie ceļu posmi veģetācijas un invazīvo sugu minotoringam

3.1. tabula

Pētījuma objektu raksturojums

Nr.p.k.	Objekta nosaukums	Raksturojums
1.	Apaļais ceļš	Būve 2016. gadā
2.	Bruģa ceļš	Pārbūve 2017. gadā
3.	Saukas purva ceļš	Būve 2017. gadā
4.	Mežmuižas ceļš	Būve 2017. gadā
5.	Bikšu ceļš	Dabiska brauktuve

Datu ievākšana

Katrā izbūvētajā/pārbūvētajā meža ceļā sugu uzskaitē veikta 1 km garā posmā. Uz katra posma ar 100 m intervālu ierīkotas 10 transektes, kas šķērso ceļa viduslīniju. Šīs transektes

sadalītas divos (labā (L) un kreisā (K) ceļa puse iešanas virzienā) 3 × 10 m lielos parauglaukumos, kas sākas līdz ar ceļa kranti, un to garākā mala ir vērsta paralēli novilktajai transektei. Pirmā uzskaites transekte ierīkota 100 m no ceļa vai grāvja trases sākuma. 2021. gadā invazīvo sugu uzskaitē veikta, apsekojot četrus ceļus – Mežmuižas ceļu, Saukas purva ceļu, Bruģa ceļu un Apaļo ceļu, kopā apsekojot 160 parauglaukumus, 20 uz katra izvēlēta posma. Savukārt uz izvēlēta kontroles objekta – Bikšu ceļa – apsekoti 20 parauglaukumi, kuros veikta pilna veģetācijas uzskaitē. Katrā parauglaukumā pēc Brauna-Blankē metodes (Braun-Blanquet, 1964) piecu ballu skalā (1 balle - sugas kopējais segums parauglaukumā < 5%; 2 balles 5 - 25%; 3 balles 25 - 50%; 4 balles 50 - 75%; 5 balles 75 - 100%). Vaskulāro augu sugu nomenklatūra veidota pēc Gavrilovas un Šulca (1999), kā arī izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al. 2015).

Lai novērtētu ceļa efektu uz augu sugu sastāvu blakus ceļam esošajos nogabalos (līdz 50 m attālumā no meža ceļa), priekšizpētei papildus izvēlēts Bruģa ceļa posms, uz kura iepriekšējos gados izvēlētajā 1 km garajā posmā, 2021. gadā ik pēc 100 metriem ierīkotas 50 metrus garas transektes paralēli ceļam. Transektes sākas ar ceļa kranti, un uz katras no transektēm dažādos attālumos (0, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 un 50 metru attālumā) ierīkoti 1 x 1 m lieli parauglaukumi, kuru viena mala sakrīt ar transektes līniju. Kopā apsekoti 120 parauglaukumi, 12 uz katras transektes. Katrā parauglaukumā uzskaitītas visas lakstaugu stāva sugas (ieskaitot arī koku un krūmu sugas) un sūnu un ķērpju sugas, un noteikts to projektīvais segums procentos.

Datu apstrāde

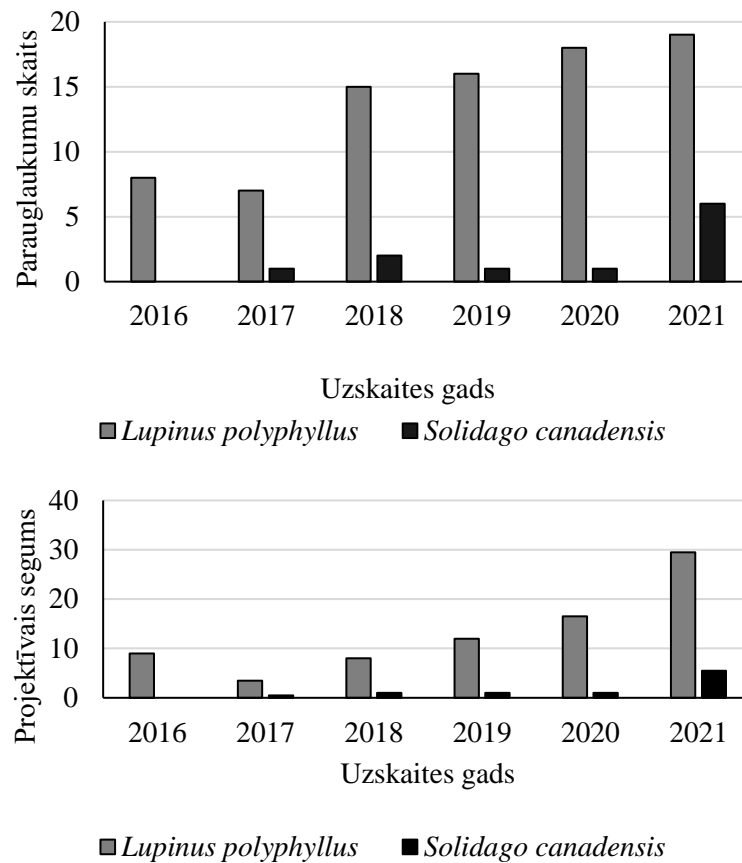
Datu statistiskajai analīzei izmantota programma PC-ORD (Peck 2010), kurā veikta sugu daudzveidības analīze, izmantojot detrendētās korespondentanalīzes metodi (DCA). Ordinācijā iekļauti sugu projektīvā seguma dati un to saistība ar Ellenberga indikatorvērtībām (Ellenberg et al. 1992), kas rēķinātas katram parauglaukumam.

3.1.2. Rezultāti

3.1.2.1. Invazīvo sugu segums un sastopamība

Ņemot vērā jaunākos datus par prioritāri monitorējamām invazīvajām sugām, kas iekļautas tā sauktajā “Melnajā un Pelēkajā sarakstā” (Evarts-Bunders, Evarte-Bundere 2020), iepriekš veiktajā pētījumā (laika posmā no 2016. – 2020. gadam) uz apsekotajiem ceļiem konstatētas piecas potenciāli invazīvas sugas, proti, daudzlapu lupīna *Lupinus polyphyllus*, Kanādas zeltgalvīte *Solidago canadensis*, sīkziedu sprigane *Impatiens parviflora*, parastā sermūkšpireja *Sorbaria sorbifolia* un blīvā skābene *Rumex confertus*. Šī gada apsekojumā trīs sugas uz jau jau izbūvētajiem /pārbūvētajiem meža ceļiem netika konstatētas atkārtoti.

2021. uzskaites gadā uz apsekotajiem četriem jaunizbūvētajiem ceļiem konstatētas divas potenciāli invazīvas sugas - *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis*. Augu suga *Solidago canadensis* atrasta trijos objektos (Mežmuižas ceļš, Saukas purva ceļš un Bruģa ceļš), savukārt augu suga *Lupinus polyphyllus* - vienā objektā (Bruģa ceļš). Salīdzinot piecus uzskaites gadus, redzams, ka sugai *Lupinus polyphyllus* ir tendence izplatīties, proti, novērojama gan sugas projektīvā seguma, gan sugas sastopamības apsekotajos parauglaukumos palielināšanās (2. attēls). Iegūtie rezultāti rāda, ka tieši pēdējā uzskaites gadā ir strauji palielinājusies *Solidago canadensis* sastopamība parauglaukumos (3.2. attēls).

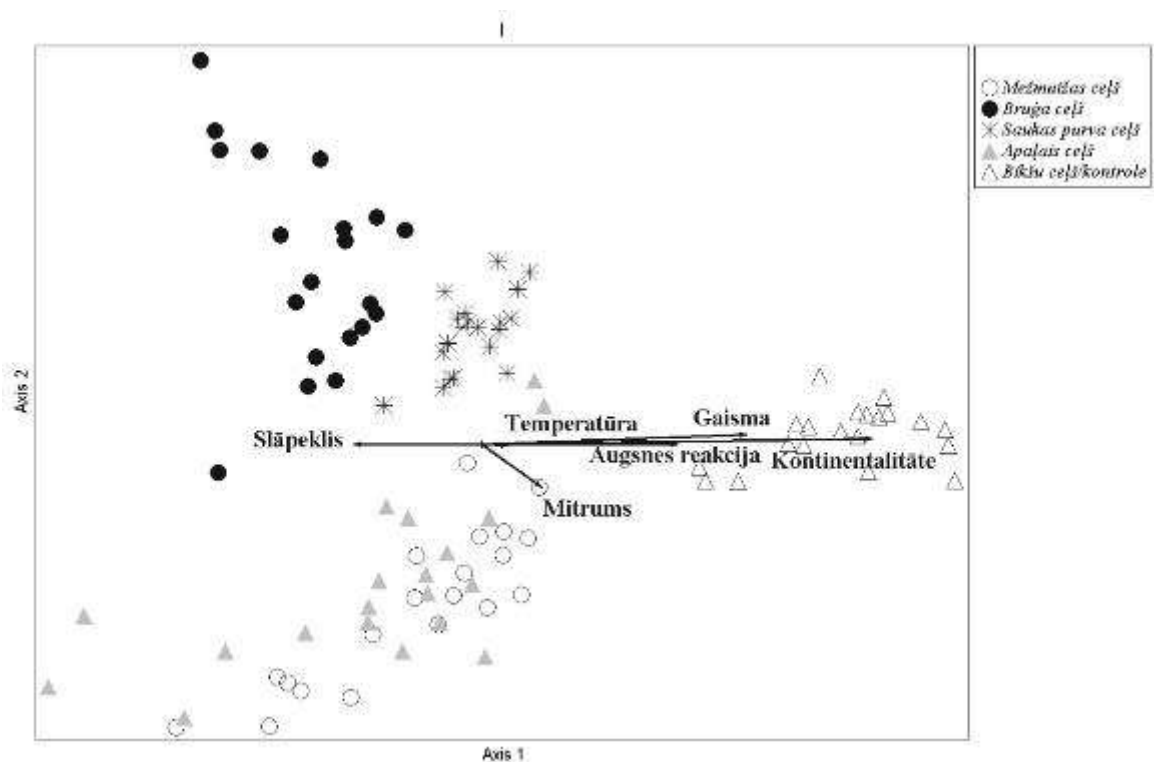


3.2. attēls. Potenciāli invazīvo sugu skaits un projektīvais segums pētījuma periodā

3.1.2.2. Sugu daudzveidība uz Bikšu ceļa

Šajā pētījuma etapā papildus kā kontroles objekts izvēlēts Bikšu ceļš, lai raksturotu mazāk ietekmētu ceļa posmu. Kopumā uz Bikšu ceļa 2021. gadā uzskaitītas 83 sugas, no kurām 65 bija vaskulāro augu sugas, 13 sūnas un 5 ķērpji (1. pielikums). Maksimālais sugu skaits vienā parauglaukumā bija 38 sugas, savukārt minimālais sugu skaits attiecīgi – astoņas sugas. Vidēji vienā parauglaukumā konstatēta 21 suga, kas ir mazāks skaits, salīdzinot ar 2020. gadā iegūtajiem datiem par četriem jau izbūvētajiem/pārbūvētajiem ceļiem (2020. gads: Apaļais ceļš – vidēji 29 sugas; Bruģa ceļš – 30 sugas; Mežmuižas ceļš – 31 suga; Saukas purva ceļš – 35 sugas). Divdesmit sugas konstatētas tikai vienu reizi. Uz Bikšu ceļa netika konstatēta neviena invazīvā augu suga.

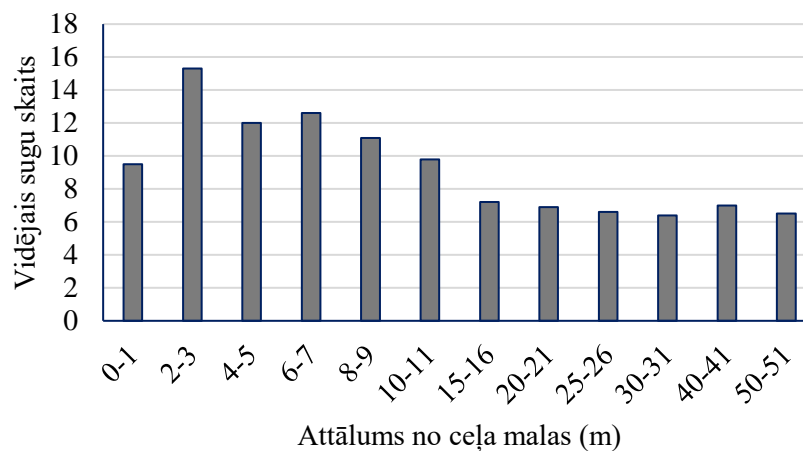
Veicot DCA ordināciju, noskaidrots, ka sugu sastāvs atšķirās starp Bikšu ceļu un pārējiem izvēlētajiem nesenu jaunizbūvētajiem vai pārbūvētajiem ceļa posmiem (3.3. attēls). Bikšu ceļš veidoja atsevišķu klāsteri, un to lielākoties noteica sugas ar lielāku kontinentalitāti, kas vairāk raksturīgas meža ekosistēmām (Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas kontinentalitātes rādītāju bija 0.927), un sugas, kuras sastopamas ar slāpekli nabadzīgākā augsnē (Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas slāpekļa rādītāju bija -0.531).



3.3. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem izbūvēto/pārbūvēto ceļu un kontroles parauglaukumiem

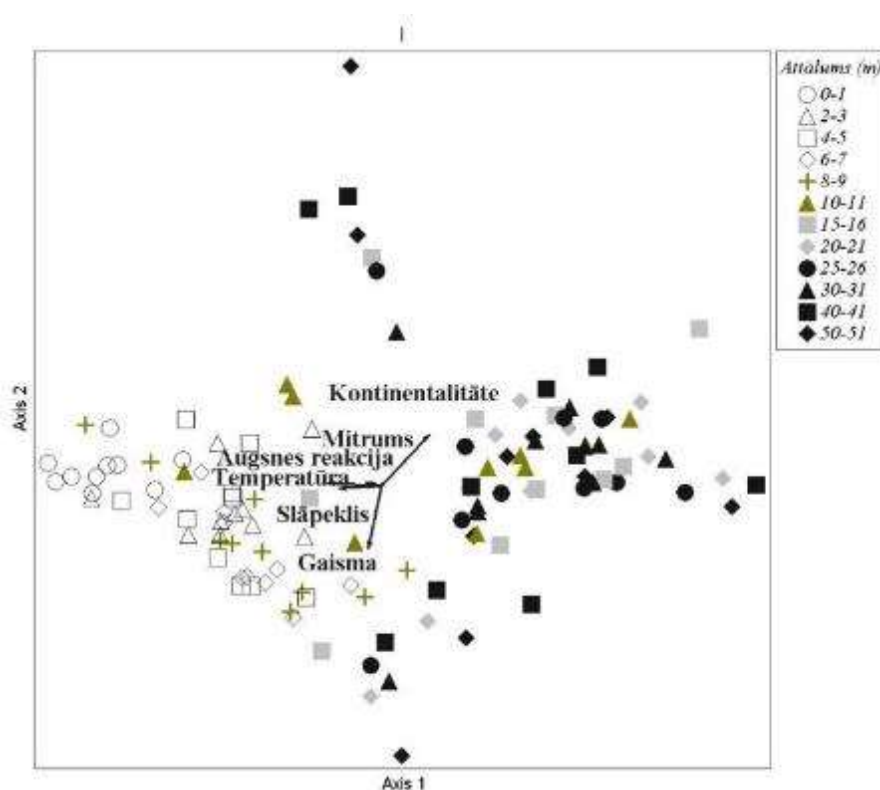
3.1.2.3. Sugu daudzveidība dažādos attālumos no ceļa

Kopumā uz Bruģa ceļa 2021.gadā uzskaitītas 133 sugas (ieskaitot kokaugu sugas), no tām arī 22 sūnu sugas un divas ķērpju sugas (1. pielikums). Vislielākais sugu skaits konstatēts parauglaukumos 2-3 metru attālumā no ceļa (vidēji 15,3 sugas), savukārt izteikti mazāks sugu skaits noteikts parauglaukumos, kas atradās vismaz 15 metru attālumā no ceļa (3.4. attēls). Vismazākais sugu skaits (vidēji 6,4 sugas) bija parauglaukumos 30-31 metru attālumā no ceļa.



3.4. attēls. Vidējais sugu skaits dažādos attālumos no ceļa

DCA ordinācijas analīze visiem parauglaukumiem rādīja, ka sugu sastāvs atšķiras starp parauglaukumiem, kas atrodas tuvāk ceļam, un parauglaukumiem, kas atrodas tālāk no ceļa, veidojot atsevišķas parauglaukumu kopas (5. attēls). Vienu grupu veido parauglaukumi līdz deviņu metru attālumā no ceļa malas. Savukārt parauglaukumi, kuri atrodas vismaz 15 metru attālumā no ceļa malas, turpina nodalīties, ko lielākoties nosaka sugas ar lielāku kontinentalitāti (Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas kontinentalitātes rādītāju bija -0.366). Toties tuvāk ceļa malai atrodas sugas, kas raksturīgas vietām ar lielāku slāpekļa nodrošinājumu un gaismas pieejamību (3.5. attēls). Priekšizpētes rezultāti apliecina, ka attālums no ceļa malas ietekmē sugu sastāvu un skaitu.



3.5. attēls. DCA ordinācija apsekotajiem parauglaukumos dažādos attālos no ceļa malas

Secinājumi

1. Izbūvētie un pārbūvētie ceļi gan sugu skaita, gan sugu sastāva ziņā veido dažādas augu sabiedrības salīdzinājumā ar saimnieciskas darbības mazāk ietekmētu ceļa posmu. Uz nesen izbūvētajiem/pārbūvētajiem ceļiem vairāk sastopamas sugas ar mazāku kontinentalitāti, kas veido mežam mazāk raksturīgas sugu sabiedrības salīdzinājumā ar kontroles objektu (meža ceļu).
2. Uz jaunizbūvētajiem/pārbūvētajiem meža ceļu posmiem turpina pieaugt divu potenciāli invazīvo sugu - *Lupinus polyphyllus* un *Solidago canadensis* - izplatība.
3. Priekšizpētes rezultāti rāda, ka sugu sastāvs un skaits ir atšķirīgs atkarībā no attāluma no ceļa malas. Jaunizbūvēto/pārbūvēto ceļu ietekme sniedzas līdz 10-11 metru attālumam, veicinot nemeža florai raksturīgu sugu izplatību. Šī tendence varētu norādīt uz floras sinantropizāciju. Lai varētu novērtēt mežam neraksturīgo sugu ieviešanos, būtu nepieciešams izvēlēties papildu parauglaukumus vismaz 10 metru attālumā no ceļa.
4. Veicot priekšizpēti jaunu teritoriju atlasei, izvēlēti divi meža masīvi – Jelgavas un

Dzērbenes apkārtnē. Kopumā šajās divās teritorijās konstatēta vienas invazīvas sugas (*Heracleum sosnowskyi*) un divu potenciāli invazīvo sugu (*Solidago canadensis*, *Lupinus polyphyllus*) izplatība.

Literatūra

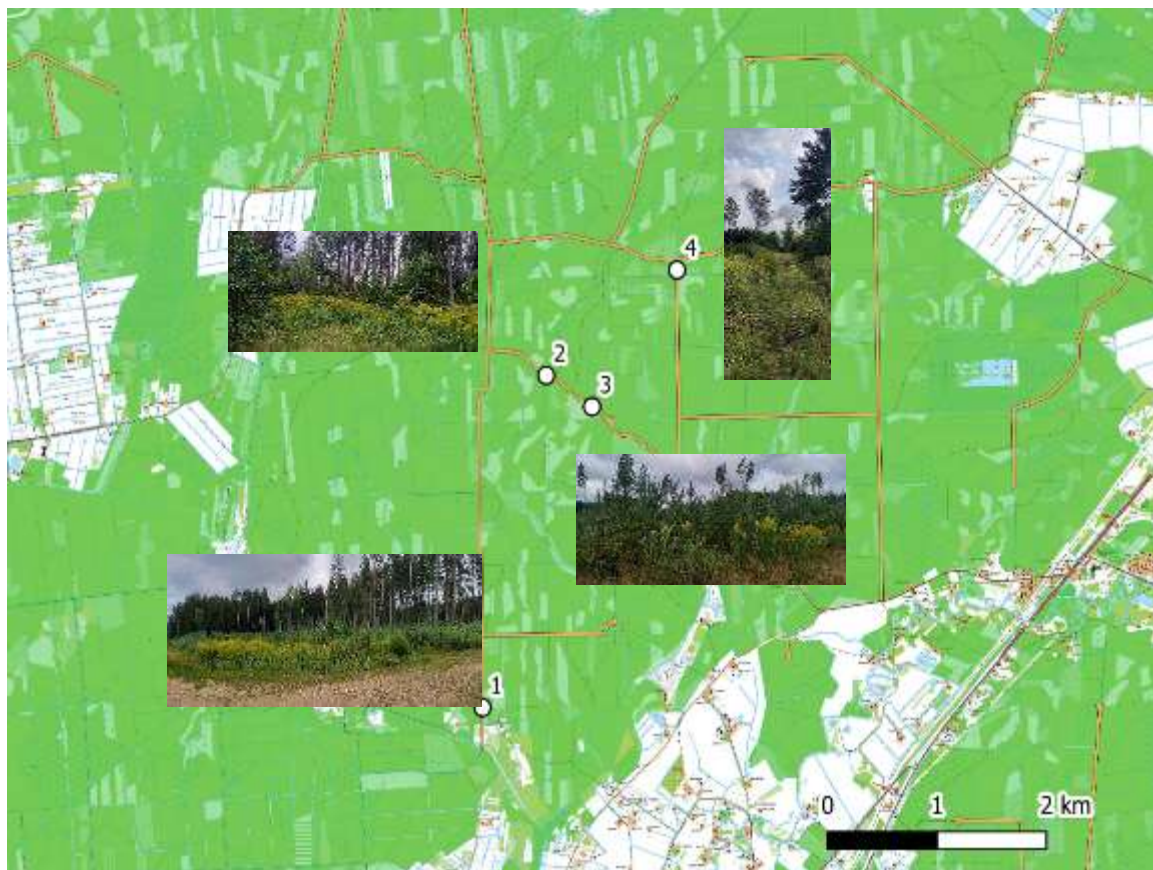
1. Āboliņa, A., Piterāns, A., Bambe, B. 2015. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts. DU AA "Saule", Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 213. lpp.
2. Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. Wien, New York, Springer Verlag, 865 S.
3. Chytrý, M., Jarošík, V., Pyšek, P., Hájek, O., Knollová, I., Tichý, L., Danihelka, J. 2008. Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* 89: 1541–1553.
4. Christen, D.C., Glenn, R.M. 2009. The habitat and conduit functions of roads in the spread of three invasive plant species. *Biological Invasions*, 11: 453-465.
5. 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.
6. Ellenberg, H., Ruprecht, D., Volkmar, W., Willy, W., Dirk, P. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 258 S.
7. Evarts-Bunders, P., Evarte-Bundere, G. 2020. Development and approbation of methodology for monitoring invasive plant species: the Case of Latvia. *Thaiszia Journal of Botany* 30 (1): 059-079.
8. Gavrilova, G., Šulcs, V. 1999. Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Latvijas Akadēmiskā bibliotēka, Rīga, 136 lpp.
9. Peck, J. E. 2010. *Multivariate Analysis for Community Ecologists: Step-by-Step using PC-ORD*. MjM Software Design, Glenden Beach, OR. 162 pp.
10. Priede, A. 2009. Invazīvie neofīti Latvijas florā: izplatība un dinamika. Promocijas darbs. Latvijas Universitāte, Rīga, 127 lpp.
11. Zielińska, K. 2007. The influence of roads on the species diversity of forest vascular flora In Central Polans. *Biodiversity: Research and Conservation*, 5-8: 74-80.

3.1.3. Jaunas teritorijas izpētes paplašināšanai

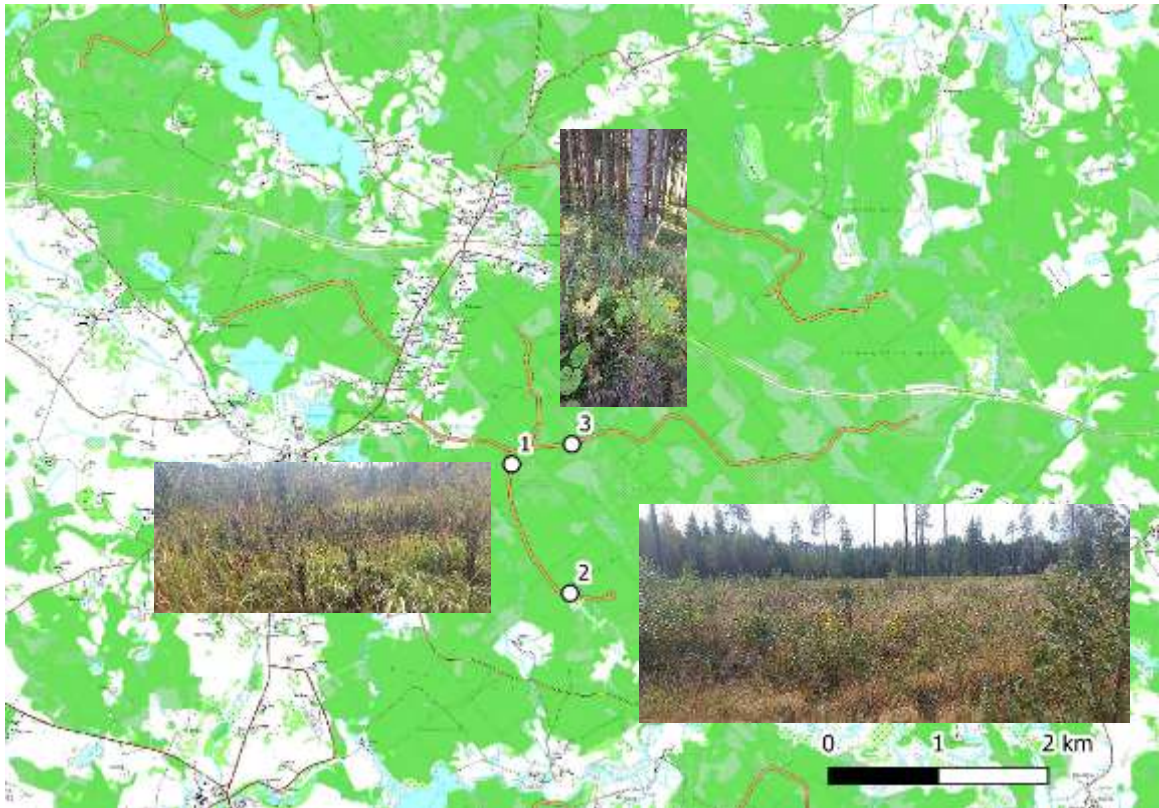
Lai paplašinātu pētījuma ģeogrāfisko pārklājumu, 2021. gada septembrī apsekoti vēl vairāki potenciālie pētījuma objekti un izvēlētas divas jaunas teritorijas, kas tiek piedāvātas invazīvo sugu monitoringa paplašināšanai, sākot no 2022. gada. Teritorijas atrodas Jelgavas un Dzērbenes apkaimē (3.6. attēls). Jelgavas meža masīvā konstatēta potenciāli invazīvās sugas *Solidago canadensis* izplatība uz jaunizbūvētajiem meža ceļiem (3.7. attēls). Dzērbenes teritorijā uz ceļiem konstatētas trīs invazīvās sugas (viena invazīvā suga un divas potenciāli invazīvās sugas) – Sosnovska latvānis *Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Solidago canadensis* (3.8. attēls).



3.6. attēls. Invazīvo sugu monitoringa paplašināšanai piedāvāto teritoriju atrašanās vieta Latvijā



3.7. attēls. Jelgavas izpētes teritorija ar konstatēto potenciāli invazīvo sugu piemēriem



3.8. attēls. Dzērbenes izpētes teritorija ar konstatēto potenciāli invazīvo sugu piemēriem

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

Pārskatā nodaļā apvienoti šajā pētījuma etapā veikto darbu rezultāti, raksturojot uz ekoloģiskajiem kokiem sastopamos epifītus un mikrodzīvotnes (3.2.1.darba uzdevums) un malas efekta ietekmes uz melnalkšņu staignāju biotopiem dinamiku (3.2.2.darba uzdevums). Ietverta nozīmīgāko, bet ne visu šajā etapā ievākot datu analīze, jo saskaņā ar kopējo pētījuma plānu šī darba uzdevuma izpilde turpināsies arī nākamajos etapos, ievācot papildu datus un veicot kompleksu vērtējumu atsevišķos no aspektiem.

3.2.1. Iepriekšējās paaudzes koku un uz tiem sastopamo epifītu un mikrodzīvotņu atkārtots novērtējums jaunaudzēs

3.2.1.1. Tēmas aktualitāte

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., 2012; Gustafsson et al., 2020).

Atmirusī koksne jaunajās audzēs kalpo par dzīvotni dažādām organismu grupām un biotopu speciālistu sugām. Jaunākajos pētījumos hemiboreālo mežu zonā analizēta ekoloģisko koku un to kritalu, kā arī sausokņu ietekme uz sēņu, bezmugurkaulnieku, veģetācijas un epifitu daudzveidību atkarībā no audzēs saglabāto koku skaita pēc kailcirtēm (Junninen et al., 2007; Santaniello et al., 2017a; Jonsell et al., 2018; Koivula et al., 2019; Kuuluvainen et al., 2019; Suominen et al., 2019; Sterkenburg et al., 2019; Grinde et al., 2020; Koivula & Vanha-Majamaa, 2020). Lielākajā daļā pētījumu konstatēts, ka, atstājot audzēs lielāku skaitu ekoloģisko koku vai koku grupas, palielinās arī bioloģiskā daudzveidība. Vairāki pētījumi, kas saistīti ar ekoloģisko koku ilgtermiņa izdzīvotību un ietekmi uz jaunās audzes attīstību, balstās uz ekoloģisko koku turpmākās attīstības prognozēšanu (Roberge et al., 2015; Santaniello et al., 2017b). Ziemeļeiropā ilgtermiņa monitoringa pētījumos analizēti dažādu sugu ekoloģisko koku mirstību ietekmējošie faktori, no kuriem būtiska ietekme bijusi augsnes mitrumam, atstāto koku dimensijām, attālumam līdz izcirtuma malai un ekoloģisko koku izvietojumam audzē (Hamalainen et al., 2016; Hallinger et al., 2016). Novērotā ekoloģisko koku zemā saglabāšanās saistīta ar krasām vides izmaiņām un koku nespēju tām piemēroties: galvenokārt ar vēja ietekmi, bet arī sausuma un citu faktoru un to mijiedarbību ietekmi (Rosenvald et al., 2008; Hallinger et al., 2016). Atstāto koku saglabāšanos un pieauguma izmaiņas ietekmē augsnes un mitruma režīms audzē, meža tips, ekoloģisko koku suga un dimensijas, tādēļ, lai izdarītu secinājumus par ekoloģisko koku turpmāko augšanas gaitu Latvijas teritorijā, pētījumos izmantojami vienīgi tādi dati, kuri iegūti no līdzīga klimata reģioniem un pielīdzināmi šeit raksturīgajiem meža tipiem. Gan saglabāšanās, gan ekoloģisko koku pieaugums ir svarīgi, vērtējot arī to ietekmi uz jaunās audzes attīstību. Vairākos pētījumos boreālo mežu zonā konstatēts, ka ekoloģiskajiem kokiem iespējama negatīva ietekme uz atjaunotās audzes koku augšanu (Valkonen et al., 2002; Jakobsson & Elfving, 2004; Elfving & Jakobsson, 2006; Siipilehto, 2006; Gustafsson et al., 2020).

Mežiem ir būtiska nozīme globālā oglekļa aprites ciklā, un tie spēj kavēt klimata pārmaiņas (Pan et al., 2011). Mežsaimniecība izraisa augsnes oglekļa uzkrājuma svārstības mežos (Johnson, 1992; Schlamadinger & Marland, 1996). Ekoloģiskajiem kokiem arī novērota ietekme uz oglekļa uzkrājumu mežaudzēs, vidējam oglekļa uzkrājumam palielinoties periodā pēc mežizstrādes (Garcia-Gonzalo et al., 2007; Nunery & Keeton, 2010). Zviedrijā izstrādātajā pētījumā novērota vidējā oglekļa uzkrājuma palielināšanās, palielinot pēc mežizstrādes audzē saglabāto ekoloģisko koku skaitu, taču laika gaitā visās atjaunotajās audzēs fiksēts oglekļa uzkrājuma pieaugums ekoloģiskajos kokos neatkarīgi no audzē atstāto koku skaita (Santaniello et al., 2017b).

Līdzšinējos pētījumos Baltijas jūras mežu reģionā konstatēts, ka koku suga, to izvietojums un augsnes mitruma režīms ir būtiski iepriekšējās paaudzes koku saglabāšanos determinējoši faktori (Rosenvald et al., 2008; Hamalainen et al., 2016; Hallinger et al., 2016). Visbiežāk analizēta izdzīvojušo priežu (*Pinus sylvestris*) augšana un ietekme uz jaunās audzes attīstību (Valkonen et al., 2002; Jakobsson & Elfving, 2004; Elfving & Jakobsson, 2006), taču trūkst informācijas par dažādu sugu saglabāto koku augšanas atbildes reakcijām, kā arī potenciālo augsnes un mežu tipa ietekmi. Ekoloģisko koku ilgtermiņa saglabāšanās ir neskaidra, un Eiropas hemiboreālo mežu zonā tās loma oglekļa uzkrājuma nodrošināšanā ir maz pētīta. Nav zināms, vai atstāto koku izvietojums audzē ietekmē oglekļa uzkrājumu kokos periodā pēc mežizstrādes. Klimata pārmaiņu kontekstā ekoloģisko koku oglekļa uzkrājums varētu ietekmēt arī atjaunotās audzes bioloģisko daudzveidību, piemēram, epifītisko sugu sastopamību uz saglabātajiem kokiem.

Zināms, ka saglabāto koku skaits un izvietojums ietekmē sastopamo sugu daudzveidību atjaunotajās audzēs, visbiežāk lielāka bioloģiskā daudzveidība novērojama, saglabājot lielāku koku skaitu (Hautala et al., 2011; Grinde et al., 2020). Arī tādi bioloģiskās daudzveidības indikatori kā mikrodzīvotnes, ir nozīmīgi bioloģiskās daudzveidības veicināšanā atjaunotajās audzēs (Asbeck et al., 2020). Literatūrā mikrodzīvotnes galvenokārt tiek analizētas ekoloģisko koku kontekstā (Gustafsson et al., 2012; 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). Mikrodzīvotņu skaits ir kritērijs, kas jāņem vērā

dažādās mežsaimniecības pieejās, kas vērstas uz bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanu (Cosyns et al., 2020).

Lai gan atmirusī koksne audzēs ir daudzām sugām un mikrodzīvotnēm nozīmīgs elements, lai uzlabotu ekoloģisko koku saglabāšanas praksi Latvijā, ir svarīgi analizēt arī mikrodzīvotņu sastopamību uz dažādu sugu izdzīvojušajiem kokiem un saprast, kuri audzes faktori ir būtiski mikrodzīvotņu pastāvēšanai un daudzveidībai ilgtermiņā.

Lai arī mikrodzīvotnes ir bieži pētīts objekts citviet pasaulē, trūkst visaptverošas informācijas par to novērtējumu uz ekoloģiskajiem kokiem hemiboreālajā zonā. Tā kā literatūrā minēts, ka koku suga un dimensijas ietekmē potenciālo mikrodzīvotņu skaitu (Larrieu, Cabanettes 2012), šī pētījuma mērķis bija apskatīt dažādu dimensiju un sugu ekoloģiskos kokus. Līdzīgs pētījums veikts kaimiņvalstī Igaunijā, tomēr tajā apskatītas tikai divas koku sugas – apse un parastā egle (Körkjäs et al., 2021).

Lielākoties pētījumi aptver nelielu laika posmu, apskatot sūnu un ķērpju sugu atbildes reakciju pāris gadus pēc mežizstrādes. Šādas īstermiņa izmaiņas nevar attiecināt un pielīdzināt izmaiņām, kas sagaidāmas ilgākā laika posmā saistībā ar epifītu saglabāšanos (Hedenås & Ericson, 2003). Saglabāto koku struktūras var būt nozīmīgas daudzām sugām ne tikai uzreiz pēc mežizstrādes, bet arī ilgu laiku pēc tam. Saglabātie koki nākotnē veicina lielāku meža struktūru daudzveidību (Rudolphi & Gustafsson, 2011).

Veiktās analīzes mērķis bija novērtēt epifītisko sūnu un ķērpju sugu daudzveidību un sastopamību uz ekoloģiskajiem kokiem 18 gadus vecās mežaudzēs un salīdzināt tās izmaiņas ar situāciju 11 gadus pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes.

3.2.1.2. Objekti un metodika

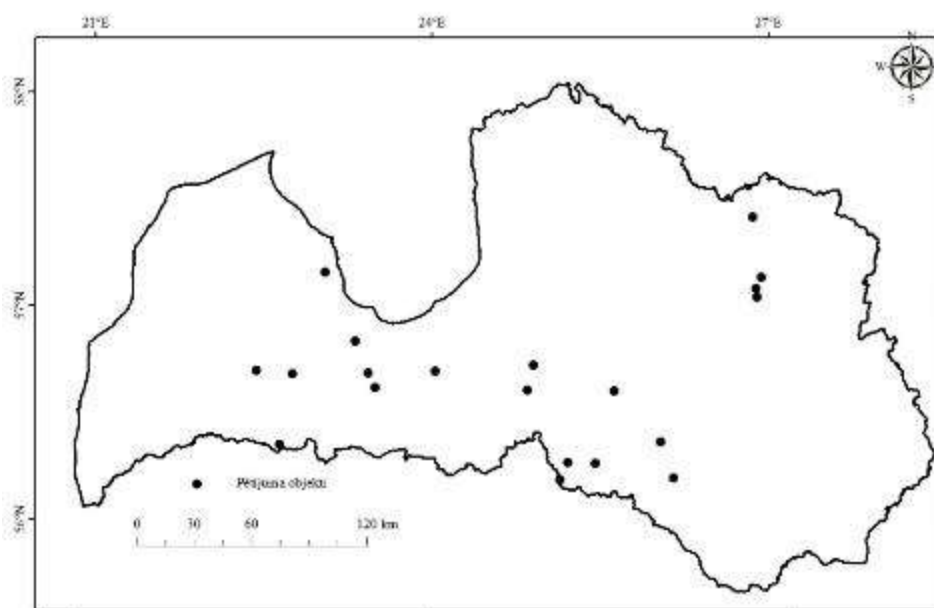
Pētījuma laikā vērtēti ekoloģiskie koki 20 audzēs visā Latvijas teritorijā (3.2. tabula, 3.9. attēls). Pētāmās audzes atlasītas iepriekšējā pētījumā – “Epifītisko sūnu un ķērpju sugu daudzveidība uz ekoloģiskajiem kokiem jaunaudzēs” (Gerra-Inohosa L., Pušpure I., Bambe B). Lai analizētu epifītisko sūnu un ķērpju sugu daudzveidību, 2014. gadā audzēs izvēlēti pieci ekoloģiskie koki, kuriem veikta vērtēšana. Pētījums atkārtots 2021. gadā un, papildus epifītu novērtējumam, veikta mikrodzīvotņu uzskaitē. Mikrodzīvotņu vērtēšana veikta rudenī (bezlapu stāvoklī).

Mikrodzīvotnes vērtētas izvēlētajiem pieciem ekoloģiskajiem kokiem (pat, ja tie ir atmiruši/nolūzuši/izgāzti), kā arī papildu kokiem, kas izvēlēti, lai reprezentētu ekoloģisko koku sugu sastāvu audzē. Kopumā katrā audzē vērtēti vismaz 15 dzīvi ekoloģiskie koki (ja audzē bija pietiekams ekoloģisko koku skaits). Mikrodzīvotņu vērtēšanas metodika aprakstīta Larrieu et.al. 2018. Larrieu pētījumā mikrodzīvotņu vērtēšana veikta dzīviem un atmirušiem stāvošiem kokiem, tomēr šajā pētījumā aprakstītas arī kritalu mikrodzīvotnes. Papildus mikrodzīvotņu vērtēšanai nomērīts ekoloģisko koku caurmērs un augstums.

No iegūtajiem datiem izveidots vispārināts lineārs jaukts modelis (glmer), kas ietver gan fiksētus, gan nejaušās izvēles faktoros. Ar dispersijas analīzi (ANOVA) vērtēts fiksēto faktoru ietekmes būtiskums. Tukey post-hoc tests izmantots, lai noskaidrotu, starp kurām ekoloģisko koku sugām vērojama būtiska atšķirība mikrodzīvotņu skaitā. Aprēķinātas vispārinātās modelētās vidējās vērtības mikrodzīvotņu skaitam.

Apsekoto audžu atrašanās vieta un vienlaidu atjaunošanas cirtes gads

Objekts	Vieta	Objekts	Vienlaidu atjaunošanas cirtes gads	Vieta
608_114_5	Jaunbērze	111_22_11	2003	Gulbene
606_349_14	Ruba	111_359_4	2003	Dauksti
608_223_8	Līvbērze	608_3_17	2003	Slampe
501_382_4	Rembate	601_91_6	2003	Engure
610_236_7	Misa	305_59_3	2004	Laši
208_176_32	Smukas	304_233_5	2004	Bērzu krogs
504_312_14	Birzgale	511_255_9	2004	Miši
511_154_5	Cīrulīši	303_255_11	2004	Lone
106_387_8	Rezaka	207_368_1	2004	Stapāni
111_492_2	Stradi	503_389_18	2004	Koknese



3.9. attēls. Apsekoto audžu novietojums kartē

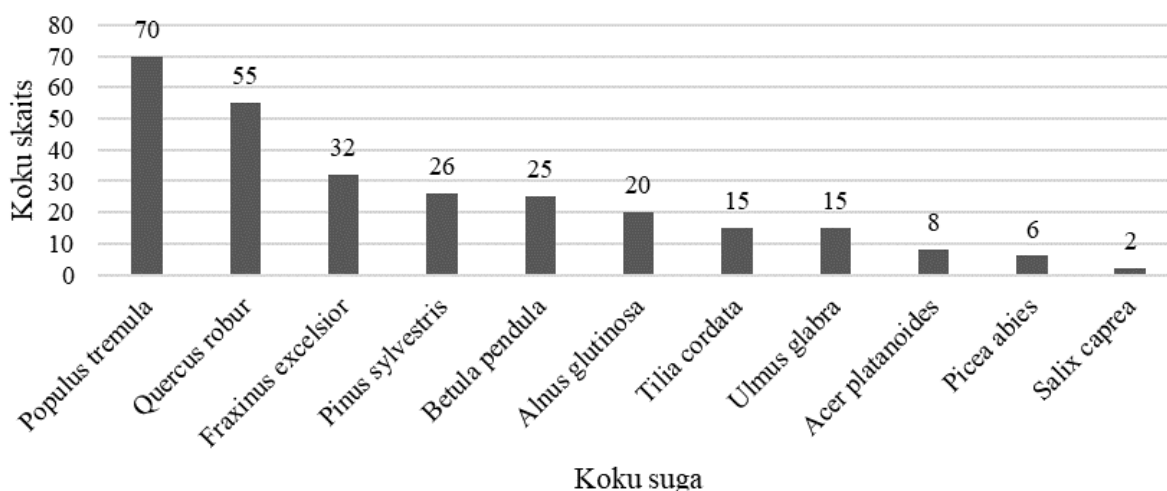
Datu atkārtota ievākšana veikta 2021. gada rudens sezonā. Katrā izvēlētajā audzē atkārtoti apsekoti iepriekš izvēlētie ekoloģiskie koki. Epifītiskā veģetācija atkārtoti raksturota uz katra izvēlēta koka, kas uz apsekošanas brīdi uzskatīts par dzīvu. Uzskaitītas visas sūnu un ķērpju sugas, norādot to segumu procentos. Dzīvā koka stumbrs sadalīts sešos mazākos laukumiņos (parauglaukumos). Pirmkārt, nodalīta koka ziemeļu (Z) un dienvidu (D) puse, otrkārt, katra puse sadalīta trīs augstuma posmos: koka pamats 0 m – 0,5 m augstumā no zemes, stumbra lejasdaļa 0,5 m – 2 m augstumā, stumbra augšdaļa > 2 m. Kopumā, sadalot koku dažādos augstumos Z un D pusēs, epifītiskās sugas un to procentuālais segums noteikts atsevišķi sešos parauglaukumos uz katra izvēlēta koka. Virs 2 m atzīmētas sugas un to sastopamība, kuras vizuāli bija saskatāmas un

jau iepriekš uzskaitītas laukumos 0 – 2 m augstumā. Papildaprīkojums netika izmantots. Izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al., 2015).

Lai noskaidrotu ekoloģisko faktoru ietekmi uz sugu bagātību, datu apstrādei izmantots vispārinātais lineārais jaukta efekta modelis jeb GLMER (Generalized linear mixed-effects model), izmantojot Puasona sadalījumu (Poisson distribution). Kopumā izveidoti četri modeļi – kopējai sugu, indikatorsugu (Auniņš, 2013), kā arī atsevišķi ķērpju un sūnu sugu bagātībai. Pētījumā ar jēdzienu “indikatorsuga” apzīmētas arī specifiskās sugas, kurām raksturīga šaura ekoloģiskā niša un kuru pastāvēšanai nepieciešami specifiski apstākļi (Auniņš et al. 2013). Visiem modeļiem par parauglaukumu izvēlēts ekoloģiskais koks. Kopumā analizēti 86 koki un pārbaudīti ekoloģiskie faktori – koka suga, meža tips, diametrs un uzskaites gads. Datu analīze veikta, izmantojot programmu R (R Core Team, 2014).

3.2.1.3. Mikrodzīvotņu sastopamība un to nosakošie faktori

Pētījuma laikā vērtētas šādas ekoloģisko koku sugas: melnalksnis *Alnus glutinosa*, parastais ozols *Quercus robur*, parastā apse *Populus tremula*, āra bērzs *Betula pendula*, parastā liepa *Tilia cordata*, parastais osis *Fraxinus excelsior*, parastā goba *Ulmus glabra*, parastā priede *Pinus sylvestris*, parastā kļava *Acer platanoides*, parastā egle *Picea abies*, blīgzna *Salix caprea* (3.10. attēls).



3.10. attēls. Vērtēto ekoloģisko koku skaita sadalījums pa sugām

Kopumā vērtēti 274 ekoloģiskie koki. No tiem 235 dzīvi, 16 stumbeņi, 8 sausokņi un 15 kritālas (3.3.tabula). Visizteiktākā sausokņu veidošanās novērota gobām (50% no kopējā sausokņu skaita). Viens no potenciālajiem izraisītājiem varētu būt Holandes gobu slimība. Stumbeņu veidošanās galvenokārt novērota apsēm (68,75% no kopējā stumbeņu skaita). Tas skaidrojams ar inficēšanos ar stumbra serdes trupi, kā rezultātā pasliktinās koksnes mehāniskās īpašības tieši stumbra daļā un abiotisku faktoru rezultātā noved pie stumbra nolūšanas un stumbeņa izveidošanās. Savukārt kritālu veidošanās visbiežāk novērota ošiem, kas varētu būt saistīts ar ošu sakņu trupi, kuras rezultātā samazinās koksnes mehāniskās īpašības tieši sakņu kakla rajonā.

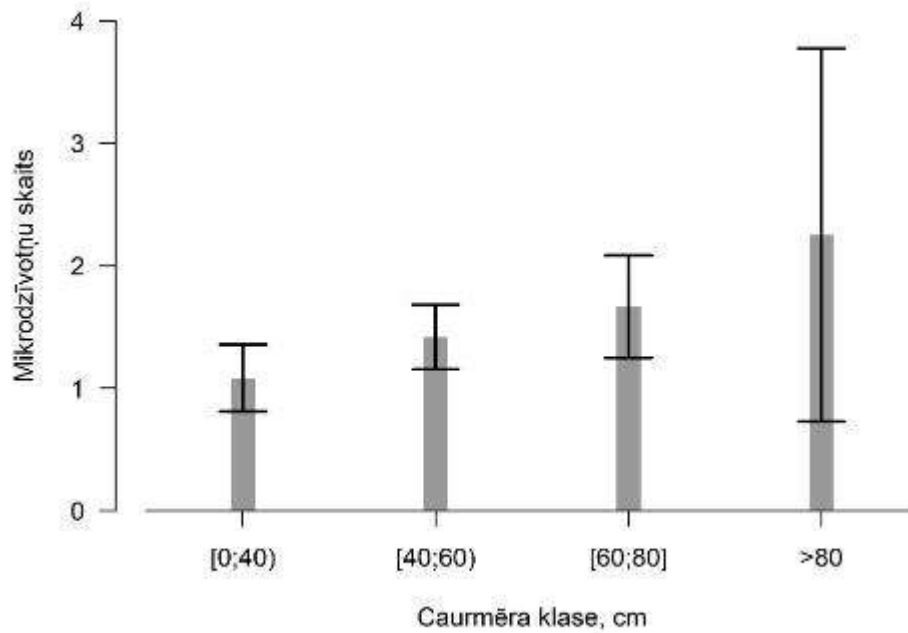
Sugu sadalījums pa atmirušās koksnes veidiem

Sausoknis		Kritala		Stumbeņis	
Suga	Skaitis	Suga	Skaitis	Suga	Skaitis
<i>Ulmus glabra</i>	4	<i>Fraxinus excelsior</i>	9	<i>Populus tremula</i>	11
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	<i>Populus tremula</i>	3	<i>Betula bendula</i>	2
<i>Populus tremula</i>	1	<i>Alnus glutinosa</i>	1	<i>Alnus glutinosa</i>	2
<i>Betula pendula</i>	1	<i>Pinus sylvestris</i>	1	<i>Pinus sylvestris</i>	1
<i>Acer platanoides</i>	1	<i>Picea abies</i>	1		

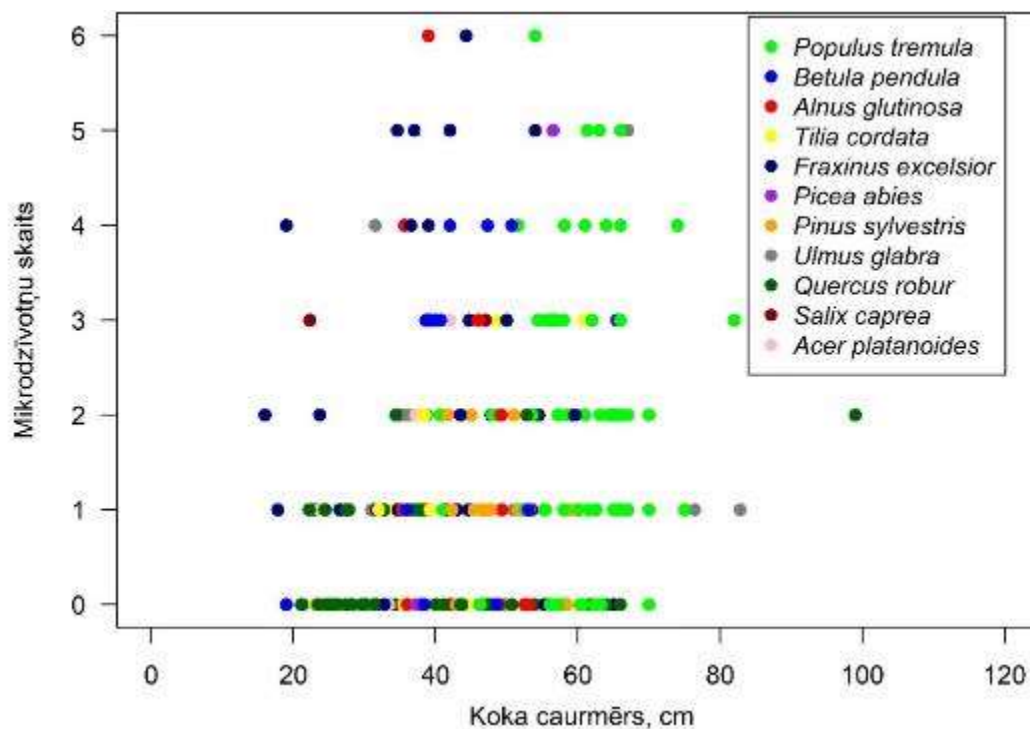
Mikrodzīvotnes konstatētas uz 168 ekoloģiskajiem kokiem, 106 kokiem tās netika konstatētas. Vērtēšanas laikā novērotas visas mikrodzīvotņu formas, visbiežāk pārstāvētas:

- 1) vainaga atmiršana; 115 vērtējumi, no tiem 88 gadījumi saistīti ar zaru atmiršanu, 14 ar galotnes atmiršanu un 13 gadījumos bijis nolauzts zars;
- 2) koku dobumi; 63 vērtējumi, no tiem 3 putnu veidoti dobumi, 22 stumbra un sakņu trupes rezultātā radušies dobumi, 23 kukaiņu izskreju dzīvotnes (izskrejas diametrs >2cm, kopējais izskreju laukums >300cm²), 15 dzeņu kalumi (kalumi, kuru dziļums >10cm, diametrs >10cm, bet nav izveidojies dobums);
- 3) koku bojājumi; 60 vērtējumi, ar mizas zudumu saistīti 30 gadījumi (mizas zudums >300cm²) no tiem 17 apses, 10 koki ar plaisām (plaisu garums >30cm, platums >1cm, dziļums >10cm), 4 ar nolūzušu koka daļu (kokam redzama serdes koksne >300cm²), un 16 ar nolūzušu stumbru (koka diametrs >10cm nolūšanas punktā);
- 4) vismazāk pārstāvētā forma bija izdalījumi no koksnes (piemēram, rezinoīdi skuju kokiem) (3 vērtējumi).

Veicot datu analīzi, noskaidrots, ka gan suga, gan caurmērs, gan parauglaukuma lokācija statistiski būtiski ietekmē mikrodzīvotņu skaitu. Vērojama tendence – jo lielāks ir koka caurmērs, jo vairāk mikrodzīvotņu (3.11. attēls). Šie rezultāti saskan ar citu autoru pētījumu, kur secināts, ka, pieaugot koku caurmēram, pieaug uz tiem konstatēto mikrodzīvotņu skaits, tomēr starp dažādām koku sugām caurmēra ietekme atšķiras (Larrieu, Cabanettes 2012). Līdzīga tendence vērojama arī šajā pētījumā (3.12. attēls). Lielo dimensiju koki ir īpaši vērtīgi, jo tie nodrošina visu tipu mikrodzīvotņu veidošanos un palielina to konstatēšanas iespējamību. Uzska, ka vērtīgākie ir koki ar krūšaugstuma caurmēru 50 - 70 cm (Larrieu, Cabanettes 2012).



3.11. attēls. Mikrodzīvotņu skaits (\pm 95% ticamības intervāls) dažādām koku caurmēra klasēm



3.12. attēls. Dažādu koku sugu mikrodzīvotņu skaits atkarībā no caurmēra

Tā kā koka dimensijas ietekmē mikrodzīvotņu skaitu un pētījumā analizēti dažādu dimensiju ekoloģiskie koki, veikts aprēķins, lai noskaidrotu vidējo mikrodzīvotņu skaitu, ja visi koki būtu vienādu dimensiju (3.13. attēls). Lielākais modelētais mikrodzīvotņu skaits konstatēts blīgznai (2.63), kļavai (1.63), osim (1.55) un apsei (1.38) (3.4.tabula). Citu autoru pētījumā kā viena no sugām, kam konstatētas

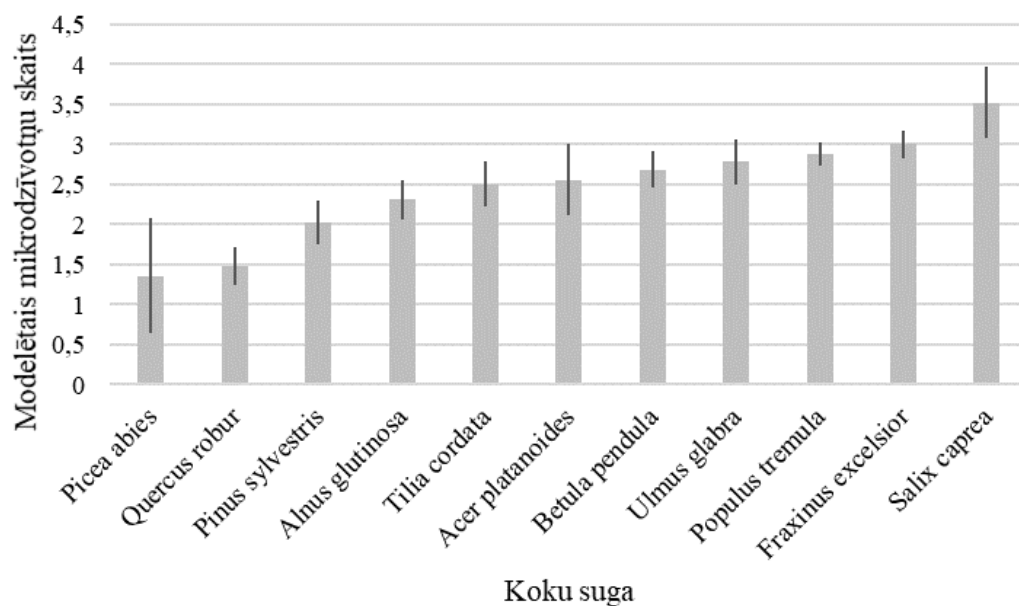
visvairāk mikrodzīvotņu, minēts parastais ozols (2,6 mikrodzīvotnes) (Vaidot et.al. 2010), tomēr mūsu veiktajā pētījumā ozols ir koka suga, kuram ir viens no zemākajiem rādītājiem. Tas varētu būt saistīts ar to, ka pētījumā apsekotajās audzēs atstātie ozoli galvenokārt bija mazu dimensiju. Tieši ozols un apse ir sugas, kuras literatūrā tiek minētas kā mikrodzīvotnēm bagātākās koku sugas (Ranius et al. 2009).

Pētījuma laikā novērots, ka ir mikrodzīvotņu grupas, kuras galvenokārt konstatējam uz konkrētas sugas ekoloģiskajiem kokiem. Piemēram, konstatēti 6 koki ar mikrodzīvotni - vēzis. Visi koki, uz kuriem konstatēja šo dzīvotni, bija bērzi. Cita mikrodzīvotne – nolūzis stumbrs - novērtēta 16 kokiem, 11 no tiem bija apses. Trupes rezultātā izveidojušies dobumi konstatēti 22 gadījumos, 10 no tiem bija oši.

Tāpat konstatēts, ka daļai koku sugu vērojama izteiktāka mikrodzīvotņu sastopamība, piemēram, apsei un osim. Apse ir koku suga, kurai šajā pētījumā visbiežāk novērota koksnes atmiršana un stumbeņa veidošanās. Tomēr arī tāda mikrodzīvotne kā daudzgadīga piepes ir tieši saistīta ar apses koksnes atmiršanu. Veiktajā pētījumā šī mikrodzīvotne konstatēta 34 kokiem, no tiem 27 bija apses. Pētījumā Somijā noskaidrots, ka atmirusī apses koksne nodrošina svarīgas dzīvotnes aizsargājamām piepju sugām (Junninen, Penttila, Martikainen 2004).

Savukārt kritalas šajā pētījumā bija izveidojušās galvenokārt sakņu trupes rezultātā. Šajā pārskatā mikrodzīvotne "sakņu trupe" konstatēta 12 kokiem, deviņi no tiem oši, kas kļuvuši par kritālām. Lai arī izgāzoties oši zaudē kādu no potenciālajām mikrodzīvotnēm, ko spētu nodrošināt dzīvi koki, tomēr, kļūstot par kritālām, tie spēj veidot citas mikrodzīvotņu grupas, piemēram, viengadīgo sēņu auglķermeņus. Šāda mikrodzīvotne pētījumā konstatēta astoņiem kokiem, septiņi no tiem bija ošu kritalas. Līdzīgi mikrodzīvotne "briofiti" (>10% no koka laukuma) konstatēta četras reizes un visos gadījumos - uz oša kritalas. Lai arī šīs sugas saistāmas ar koksnes atmiršanu un stumbeņu un kritalu veidošanos, tomēr pat atmirstot tās nodrošina lielu skaitu mikrodzīvotņu. Šīs sugas iekļautas prioritāri saglabājamo ekoloģisko koku sarakstā (MK. Nr. 935).

Analizējot mikrodzīvotņu skaitu uz dzīviem un mirušiem ekoloģiskajiem kokiem atsevišķi, konstatētas atšķirības. Aprēķināts, ka vidējais mikrodzīvotņu skaits uz viena dzīva koki ir 0,8, bet uz atmirušas koksnes 3,1. Tas atbilst literatūras datiem, kur minēts, ka uz atmirušas koksnes (stumbeņi, sausokņi, kritalas) veidojas vairāk mikrodzīvotņu nekā uz dzīviem kokiem. Citu autoru pētījumā vidējais mikrodzīvotņu skaits bija 1,5 mikrodzīvotnes uz dzīva koka, bet 2,75 uz mirušas koksnes (Vaidot et al. 2011, Asbeck et al. 2021).



3.13. attēls. Modelētais vidējais (\pm 95% ticamības intervāls) mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām

Mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām

<i>Predictors</i>	Mikrodzīvotņu skaits		
	<i>Incidence Rate Ratios</i>	<i>CI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	1,64	0,65 – 4,13	0,290
Specie [<i>Alnus glutinosa</i>]	0,78	0,29 – 2,08	0,622
Specie [<i>Betula pendula</i>]	1,13	0,44 – 2,93	0,800
Specie [<i>Fraxinus excelsior</i>]	1,55	0,62 – 3,87	0,347
Specie [<i>Picea abies</i>]	0,30	0,06 – 1,58	0,156
Specie [<i>Pinus sylvestris</i>]	0,58	0,21 – 1,59	0,291
Specie [<i>Populus tremula</i>]	1,38	0,57 – 3,36	0,479
Specie [<i>Quercus robur</i>]	0,34	0,13 – 0,89	0,028
Specie [<i>Salix caprea</i>]	2,63	0,77 – 8,91	0,121
Specie [<i>Tilia cordata</i>]	0,95	0,34 – 2,62	0,918
Specie [<i>Ulmus glabra</i>]	1,25	0,45 – 3,44	0,671
D	1,01	1,01 – 1,02	<0,001
H	0,96	0,95 – 0,98	<0,001
Random Effects			
σ^2	0,62		
τ_{00} Object_number	0,13		
ICC	0,18		
N Object_number	20		
Observations	271		
Marginal R ² / Conditional R ²	0,338 / 0,456		

Turpmāk pētījumā plānota esošo rezultātu publicēšana. Plašāku rezultātu iegūšanai plānots veikt mikrodzīvotņu un epifītu novērtēšanu iepriekš ierīkotos meža biotopu apsaimniekošanas efektivitātes novērtējuma parauglaukumos (11 objekti).

3.2.1.4. Uz ekoloģiskajiem kokiem sastopamie epifītiSubstrātu raksturojums

Epifītu sugas 2021. gadā uzskaitītas uz 86 ekoloģiskajiem kokiem (2014. gadā aprakstīti 98 koki), no kuriem visvairāk aprakstīta parastā apse *Populus tremula* un parastais ozols *Quercus robur*. Iegūtie rezultāti rāda, ka 12 substrāti (jeb 12% no iepriekšējās uzskaites objektiem) septiņu gadu laikā ir gājuši bojā, vislielākais skaits no tiem ir tieši *Populus tremula* koku suga (1. tabula). Vislielākais vidējais koka diametrs noteikts *Populus tremula* un *Fraxinus excelsior* aprakstītajām koku sugām, līdzīgi kā 2014. uzskaites gadā (3.5. tabula).

Apsekotos kokus raksturojošie parametri

Gads	2014	2021	2014	2021
Koka suga	Apsekoto koku skaits		Koka vidējais diametrs	
<i>Populus tremula</i>	29	25	53,8	59,2
<i>Quercus robur</i>	22	21	29,8	36,2
<i>Betula pendula</i>	12	10	40,8	44,3
<i>Alnus glutinosa</i>	9	9	39,8	41,5
<i>Fraxinus excelsior</i>	8	6	43,4	49,2
<i>Tilia cordata</i>	7	7	37,2	40,4
<i>Ulmus glabra</i>	4	3	32	36,9
<i>Acer platanoides</i>	4	3	30,3	22,3
<i>Pinus sylvestris</i>	3	2	42,5	46,5

Epifītu sugu sastopamība

Pētījumā 2021. gadā uzskaitītas 110 epifītu sugas, to skaitā 57 sūnu un 53 ķērpju sugas. Salīdzinājumā ar 2014. gadu, sugu skaits abās taksonomiskajās grupās ir palielinājies. Kopumā 19 epifīti (6 sūnu un 13 ķērpju sugas) ir nākuši klāt, savukārt 10 sugas atkārtoti nav konstatētas (2 sūnu un 8 ķērpju sugas) (3.6. tabula). Tas norāda, ka lielāka daļa epifītu sugu 18 gadu laikā pēc mežizstrādes nostabilizējas, lai arī tiek konstatēta arī neliela kolonizācija ar jaunām sugām.

Visizplatītākās sūnu sugas abos uzskaites gados bija *Hypnum cupressiforme*, *Radula complanata* un *Orthotrichum speciosum*, no kurām vienīgi *Hypnum cupressiforme* sastopamība ir palielinājusies. Savukārt no ķērpju sugām biežāk sastopamās sugas gan 2014., gan 2021. gadā bija *Lepraria ģints*, *Phlyctis argena* un *Cladonia coniocrea*, kuru sastopamība uz uzskaites kokiem laika gaitā ir samazinājusies (3.6. tabula). Šī gada pētījumā 25 epifīti konstatēti tikai uz viena substrāta, no kuriem 13 bija sūnu sugas un 12 ķērpju sugas.

Analizējot sugu sastāvu, redzams, ka daļa aprakstīto ekoloģisko koku spēj nodrošināt apstākļus, lai uz tiem spētu augt indikatorsugas. Uz aprakstītajiem ekoloģiskajiem kokiem 2021. gadā uzskaitītas 15 indikatorsugas. Salīdzinājumā ar 2014. gadu, kopējais indikatorsugu skaits nav mainījies. Sešām epifītu sugām sastopamība uz apsekotajiem kokiem ir palielinājusies, proti, divām sūnu sugām *Neckera pennata*, *Jamesoniella autumnalis* un četrām ķērpju sugām – *Acrocordia gemmata*, *Arthonia spadicea*, *Arthonia vinosa* un *Bacidia rubella*. Sešām sugām sastopamība 2021. gadā ir mazinājusies, attiecīgi četrām sūnu sugām – *Lejeunea cavifolia*, *Homalia trichomanoides*, *Metzgeria furcata*, *Ulota crista* – un divām ķērpju sugām – *Pertusaria pertusa* un *Graphis scripta*. Savukārt trīs sugām sastopamība nav mainījies, proti, sūnaugiem *Anomodon longifolius* un *Barbilophozia attenuata* un ķērpim *Lobaria pulmonaria*.

**Uz pētītajiem kokiem noteiktās sūnu un ķērpju sugas 2014. un 2015. uzskaites gadā.
Indikatorsugas atzīmētas treknrakstā**

Gads	2014	2021	Gads	2014	2021
Sūnu suga	Sastopamība		Ķērpju suga	Sastopamība	
<i>Amblystegium serpens</i>	24	32	<i>Acrocordia gemmata</i>	12	15
<i>Amblystegium subtile</i>	3	7	<i>Anaptychia ciliaris</i>	1	1
<i>Anomodon longifolius</i>	2	2	<i>Arthonia radiata</i>		3
<i>Atrichum undulatum</i>		1	<i>Arthonia sp.</i>	1	8
<i>Barbilophozia attenuata</i>	1	1	<i>Arthonia spadicea</i>	1	6
<i>Brachythecium rutabulum</i>	22	29	<i>Arthonia vinosa</i>	1	2
<i>Brachythecium salebrosum</i>	45	33	<i>Bacidia rubella</i>	1	2
<i>Brachythecium sp.</i>		2	<i>Bacidia sp.1</i>	1	
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>	1	1	<i>Buellia griseovirens</i>	3	
<i>Bryum sp.</i>	4	7	<i>Caloplaca sp.</i>		1
<i>Ceratodon purpureus</i>	7	1	<i>Chaenotheca ferriginea</i>		1
<i>Chiloscyphus pallescens</i>	1	2	<i>Cladonia cenotea</i>	2	2
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	2	4	<i>Cladonia chlorophaea</i>	9	6
<i>Climacium dendroides</i>	4	2	<i>Cladonia coccifera</i>	1	
<i>Dicranum flagellare</i>	1	1	<i>Cladonia coniocraea</i>	52	35
<i>Dicranum montanum</i>	31	24	<i>Cladonia digitata</i>	2	4
<i>Dicranum polysetum</i>	3	2	<i>Cladonia fimbriata</i>	3	2
<i>Dicranum scoparium</i>	31	20	<i>Cladonia norvegica</i>		1
<i>Eurhynchium angustirete</i>	20	39	<i>Cladonia sp.</i>		5
<i>Fissidens adianthoides</i>	6	6	<i>Evernia prunastri</i>	27	9
<i>Fissidens taxifolius</i>	2	2	<i>Graphis scripta</i>	28	25
<i>Frullania dilatata</i>	19	13	<i>Graphis sp.</i>	5	1
<i>Homalia trichomanoides</i>	27	25	<i>Hypocenomyce scalaris</i>		5
<i>Homalothecium lutescens</i>	3		<i>Hypogymnia physodes</i>	41	25
<i>Hylocomnium splendens</i>	4	3	<i>Imshaugia aleurites</i>		1
<i>Hypnum cupressiforme</i>	59	65	<i>Lecanora allophana</i>	4	
<i>Jamesoniella autumnalis</i>	1	2	<i>Lecanora argentata</i>	30	16
<i>Lejeunea cavifolia</i>	3	1	<i>Lecanora carpinea</i>	7	1
<i>Lepidozia reptans</i>	1	1	<i>Lecanora subrugosa</i>	1	
<i>Leskea polycarpa</i>	1		<i>Lecanora varia</i>	3	
<i>Leucodon sciuroides</i>	5	5	<i>Lecanora sp.</i>		4
<i>Lophocolea heterophylla</i>	3	4	<i>Lecidella elaeochroma</i>	37	26

Gads	2014	2021	Gads	2014	2021
Sūnu suga	Sastopamība		Ķērpju suga	Sastopamība	
<i>Metzgeria furcata</i>	3	1	<i>Lecidella euphora</i>	19	10
<i>Mnium hornum</i>	3	3	<i>Lecidella sp.</i>		21
<i>Neckera pennata</i>	14	16	<i>Lepraria membranacea</i>	2	2
<i>Orthotrichum speciosum</i>	46	43	<i>Lepraria spp.</i>	79	74
<i>Plagiochila asplenoides</i>	9	8	<i>Lobaria pulmonaria</i>	2	2
<i>Plagiomnium affine</i>	14	19	<i>Melanelixia glabratula</i>	33	14
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	34	30	<i>Opegrapha atra</i>	1	2
<i>Plagiomnium undulatum</i>	7	8	<i>Opegrapha rufescens</i>	8	10
<i>Plagiothecium laetum</i>	7	8	<i>Opegrapha sp.</i>		7
<i>Plagiothecium latebricola</i>		2	<i>Opegrapha varia</i>	5	
<i>Plagiothecium sp.</i>		1	<i>Parmelia sulcata</i>	21	15
<i>Platygyrium repens</i>	9	7	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	17	7
<i>Pleurozium schreberi</i>	9	7	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>		1
<i>Polytrichum juniperinum</i>	5	2	<i>Peltigera praetextata</i>	3	7
<i>Ptilidium ciliare</i>		5	<i>Peltigera sp.</i>	2	4
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	13	14	<i>Peltigera sp.2</i>	1	
<i>Pylaisia polyantha</i>	33	39	<i>Pertusaria amara</i>	18	18
<i>Radula complanata</i>	57	54	<i>Pertusaria pertusa</i>	2	1
<i>Rhodobryum roseum</i>	7	6	<i>Phaeophyscia sp.</i>		2
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	11	8	<i>Phlyctis argena</i>	77	74
<i>Sanionia uncinata</i>	3	1	<i>Physcia tenella</i>	20	3
<i>Sciurohypnum oedipodium</i>	1	1	<i>Platismatia glauca</i>	16	12
<i>Sciurohypnum populeum</i>		1	<i>Pseudoevernia furfuracea</i>	3	1
<i>Tetraphis pellucida</i>	2	1	<i>Ramalina farinacea</i>	2	1
<i>Thuidium tamariscinum</i>	16	15	<i>Ramalina roesleri</i>	5	3
<i>Ulota crispa</i>	20	13	<i>Ramalina sp.</i>		2
			<i>Usnea filipendula</i>	5	3
			<i>Vulpicida pinastri</i>	25	3
			<i>Xanthoria parietina</i>	10	1

Epifītu sugu saistība ar ekoloģiskajiem faktoriem

Vidēji sastopamais epifītu skaits un meža biotopu indikatorsugu skaits uz viena ekoloģiskā koka septiņu gadu laikā nav mainījušies. Savukārt nedaudz ir pieaudzis vidējais sūnu sugu skaits substrāta līmenī un samazinājies vidējais epifītisko ķērpju sugu skaits uz koka (4. tabula).

GLMER analīzes rezultāti liecina, ka gan kopējo sūnu sugu skaitu, gan kopējo indikatorsugu skaitu substrāta līmenī vislabāk skaidro koka suga (3.7. tabula). Vislielākais kopējais epifītisko sugu skaits konstatēts uz *Acer platanoides* (vidējais=16 sugas) un *Fraxinus*

excelsior (vidējais=15.5 sugas) koku sugām. Savukārt lielākā indikatorsugu bagātība raksturīga uz *Fraxinus excelsior* koka sugas (3.7. tabula).

3.7. tabula.

GLMER modeļu statistiskais kopums kopējai un dabisko mežu biotopu indikatorsugu bagātībai uz kokiem

Mainīgais lielums	Pr(> z)		Vidējais	Mainīgais lielums	Pr(> z)		Vidējais
Kopējais sugu skaits				Indikatorsugu skaits			
Koka Suga	**	<i>Quercus robur</i> (atsauce)	11,6	Koka Suga	****	<i>Quercus robur</i> (atsauce)	0,7
		<i>Acer platanoides</i>	16,0			<i>Acer platanoides</i>	1,3
		<i>Alnus glutinosa</i>	12,0			<i>Alnus glutinosa</i>	0,8
		<i>Betula pendula</i>	13,2			<i>Betula pendula</i>	0,2
		<i>Fraxinus excelsior</i>	15,5			<i>Fraxinus excelsior</i>	3,7
		<i>Pinus sylvestris</i>	10,0			<i>Pinus sylvestris</i>	0,0
		<i>Populus tremula</i>	15,3			<i>Populus tremula</i>	2,0
		<i>Tilia cordata</i>	14,1			<i>Tilia cordata</i>	1,3
		<i>Ulmus glabra</i>	12,3			<i>Ulmus glabra</i>	1,7
Gads		2014	13,4	Gads		2014	1,3
		2021	13,5			2021	1,3
Meža tips		Purvaini kūdreņi (atsauce)	15,1	Edafiskā rinda		Purvaini kūdreņi (atsauce)	1,2
		Sausieņi	13,4			Sausieņi	0,8
		Sausieņi/Slapjaini āreņi	15,7			Sausieņi/Slapjaini āreņi	1,8
		Slapjaini āreņi	12,7			Slapjaini āreņi	1,7
Diametrs				Diametrs			

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

Sūnu sugu bagātība uz ekoloģiskajiem kokiem atkarīga ne tikai no koku sugas, bet arī meža tipa un koka diametra. Lielāks sūnu sugu skaits sastopams uz *Populus tremula* (vidējais=10,6 sugas), *Acer platanoides* (vidējais=10,3 sugas) un *Fraxinus excelsior* (vidējais=9 sugas). Lielāka sūnu sugu bagātība substrāta līmenī raksturīga mitrās vietās (purvaini kūdreņi un sausieņi/slapjaini āreņi) (4. tabula). Diametrs pozitīvi ietekmē kopējo sūnu sugu skaitu uz koka (3.14. attēls).

Lai arī ķērpju sugu GLMER modelī neviens no apskatītajiem faktoriem nebija būtisks, lielāks ķērpju sugu skaits noteikts uz *Tilia cordata* substrāta (vidējais=8,4) (3.5. tabula). Rezultāti

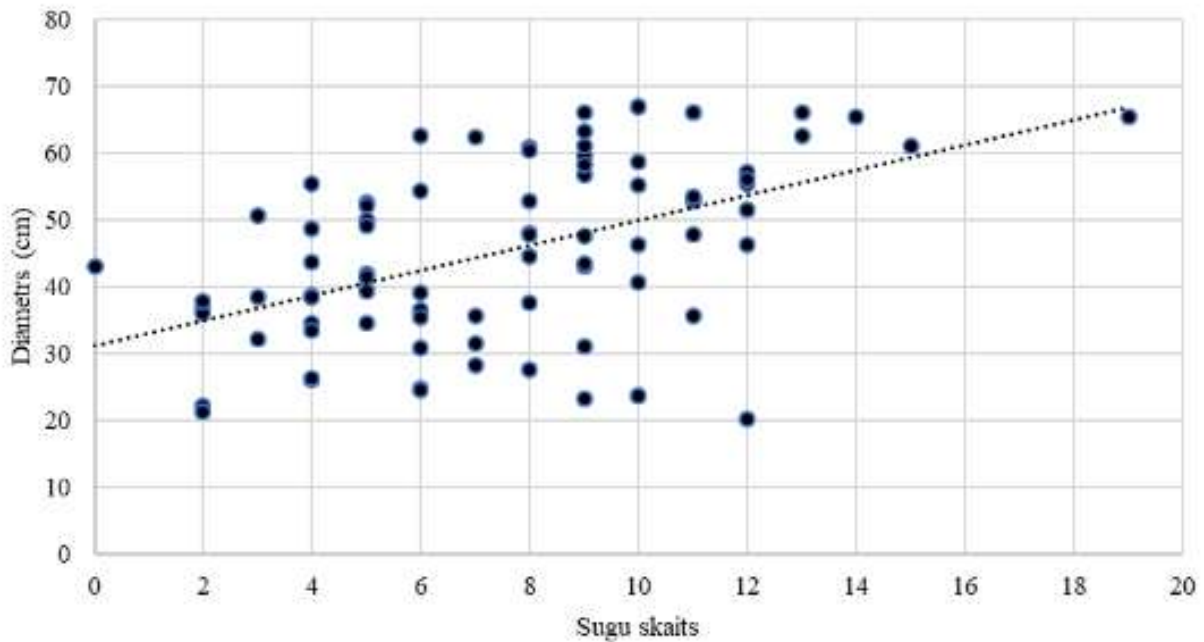
rāda, ka gads (laiks pēc mežizstrādes) būtiski neietekmē ne kopējo sugu skaitu, ne indikatoru sugu skaitu, ne arī epifītisko sūnu un ķērpju sugu skaitu (3.7. un 3.8. tabula).

3.8.tabula

GLMER modeļu statistiskais kopums sūnu un ķērpju bagātībai uz kokiem

Mainīgais lielums	Pr(> z)		Vidējais	Mainīgais lielums	Pr(> z)		Vidējais
Sūnu sugu skaits				Ķērpju sugu skaits			
Koka Suga	***	<i>Quercus robur</i> (atsauce)	5,6			<i>Quercus robur</i> (atsauce)	6,0
		<i>Acer platanoides</i>	10,3			<i>Acer platanoides</i>	5,7
		<i>Alnus glutinosa</i>	6,1			<i>Alnus glutinosa</i>	5,9
		<i>Betula pendula</i>	6,0			<i>Betula pendula</i>	7,2
		<i>Fraxinus excelsior</i>	9,0			<i>Fraxinus excelsior</i>	6,5
		<i>Pinus sylvestris</i>	2,5			<i>Pinus sylvestris</i>	7,5
		<i>Populus tremula</i>	10,6			<i>Populus tremula</i>	4,6
		<i>Tilia cordata</i>	5,7			<i>Tilia cordata</i>	8,4
		<i>Ulmus glabra</i>	8,0			<i>Ulmus glabra</i>	4,3
Gads		2014	6,9	Gads		2014	6,5
		2021	7,6			2021	5,9
Meža tips	**	Purvaini kūdreņi (atsauce)	9,7	Edafiskā rinda		Purvaini kūdreņi (atsauce)	5,4
		Sausieņi	6,6			Sausieņi	6,8
		Sausieņi/Slapjaini āreņi	11,0			Sausieņi/Slapjaini āreņi	4,7
		Slapjaini āreņi	7,1			Slapjaini āreņi	5,6
Diametrs	*			Diametrs			

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001



3.14. attēls. Saistība ar sūnu sugu skaitu un koka diametru

Svarīgi turpināt ilglaicīgus pētījumus par saglabāto iepriekšējās paaudzes koku ekoloģisko koku nozīmi, it īpaši saistībā ar reto sugu izplatību. Ilglaicīgs monitorings atspoguļotu epifītu izmaiņas vairākus gadus desmitus pēc cirtes, līdz jaunajā audzē sāk veidoties atbilstoši apstākļi īpaši jutīgu sugu eksistencei. Turpmākajos pētījumos svarīgi ņemt vērā klimata pārmaiņu radītos riskus, saglabāšanai izvēloties koku sugas ar lielāku saglabāšanās potenciālu. Nozīmīgi būtu izvērtēt bojā gājušo iepriekšējās paaudzes koku nozīmi mikrodzīvotņu veidošanas kontekstā.

3.2.1.5. Malas efekta ietekme uz melnalkšņu biotopiem

Pētījuma sadaļas mērķis ir papildināt malas efekta ietekmes uz bioloģisko daudzveidību, ciktāl to indicē zemesdzemes veģetācija, raksturojumu, šajā etapā vērtējot melnalkšņu audzes un galvenokārt fokusējoties uz tēmas nostādni un datu iegūvi, paredzot plašāku rezultātu izklāstu nākamajos etapos.

Mala jeb pāreja starp ekosistēmām vai divām krasi atšķirīgām vienas un tās pašas ekosistēmas attīstības stadijām (Ries et al., 2004) bioloģiskās daudzveidības kontekstā tiek raksturota gan pozitīvi, t.i., ar sastopamu augstāku sugu daudzveidību, gan negatīvi – kā nepiemērota vide kādām (retām) sugām jeb platība ar potenciāli augstāku invazīvo sugu klātbūtni (Honnay et al., 2002; Magura, 2002). Pārejas joslā parasti raksturīgs atšķirīgs mikroklimats, t.sk. mitrums un apgaismojums, kas ietekmē ne tikai atsevišķu sugu izdzīvošanu, bet arī izplatīšanās iespējas (Matlack, 1994; Cadenasso et al., 1997; Chen et al., 1995; Hofmeister et al., 2013)

Malas efekts ir atkarīgs no tās izveidošanās tempa, to dažādi ietekmē atšķirīgas sugas atšķirīgos biotopos. Tas ir mainīgs laikā un telpā - samazinās līdz ar attālumu no malas un līdz ar laiku kopš malas izveidošanās (Laurance et al., 2007). Tāpat šis efekts var būt atkarīgs no malas orientācijas telpā, sezonālītātes, kopējiem meža ainavas parametriem u.c. faktoriem (Matlack, 1993; Young, Mitchell, 1994), ietekmējot zemesdzemes veģetācijas sugu populācijas (Roberge et al., 2011). Tādēļ ir nozīmīgi secinājumus un rekomendācijas mežsaimnieciskajai darbībai saistībā ar bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanu šī efekta kontekstā nevis vispārināt, bet balstīt uz

konkrētiem empīriskajiem datiem, kas iegūti, vērtējot attiecīgo situāciju: klimatisko zonu, meža tipu (biotopa veidu), ietekmētās sugas. Tāpat šajā, līdzīgi, kā jebkurā citā ietekmju analizē meža ekosistēmās, svarīgi ietvert nozīmīgu laika periodu. Hemiboreālajos mežos pētījumu par malas efekta ietekmi nav daudz (Esseen, 1994; Burton, 2002).

Meta-analīzes rezultāti liecina, ka malas ietekme sniedzas vidēji līdz 50 m un ir nozīmīgi izteiktāka, ja mala izveidojusies (izveidota) audzes dienvidu pusē (Moen, Jonsson, 2003; Ries et al., 2004). Ņemot to vērā, veģetācija vērtēta līdz 50m no audzes malas izvietotos parauglaukumos kopumā 30 audzēs, kur tās uzskaitē veikta ar Brauna-Blankē metodi. Veģetācija raksturota pa stāviem (0-sūnas, 1-lakstaugi, sīkkrūmi, krūmi līdz 0,5 m augsti, 2- krūmi un koki 0,5-7 m augsti).

Koku stāva projektīvais segums bija mazāks pirmajos 10 m no audzes malas, tālākā ietekme nebija statistiski būtiska. Malas efekts neietekmēja bērza, egles, melnalkšņa klātbūtni vērtētajos veģetācijas stāvos. Biežāk sastopamās krūmu stāva sugas malas efekts ietekmēja pozitīvi, netika konstatētas meža tipam neraksturīgās sugas.

Vērtējot apstākļus dažādā attālumā no audzes malas, ko raksturo Elenberga indeksa rādītāji, nav konstatētas nozīmīgas gaismas apstākļu izmaiņas (vidējās vērtības 4,5 – 4,7), augsne, atbilstoši meža tipam, ir mitra (vidējās vērtības 6,4 – 7,0) ar mēreni skābu reakciju (vidējās vērtības 4,8 – 4,9) un vidēji auglīga (slāpekļa indikatorvērtības 5,1 – 5,3). Neviena no šo indikatoru atšķirībām nav statistiski būtiska. Neskatoties uz to, kopējais lakstaugu stāva sugu skaits un to projektīvais segums ir būtiski lielāks malu tuvumā (pirmajos 10 m); ietekme uz šī stāva sugu kopējo projektīvo segumu sniedzas līdz 30 m, savukārt skaits samazinās tikai tālākajā analizētaj joslā (pēc 40m). Pozitīvā ietekme galvenokārt saistīta ar bieži sastopamām (t.sk. nemorālās, konkurentu grupas) sugām. Malas efekts būtiski neietekmē kopējo sūnu sugu skaitu un to projektīvo segumu. Jebkurā vērtētajā attālumā no audzes malas visos analizētajos zemsedzes veģetācijas stāvos dominēja (51-61%) I konstantuma klases, melnalkšņu mežiem raksturīgo augu sabiedrību (Priedītis, 1999) sugas (t.i., attāluma ietekme uz konstantuma kašu pārstāvniecību nav būtiska). Apstiprinās sakarība, ka nozīmīgāka ietekme fiksējama pie jaunām (līdz 20 gadi pēc vienlaidus atjaunošanas cirtes) audzes malām un tā galvenokārt izpaužas uz retām un biotopu indikatorsugām. Tas liecina, ka mērķtiecīga mežistrādes plānošana laikā blakus šādiem biotopiem var nozīmīgi mazināt vai pat pilnībā novērst iespējamo ietekmi uz bioloģiskās daudzveidības uzturēšanu.

Turpmākā pētījuma gaitā nozīmīgi paplašināt iegūto datu kopu un analizē iekļaut kokadzes parametrus, kā arī vērtēt būtisko šo parametru (ja tādi konstatēti) sastopamību, iespējas šo sastopamību nodrošināt, tādejādi eventuāli veicinot bioloģiskās daudzveidības uzturēšanas un bioekonomikas mērķu labāku integritāti.

Secinājumi

1. Pēc mežistrādes saglabātie iepriekšējās paaudzes koki (ekoloģiskie koki) nodrošina plašu mikrodzīvotņu spektru, kā arī ir piemērots substrāts retām un aizsargājamām epifītu sugām, kuru sastopamība (un skaits) uz šo koku stumbriem saglabājas stabila. Laika posmā no 11 līdz 18 gadiem pēc mežistrādes pieaug kopējais konstatēto epifītu sugu skaits. Sūnu sugu skaits uz viena ekoloģiskā koka pieaug, savukārt ķērpju sugu skaits samazinās.
2. Saglabāto koku dimensijas un suga ietekmē mikrodzīvotņu skaitu un sūnu sugu skaitu uz tā. Vieni no bagātākajiem substrātiem sugu skaita ziņā ir osis un apse, kuriem raksturīgs arī augsts mikrodzīvotņu skaits. Šīs lapu koku sugas rekomendējamas kā prioritāte ekoloģisko koku izvēlē. Esošajā praksē izmantotā ekoloģisko koku prioritāšu secība

nesaskan ar to vērtību no epifītu sugu un mikrodzīvotņu viedokļa, piemēram, mazu dimensiju ozoliem nav nozīmīgas pozitīvas ietekmes uz mikrodzīvotņu skaitu, savukārt priedei ir mazāka bioloģiskās daudzveidības indikatoru vērtība nekā lapu kokiem.

Literatūra

1. Asbeck, T., Großmann, J., Paillet, Y., Winiger, N., Bauhus, J. 2021. The use of tree-related microhabitats as forest biodiversity indicators and to guide integrated forest management. *Current Forestry Reports*. 7(1):59-68.
2. Auniņš, A. 2013. Eiropas Savienības aizsargājami biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata. 2. papildināts izdevums. Latvijas Dabas fonds, Rīga.
3. Āboliņa, A., Pīterāns, A., Bambi, B. 2015. Latvijas ķērpji un sūnas. Taksonu saraksts. DU AA "Saule", Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 213. lpp.
4. Cosyns H, Joa B, Mikoleit R, Krumm F, Schuck A, Winkel G, et al. Resolving the trade-off between production and biodiversity conservation in integrated forest management: comparing tree selection practices of foresters and conservationists. *Biodivers Conserv* [Internet]. 2020 [cited 2020 Sep 17]; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02046-x>
5. Elfving, B., & Jakobsson, R. 2006. Effects of retained trees on tree growth and field vegetation in *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(SUPPL. 7), 29–36. <https://doi.org/10.1080/14004080500487250>
6. Fedrowitz K, Koricheva J, Baker SC, Lindenmayer DB, Palik B, Rosenthal R, et al. 2014. REVIEW: Can retention forestry help conserve biodiversity? A meta-analysis. Baraloto C, editor. *J Appl Ecol*. 51:1669–1679.
7. Garcia-Gonzalo, J., Peltola, H., Briceño-Elizondo, E., & Kellomäki, S. 2007. Changed thinning regimes may increase carbon stock under climate change: A case study from a Finnish boreal forest. *Climatic Change*, 81(3–4), 431–454. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9149-8>
8. Grinde, A. R., Slesak, R. A., D'Amato, A. W., & Palik, B. P. 2020. Effects of tree retention and woody biomass removal on bird and small mammal communities. *Forest Ecology and Management*, 465, 118090.
9. Gustafsson L, Baker SC, Bauhus J, Beese WJ, Brodie A, Kouki J, et al. 2012. Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience*. 62:633–45.
10. 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. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01190-1>
11. Gustafsson, L., Baker, S. C., Bauhus, J., Beese, W. J., Brodie, A., Kouki, J., Lindenmayer, D. B., Lhmus, A., Pastur, G. M., Messier, C., Neyland, M., Palik, B., Sverdrup-Thygeson, A., Volney, W. J. A., Wayne, A., & Franklin, J. F. (2012). Retention forestry to maintain multifunctional forests: A world perspective. *BioScience*, 62(7), 633–645. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.7.6>

12. Gustafsson, L., Hannerz, M., Koivula, M., Shorohova, E., Vanha-Majamaa, I., & Weslien, J. 2020. Research on retention forestry in Northern Europe. In *Ecological Processes* (Vol. 9, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0208-2>
13. Hallinger, M., Johansson, V., Schmalholz, M., Sjöberg, S., & Ranius, T. 2016. Factors driving tree mortality in retained forest fragments. *Forest Ecology and Management*, 368, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.023>
14. Hamalainen, A., Hujo, M., Heikkala, O., Junninen, K., & Kouki, J. 2016. Retention tree characteristics have major influence on the post-harvest tree mortality and availability of coarse woody debris in clear-cut areas. *Forest Ecology and Management*, 369, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.037>
15. Hautala, H., Laaka-Lindberg, S., & Vanha-Majamaa, I. 2011. Effects of retention felling on epixylic species in boreal spruce forests in southern Finland. *Restoration Ecology*, 19(3), 418-429.
16. Hedenås H., Ericson L. 2003. Response of epiphytic lichens on *Populus tremula* in a selective cutting experiment. *Ecological Applications*, 13(4), pp. 1124-1134
17. Jakobsson, R., & Elfving, B. 2004. Development of an 80-year-old mixed stand with retained *Pinus sylvestris* in Northern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 194(1–3), 249–258. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.030>
18. Jonsell, M., Abrahamsson, M., Widenfalk, L. and Lindbladh, M. 2018. Increasing influence of the surrounding landscape on saproxylic beetle communities over 10 years succession in dead wood. 5th European Congress of Conservation Biology. doi: 10.17011/conference/eccb2018/107485
19. Junninen, K., Penttilä, R., & Martikainen, P. 2007. Fallen retention aspen trees on clear-cuts can be important habitats for red-listed polypores: a case study in Finland. *Biodiversity and Conservation*, 16(2), 475-490.
20. Koivula MJ, Venn S, Hakola P, Niemela J. 2019. Responses of boreal groundbeetles (Coleoptera, Carabidae) to different logging regimes ten years postharvest. *For Ecol Manag* 436:27–38.
21. Koivula, M., & Vanha-Majamaa, I. 2020. Experimental evidence on biodiversity impacts of variable retention forestry, prescribed burning, and deadwood manipulation in Fennoscandia. *Ecological Processes*, 9(1), 1-22.
22. Kõrkjas M., Remm L., Lõhmus A. 2021. Tree-related microhabitats on live *Populus tremula* and *Picea abies* in relation to tree age, diameter, and stand factors in Estonia. *European Journal of Forest Research*.140(5): 1227 - 1241.
23. Kuuluvainen, T., Lindberg, H., Vanha-Majamaa, I., Keto-Tokoi, P., & Punntila, P. 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. *Ecological Processes*, 8(1), 1-13.
24. Larrieu L., Cabanettes A. 2012. Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 42:1433-1445.
25. Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Butler R., Karusa D., Krumm F., Lachat T., K.Michel A., Regnery B., Vandekerkhove K., *Ecological Indicators*. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization., 85: 194 -207.
26. Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F., Lõhmus, A., Baker, S. C., Bauhus, J., Beese, W., Brodie, A., Kiehl, B., Kouki, J., Pastur, G. M., Messier, C., Neyland, M., Palik, B.,

- Sverdrup-Thygeson, A., Volney, J., Wayne, A., & Gustafsson, L. 2012. A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters*, 5(6), 421–431. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00257.x>
27. Nunery, J. S., & Keeton, W. S. 2010. Forest carbon storage in the northeastern United States: Net effects of harvesting frequency, post-harvest retention, and wood products. *Forest Ecology and Management*, 259(8), 1363–1375. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.029>
 28. Pan, Y.; Birdsey, R. A.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P. E.; Kurz, W. A.; Phillips, O. L.; Shvidenko, A.; Lewis, S. L.; Canadell, J. G.; Ciais, P.; Jackson, R. B.; Pacala, S. W.; McGuire, A. D.; Piao, S.; Rautiainen, A.; Sitch, S.; Hayes, D. 2011. *A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests*. *Science*, 333(6045), 988–993.
 29. R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. Accessed 22.10.2017.
 30. Ranius T, Niklasson M, Berg N. 2009.) Development of tree hollows in pedunculate oak (*Quercus robur*). *For Ecol Manage* 257:303–310
 31. Roberge, J. M., Lämås, T., Lundmark, T., Ranius, T., Felton, A., & Nordin, A. 2015. Relative contributions of set-asides and tree retention to the long-term availability of key forest biodiversity structures at the landscape scale. *Journal of Environmental Management*, 154, 284-292.
 32. Rosenvald, R., & Löhmus, A. 2008. For what, when, and where is green-tree retention better than clear-cutting? A review of the biodiversity aspects. In *Forest Ecology and Management* (Vol. 255, Issue 1, pp. 1–15). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.016>
 33. Rosenvald, R., Löhmus, A., & Kiviste, A. 2008. Preadaptation and spatial effects on retention-tree survival in cut areas in Estonia. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(10), 2616–2625. <https://doi.org/10.1139/X08-093>
 34. Rudolphi J., Gustafsson L. 2011. Forests Regenerating after Clear-Cutting Function as Habitat for Bryophyte and Lichen Species of Conservation Concern. *PLoS ONE* 6 (4): e18639.
 35. Santaniello F, Djupström LB, Ranius T, Weslien J, Rudolphi J, Thor G 2017a Large proportion of wood dependent lichens in boreal pine forest are confined to old hard wood. *Biodivers Conserv* 26:1295–1310.
 36. Santaniello, F., Djupström, L. B., Ranius, T., Weslien, J., Rudolphi, J., & Sonesson, J. 2017b. Simulated long-term effects of varying tree retention on wood production, dead wood and carbon stock changes. *Journal of Environmental Management*, 201, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.026>
 37. Siipilehto, J. 2006. Height distributions of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. *Silva Fennica* 40(3): 473–486.
 38. Sterkenburg, E., Clemmensen, K. E., Lindahl, B. D., & Dahlberg, A. 2019. The significance of retention trees for survival of ectomycorrhizal fungi in clear-cut Scots pine forests. *Journal of applied ecology*, 56(6), 1367-1378.
 39. Suominen M, Junninen K, Kouki J. 2019. Diversity of fungi in harvested forests 10 years after logging and burning: Polypore assemblages on different wood substrates. *For Ecol Manag* 446:63–70.

40. Valkonen, S., Ruuska, J., & Siipilehto, J. 2002. Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 166(1-3), 227-243.
41. Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F., and Gosselin, F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree micro-habitats. *Biol. Conserv.* 144(1): 441–450.

3.3. Bioloģiski vecu mežaudžu attīstības dinamika

Saskaņā ar pētījuma plānu šajā etapā bija paredzēta un ir veikta vecās egles audzēs iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmērīšana (3.3.1. darba uzdevums) un papildu parauglaukumu ierīkošana salīdzināšanai pieaugušās egles audzēs (3.3.2. darba uzdevums). Kopējais pētījumā ietvertu audžu skaits (50) ir lielāks nekā sākotnēji plānotais (40). Ņemot to vērā, šajā pētījuma etapā detalizēta analīze veikta vienam no vērtētajiem aspektiem: zemsedzes veģetācijai un to ietekmējošajiem kokaudzes parametriem. Plānots, ka atsevišķu kokaudzes parametru izmaiņu dinamikas detalizēta analīze tiks veikta nākamajos pētījuma etapos.

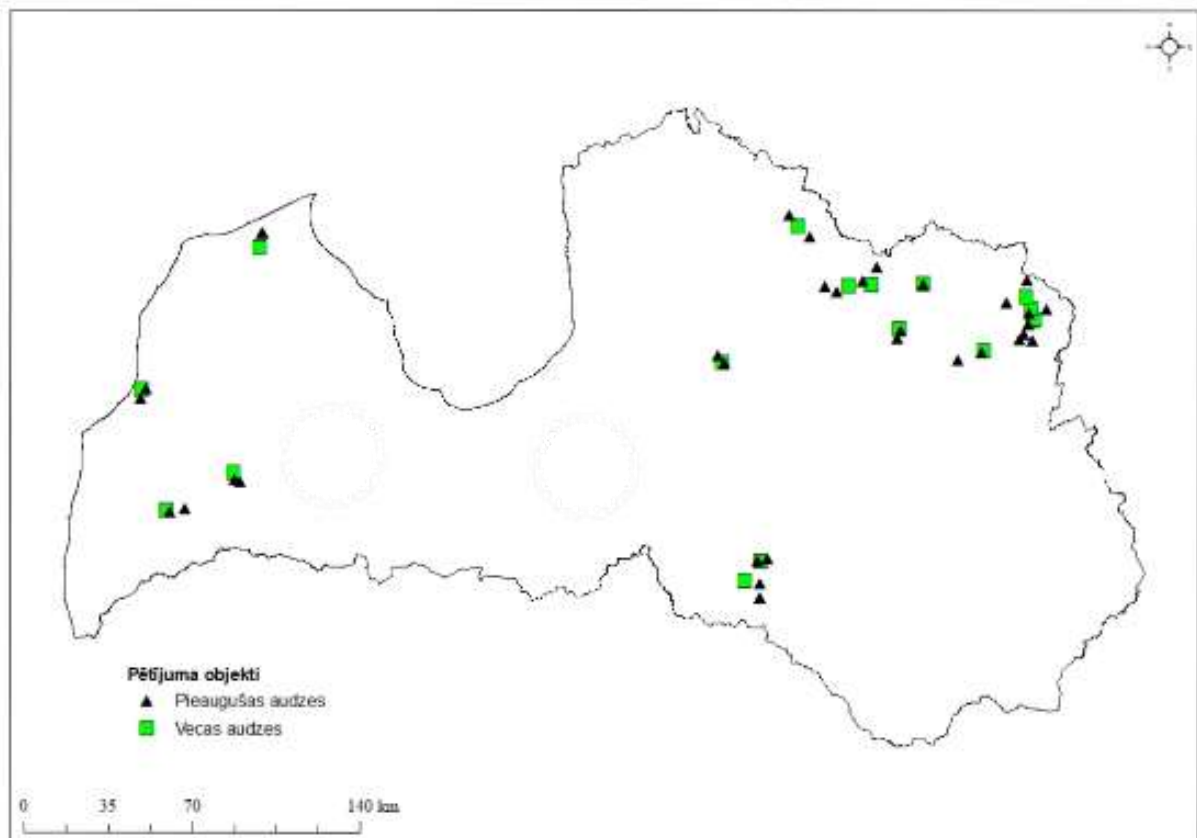
3.3.1. Pamatojums

Zemsedzes veģetācija ir svarīga mežu bioloģiskās daudzveidības komponente. Tā nodrošina sugu daudzveidību kā arī barības un dzīvotņu resursus citām sugām (Szujecki, 2012, Storch, 1993, Felton et al., 2018). Zemsedzes veģetācijas sastāvs un segums ir atkarīgs galvenokārt no meža tipa (mitruma režīma, barības vielu pieejamības) un, tā ietvaros, no veģetācijas starpsugu konkurences un gaismas apstākļiem zem koku vainagu klāja (Kuusipalo, 1985). Gaismas ieplūdi, augsnes mitrumu un barības vielu apriti ietekmē kokaudzes taksācijas rādītāji, galvenokārt sugu sastāvs un audzes biezums (Barbier et al., 2008, Felton et al., 2010).

Lielākoties meža zemsedzes veģetācijas pētījumi veikti, lai raksturotu dažādu mežsaimniecības pasākumu ietekmi uz bioloģisko daudzveidību, izmantojot veģetāciju kā nozīmīgu tās daļu (indikatoru) (Jessen Graae, Heskjær 1997; Gustafsson, Hallingbäck 1988). Tāpat raksturota veģetācijas izmaiņu dinamika dažādā laika periodā pēc kādu dabisko traucējumu (ugunsgrēks, vētra) ietekmes (Kārklīņa et al., 2020). Pēc ietekmēm, kas nozīmīgi maina kokaudzes parametrus, kā arī jaunaudzēs līdz vidēja vecuma sasniegšanai (Tonteri, 1994), kad šie parametri nozīmīgi mainās koku relatīvi straujās augšanas dēļ, likumsakarīgi strauji izmainās arī zemsedzes veģetācija. Trūkst tādu pētījumu, kur veikta veģetācijas analīze, salīdzinot pieaugušas un vecas audzes, kur kokaudzes parametri saglabājas ievērojami mazāk mainīgi. Centrāleiropā ir veikts pētījums par veģetācijas daudzveidību dižskābaržu audzēs, kur konstatēts, ka audzes parametriem (galvenokārt ar gaismu saistītajiem) ir būtiska ietekme. Jo daudzveidīgāki gaismas apstākļi, jo lielāka veģetācijas daudzveidība, bet mežaudzes vecuma ietekme netika konstatēta (Kelmen et al., 2012). Tādēļ izvirzīta hipotēze, ka līdzīga sakarība varētu tikt novērota arī hemiboreālajos mežos, Latvijā. Ja hipotēze apstiprinās, ir iespējams īstenot tādas mežsaimniecības pasākumus, kas efektīvi nodrošina bioloģisko daudzveidību saimnieciskajos mežos ainavas līmenī, ņemot vērā tai vajadzīgos audzes parametrus, nevis vecumu kā tādu, līdz ar to paverot iespējas integrēt bioloģiskās daudzveidības uzturēšanas un bioekonomikas intereses. Pētījuma etapa mērķis ir novērtēt zemsedzes veģetāciju pieaugušās un vecās egles audzēs un noteikt to ietekmējošos faktoros.

3.3.2. Objektu un metodes

Pētījuma laikā apsektas 50 egles audzes, kurās veikta mežu raksturojošo parametru uzmērīšana un veģetācijas sastāva un seguma novērtēšana (3.15. attēls). Veģetācija novērtēta vecās egles audzēs (vidējais koku vecums audzē 183 ± 4 gadi, maksimālais koku vecums 211 gadi, minimālais koku vecums 169 gadi), kurās nav zināmu vai konstatētu saimnieciskās darbības pazīmju vismaz pēdējos 40 gadus. Kokaudzēs uzmērīšanas parauglaukumi ierīkoti pētījuma "Siltumnīcefekta gāzu emisiju un CO₂ piesaistes novērtējums vecās mežaudzēs" ietvaros. Salīdzināšanai pēc taksācijas apraksta iespējami tuvu šīm audzēm atlasītas kontroles audzes (vecumā 70-95 gadi), kurās vismaz pēdējos 20 gados nav veikta saimnieciskā darbība (sanitārā cirte vai retināšana), vai nav konstatējamas tās pazīmes dabā un kurās, pēc apsekojuma dabā, ir tāds pats meža tips kā tuvākajā vecajā audzē. Kontroles (pieaugušo) audžu vidējais koku vecums audzē 77 ± 4 gadi, maksimālais koku vecums 95 gadi, minimālais koku vecums 70 gadi. Pieaugušām egles audzēm apsektas 33 audzes, bet vecajām egles audzēm 17 audzes. Mežaudzes uzmērītas damaksnī un vēri.

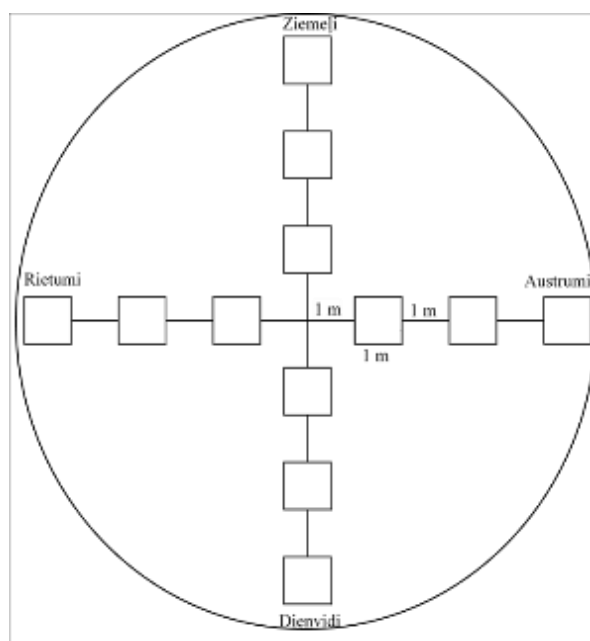


3.15. attēls. Pētīto mežaudžu izvietojums

Lai veiktu mežaudzes uzmērīšanu, katrā no audzēm izveidoti četri apļveida parauglaukumi. Metodes aprobācijai vienā no objektiem uzmērīti septiņi apļveida parauglaukumi, kopumā mērījumi veikti 203 parauglaukumos. Visā parauglaukuma platībā uzmērīja stāvošus kokus (dzīvs, sausoknis un stumbenis, un atsevišķos gadījumos kritālas, ja tās gāžoties iekārušās un nevar 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 un

noteikts vecums. No mežaudzē iegūtajiem mērījumiem aprēķināts parauglaukuma šķērslaukums (m^2ha^{-1}), krāja (m^3ha^{-1}) un audzes biezums (N, ha^{-1}).

Lai veiktu veģetācijas novērtēšanu egles audzēs, 2021. gada veģetācijas sezonā uzskaitē veikta mežaudzes uzmērījumu parauglaukumos. Katrā no šiem kopumā 203 parauglaukumiem regulārā tīklā izvietoti 12 veģetācijas uzskaites laukumi ($1 \times 1 m$) (3.16. attēls). Par šo uzskaites laukumu tīkla centru uzskatīts kokaudzes uzmērīšanas laukuma centrs. Katrā no kardinālajiem virzieniem izvietoja trīs $1 \times 1 m$ lielus veģetācijas uzskaites laukumus ar viena metra distanci starp tiem. Katrā mežaudzes parauglaukumā izvietoti 12 veģetācijas uzskaites laukumi. Kopumā veģetācija vērtēta 2436 veģetācijas uzskaites laukumos. Lai precīzāk raksturotu veģetāciju, tai izdalīti 3 stāvi – sūnu, lakstaugu, koku un krūmu stāvs. Tāpat izveidotas papildu kategorijas – atsegta augsne, nobiras, kritālas. Veikta gan sugu, gan papildu kategoriju novērtēšana procentuālajā segumā, pieņemot, ka $1 \times 1 m$ ir 100%. Veģetācijas datiem aprēķināts vidējais procentuālais segums katrā no stāviem (sūnu, lakstaugu, koku un krūmu), tāpat vidējais procentuālais segums nobīrām, atklātai augsnei un kritālām. Katrā no veģetācijas stāviem aprēķināts vidējais sugu skaits, vidējais Šenona-Vīnera indekss. Veikta DCA ordinācija katram no stāviem, salīdzinot veģetācijas datus ar mežaudzi raksturojošajiem parametriem.



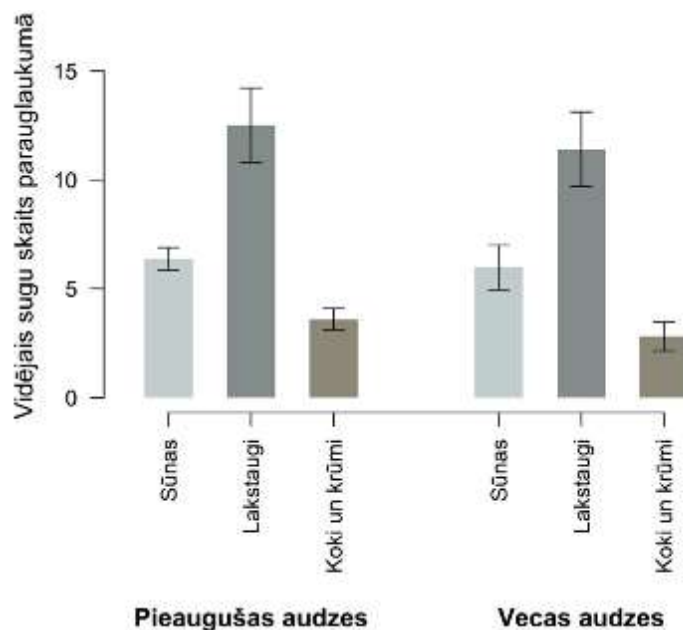
3.16. attēls. Veģetācijas uzskaites laukumu izvietojuma shēma

3.3.3. Rezultāti

Vecajās egles audzēs pirmā stāva koku vidējais caurmērs ($37 \pm 1,9$ cm) un augstums ($28 \pm 0,82$ m) bija statistiski būtiski lielāks, nekā pieaugušajā (attiecīgu $28 \pm 0,6$ cm un $27 \pm 0,46$ m). Pētījuma laikā konstatētas 28 sūnu, 108 lakstaugu un 28 krūmu sugas. Divas no konstatētajām lakstaugu sugām (*Platanthera bifolia* – smaržīgā naktsvijole, *Lycopodium annotinum* – gada staipeknis) iekļautas Latvijas Sarkanajā grāmatā komerciāli apdraudēto sugu kategorijā. Komerciāli apdraudēto sugu sarakstā iekļauj nepietiekami pētītas sugas, kurām, iespējams, draud iznīkšana, bet, tā kā nav pietiekamu zināšanu, nav iespējams precīzi novērtēt to stāvokli. Smaržīgā naktsvijole aug visā Eiropā, gan sausās, gan mitrās pļavās, gan arī skrajos mežos (Baroniņa et al., 2003). Šajā veģetācijas novērtēšanā smaržīgās naktsvijoles kopējais segums visos pieaugušo

mežaudžu parauglukumos bija 2%, bet vecajās audzēs 1%. Gada staipeknis aug skuju koku mežos, visbiežāk tieši egļu mežos un jauktos platlapju-skuju koku mežos. Plaši sastopams visā Eirāzijā (Baroniņa et al., 2003).

Apkopojot vidējo sugu skaitu parauglukumā, noskaidrots, ka visos veģetācijas stāvos pieaugušās audzēs vidējais konstatēto sugu skaits bija lielāks nekā vecajās audzēs. Sūnu stāvā pieaugušās audzēs vidējais sugu skaits parauglukumā bija $6,4 \pm 0,3$, bet vecajās audzēs nedaudz zemāks $6,0 \pm 0,6$, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Lakstaugu stāvā pieaugušās audzēs vidējais sugu skaits parauglukumā bija $12,4 \pm 1$, bet vecajās audzēs $11,7 \pm 1,2$, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Savukārt krūmu stāvā vidējais sugu skaits parauglukumā pieaugušajās audzēs bija statistiski būtiski lielāks ($3,6 \pm 0,3$) nekā vecajās audzēs ($2,9 \pm 0,4$) (3.17. attēls).



3.17. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) sugu skaits parauglukumā dažādos veģetācijas stāvos pieaugušās un vecās egles audzēs

Lai analizētu, kuri no mežaudzes faktoriem ietekmē veģetācijas sugu skaitu, izveidots modelis (*Fitting generalized linear mixed-effect model*). Veģetācijas sugu skaitu ietekmējošie faktori attēloti 1. tabulā. Vislielākā ietekme konstatēta egles īpatsvaram II stāvā, tam seko II stāva koku biežums un II stāva kokaudzes augstums. Tāpat sugu skaitu parauglukumā ietekmēja meža tips un bērza īpatsvars kokaudzes I stāvā. Neliela ietekme bija arī I stāva kokaudzes augstumam, priedes īpatsvaram I un II stāvā, parastās lazdas un ievas īpatsvaram II stāvā. Meža vecuma grupa neietekmēja sugu skaitu parauglukumā (3.9.tabula). Palielinoties egles īpatsvaram II stāvā un palielinoties biežumam otrā stāvā, samazinājās konstatēto sugu skaits. Tāpat arī pieaugot ievas īpatsvaram II stāvā, sugu skaits nedaudz samazinās. Turpretī palielinoties II un I stāva kokaudzes augstumam, un bērza īpatsvaram II stāvā, konstatēto sugu skaits palielinās. Arī palielinoties lazdas īpatsvaram II stāvā, sugu skaits nedaudz palielinās (3.10. tabula).

3.9. tabula

Modeļa dispersijas analīzes tabula sugu skaita atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

Explanatory variables	Chisq	Df	
Meža tips	17,6478	1	***
Vecuma grupa	1,6659	1	

Explanatory variables	Chisq	Df	
II st. kokaudzes augstums	22,1971	1	***
I st. kokaudzes augstums	9,7444	1	**
Egles īpatsvars II st.	39,2657	1	***
Priedes īpatsvars I st.	3,8777	1	*
Priedes īpatsvars II st.	4,5107	1	*
Bērza īpatsvars I st.	15,2537	1	***
Lazdas īpatsvars IIst.	4,3215	1	*
Ievas īpatsvars II st.	4,8741	1	*
Biezums II st.	39,2464	1	***
Meža tips*Vecuma grupa	0,6826	1	

3.10. tabula

Izveidotā modeļa koeficientu vērtības sugu skaita atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

Explanatory variables	Estimate	Std. Error	z value	
(Intercept)	1,733023	0,240328	7,211	***
Vr	0,427408	0,102357	4,176	***
Vecās audzes	-0,01347	0,081461	-0,165	
II st. kokaudzes augstums	0,031408	0,006667	4,711	***
I st. kokaudzes augstums	0,026032	0,008339	3,122	**
Egles īpatsvars II st.	-0,05742	0,009163	-6,266	***
Priedes īpatsvars I st.	-0,03153	0,016012	-1,969	*
Priedes īpatsvars II st.	-0,16828	0,079233	-2,124	*
Bērza īpatsvars I st.	0,074859	0,019167	3,906	***
Lazdas īpatsvars II st.	0,252341	0,121387	2,079	*
Ievas īpatsvars II st.	-0,11562	0,052371	-2,208	*
Biezums II st.	-0,00088	0,000141	-6,265	***
Vr*Vecās audzes	-0,08382	0,101454	-0,826	

Meža tipa ietekmes būtiskums ir likumsakarīgs, ņemot vērā, ka tipoloģijā kā indikators lielā mērā tiek izmantota tieši veģetācija. Citu autoru darbos noskaidrots, ka valdošajai koku sugai ir būtiska ietekme uz sugu skaitu zemsedzē. Analizējot skuju koku audzes, lielāks sugu skaits novērots to skuju koku mežaudzēs, kur koku vainagiem ir lielāka gaismas caurlaidība (Peterson et al., 2019). Sakarību var attiecināt arī uz audzes kopējo vainagu saslēgšanos: situācijās, kur līdz augsnes virsmai nonāk vairāk gaismas, zemsedzes veģetācijā konstatēts lielāks sugu skaits (Dormann et al., 2020).

Apkopojot informāciju par visbiežāk konstatētajām sugām, noskaidrots, ka sūnu stāvā pieaugušās audzēs visbiežāk konstatētā suga bija spīdīgā stāvaine *Hylocomium splendens*, otra visbiežāk konstatētā bija Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi*, bet trešā visbiežāk konstatētā bija

viļņainā divzobe *Dicranum polysetum*. Vecajās audzēs visbiežāk konstatēto sugu saraksts sakrīt ar pieaugušās audzēs rakturoto.

Lakstaugu stāvā pieaugušajās audzēs visbiežāk konstatētā suga bija parastā mellene *Vaccinium myrtillus*, otra visbiežāk konstatētā bija meža zaķskābene *Oxalis acetosella* un trešā visbiežāk konstatētā suga bija divlapu žagatiņa *Maianthemum bifolium*. Vecajās audzēs visbiežāk konstatētā suga bija divlapu žagatiņa, nākamās visbiežāk konstatētās bija meža zaķskābene un parastā mellene.

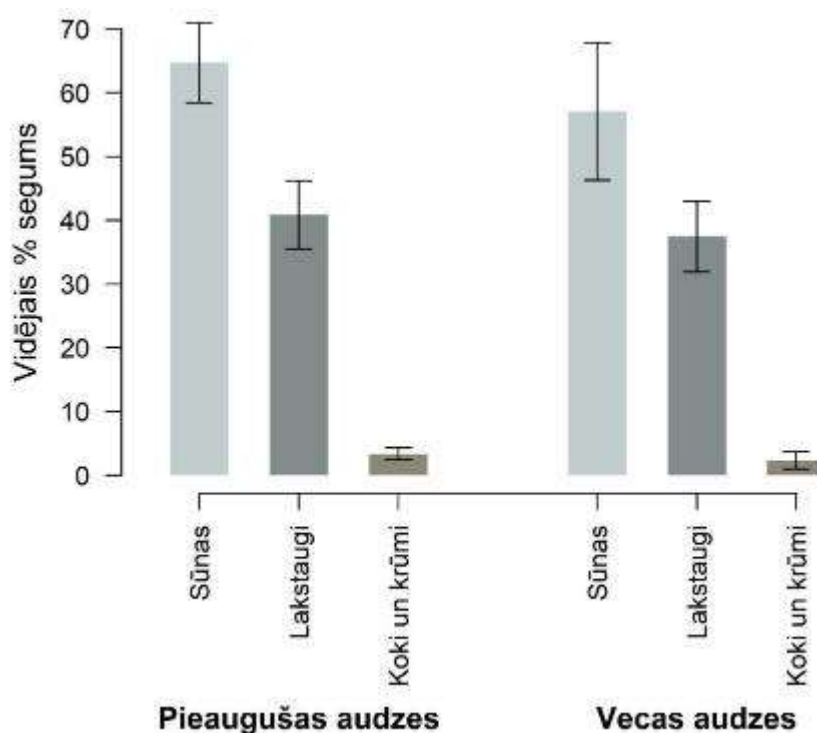
Koku un krūmu stāvā pieaugušās audzēs visbiežāk konstatētā suga bija parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia*, otra visbiežāk konstatētā suga bija parastā egle *Picea abies*, bet trešā visbiežāk konstatētā bija avene *Rubus ideus*. Arī vecajās audzēs divas visbiežāk konstatētās sugas bija parastais pīlādzis un parastā egle, bet trešā visbiežāk konstatētā suga bija parastā lazda *Corylus avellana*.

Līdzīgi kā sugu skaits, arī lielāks to procentuālais segums novērots pieaugušajās audzēs. Vidējais procentuālais segums parauglaukumā sūnām pieaugušās audzes bija $64,7 \pm 6,29\%$, bet vecajās audzēs $57,0 \pm 10,7\%$, atšķirības nav statistiski būtiskas. Vidējais procentuālais segums lakstaugu stāvā pieaugušajām audzēm bija $40,9 \pm 5,4\%$, bet vecajās audzēs $37,5 \pm 5,6\%$, atšķirības nav statistiski būtiskas. Savukārt vidējais procentuālais krūmu segums parauglaukumā pieaugušās audzēs bija $3,4 \pm 0,9\%$, bet vecajās $2,3 \pm 1,3\%$, atšķirības nav statistiski būtiskas (3.18. attēls).

Lielākais kopējais procentuālais segums sūnu stāvā pieaugušās audzēs konstatēts spīdīgajai stāvainei, Šrēbere rūšainei un lielajai spurainei *Rhytidiadelphus triquetrus*. Vecajās audzēs tāpat kā pieaugušajās audzēs lielāko procentuālo segumu aizņēma spīdīgā stāvaine un Šrēbera rūšaine, bet trešā sūnu suga ar lielāko procentuālo segumu bija platlapju knābīte *Eurinchium angustirete*.

Lielākais kopējais procentuālais segums lakstaugu stāvā pieaugušajās audzēs bija parastajai mellenei, niedru ciesai *Calamagrostis arundinacea*, un meža zaķskābenei. Arī vecajās audzēs suga ar lielāko procentuālo segumu bija mellene, otrs lielākais procentuālais segums bija meža zaķskābenei, bet trešais niedru ciesai.

Lielākais kopējais procentuālais segums koku un krūmu stāvā pieaugušās audzēs bija parastajai eglei, parastajam pīlādzim un avenei, bet vecajās audzēs parastajai lazda, parastajai eglei un parastajam pīlādzim.



3.18. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) procentuālais segums parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos pieaugušās un vecās egles audzēs

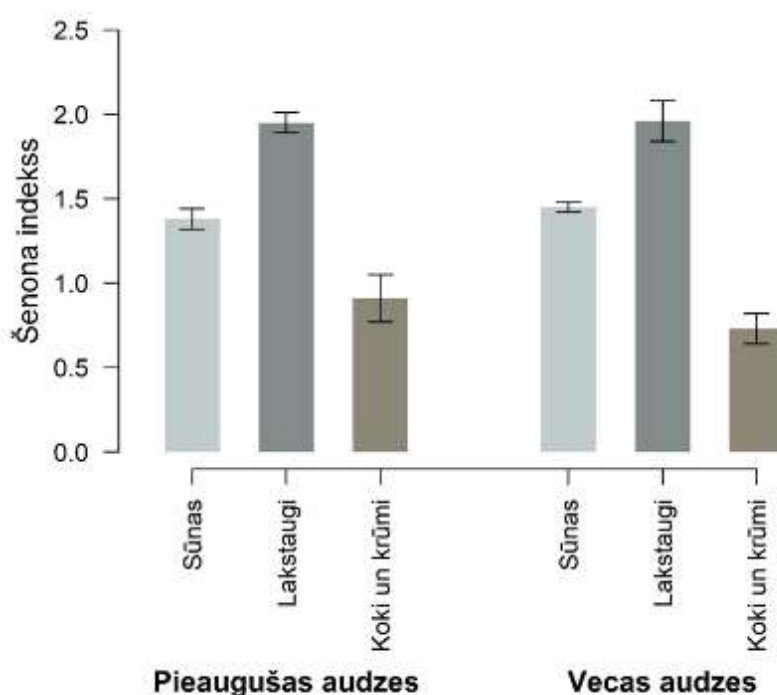
Citu autoru darbos secināts, ka veģetācijas procentuālais segums korelē ar sugu skaitu parauglaukumā. Tomēr apskatot šo saistību kombinētā modelī, sugu segums izskaidroja tikai nelielu daļu no mainības, bet galvenais sugu skaitu ietekmējošais faktors bija vainaga segums, kas nodrošina dažādu ieplūstošās gaismas daudzumu zemsedzē (Dormann et al., 2020).

Vēl viens no potenciālajiem faktoriem, kas varētu ietekmēt ieplūstošās gaismas daudzumu zemsedzē ir meža paauga. Vidējais parauglaukuma paaugas kopējais garums pieaugušās un vecās audzēs bija līdzīgs: attiecīgi $1,48 \pm 0,17$ m un $1,46 \pm 0,34$ m, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Vidējais paaugā konstatēto krūmu skaits bija statistiski būtiski lielāks pieaugušajās audzēs (vidēji $2 \pm 0,2$ indivīdi) nekā vecajās audzēs (vidēji $1,5 \pm 0,2$ indivīdi). Tomēr vecajās audzēs paaugā konstatētajām sugām bija statistiski būtiski lielāks vidējais diametrs ($0,58 \pm 0,08$ cm), salīdzinot ar pieaugušajām audzēm ($0,35 \pm 0,03$ cm). Apkopojot iepriekš minētos rādītājus, var secināt, ka pieaugušās audzēs paaugā konstatēts lielāks skaits indivīdu, un to diametrs ir mazāks nekā vecajās audzēs, bet to augstums abos audžu veidos bija līdzīgs.

Tā kā lielā daļā paaugas parauglaukumu konstatēta egle, tad izvēlēts sīkāk analizēt tieši šo paaugas sugu, jo tā ir koka suga, kas ne vien veido daudz nobiru, bet arī ierobežo gaismas piekļuvi tiem augiem, kas aug zem egles vainaga. Vidējais kopējais augstums parauglaukumā eglei pieaugušās audzēs bija $1,3 \pm 0,28$ m, bet vecajās audzēs $1,29 \pm 0,6$ m, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Lielāks vidējais konstatēto indivīdu skaits parauglaukumā konstatēts pieaugušās audzēs ($2,07 \pm 0,4$), vecajās audzēs tas bija $1,7 \pm 0,7$, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Statistiski būtiski lielāks vidējais diametrs parauglaukumā konstatēts vecajās audzēs ($0,59 \pm 0,23$ cm), salīdzinot ar pieaugušajām audzēm ($0,30 \pm 0,05$ cm). Viens no iemesliem, kas veicina garāku virszemes daļu veidošanu, ir pirmā stāva koku vainagu saslēgšanās. Tā rezultātā samazinās gaismas ieplūde, un augiem izteiktāk novērojama apikālā augšana, tādējādi tie veido garākas virszemes daļas (Cline 1991). Tomēr egle uzskatāma par ēncietīgu sugu, tādēļ gaismas daudzums nav uzskatāms par primāro faktoru, kas ietekmē to augšanu. Tā kā paaugas vidējā kopējā augstumā netika konstatētas atšķirības, tas varētu norādīt uz to, ka gaismas apstākļi abās audžu grupās bijuši līdzīgi. Analizējot eglu paaugas vidējā kopējā augstuma atšķirības, noskaidrots, ka izskaidrojošais faktors varētu būt paaugas vecums, jo pieaugušās audzēs vidējais eglu paaugas vecums bija $5,6 \pm 0,8$ gadi, bet vecajās

audzēs $12 \pm 2,6$ gadi. Tādējādi vecajās audzēs paaugai bijis ilgāks laiks, lai veidotu lielākas dimensijas nekā pieaugušajās audzēs.

Lai noskaidrotu sugu dalījumu parauglaukumā, aprēķināts Šenona-Vīnera indekss. Noskaidrots, ka vecajās audzēs šie rādītāji sūnām un lakstaugiem ir nedaudz lielāki par pieaugušajām audzēm (3.19. attēls). Vidējais Šenona-Vīnera indekss sūnām pieaugušajās audzēs bija $1,38 \pm 0,06$, bet vecajās audzēs $1,45 \pm 0,03$, norādot, ka vecajās audzēs sūnu sugu sadalījums ir nedaudz vienmērīgāks nekā pieaugušajās audzēs, bet atšķirības nebija statistiski būtiskas. Lakstaugiem pieaugušajās audzēs vidējā Šenona-Vīnera indeksa vērtība bija $1,95 \pm 0,1$, bet vecajās audzēs $1,96 \pm 0,1$, kas norāda, ka lakstaugu sugu sadalījums vecajās un pieaugušajās audzēs ir bijis vienlīdz vienmērīgs, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Savukārt koku un krūmu stāvā pieaugušajās audzēs vidējā Šenona-Vīnera indeksa vērtība bija statistiski būtiski lielāka ($0,91 \pm 0,09$), bet vecajās audzēs tā bija $0,73 \pm 0,14$, no kā var secināt, ka pieaugušajās audzēs krūmu stāva sugu sadalījums ir bijis vienmērīgāks nekā vecajās audzēs.



3.19. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) Šenona-Vīnera indekss parauglaukumā dažādos veģetācijas stāvos pieaugušās un vecās egļu audzēs

Lai analizētu, kuri no mežaudzes parametriem ietekmē Šenona-Vīnera indeksu, izveidots modelis (*Fit linear mixed effect model*). Noskaidrots, ka vislielākā ietekme bija egles īpatsvaram II stāvā. Tam seko I stāva kokaudzes augstums un II stāva kokaudzes šķērslaukums. Tāpat Šenona-Vīnera indeksu būtiski ietekmēja II stāva kokaudzes augstums un bērzu īpatsvars I kokaudzes stāvā, kā arī meža tips. Mežaudzes vecuma grupai nebija būtiskas ietekmes (3.11. tabula). Pieaugot bērza īpatsvaram I stāvā un palielinoties I un II stāva kokaudzes augstumam, Šenona-Vīnera indekss palielinājās. Pieaugot egles īpatsvaram un II stāva šķērslaukumam, Šenona-Vīnera indekss samazinājās (3.12. tabula).

Modeļa dispersijas analīzes tabula Šenona-Vīnera indeksa atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

Explanatory variables	Chisq	Df	
Meža tips	10,4516	1	**
Vecuma grupa	0,4776	1	
I st. kokaudzes augstums	19,4945	1	***
Egles īpatsvars II st.	29,4945	1	***
Priedes īpatsvars I st.	2,9782	1	.
II st. kokaudzes augstums	16,661	1	***
Bērza īpatsvars I st.	11,7245	1	***
II st. šķērslaukums	16,8945	1	***
Meža tips *Vecuma grupa	0,0073	1	

*- ietekme būtiska pie $\alpha=0,05$; ** - ietekme būtiska pie $\alpha=0,01$; ***- - ietekme būtiska pie $\alpha=0,001$

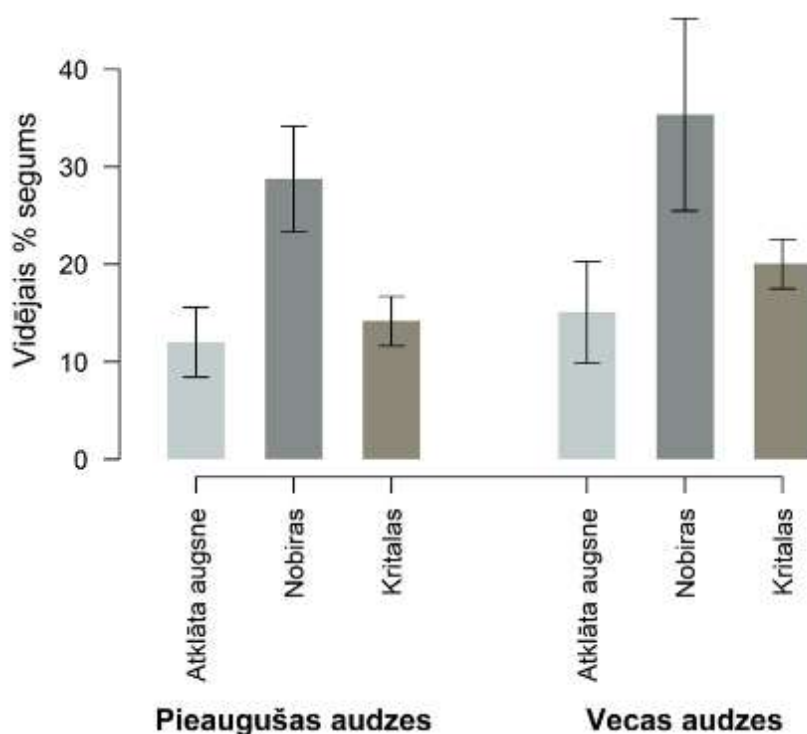
Izveidotā modeļa koeficientu vērtības Šenona-Vīnera indeksa atkarībai no mežaudzes mainīgajiem

Explanatory variables	Estimate	Std. Error	df	t value	
(Intercept)	0,53657	0,33689	207,2569	1,593	
Vr	0,39378	0,13494	70,44114	2,918	**
Vecās audzes	-0,05965	0,11482	207,0528	-0,52	
I st. kokaudzes augstums	0,05228	0,01184	206,3249	4,415	***
Egles īpatsvars II st.	-0,07662	0,01411	197,9332	-5,431	***
Priedes īpatsvars I st.	-0,03857	0,02235	203,8854	-1,726	,
II st. kokaudzes augstums	0,0428	0,01049	197,7307	4,082	***
Bērza īpatsvars I st.	0,10135	0,0296	204,2681	3,424	***
II st. šķērslaukums	-0,0633	0,0154	203,1358	-4,11	***
Vr:Vecās audzes	0,01252	0,14617	207,2603	0,086	

*- ietekme būtiska pie $\alpha=0,05$; ** - ietekme būtiska pie $\alpha=0,01$; ***- - ietekme būtiska pie $\alpha=0,001$

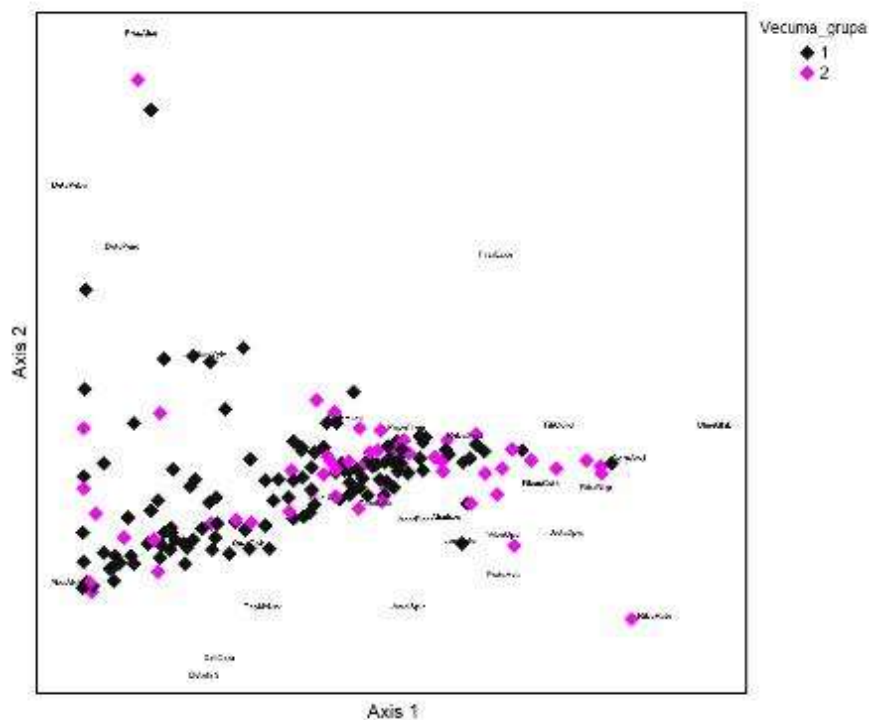
Analizētie parauglaukumi bieži vien nesastāvēja tikai no trim veģētācijas stāviem, bet arī no atklātas augsnes, nobirām un kritālām. Aplūkojot vidējos procentuālos segumus, secināts, ka augstāki rādītāji biežāk novēroti tieši vecajās audzēs. Atklātas augsnes vidējais procentuālais segums pieaugušajās audzēs bija $12 \pm 3,56\%$, bet vecajās $15 \pm 5,23\%$, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Pētījuma laikā konstatētā atklāta augsne visbiežāk bija saistāma ar dzīvnieku darbības pēdām. Nobiru vidējais procentuālais segums pieaugušajās audzēs bija $28,8 \pm 5,45\%$, bet vecajās audzēs $35,3 \pm 9,86\%$, atšķirības nebija statistiski būtiskas. Iespējams, ka lielāks nobiru procentuālais segums vecajās audzēs skaidrojams ar lielāku lapu koku piemistrojumu. Meža sukcesijas gaitā izgāžoties kādai no eglēm, rodas brīva niša pioniersugām (lapu kokiem), kurām

veiksmīgi ieviešoties, palielinās nobiru segums audzē. Savukārt kritalu vidējais aizņemtais procentuālais segums pieaugušās audzēs bija statistiski būtiski mazāks ($14,2 \pm 2,54\%$) nekā vecajās audzēs $20 \pm 2,56\%$ (3.20. attēls).



3.20. attēls. Vidējais ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) atklātas augsnes, nobiru un kritalu segums parauglaukumā pieaugušās un vecās egles audzēs

Lai analizētu veģetācijas datu saistību ar dažādiem mežaudzes parametriem, izveidota DCA ordinācija. Izveidotajās ordinācijās noskaidrots, ka ne sūnu procentuālajam segumam (3.21. attēls), ne Šenona-Vīnera indeksam nebija būtiskas atšķirības starp abām audžu vecuma grupām. Tādi paši rezultāti iegūti arī lakstaugu stāva (3.22. attēls) un koku un krūmu stāva (3.23. attēls) analīzē.



3.23. attēls. Koku un krūmu sugu procentuālā seguma ordinācija pieaugušās un vecās egles audzēs. 1- pieaugušās egles audzes, 2 – vecas egles audzes

Tā kā DCA ordinācijā nav redzama izteikta grupēšanās, var secināt, ka šajā gadījumā mežaudzes vecums nav būtisks ietekmējošais faktors veģetācijas sastāva veidošanā pētījuma parauglaukumos, jo veģetācijas sastāvs tajās ir līdzīgs.

Secinājumi

1. Šenona-Vīnera indeksu būtiski ietekmē audzes II stāva šķērslaukums, bērza īpatsvars I stāvā, I un II stāva kokaudzes augstums, egles īpatsvars II stāvā un meža tips, bet ne audzes vecums.
2. Zemsedzes sugu skaitu būtiski ietekmē bērza īpatsvars audzes I stāvā, I un II stāva kokaudzes augstums, egles īpatsvars II stāvā, meža tips, priedes īpatsvars I un II stāvā, lazdas un ievas īpatsvars II stāvā, kā arī audzes biežums, bet ne audzes vecums.
3. Statistiski būtiskos mežaudzes rādītājus iespējams izmantot, lai sekmīgāk integrētu bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgus elementus saimnieciskajos mežos, radot ieguvumu gan bioloģiskajai daudzveidībai, gan bioekonomikai.
4. Šajā pētījuma etapā analizētas egles audzes. Rezultātus var būtiski ietekmēt valdošā koku suga, tādēļ būtiski nākamajos etapos analizēt citu valdošo sugu audzes. Tāpat būtiski rezultātus publicēt, iegūstot references turpmākai rīcībpolitiku un mežsaimniecības prakses izstrādei.

Nodrošināta dalība publikācijas sagatavošanā par pētījuma sadaļas tēmu – vecajiem mežiem: Sabatini, F.M., Bluhm, H., Kun, Z., Aksenov, A., Aauri, J.A., Buchwald, E., Burrascano, S., Cateau E., Diku A., Duarte I.M., López, Á.B.F., Garbarino M., Grigoriadis N., Horváth F., Keren,

Literatūra

1. Barbier S., Gosselin F., Balandier P. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*. 254: 1-15.
2. Baroniņa V., Cepurīte B., Cinovskis R., Eglīte Z., Fatare I., Gavrilova G., Kabucis I., Rēriha I., Šmite D., Šulcs V., Tabaka L. Latvijas Sarkanā grāmata. Vaskulārie augi, 3.sēj. Rīga, 2003.
3. Cline, M.G. 1991. Apical dominance. *Bot. Rev.* 57: 318-358.
4. Dormann C.F., Bagnara M., Boch S., Hinderling J., Janeiro-Otero A., Schafer D., Schall P., Hartig F. 2020. *BMC Ecol.* 20(1): 1-9.
5. 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.
6. Felton, A., Lindbladh, M., Brunet, J., Fritz, Ö., 2010. Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *For. Ecol. Manage.* 260, 939–947
7. Gustafsson L., Hallingbäck T. 1988. Bryophyte flora and vegetation of managed and virgin coniferous forests in South-West Sweden. *Biological Conservation*. 44(4): 283 – 300.
8. Jessen Graae B., [Heskjær](#) V.S. 1997. A comparison of understory vegetation between untouched and managed deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*. 96(1-2): 111 – 123.
9. Kārklīņa A., Brūmelis G., Dauškane I., Elferts D., Freimane L., Kitenberga M., Lībiete Z., Matisons R., Jansons Ā. (2020). Effect of salvage-logging on post-fire tree establishment and ground cover vegetation in semi-natural hemiboreal forests. *Silva Fennica* vol. 54 no. 5 article id 10334. <https://doi.org/10.14214/sf.10334>
10. Kelmen K., Mihók B., Gálhidy L., Standovár T. 2012. Dynamic response of herbaceous vegetation to gap opening in a Central European Beech stand. *Silva Fennica*. 46(1): 53 – 65.
11. Kussipalo J. 1985. An ecological study of upland forest site classification in southern Finland. Helsinki.
12. Petersson L., Holmstrom E., Lindbladh M., Felton A. 2019. Tree species impact on understory vegetation: Vascular plant communities of Scots pine and Norway spruce managed stands in northern Europe. *Forest Ecology and Management*. 448:330-345.
13. R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. Accessed 22.10.2017.
14. Storch I. 1993. Habitat selection by capercaillie in summer and autumn – Is bilberry important. *Oecologia*. 95: 257 – 265.
15. Szujceki A. 2012. Ecology of forest insects. Springer, Netherlands.
16. Tonteri T. 1994. Species richness of boreal understory forest vegetation in relation to site type and successional factors. – *Annales Zoologici Fennici*, 31:53 – 60.

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

Nodaļa attiecas uz 4.1.1., 4.1.2. un 4.1.3. darba uzdevumu..

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; Martinez de Aragon et al. 2011; Sisak et al. 2016; Grivins and Tisenkopfs 2018).

Latvijā nekoksnes resursiem vēsturiski ir bijusi un joprojām ir būtiska sociālekonomiskā loma un arī rekreācijas nozīme. Pēc jaunākajiem datiem (Lovrića et. al 2020), Latvijā ar ogošanu, sēņošanu, ārstniecības augu, dekoratīvo materiālu vākšanu jeb nekoksnes produktu vākšanu nodarbojas vairāk nekā 60 % mājsaimniecību. Autors, apkopojot informāciju par Eiropas valstīm, secina, ka Latvijā ir viens no augstākajiem radītājiem starp Eiropas mājsaimniecībām nekoksnes produktu izmantošanas ziņā, turklāt 27,8% mājsaimniecību nekoksnes resursus izmanto ne tikai pašpatēriņam, bet arī pārdod. Ogu un citu nekoksnes resursu izmantošana un pārdošana veicina papildus ienākumus daudzām mājsaimniecībām tieši lauku apvidos. LVMI Silava pētījumi rāda, ka 2019. gadā 88% no pieaugušajiem iedzīvotājiem pēdējā gada laikā ir ieguvuši kaut vienu no meža nekoksnes produktiem, bet ~9% tas ir bijis arī ienākumu avots (Donis, 2020).

Ogulāji nodrošina daudzveidīgus meža ekosistēmu pakalpojumus: gan savvaļas ogas, gan nektāraugu un ārstniecības augu resursus. Tā kā brūklenes un mellenes ir visbiežāk lasītās ogas Ziemeļeiropā, tieši to resursiem pievēršama vislielākā uzmanība, lai noskaidrotu, kādi ir ikgadējie ražas apjomi. Piemēram, M. Vaara et al. (2013) raksta, ka 2011. gadā Somijā 54% no mājsaimniecībām nodarbojās ar ogu lasīšanu, salasot kopsummā 34,9 miljonus kg ogu - 14,3 miljonus kg melleņu un 16,1 miljonus kg brūkleņu. M. Turtiainen et al. (2011) apkopotā informācijā par Somijas ogu ražu laika periodā no 1997. līdz 2008. gadam liecina, ka kopējā melleņu raža ik gadu variēja no 92 līdz 312 miljoniem kg, bet brūkleņu raža - no 129 līdz 386 miljoniem kg. Rezultāti liecina, ka ikgadējie iegūstamie ogu apjomi ir ļoti atkarīgi no ogu bioloģiskās ražas svārstībām, ko ietekmē ikgadējie klimatiskie faktori.

Lai prognozētu ogu ražu, Ziemeļvalstīs, precīzāk, Somijā un Zviedrijā, ir izstrādāti modeļi brūkleņu un melleņu ogu ražas novērtēšanai. Piemēram, M. Ihalainen et.al (2002) melleņu un brūkleņu ražas prognozēšanai izmantoja regresijas analīzi, kuras rezultātā iegūtās funkcijas neprognozē kvantitatīvu ogu ražu (kg/ha), bet gan piedāvā relatīvās, nevis absolūtās vērtības melleņu un brūkleņu ražībai. Šajā modelī, tāpat kā vairumā citu izveidoto modeļu, tika 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 slapjajņu 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.

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. Novērtēts, ka 1954. gadā, kad esot bijusi maza melleņu raža, maksimālās ražas vērtības sasniedza 200 – 400 kg ha⁻¹. Savukārt maksimālā brūkleņu raža, pēc 1953. un 1954. gada datiem, bija 430 – 450 kg ha⁻¹ (Pētersons 1961)

Pieaugošā interese par nekoksnes produktu izmantošanu un mežsaimniecības daudzveidīgajiem mērķiem aktualizē nepieciešamību Latvijā veikt pētījumus par ogulāju sastopamību, projektīvo segumu un ogulāju ražību dažādos meža tipos, kā arī par 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, konstatēts, ka *Vaccinium* ģints sīkrūmiem pirmajos gados gadus pēc saimnieciskās darbības biomasa samazinās, salīdzinot ar gadu pirms mežizstrādes, bet septiņu gadu laikā atgriežas sākotnējā līmenī (Palviainen et al. 2005).

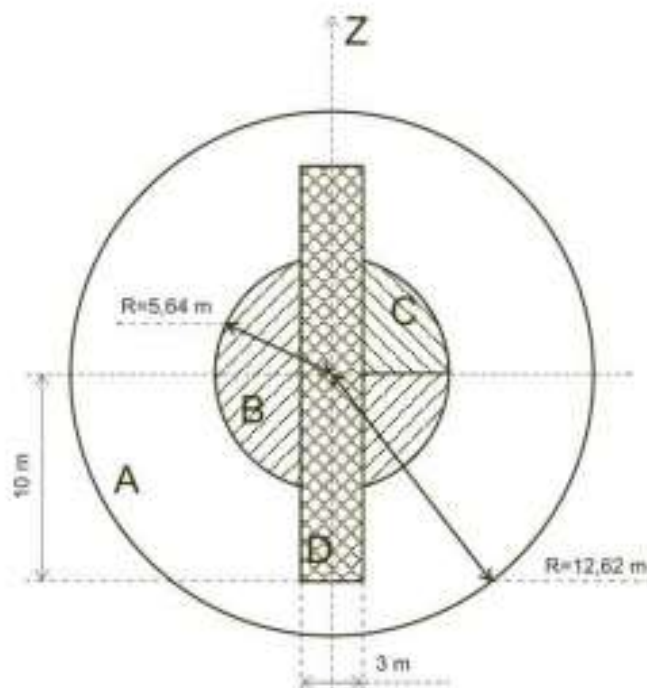
Ne mazāk plaši izplatīta un nozīmīga ir arī sēņošana, gan kā atpūta, gan meža produktu ieguves process (Heilmann-Clausen et al. 2015). Ar sēņošanu pēdējā laikā saistītas gan specifiskas organizētās atpūtas aktivitātes (tā sauktais mikotūrisms, skat., piem., Büntgen et al. 2017), gan arī ekonomiski ieguvumi 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). Sistemātiski novērojumi dažādos meža tipos var sniegt būtisku ieguldījumu sēņu ražu prognozēšanas modeļu izstrādē.

4.1.1. Ogulāju projektīvā seguma novērtējums MSI parauglaukumos

4.1.1.1. Materiāls un metodika

Lai iegūtu reprezentatīvu informāciju par nekoksnes resursiem Latvijā - ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamību un segumu dažādos meža tipos, kā arī prognozētu iespējamo potenciālo ražu dažādos meža tipos Latvijā, pastāvīgajos Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumos kopš 2008. gada sistemātiski tiek ievākti dati un apkopota informācija par nekoksnes resursiem.

MSI parauglaukuma C uzskaites laukumā (ja vien tas netiek dalīts sektoros), ierīkots viens 9 m² liels kvadrātveida (3x3 m) uzskaites laukums, kur veikts ogulāju novērtējums (4.1 attēls).



**4.1. attēls. MSI parauglaukumu shēma. A – 500 m² parauglaukums, B – 100 m² parauglaukums, C – 25 m² parauglaukums, D – pameža un paaugas uzskaites laukums.
Avots: MSI metodika, 2004**

Katrā no MSI parauglaukumiem novērtēts sekojošu nekoksnes resursu projektīvais segums:

- brūklenes (*Vaccinium vitis-idaea*),
- mellenes (*Vaccinium myrtillus*),
- zilenes (*Vaccinium uliginosum*)
- dzērvenes (*Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*),
- miltenes (*Arctostaphylos uva-ursi*),
- lācenes (*Rubus chamaemorus*),
- meža avenes (*Rubus idaeus*),
- klinšu kaulenes (*Rubus saxatilis*),
- kazenes (*Rubus caesius*),
- melnās cūcenes (*Rubus nessensis*), krokainās cūcenes (*Rubus plicatus*), smaržīgās avenes (*Rubus odoratus*),
- meža zemenes (*Fragaria vesca*), spradzenes (*Fragaria viridis*),
- melnās vistenes (*Empetrum nigrum*),
- virši (*Calluna vulgaris*),
- ķērpji (*Cladina* sp., *Cetraria* sp.).

Uzskaitē minētās sugas/sugu grupas projektīvais segums novērtēts 12 klasēs:

Segums	Klase	Segums	Klase
0%	nav	46-55%	7
<5%	1	56-65%	8

5-15%	2	66-75%	9
16-25%	3	76-85%	10
26-35%	4	86-95%	11
36-45%	5	>95%	12
46-55%	6		

Savukārt, ja suga ir sastopama uzskaites laukumā, bet augs nav bijis lapotā stāvoklī (novērtēts pavasarī vai rudenī), tad auga projektīvais segums netika vērtēts. Tāpēc avenū, lāceņu, zemeņu, kazeņu, cūceņu un kaulēņu projektīvais segums novērtēts tikai lapotā stāvoklī.

Vidējais augstums novērtēts kā projektīvā seguma modālais (biežāk sastopamais) augstums. Uz ciņiem augošu ogulāju gadījumā augstums noteikts no ciņa virsotnes. Augstums noteikts ar 0.05 m precizitāti.

Ogulājiem, tos uzmērot, atkarībā no sezonas, piefiksēta informācija par ziediem, "ogām" un to, vai ir bijušas "ogas". Precizējot, iepriekš minētajiem augiem augļi ir gan ogas (mellenēm, zilenēm, brūklenēm, dzērvenēm, miltenēm), gan kaulēņi (vistenēm), gan kaulēņu kopaugļi (avenēm, kaulenēm, kazenēm, cūcenēm), gan sulīgie riekstiņu kopaugļi (zemenēm, spradzenēm), savukārt viršiem - augļi ir pogaļas. "Ogu" vai to pazīmju esamība kodēta grupās:

1 – ir ziedi (ziedi vai ziedaizmetņi);

2 - ir ogas (ir ogas vai ir redzams, ka bijušas ogas šajā sezonā);

3 - nav ogu (nav nedz ziedaizmetņu, nedz ziedu, nedz ogu un nav pazīmju, kas liecinātu, ka ogas šajā sezonā ir bijušas);

99 - nav vērtēts (sezonas sākumā pirms ziedaizmetņu veidošanās vai sezonas beigās, kad nobirušas lapas).

Visām sugām novērtē kopējo projektīvo segumu, bet produktivitāti novērtē visiem nekoksnes resursiem, izņemot viršus. Datu analīzē par ogulāju ziedēšanu vai ogām iekļauti dati, kuros ir vērtēts šis parametrs. MSI laukumos, kur uzmērīšana nav notikusi veģetācijas sezonas laikā, dati ir reprezentatīvi, sniedzot tikai informāciju par konkrētās sugas sastopamību noteiktā meža tipā.

4.1.1.2. Rezultāti

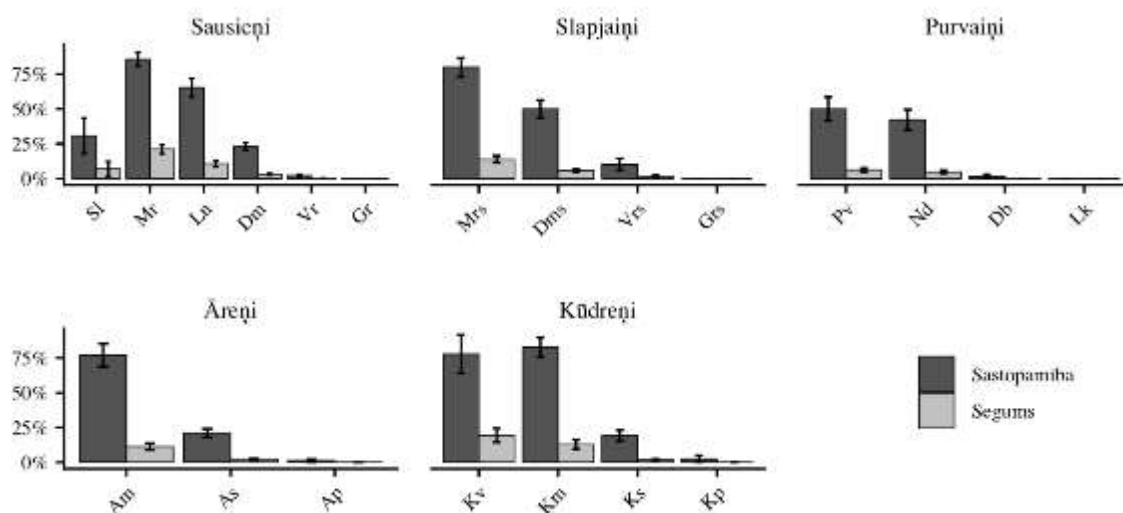
Ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamības novērtēšanai izmantoti 2020. gada dati no 1504 MSI parauglaukumiem, kas pēc zemes lietošanas kategorijas atbilst mežam, izcirtumam, vējgāzei vai mežam lauksaminiecības zemēs. Visbiežāk konstatētie ogulāji MSI uzskaites laukumos ir mellenāji – sastopami gandrīz 1/3 (31%) no apsekotajiem MSI uzskaites laukumiem, brūklenāji gandrīz 1/4 (24%) no 2020. gadā apsekotajiem laukumiem, bet meža avenes sastopamas 19% parauglaukumu. Savukārt miltenes 2020. gada apsekotajos laukumos netika konstatētas. Maza sastopamība novērota arī cūcenei, lācenei, kazenei un vistenei.

Viena gada rezultātos apkopotā informācija par nekoksnes resursiem MSI uzskaites laukumos nesniedz pilnīgu ieskatu par visiem meža tipiem, jo, piemēram, Vr ierīkoti 335 jeb 1/5 daļā no visiem uzskaites laukumiem, bet Lk tikai trīs parauglaukumi. (4.1. tabula). Uzskaites laukumu sadalījums ir proporcionāls meža tipu sadalījumam Latvijā, līdz ar to, ik gadu iegūtie rezultāti par katru no meža tipiem atspoguļo katras sugas tendences noteiktā meža tipā, ne absolūtās skaitliskās vērtības.

Parauglaukumu skaits pa meža tiptiem un ogulāju sastopamība (procentuālais parauglaukumu skaits meža tipa ietvaros, kurā konstatēta attiecīgā grupa)

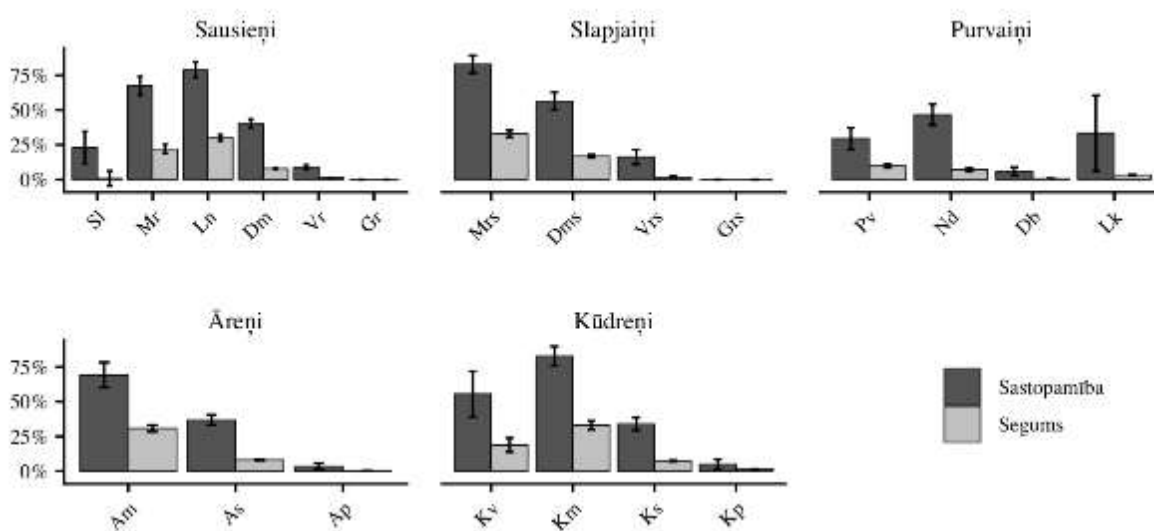
Meža tips	MSI nekoksnes produkti														PL skaits
	Brūklene	Mellene	Avene	Zilene	Lācene	Dzērvene	Vistene	Miltene	Zemene	Kaulene	Kazene	Cūcene	Virši	Ķērpji	
Sl	30,77	23,08	0	0	0	0	7,69	0	0	0	0	0	46,15	53,85	13
Mr	85,71	67,35	0	0	0	0	2,04	0	0	0	0	0	44,9	30,61	49
Ln	65,38	78,85	7,69	3,85	0	0	1,92	0	5,77	1,92	0	0	13,46	0	52
Dm	22,95	40,16	27,05	0	0	0	0	0	14,75	3,69	0,41	0	2,87	0	244
Vr	2,09	8,96	23,88	0	0	0	0	0	13,13	3,58	0,30	0	0	0	335
Gr	0	0	17,07	0	0	0	0	0	7,32	0	0	0	0	0	41
Mrs	80	82,86	2,86	34,29	0	2,86	0	0	0	2,86	0	0	31,43	0	35
Dms	50	56,45	9,68	0	0	1,61	0	0	4,84	6,45	0	0	0	0	62
Vrs	10,2	16,33	12,24	0	0	0	0	0	4,08	4,08	4,08	0	0	0	49
Grs	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Pv	50	29,41	2,94	26,47	8,82	50	8,82	0	0	0	0	0	20,59	2,94	34
Nd	42,22	46,67	8,89	11,11	4,44	13,33	2,22	0	0	11,11	0	0	11,11	0	45
Db	1,47	5,88	17,65	0	0	0	0	0	0	7,35	0	0	0	0	68
Lk	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Am	76,92	69,23	7,69	11,54	0	0	0	0	0	3,85	0	0	15,38	0	26
As	21,05	36,84	21,05	0,58	0	0	0	0	4,68	4,09	0	0	0,58	0	171
Ap	1,22	3,66	20,73	0	0	0	0	0	4,88	3,66	2,44	0	0	0	82
Kv	77,78	55,56	0	22,22	0	11,11	11,11	0	0	0	0	0	22,22	0	9
Km	82,76	82,76	0	24,14	0	6,90	0	0	0	0	0	0	3,45	3,45	29
Ks	19,27	33,94	26,61	1,83	0	0	0	0	3,67	9,17	0,92	0	0	0,92	109
Ķp	2,5	5	42,5	0	0	0	0	0	10	7,50	2,5	2,5	0	0	40
KOPĀ	23,54	30,92	19,28	2,86	0,33	1,86	0,53	0	7,38	4,19	0,53	0,07	4,85	1,66	1504

Brūklenes un mellenes sastopamība lielā mērā saistīta ar sugas ekoloģiju. Brūklenes biežāk sastopamas nabadzīgākajos augšanas apstākļos, bet mellenes - auglīgākajos. Pašreiz pieejamie dati par potenciālo brūkleņu sastopamību dažādos meža tipos no 2020. gada sezonas apstiprina sakarību – Mr, Mrs, Am, Kv un Km vērojama vislielākā šīs sugas sastopamība (>70%) kā arī augstākās projektīvā seguma vērtības (4.2 attēls).



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

Dati par mellenes sastopamību dažādos meža tipos 2020. gada sezonā norāda, ka mellenes visbiežāk konstatētas Ln, Mrs, Am un Km kur sastopamas vairāk par 70% un šajos meža tipos novērotas arī augstākās projektīvā seguma vērtības (4.3 attēls).

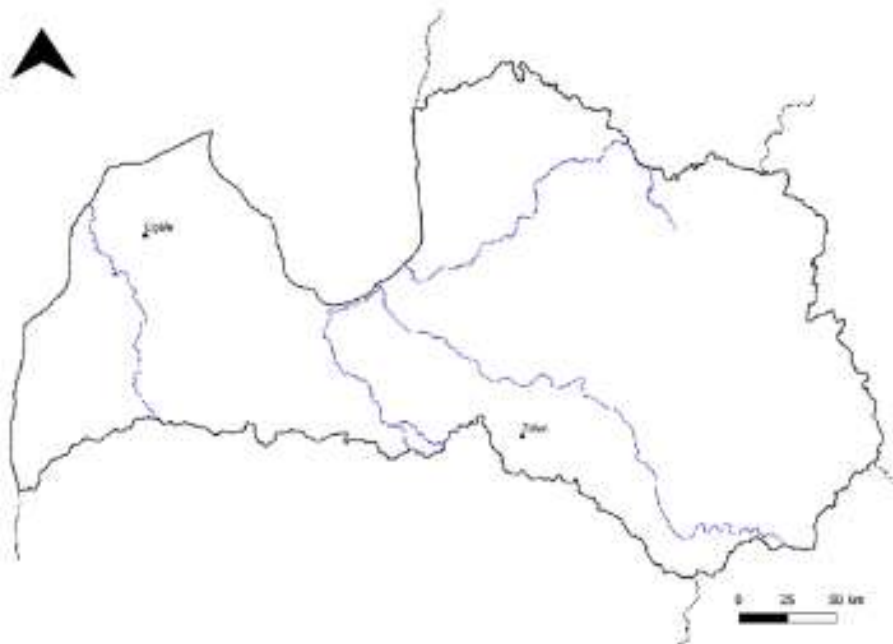


4. 3. attēls. Mellenes sastopamība un projektīvais segums (%) ± standartklūda dažādos meža tipos

4.1.2. Meža ogu bioloģiskās ražas novērtējums ar transektu metodi testa teritorijās

4.1.2.1. Materiāls un metodika

Ogu bioloģiskās ražas ilglaicīgai novērtēšanai iepriekšējā pētījuma posmā (2017. – 2020. gads) ierīkoti pastāvīgie parauglaukumi testa teritorijās Ziemeļkurzemē (705. un 710. kvartālapgabalā) Ugāles testa teritorijā un Vidusdaugavā (303., 507. un 511. kvartālapgabalā) – Zalvītes testa teritorijā (4.4.attēls).



4.4.attēls. Ugāles un Zalvītes modeļteritorijas ogu ražas vērtējumam

2021. gadā atkārtoti ierīkoti 50 parauglaukumi 25 meža nogabalos Ugāles testa teritorijā (4.2. tabula) un ierīkoti 46 parauglaukumi 23 meža nogabalos Zalvītes testa teritorijā (4.3. tabula).

4.2 tabula

Ierīkoto parauglaukumu skaits pa meža tiptiem un vecumgrupām Ugāles testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Mr	Jaunaudze	2	10
		Vid.vec.audze	2	
		Briestaudze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	4	
	Ln	Jaunaudze	2	5
		Vid.vec.audze	2	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
Dm	Jaunaudze	3	8	

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglūkumu skaits	Kopā	
		Vid.vec.audze	4	10	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1		
	Mrs	Jaunaudze	6		
		Vid.vec.audze	4		
	Dms	Vid.vec.audze	2		2
	Am	Jaunaudze	2		8
		Briestaudze	2		
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	4		
	As	Briestaudze	2		3
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1		
Egle	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	1	
	Dm	Vid.vec.audze	2	2	
	As	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	1	

Objektīvai ogu bioloģiskās ražas novērtēšanai parauglūkumi ierīkoti sekojošos meža tipos un audžu vecumgrupās: Mr, Ln, Dm, Vr, Mrs, Dms, Vrs, Pv, Am, As, Ap, un Km jaunaudzēs, vidēja vecuma audzēs, briestaudzēs, pieaugušās/pāraugušās audzēs.

4.3.tabula

Ierīkoto parauglūkumu skaits pa meža tipiemi un vecumgrupām Zalvītes testa teritorijā

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglūkumu skaits	Kopā
Priede	Mr	Jaunaudze	4	6
		Briestaudze	2	
	Ln	Jaunaudze	2	4
		Vid.vec.audze	1	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dm	Jaunaudze	2	3
		Briestaudze	1	
	Mrs	Vid.vec.audze	1	2
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Dms	Briestaudze	1	2
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	
	Nd	Vid.vec.audze	1	1
	Am	Briestaudze	2	4

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	5
	As	Jaunaudze	2	
		Vid.vec.audze	1	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2	
Km	Jaunaudze	1	1	
Egle	Vr	Jaunaudze	1	2
		Briestaudze	1	
	Mrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	1
	Dms	Vid.vec.audze	1	3
	Am	Vid.vec.audze	1	1
	As	Vid.vec.audze	1	1
	Km	Jaunaudze	2	1
Bērzs	Dm	Jaunaudze	1	2
	Vr	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1	1
	Vrs	Jaunaudze	1	1
	Am	Jaunaudze	1	1
	Ap	Vid.vec.audze	2	1
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	2	2
	Ap	Vid.vec.audze	1	1

Pirmajā pētījumu posmā (2017 – 2020) ogu uzskaitē katrā audzē tika veikta divos 500m² lielos apļveida parauglaukumos, no kuriem katrs tika sadalīts deviņos 1 m² lielos uzskaites laukumos, kur noteikts ogulāju (mellenes un brūklenes) projektīvais segums. Šajā pētījuma etapā (sākot ar 2021.g. sezonu), lai samazinātu objektu izmēģināšanu, ogulāju novērtējumam izmantota transekšu metode, tas ir, audzē ierīkotas divas 40 metrus garas transektes, uz katras no tām vienmērīgi izvietojot 36 uzskaites laukumus (0,25m²) nekoksnes resursu projektīvā seguma, vidēja augstuma un “ogu” esamības novērtēšanai.

Ogu bioloģiskās ražas noteikšanai nepieciešamais ogu svars iegūts, nolasot ogas piecos izvēlētos uzskaites kvadrātos un 100 gatavās ogas nosverot ar laboratorijas svariem (0,01g). Pēc tam aprēķināts vidējais bioloģiskais ogas svars katrā parauglaukumā. Ja parauglaukumu uzmērīšana notikusi pirms visas konkrētās ogulāju sugas ogas ir nogatavojušās, tad ogas (visbiežāk brūklenes) nolasītas tajos uzskaites laukumos, kur tās netika lasītas pirmajā uzskaites reizē. Parauglaukumos, kur ogu skaits bija minimāls vai arī ogas novērtētas kā bojātas (sažuvušas, negatavas, kukaiņu kāpuru bojātas), tās netika svērtas, bet ogu ražas aprēķiniem izmantotas katras ogulāju sugas vidējās vērtības testa teritorijā.

4.1.2.2. Rezultāti

2021. gadā analizējot pirmējos ogulāju datus par Ugāles un Zalvītes testa teritorijām, izmantoti 2019. gada sezonā uzmērīto audžu taksācijas rādītāji.

Salīdzinot rezultātus par brūkleņu projektīvo segumu Ugāles un Zalvītes testa teritorijās, datus nav vērojamas būtiskas projektīvā seguma atšķirības. Abās modeļteritorijās brūklenes seguma vērtības ir zemas (4.4. tabula un 4.5. tabula).

4.4. tabula

Brūklenes vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kam konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Brūklenes vidējais projektīvais segums, %		Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %
			2021	SE	2021
Priede	Mr	Jaunaudze	22,08	3,89	75,48
		Vid.vec.audze	10,21	6,74	45,72
		Briestaudze	9,17	6,25	11,9
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	8,12	5,19	50,3
	Ln	Jaunaudze	8,06	0,28	43,93
		Vid.vec.audze	0		
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	3,06	3,1	0
	Dm	Jaunaudze	0,46	0,46	0
		Vid.vec.audze	7,64	7,09	31,73
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		
	Mrs	Jaunaudze	13,38	4,2	50,62
		Vid.vec.audze	4,2	1,85	7,14
	Dms	Vid.vec.audze	0,42	0,42	0
	Am	Jaunaudze	2,57	2,57	97,3
		Briestaudze	1,81	0,97	25
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		
	As	Briestaudze	16,94	0,14	68,18
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	3,19	3,19	0
Egle	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	6,11	6,11	13,64
	Dm	Vid.vec.audze	0		
	As	Pieaug.audze un pāraugusi audze	1,81	1,81	0

Brūklenes vidējais projektīvais segums un procentuālais mētru īpatsvars (%), kam konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Brūklenes vidējais projektīvais segums, %		Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %	
			2021	SE	2021	
Priede	Mr	Jaunaudze	10,74	10,74	43,55	
		Briestaudze	16,15	9,33	45,46	
	Ln	Jaunaudze	2,81	2,81	0	
		Vid.vec.audze	13,78	9,74	31,25	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,92	0,46	0	
	Dm	Jaunaudze	10,11	10,11	21,59	
		Briestaudze	0,19	0,11	0	
	Mrs	Vid.vec.audze	2,03	1,43	0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,75	0,38	0	
	Dms	Briestaudze	5,97	3,45	0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2,33	1,17	0	
	Nd	Vid.vec.audze	1,22	0,86	0	
	Am	Briestaudze	0,1	0,06	0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,01	0,01	6,49	
	As	Jaunaudze	0,21	0,21	16,28	
		Vid.vec.audze	1,28	0,9	5,95	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,07	0,03	0	
	Km	Jaunaudze	0,22	0,22	0	
	Egle	Vr	Jaunaudze	0		0
			Briestaudze	0		0
Mrs		Pieaug.audze un pāraugusi audze	0,47	0,47	14,58	
Dms		Vid.vec.audze	0,71	0,71	0	
Am		Vid.vec.audze	10,86	7,68	0	
As		Vid.vec.audze	0,75	0,53	0	
Km		Jaunaudze	6,11	3,06	0	
Bērzs	Dm	Jaunaudze	1,38	1,38	0	

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Brūklenes vidējais projektīvais segums, %		Brūklenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %
			2021	SE	2021
	Vr	Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		
	Vrs	Jaunaudze	0		
	Am	Jaunaudze	4,36	4,36	0
	Ap	Vid.vec.audze	0		
	Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	0	
	Ap	Vid.vec.audze	0		

Arī melleņu seguma atšķirībās nav vienotas tendences. Aplūkojot, vai mainījies to mētru īpatsvars, kur konstatētas ogas, vērojams, ka testa teritorijās, uzsākot pētījumu, biežāk konstatētas mētras ar ogām (4.6. tabula un 4.7. tabula)

4.6. tabula

Mellenes vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars (%), kam konstatētas ogas dažādos meža tipos un vecumgrupās Ugāles testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Mellenes vidējais projektīvais segums, %		Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas %
			2021	SE	2021
Priede	Mr	Jaunaudze	0		
		Vid.vec.audze	36,39	19,44	96,31
		Briestaudze	18,82	10,49	47,64
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	14,34	4,69	45,36
	Ln	Jaunaudze	0,35	0,21	0
		Vid.vec.audze	42,64	19,86	85,8
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	17,22	17,22	24,19
	Dm	Jaunaudze	12,55	5,96	28,77
		Vid.vec.audze	35,17	6,05	52,01
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	7,08	7,08	29,41
	Mrs	Jaunaudze	8,45	2,54	39,25
		Vid.vec.audze	35,49	8,21	74
	Dms	Vid.vec.audze	3,13	2,85	11,63
	Am	Jaunaudze	11,6	10,9	48,77

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Mellenes vidējais projektīvais segums, %		Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas %	
			2021	SE	2021	
		Briestaudze	33,06	8,89	84,78	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	2,08	0,27	8,33	
		As	Briestaudze	55,14	2,92	97,37
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	51,94	51,94	80,75	
	Egle	Ln	Pieaug.audze un pāraugusi audze	18,06	18,06	13,85
		Dm	Vid.vec.audze	1,32	0,35	0
As		Pieaug.audze un pāraugusi audze	39,17	39,17	100	

4.7. tabula

Mellenes vidējais projektīvais segums un mētru īpatsvars, kam konstatētas ogas dažādos dažādos meža tipos un vecumgrupās Zalvītes testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Mellenes vidējais projektīvais segums, %		Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %
			2021	SE	2021
Priede	Mr	Jaunaudze	2,02	1,19	60,64
		Briestaudze	7,29	4,21	64,35
	Ln	Jaunaudze	0,38	0,38	0
		Vid.vec.audze	8,97	8,97	75,54
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	27,47	24,47	85,64
	Dm	Jaunaudze	24,74	3,07	5,24
		Briestaudze	24,14	24,14	57,54
	Mrs	Vid.vec.audze	8,97	8,97	82,04
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	6,72	6,72	0
	Dms	Briestaudze	55	55	90,66
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	22,61	22,61	74,94
	Nd	Vid.vec.audze	26,39	26,39	85,79
	Am	Briestaudze	16,97	11,5	44,63
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	33,11	1,94	87,29
	As	Jaunaudze	2,29	2,24	0
		Vid.vec.audze	5,11	5,44	0

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Mellenes vidējais projektīvais segums, %		Mellenes īpatsvars, kur konstatētas ogas, %
			2021	SE	2021
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	1,44	0,5	0
	Km	Jaunaudze	38,33	38,33	94,57
Egle	Vr	Jaunaudze	2,58	2,58	63,44
		Briestaudze	0		
	Mrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	5,56	5,56	13,5
	Dms	Vid.vec.audze	5,19	4,25	32,04
	Am	Vid.vec.audze	1,97	1,97	4,23
	As	Vid.vec.audze	2,22	2,22	0
	Km	Jaunaudze	17,53	17,53	66,56
Bērzs	Dm	Jaunaudze	5,44	1,06	0
	Vr	Pieaug.audze un pāraugusi audze	10,03	10,03	6,93
	Vrs	Jaunaudze	0		
	Am	Jaunaudze	5,06	5,06	65,93
	Ap	Vid.vec.audze	0		
Melnalksnis	Vrs	Vid.vec.audze	0		
	Ap	Vid.vec.audze	0		

2021. gadā dati iegūti ar atšķirīgu metodiku no iepriekšējiem četriem gadiem, bet, tā kā testa teritorijās parauglaukumi ierīkoti un ik gadu pārmērīti vienās un tajās pašās mežaudzēs (kokaudzes rādītāji ir tie paši), ogu potenciālās ražas vērtības iespējams savstarpēji salīdzināt. Zalvītes testa teritorijā rezultāti par potenciālo brūkleņu (4.8. tabula) un melleņu (4.9. tabula) ogu ražu kg ha^{-1} dažādos meža tipos un vecumgrupās piecu gadu laika posmā pie 100% projektīvā seguma norāda, ka, neatkarīgi no kalendārā gada, brūklenēm potenciāli lielākā iespējamā raža novērojama Mr briestaudzē (attiecīgi, $385,1 \pm 130,3 \text{ kg ha}^{-1}$, $54,0 \pm 54,0 \text{ kg ha}^{-1}$, $115,9 \pm 42,7 \text{ kg ha}^{-1}$, $625,5 \pm 153,9$ un 2021 gadā tikai $2,2 \pm 1,3 \text{ kg ha}^{-1}$). Mellenēm 2017. gadā lielākā potenciālā raža konstatēta Nd meža tipā, bet 2021. gadā tur netika konstatētas ogas.

Brūkleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha⁻¹Zalvītes testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha									
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE
Priede	Mr	Jaunaudze	0		0		0,6	0,6	0,5	0,5	0,9	0
		Briestaudze	385,1	130,3	54	54	115,9	42,7	652,5	153,9	2,2	1,3
	Ln	Jaunaudze	10,7	10,7	0	0	0	0	6,8	2,4	0	
		Vid.vec. audze	384,4	384,4	37,3	37,3	21,6	21,6	0		0,9	0,9
	Dm	Briestaudze	0		0		0,6	0,6	3,6	3,6	1,4	1
	Dms	Briestaudze	0		0		0		0		0	
	As	Jaunaudze	29	12,2	0		0		1,1	1,1	0	
Egle	Dms	Jaunaudze	0		0		0		0		0,1	0,1
	Am	Vid.vec. audze	0		0		0		0		0,2	0,2
Bērzs	Am	Briestaudze	16,1	16,1	72,3	72,3	16,4	16,4	87,9	87,9	0	

Ogu potenciālā raža brūklenēm un mellenēm starp gadiem variē, nepastāvot vienotai tendencei dažādos meža tipos un vecumgrupās. Ogu potenciālā raža 2018., 2019. un 2021. gadā visos meža tipos bija samazinājusies, salīdzinot ar parauglaukumu ierīkošanas gadu. 2020. gadā Zalvītes testa teritorijā abām ogulāju sugām konstatēta lielākā bioloģiskā raža.

Melleņu ogu potenciālā raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha⁻¹Zalvītes testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha									
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE
Priede	Mr	Jaunaudze	0		2,7	2,7	0		0,7	0,7	0	
		Briestaudze	0		90	10,3	0		0		8,8	8,5
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	5,3	5,3	0		nav vērtēts		nav vērtēts		nav vērtēts	
	Ln	Vid.vec.audze	195,1	195,2	210,2	210,2	31,3	31,3	222,6	222,6	25	25
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	72,1	72,2	280,8	280,8	10,7	10,7	252,5	252,5	61,3	61,3
	Dm	Briestaudze	46,9	46,1	17	17	0		0	0	4,7	4,7
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	122,8	0,6	160,6	76,4	0		94,7	94,7	10,3	10,3
	Mrs	Vid.vec.audze	59	59,1	160,9	160,9	35,9	35,9	179,4	179,4	0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	68,5	68,6	0		15,2	15,2	73,3	73,3	41,8	41,8
	Dms	Briestaudze	324,4	324,5	97,9	97,9	7,3	7,3	708,8	708,8	31,1	31,1
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	207,6	207,7	523,5	523,5	95,1	95,1	599	599	35	35
	Nd	Vid.vec.audze	1114,7	1114,8	585,2	585,2	80,2	80,2	681,6	681,6	0	
	Am	Briestaudze	64,7	57,6	145,9	101,7	0		201,3	201,3	0	
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	60,7	56,7	67,8	39,3	12,5	1,9	54,4	39,5	30,7	5,4
Km	Jaunaudze	47,2	47,3	781,5	781,5	27,3	27,3	276,1	276,1	16,4	16,4	
Egle	Vr	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		0		0		6	6
		Pieaug.audze un pāraugusi audze	7,6	7,7	1,3	1,3	nav vērtēts		nav vērtēts		nav vērtēts	
	Mrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	0		0		0		3	3	0,6	0,6
	Dms	Jaunaudze	2,5	2,5	0		0		17,8	17,8	0	
	Am	Vid.vec.audze	3,9	3,9	0		0		0		0,1	0,1
	As	Vid.vec.audze	0		0		0		0		0	
	Km	Jaunaudze	71,4	71,4	12,5	12,5	53,6	53,6	97,9	97,9	3,6	3,6
Bērzs	Vrs	Pieaug.audze un pāraugusi audze	5,9	5,9	0		0		0		0	
	Am	Briestaudze	1,8	1,8	9,9	9,9	0		36,6	36,6	0,7	0,7

Ugāles testa teritorijā 2019. un 2020. gadā novērots brūkleņu ogu ražas pieaugums vairumā meža tipu grupu, bet 2021. gadā, redzams, ka potenciālā raža visos meža tipos ir niecīga. Salīdzinājumā ar pirmo gadu un visiem citiem gadiem, šogad brūkleņu ražas samazinājums vērojams visos meža tipos. Jāuzsver, ja salīdzina ražas apmērus ar iepriekšējo gadu, ražas vērtības ir samazinājušās, taču izņēmums ir As un Am briestaudzes (4.10. tabula). Melleņu ražas vērtības Ugāles testa teritorijā variē starp gadiem, neuzrādot vienotas tendences noteiktam meža tipam visos gados. Salīdzinot ogu potenciālās ražības rezultātus par 2020. un 2021. gadu, redzams, ka ogu potenciāla raža pie 100% uz ha variē, bet šogad palielinājies to meža tipu skaits, kur konstatētas ogas (4.11. tabula).

Brūkleņu ogu raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha⁻¹ Ugāles testa teritorijā. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha									
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE
Priede	Mr	Jaunaudze	23,1	11,4	0		206,3		352,9	307,4	42,1	42,1
		Vid.vec.audze	3,7	3,7	0		27,9		18,9		1,4	1,4
		Briestaudze	141,5	141,5	38,6		0		7,3		0	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	140,4	104,4	45,3	21,8	78,6	9,8	285,9	174,8	23,5	23,5
	Ln	Jaunaudze	227,5	102,8	0		69,2	43,4	108,2	81,3	5,4	5,3
		Pieaugusi un pāraugusi audze	0		0		0		1,1		0	
	Dm	Vid.vec.audze	116,2	115,5	31,1		68,3		140,9	139,3	0	
	Mrs	Jaunaudze	402,4	250,2	66,2	42,5	387,0	299,8	267,2	128,4	58,9	58,9
		Vid.vec.audze	0		0		0		0		0,2	0,2
	Am	Jaunaudze	410,5	262,3	91,1		311,8	221,7	392,7	143,5	13,2	13,2
		Briestaudze	0		0		0		0		2,5	2,5
	As	Briestaudze	17,6	17,6	0		0		0		26,4	26,4
	Egle	Ln	Pieaugusi un pāraugusi audze	110,0	110	0		0		0		0,2

Melleņu ogu raža no 2017. līdz 2021. gadam, kg ha⁻¹ Ugāles testa teritorijā. SE - standartklūda

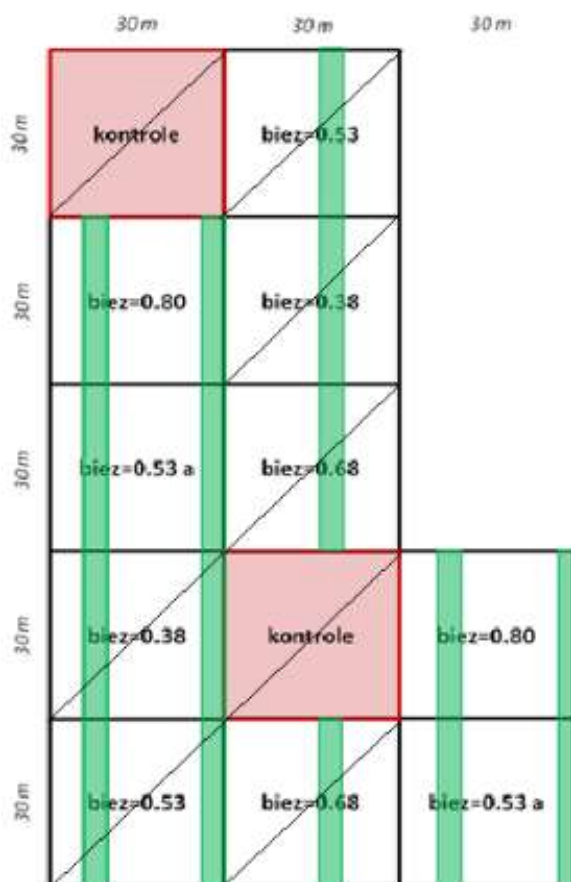
Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha										
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE	
Priede	Mr	Jaunaudze	13,1	13,1	0		0		0		0		
		Vid.vec.audze	118,1	65,7	63,3	56,9	38	27,8	280,5	76,8	180,5	136,7	
		Briestaudze	37,5	25,7	86,5	36,7	21,4		9,4	9	134,1	133,8	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	221,3	105,9	159,1	86	1,3	1,3	152,9	64	47,7	41,4	
	Ln	Vid.vec.audze	7,6	7,6	0		24,9		32,7		114,7	67,0	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	12,1		129,4		18,6		0		4,9	4,9	
	Dm	Jaunaudze	9,6	9,6	0		10,5		5,4		21,7	13,1	
		Vid.vec.audze	332,3	241	175,1	82,3	80,1	12,2	95,6	38,2	64,3	58,5	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	5	4	5,1	3,4	6,3		0		4	4	
	Mrs	Jaunaudze	3,2	3,2	7,9		207,7		0		29,6	41,5	
		Vid.vec.audze	37,7	15,6	135,1	69,8	24,9	12,4	182	80,4	70,1	46,6	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	67,9	67,9	134,9		nav vērtēts		nav vērtēts		nav vērtēts		
	Dms	Vid.vec.audze	0		0		0		0		1	1	
	Am	Jaunaudze	0		0		0		0		99,3	99,3	
		Briestaudze	118	61,9	26,5	1,7	52	32,9	66,8	7,5	78,6	26,4	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	4,2	3,4	12,1		0		0		0,8	0,6	
	As	Briestaudze	180,2	151,2	35,6	21,4	138,7	97,2	198,8		187,2	30,7	
		Pieaugusi un pāraugusi audze	0		0		0		0		86,1	86,1	
	Egle	Ln	Pieaugusi un pāraugusi audze	114,7		9,5		0		0		7,6	7,6
		Dm	Pieaugusi un pāraugusi audze	0		4,6		0		0		0	
As		Pieaugusi un pāraugusi audze	19,5		52,9		39,9		0		90,1	90,1	
Bērzs	Dm	Vid.vec.audze	0,6		0		0		13,4		0		

Ogu potenciālā raža brūklenēm un mellenēm abās testa teritorijās neuzrāda vienotu tendenci vienādos meža tipos starp gadiem. Iemesls varētu būt mazais atkārtojumu skaits noteiktiem meža tiptiem, kas vairāk reprezentē konkrēto audzi, bet ne kopējo stāvokli konkrētajā mežā tipā.

4.1.3. Ogulāju un to ogu ražu uzskaites kopšanas ciršu laukumos

4.1.3.1. Materiāls un metodika

Ja modeļteritorijas ekosistēmu pakalpojumu izvērtējumā izveidotas ar mērķi noteikt ogu bioloģiski potenciālo ražu, tad, lai iegūtu reprezentatīvu informāciju par ogulāju sastopamības, projektīvā seguma un potenciālās bioloģiskās ražas (mellenes, brūklenes) izmaiņām saimnieciskās darbības rezultātā, parauglaukumi ierīkoti krājas kopšanas objektos. Metode balstīta uz BACI tipa eksperimenta dizainu (*Before-After-Control-Impact*): pastāvīgos parauglaukumus divos atkārtojumos ierīko jau pirms krājas kopšanas cirtes, kas tiek veikta noteiktā intensitātē, atstājot konstantas biežības audzi (~0,38, ~0,53, ~0,68 un kontrole). Pirmajā pētījuma etapā (2017 – 2020. gadam) katrā no objektiem dažādas biežības parauglaukumi uzmērīti katru gadu, ogu ražas laikā ierīkojot 42 m garas R – A diagonālas transektes, uz kurām vienmērīgi izvietotit 36 uzskaites laukumi (0,25m²) nekoksnes resursu projektīvā seguma, vidējā augstuma un “ogu” esamības novērtēšanai (4.5. attēls un 4.6. attēls).



4.5 attēls. Kopšanas ciršu shēma ar transektēm parauglaukumos



4.6. attēls. Kopšanas ciršu parauglaukumu ierīkošana ar uzskaites laukumiem ogulāju novērtēšanai

Katrā no krājas kopšanas ciršu uzskaites laukumiem identiski kā MSI parauglaukomos novērtēti visi nekoksnes resursu projektīvie segumi, bet 2021. gada datu analīzē iekļautas tikai divas *Vaccinium* ģints sugas – melleņu un brūkleņu.

Ogulājiem fiksēta informācija par ziediem un ogām, savukārt brūkleņu un melleņu bioloģiskās ražas novērtēšanai 0,25m² uzskaites laukumiņos ar lielāko mētru projektīvo segumu, kur attiecīgajai sugai konstatētas ogas, noteikts ogu skaits (gan gatavas, gan negatavas).

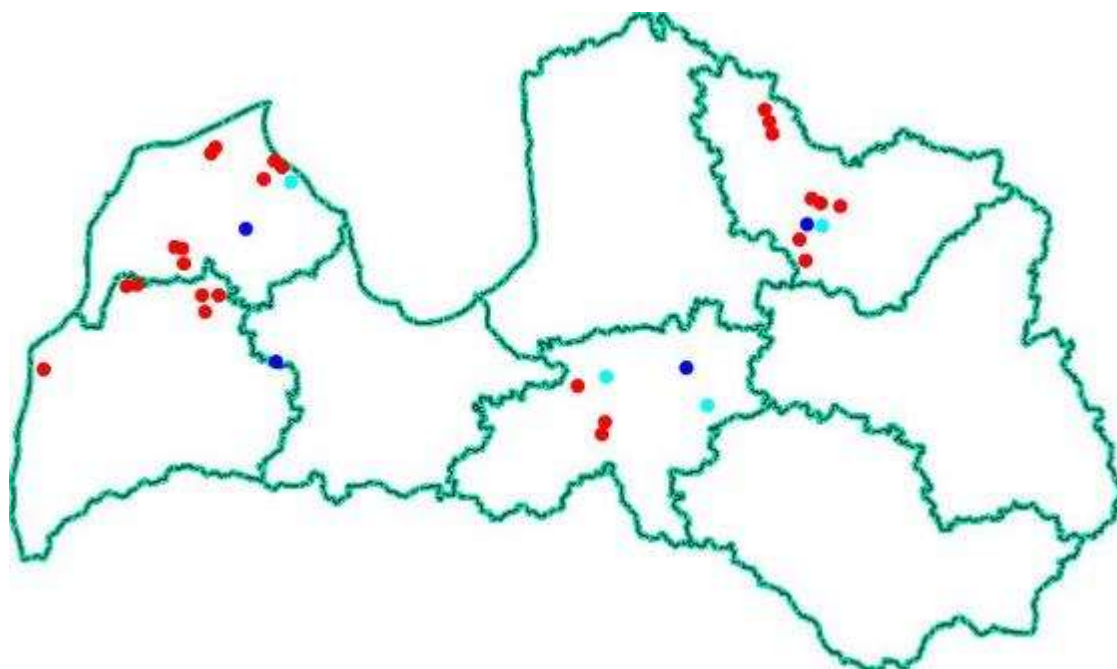
Ogu bioloģiskās ražas noteikšanai nepieciešamais ogu svars iegūts, nolasot visas ogas vismaz piecos uzskaites laukumos ar lielāko mētru projektīvo segumu un 100 gatavās ogas nosverot. Rezultātā katru gadu tiek aprēķināta potenciālā bioloģiskā ogu raža katrā no parauglaukumiem un objektiem. Ja ogu skaits parauglaukumos bijis nepietiekams (viena līdz desmit ogas), tad ogas ievāktas ārpus uzskaites laukumu robežām.

Salīdzinot, vai sākotnēji starp dažādas biežības parauglaukumiem un kontroli nepastāv statistiski būtiskas ogulāju projektīvā seguma atšķirības, izmantots jaukta tipa lineārais modelis, salīdzinot ierīkošanas gada dažādas biežības parauglaukumus atbilstošajam gadam, ogu sugai, meža tipam, vecumgrupai un valdošajai kokaudzes sugai.

Jaukta tipa lineārais modelis izmantots, lai savā starpā salīdzinātu sīkrūmu projektīvā seguma izmaiņas starp gadiem konkrēta meža tipā un vecumgrupā, nosakot starpības indeksu. Starpības indekss (pozitīvs vai negatīvs) atspoguļo izmaiņas konkrētajā biežības grupā.

4.1.3.2. Rezultāti

2021. gadā pavisam pārmērīti 33 krājas kopšanas ciršu objekti (4.7. attēls), kur pastāvīgie parauglaukumi ierīkoti Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas un Austrumvidzemes mežsaimniecības Sl, Mr, Ln, Dm, Mrs, Am, As, Km, Ks priežu, egļu un bērzu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs. Pārmērīti 17 pirmajā mērījumu gadā (2017.g.) ierīkoti objekti (4.12. tabula), seši 2018. gadā ierīkoti objekti (4.13. tabula) un desmit 2019. gadā ierīkoti objekti (4.14. tabula.).



4.7.attēls. Krājas kopšanas ciršu parauglaukumu izvietojums Latvijas teritorijā (sarkanās krāsas punkti- parauglaukumi, kur valdošā kokaudzes suga ir priede; gaiši zilās krāsas punkti- parauglaukumi, kur valdošā koku suga ir bērzi; violetā krāsas punkti- valdošā koku suga- egle)

4.12. tabula

2017. gada krājas kopšanas ciršu objektos ierīkoto un 2018., 2019., 2020., 2021. gadā pārmērīto parauglaukumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās

Valdošā suga	MT	Vecuma grupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Sl	Vid.vec.audze	9	9
	Mr	Jaunaudze	8	24
		Vid.vec.audze	16	
	Ln	Jaunaudze	8	32
		Vid.vec.audze	24	
	Dm	Jaunaudze	8	16
		Vid.vec.audze	8	
	Mrs	Vid.vec.audze	15	15
	Km	Vid.vec.audze	8	8
Ks	Vid. vec. audze	6	6	
Am/As	Jaunaudze	2/6	8	
Egle	As	Jaunaudze	8	16
		Vid.vec.audze	8	

2018. gada krājas kopšanas ciršu objektos ierīkoto un 2021. gadā pārmērīto parauglaukumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās

Valdošā suga	MT	Vecuma grupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Sl	Vid.vec.audze	24	24
	Mr	Jaunaudze	7	7
		Vid.vec. audze	16	16

2019. gada krājas kopšanas ciršu objektos ierīkoto un 2021. gadā pārmērīto parauglaukumu skaits dažādos meža tipos un vecumgrupās

Valdošā suga	MT	Vecuma grupa	Parauglaukumu skaits	Kopā
Priede	Sl	Vid.vec.audze	16	36
	Ln	Jaunaudze	16	
Egle	Ap	Jaunaudze	8	16
	As	Vid.vec.audze	8	
Bērzs	Vr	Jaunaudze	16	32
	As	Vid.vec.audze	16	

Aplūkojot, vai un kā mainās ogulāju mētru sastopamība un produktivitāte audzēs pēc mežizstrādes, BACI tipa pētījumā pēc ceturtā gada rezultātiem, iespējams prognozēt, cik strauji un kā mainīsies (samazināsies/palielināsies) ogulāju projektīvais segums noteiktā meža tipā.

Tā kā metode balstīta uz BACI tipa eksperimenta dizainu, tad sākotnēji ar jaukta tipa lineāro modeli savstarpēji salīdzināti visi vienas vecuma un meža tipa grupas parauglaukumi ar parauglaukumiem, kas paredzēti kontrolei. Salīdzinājums veikts, lai noskaidrotu, vai pastāv statistiski būtiskas ogulāju seguma atšķirības starp kontroles laukumiem un parauglaukumiem, kurus izkops līdz noteiktai biežībai. Salīdzinot 2017. gadā ierīktos parauglaukumus pirms kopšanas cirtes ar izvēlētās kontroles laukumiem, secināts, ka brūkleņu segumiem pastāv būtiska negatīva atšķirība ($p < 0,05$) starp kontroles laukumiem Ln jaunaudžu grupā ar parauglaukumiem, kurus izkops līdz noteiktai biežībai, tas ir, 0,38 ($p=0,02$), 0,53 ($p=0,04$), 0,68 ($p=0,03$). Brūkleņu segumu atšķirība novērota arī Ln vidēja vecuma kontroles audzēs un audzēs, kur plānoti parauglaukumi ar 0,38 biežību ($p=0,02$). Savukārt 2018. gadā ierīkotajos kontroles parauglaukumos statistiski būtiska negatīva atšķirība novērota starp Mr priežu jaunaudzes kontroli un parauglaukumiem, kuri tiks izkopti līdz (0,38 ($p=0,000$), 0,53 ($p=0,004$), un 0,68 ($p=0,000$)) lielai biežībai. Savukārt 2019. gadā ierīkotajos kontroles parauglaukumos un dažādas kopšanas intensitātes parauglaukumos būtiskas brūklenāju seguma vērtību atšķirības netika konstatētas.

Salīdzinot mellenāju projektīvā seguma atšķirības starp kontrolei izvēlētiem laukumiem un parauglaukumiem, kur veikta dažādas intensitātes kopšana, novērots, ka 2017. gadā ierīkotajos objektos As jaunaudzēs kontroles parauglaukumi atšķirās no parauglaukumiem, kuros veikta kopšana līdz 0,53 biežībai ($p=0,03$), kā arī Km vidēja vecuma audzēs kontroles laukumi statistiski būtiski atšķirās no

parauglaukumiem, kur ierīkoti parauglaukumi ar biežību 0,68 ($p=0,04$). 2018. gadā Mr jaunaudzēs kontroles parauglaukumu mellenāju segumu vērtības būtiski atšķīrās no parauglaukumiem ar biežību 0,38 ($p=0,007$) un 0,53 ($p=0,03$). 2019. gadā ierīkotajos parauglaukumos starp kontroli un dažādām biežības grupām netika novērotas statistiski būtiskas atšķirības.

Jaukta tipa lineārā modeļa pielietojšanas rezultāti liecina, ka brūkleņu projektīvais segums (gan sastopamība, gan vidējais mētru projektīvais segums) pēc krājas kopšanas cirtes nav samazinājies, bet gan palielinājies (4.15. tabula). Piecus gadus pēc kopšanas cirtēm mainās arī mētru produktivitāte - vērojams, ka mētras ar ogām sastopamas daudz biežāk nekā pirms mežizstrādes. Savukārt Ln vidēja vecuma kontroles audzē 2021. gadā novērojams mētru samazinājums.

Brūklenēm, kas ir gaismas prasīga suga, biežība konkrētos meža tipos varētu būt limitējošais faktors. Lai gan brūklene ir ar plašu ekoloģisko diapazonu, tomēr tās augšanai optimālie apstākļi ir atklātas vietas – purvi, purvainā meža platības vai retas mežaudzes, priežu, egļu, bērzu vai apšu meži, kur vainagu segums variē vērtībās no 0,4 līdz 0,6 (Timoshok 2000).

Mellenājiem, atšķirībā no brūklenājiem, ceturtajā gadā pēc krājas kopšanas cirtes konstatētas divas statistiski būtiskas negatīvas tendences seguma izmaiņās – vidēja vecuma Km audzē ar biežību 0,38, kā arī vidēja vecuma Ln audžu grupā ar biežību 0,53. Piektajā gadā šī tendence netika novērota. Statistiski būtiskas pozitīvas seguma izmaiņas novērotas visās biežībās vidēja vecuma priežu Dm un vidēja vecuma egļu As audzēs, un priežu jaunaudžu Ln dažādas biežības parauglaukumos, izņemot kontroles audzes (4.16. tabula). Divus gadus pēc ciršanas straujas mellenes un brūklenes procentuālā seguma vērtību izmaiņas nav novērotas.

4.15. tabula

Brūklenes segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2017. gadā. (Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā- negatīvas ($p<0,05$), brūnā- pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vidējais segums, %			Brūklenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2017	2020	2021	2017	2020	2021
Priede	Sl	Jaunaudze	0,38	0	0	0			
			0,53	0	0,06	0,11		0	0
			kontrole	0,04	0	0,03	0		0
		Vid.vec.audzē	0,53	6,46	12,19	12,53	14,62	61,73	69,62
	Mr	Jaunaudze	0,38	2,85	6,67	12,75	0	15,16	23,35
			0,53	2,31	4,9	5,83	4,24	27,35	26,61
			0,68	0,39	1,21	2,21	0	0	0
			kontrole	3,54	4,85	6,49	2,53	13,12	4,37
		Vid.vec.audzē	0,38	3,97	5,63	8,39	3,04	32,57	7,59
			0,53	3,23	4,07	5,28	2,44	19,46	8,97
			0,68	3,74	4,61	6,88	0	29,49	15,53
			kontrole	3,15	4,26	5,49	2,86	21,51	6,12

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vidējais segums,%			Brūklenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2017	2020	2021	2017	2020	2021
	Ln	Jaunaudze	0,38	0,44	2,35	3,95	0	12,64	12,09
			0,53	0,59	3,12	4,33	0	6,6	0
			0,68	0,53	2,31	4,26	0	9,12	2,61
			kontrolē	1,22	2,74	3,54	0	0	0
		Vid.vec.audze	0,38	5,49	11,33	9,42	16,57	48,61	38,36
			0,53	3,47	6,21	4,71	1,68	20,79	13,4
			0,68	3,43	4,59	3,90	7,9	10,4	11,3
			kontrolē	5,74	5,35	3,24	9,19	7,17	1,91
	Dm	Jaunaudze	0,38	0,29	0,56	0,65	0	15,38	0
			0,53	0,37	0,42	0,65	0	0	6,67
			0,68	0,79	0,63	0,88	0	0	0
			kontrolē	1,24	1,78	1,95	0	0	0
		Vid.vec.audze	0,38	1,24	4,76	7,81	0	25,25	9,08
			0,53	0,16	1,01	2,11	0	8	0
			0,68	0,08	0,91	1,94	0	19,26	0
			kontrolē	0,12	0,34	1,54	0	0	0
Mrs	Vid.vec.audze	0,38	0,16	1,35	4,43	0	7,98	43,03	
		0,53	1,4	5,01	8,86	0	26,24	49,56	
		0,68	4,22	4,67	4,65	2,7	25,83	0	
		kontrolē	0,15	0,52	3,86	0	0	10,77	
Am	Jaunaudze	0,38	7,26	14,75	17,92	5,96	45,17	47,85	
		0,53	3,86	6,72	12,24	0	19,5	0	
		0,68	3,22	6,83	6,10	0	8,94	5,47	
		kontrolē	2,13	1,67	2,56	0	0	0	
As	Jaunaudze	0,68	0,11	0,22	0,28	0	0	0	
		kontrolē	0,52	1,47	1,79	0	0	0	
Km	Vid.vec.audze	0,38	1,76	4,47	7,27	7,14	54,32	71,8	
		0,53	1,76	4,28	5,00	8,93	63,71	67,05	
		0,68	3,14	4,62	6,86	0	43,62	37,85	
		kontrolē	2,4	6,4	8,59	0	13,29	17,99	
Ks	Vid.vec.audze	0,38	4,03	5,47	4,49	17,23	42,76	31,35	
		0,68	3,08	5,78	6,04	4,51	9,62	14,29	

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vidējais segums,%			Brūklenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2017	2020	2021	2017	2020	2021
			kontrole	7,46	9,16	7,97	13,16	26,61	14,76
Egle	As	Jaunaudze	0,38	0	0,03	0,07		0	0
			0,53	0	0	0			
			0,68	0	0	0			
			kontrole	0	0	0			
		Vid.vec.audze	0,38	0	0	0			
			0,53	0,08	0,17	0,13	0	0	0
			0,68	0	0,04	0,44		0	0
			kontrole	0,15	0,25	0,37	0	0	0

4.16. tabula

Mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2017. gadā. (Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas statistiski būtiski atšķiras starp gadiem, pelēkā krāsā- negatīvas ($p < 0,05$), bet brūnā- pozitīvas izmaiņas mēru produktivitātē)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vidējais segums,%			Mellenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2017	2020	2021	2017	2020	2021
Priede	Sl	Jaunaudze	0,38	0	0,04	0,01		0	0
			0,53	0,01	0,03	0,05	0	0	0
			kontrole	0,02	0,03	0,03	0	0	0
		Vid.vec.audze	0,53	3,10	7,17	3,21	65,32	68,60	76,79
	Mr	Jaunaudze	0,38	0	0,06	0,03		0	0
			0,53	0	0,07	0,19	0	20	36,36
			0,68	0,09	0,35	0,27	0	2,04	15,05
			kontrole	0,11	0,79	0,84	0	94,74	26,19
		Vid.vec.audze	0,38	14,73	15,95	17,96	71,38	95,03	82,20
			0,53	13,37	14,35	16,80	77,33	86,15	84,60
			0,68	9,27	11,18	12,02	67,27	76,78	79,41
			kontrole	11,50	14,50	15,26	57,11	88,32	69,32

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vidējais segums,%			Mellenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2017	2020	2021	2017	2020	2021
Ln	Jaunaudze	0,38	0,94	3,63	3,32	8,81	51,07	35,05	
		0,53	0,94	4,39	3,95	0	62,12	41,29	
		0,68	2,61	8,06	7,47	0	61,11	30,14	
		kontrolē	3,47	5,59	6,19	1,63	50,85	33,69	
	Vid.vec.audze	0,38	10,33	15,31	16,55	29,31	86,76	63,26	
		0,53	11,78	22,45	16,56	65,17	87,42	74,04	
		0,68	19,73	21,36	22,27	60,52	88,07	73,91	
		kontrolē	8,71	13,57	11,98	54,83	65,06	54,26	
Dm	Jaunaudze	0,38	6,94	11,40	11,47	13,22	53,98	45,44	
		0,53	14,75	13,59	18,28	25,44	54,21	56,03	
		0,68	6,52	9,16	10,84	23,43	80,30	57,00	
		kontrolē	11,22	10,12	12,39	15,87	76,19	42,20	
	Vid.vec.audze	0,38	7,86	24,40	22,77	47,35	91,42	73,38	
		0,53	8,90	27,01	24,99	11,47	78,45	52,18	
		0,68	6,47	22,79	21,39	15,07	93,26	54,24	
		kontrolē	7,81	15,17	17,26	3,50	41,30	26,97	
Mrs	Vid.vec.audze	0,38	10,58	32,82	18,71	77,05	86,08	86,40	
		0,53	11,00	26,18	11,03	81,56	72,19	71,46	
		0,68	8,75	11,00	26,76	69,54	68,56	89,83	
		kontrolē	22,91	26,92	20,28	91,94	94,71	73,52	
Am	Jaunaudze	0,38	5,25	7,62	8,38	86,72	83,46	80,69	
		0,53	2,56	6,56	7,02	70,02	79,67	76,97	
		0,68	8,03	10,89	12,57	71,71	78,32	77,50	
		kontrolē	6,74	9,97	10,99	69,28	59,61	63,17	
As	Jaunaudze	0,68	1,60	2,58	2,67	0	48,39	0	
		kontrolē	0,56	1,53	1,47	49,38	36,36	24,69	
Km	Vid.vec.audze	0,38	6,59	3,71	5,77	55,60	60,96	71,08	
		0,53	5,82	6,15	5,86	80,65	74,25	81,28	
		0,68	5,51	6,01	5,84	50,83	72,66	65,70	
		kontrolē	11,31	13,29	11,63	85,41	86,42	86,70	
Ks	Vid.vec.audze	0,38	2,59	3,40	2,87	66,41	64,44	61,26	
		0,68	3,24	2,94	4,00	61,80	66,98	72,30	

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vidējais segums, %			Mellenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2017	2020	2021	2017	2020	2021
			kontrole	1,48	6,89	1,98	43,39	83,47	41,23

Objektos, kas ierīkoti 2018. gadā, ogulāju projektīvā seguma vērtības divu gadu laikā ir statistiski būtiski pieaugušas (izņēmums – jaunaudze Mr pie biežības 0,38, kur izmaiņas nav statistiski būtiskas) (4.17. tabula). Savukārt melleņu segums statistiski būtiski palielinājies SI jaunaudzē visos biežību grupu parauglaukumos (4.18. tabula). Neatkarīgi no tā, cik gadi ir pagājuši no krājas kopšanas cirtes un nesaistīti ar parauglaukumu ierīkošanas kalendāro gadu, 2021. gadā gan mellenājiem, gan brūklenājiem novērojamas augstākās projektīvā seguma vērtības.

4.17. tabula

Brūklenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2018. gadā. (Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas būtiski atšķiras starp gadiem ($p < 0,05$) brūnā krāsā- pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vid. projektīvais segums, %			Brūklenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2018	2020	2021	2018	2020	2021
Priede	SI	Vid.vec.audze	0,38	5,52	7,15	7,48	21,8	62,54	48,74
			0,53	8,84	13,97	11,93	20,92	67,59	63,48
			0,68	2,63	6,67	3,95	0	14,3	17,2
			kontrole	7,19	12,53	10,52	15,18	44,91	34,23
	Mr	Jaunaudze	0,38	2,03	3,72	10,08	0	55	68,88
			0,53	3,8	12,86	12,70	0	51,84	68,20
			0,68	0,88	5,01	5,69	0	22,6	25,75
			kontrole	5,65	9,07	11,12	2,95	53,52	66,26
		Vid.vec.audze	0,38	10,55	12,59	18,68	13,55	67,95	39,68
			0,53	6,95	9,8	12,31	1,38	47,44	15,44
			kontrole	10,7	13,28	13,98	2,56	35,76	9,74

Mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2018. gadā. (Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas būtiski atšķiras starp gadiem ($p<0,05$), brūnā krāsā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vid. projektīvais segums, %			Mellenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2018	2020	2021	2018	2020	2021
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0,38	4,49	7,28	6,67	73,76	86,73	63,93
			0,53	5,91	7,27	5,65	65,25	85,47	81,24
			0,68	3,54	5,9	4,26	18,67	51,38	80,39
			kontrolē	3,46	6,6	7,02	54,2	66,45	56,96
	Mr	Jaunaudze	0,38	0,03	0,14	0,28	0	0	26,67
			0,53	0,38	0,75	0,97	0	57,93	69,43
			0,68	0,42	2,53	2,54	0	50,71	55,52
			kontrolē	1,08	2,94	3,87	0	92,31	91,18
		Vid.vec.audze	0,38	2,12	2,96	3,55	43,09	54,23	67,40
			0,53	5,11	8,49	9,66	51,28	82,04	77,82
		kontrolē	2,97	5,21	6,33	67,18	76,75	86,34	

Ar jaukta tipa lineāro modeli savā starpā salīdzinot brūkleņu projektīvo segumu indeksus starp 2019. gadu un 2020. un 2021. gadu, statistiski būtisks pozitīvs starpības indekss vienu gadu pēc kopšanas konstatēts priežu audzēs – jaunaudzēs Sl ar biežību 0,53, un Ln ar biežību 0,53 un 0,68. Parauglaukumos, kas ierīkots egļu audzēs, pozitīvas statistiski būtiskas izmaiņas vidēja vecuma As ar biežību 0,53 novērotas tikai 2020. gadā, bet ne 2021. gadā (4.19. tabula). Jāatzīmē, ka 2021. gadā, neatkarīgi no parauglaukumu ierīkošanas kalendārā gada, ogulāju īpatsvars, kur novērotas ogas, bija visaugstākais.

Brūklenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2019. gadā. (Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas būtiski atšķiras starp gadiem ($p<0,05$), brūnā krāsā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vid. projektīvais segums, %			Brūklenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2019	2020	2021	2019	2020	2021
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0,38	3,05	4,24	4,49	8,14	44,34	48,51
			0,53	5,06	5,97	6,44	12,09	42,45	34,88
			kontrolē	5,45	4,65	4,59	36,7	48,69	36,72

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Brūklenes vid. projektīvais segums, %			Brūklenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2019	2020	2021	2019	2020	2021
	Ln	Jaunaudze	0,38	0,22	0,55	0,92	0	28,32	49,44
			0,53	0,8	2,12	1,78	3,44	36,4	31,66
			0,68	0,86	1,9	2,37	0	19,44	28,75
			kontrole	0,14	0,37	0,29	0	0	0
Egle	As	Vid.vec.audze	0,38	0,26	0,53	0,51	0	0	0
			0,53	0,32	0,82	0,35	0	0	0
			0,68	0,27	0,3	0,33	0	0	0
			kontrole	0,42	0,67	0,5	0	0	0
	Ap	Jaunaudze	0,38	0	0	0			
			0,53	0	0	0			
			0,68	0	0	0			
			kontrole	0	0	0			
Bērzs	Vr	Jaunaudze	0,38	0,15	0,21	0,10	0	0	0
			0,53	0,13	0,2	0,40	0	0	0
			0,68	0,09	0,23	0,38	0	0	0
			kontrole	0,07	0,07	0,03	0	0	0
	As	Vid.vec.audze	0,38	0	0	0			
			0,53	0,41	0,55	0,48	0	4,61	9,84
			0,68	0,42	0,5	0,53	0	4,93	9,21
			kontrole	0,07	0,07	0,08	0	50	0

Melleņu projektīvā seguma statistiski būtiskas pozitīvas tendences vērojamas gandrīz visos meža tipos, kā arī būtiski ir palielinājies to meža tipu skaits, kur novērota lielāka mellenāju ražība (4.20. tabula).

Mellenes projektīvais segums dažādos meža tipos, vecumgrupās un biežībās pirms un pēc kopšanas cirtes objektos, kas ierīkoti 2019. gadā. (Zaļā krāsā iezīmētas pozitīvas izmaiņas, kas būtiski atšķiras starp gadiem ($p < 0,05$), brūnā krāsā - pozitīvas izmaiņas mētru produktivitātē)

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Biezība	Mellenes vid. projektīvais segums, %			Mellenes īpatsvars (%), kur konstatētas ogas		
				2019	2020	2021	2019	2020	2021
Priede	Sl	Vid.vec.audze	0,38	0,28	0,72	0,90	0	11,63	84,52
			0,53	0,21	0,33	0,42	0	30,29	43,58
			kontrolē	0,02	0,06	0,09	0	100	56
	Ln	Jaunaudze	0,38	4,89	6,83	9,09	10,99	46,47	59,66
			0,53	4,19	5,91	7,07	27,89	58,55	83,48
			0,68	3,24	5,9	8,72	31,22	46,38	69,12
	kontrolē	2,99	4,95	5,21	20,24	36,07	52,90		
Egle	As	Vid.vec.audze	0,38	3,99	2,51	6,02	0	5,06	24,24
			0,53	2,56	5,03	7,86	0	4,79	21,90
			0,68	10,99	10,28	9,82	0	36,51	54,57
			kontrolē	5,12	5,35	4,31	2,75	25,99	35,91
	Ap	Jaunaudze	0,38	0	0,08	0,21	0	0	0
			0,53	0,13	0,53	0,39	0	0	0
			0,68	0,09	0,15	0,25	0	0	0
			kontrolē	0,24	0,72	0,41	0	0	0
Bērzs	Vr	Jaunaudze	0,38	0,37	0,69	1,40	0	0	2,99
			0,53	0,79	1,52	1,90	0	0	0
			0,68	0,41	0,92	4,99	0	17,17	0,35
			kontrolē	1,67	2,34	2,09	0	0	0
	As	Vid.vec.audze	0,38	0,17	0,35	0,32	0	0	0
			0,53	2,12	2,13	1,91	0	13,36	18,31
			0,68	1,19	1,19	1,81	0	0	21,82
			kontrolē	1,05	1,31	1,47	0	0	11,30

Krājas kopšanas ciršu parauglaukumos iegūti rezultāti par 2017., 2018., 2019., 2020. un 2021. gada brūkleņu (4.21. tabula) un melleņu (4.22. tabula) potenciālo ogu ražu kg ha^{-1} dažādos meža tipos un to vecumgrupās pie 100% projektīvā seguma. Pirmajos gados pēc krājas kopšanas cirtes nav novērots straujš ogu ražas kritums vai kāpums (ogu raža vērtēta gan ietekmētajos, gan kontroles laukumos), bet 2020.gadā gan brūklenēm, gan mellenēm ražas apjoms ir palielinājies vairākas reizes, piemēram, brūklenēm vidēja vecuma audzē Sl meža tipā. Salīdzinot 2021. gada iegūtos potenciālās ražas datus ar iepriekšējo gadu datiem par potenciālo ražu, redzams, ka mellenēm, līdzīgi kā brūklenēm, šī gada klimatiskie faktori nav bijuši labvēlīgi lielai ogu ražai. Piemēram, vidēja vecuma Ln potenciālā ogu raža sasniedza pērn sasniedza $298,2 \pm 61,8 \text{ kg ha}^{-1}$, šogad $28,62 \pm 7 \text{ kg ha}^{-1}$, bet 2019. gadā, līdzīgi kā šogad, – $29,3 \pm 4,5 \text{ kg ha}^{-1}$.

Brūkleņu potenciālā ogu raža kg ha⁻¹ 2017., 2018., 2019., 2020. un 2021. gadā dažādos meža tipos un vecumgrupās. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha									
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE
Priede	Sl	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	8,55	8,55	18,16	6,87	24,16	9,89	135,67	47,63	0,98	0,29
	Mr	Jaunaudze	1,16	0,64	1,47	0,45	4,80	2,19	30,63	7,59	1,01	0,40
		Vid.vec.audze	2,11	0,51	4,18	2,28	17,19	5,95	45,79	13,54	0,41	0,14
	Ln	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		1,62	0,50	21,92	17,21	0,24	0,12
		Vid.vec.audze	16,67	7,15	23,84	16,33	46,69	26,47	41,37	18,51	0,36	0,19
	Dm	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		0,56	0,30	1,06	1,06	nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu		3,59	2,56	4,61	2,29	0,11	
	Mrs	Vid.vec.audze	2,11	0,65	0,30	0,30	2,72	0,90	15,88	5,81	0,46	0,14
	Am	Jaunaudze	0,52	0,52	2,35	1,26	20,92	8,15	18,53	8,32	0,29	0,15
	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
	Km	Vid.vec.audze	1,64	0,35	4,88	2,70	3,24	1,56	32,81	9,42	1,03	0,25
Ks	Vid.vec.audze	3,69	1,35	4,65	4,65	7,51	3,78	20,53	13,04	0,11	0,03	
Egle	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
	Ap	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
Bērzs	Vr	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
	As	Vid.vec.audze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		1,48	0,15	0,09	0,07

Melleņu potenciālā ogu raža kg ha⁻¹2017., 2018., 2019., 2020. un 2021. gadā dažādos meža tipos un vecumgrupās. SE-standartklūda

Valdošā suga	MT	Vecumgrupa	Potenciālais ogu svars pie 100% ogulāju seguma, kg/ha									
			2017	SE	2018	SE	2019	SE	2020	SE	2021	SE
Priede	Sl	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
		Vid.vec.audze	11,77	11,77	172,47	137,92	8,89	2,32	85,42	13,71	14,04	3,19
	Mr	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		1,31	0,96	7,69	2,78	2,49	0,73
		Vid.vec.audze	24,79	4,35	34,08	10,75	25,83	4,74	141,05	25,86	23,17	4,35
	Ln	Jaunaudze	0,93	0,56	nav ogu		8,63	2,87	73,83	26,37	18,78	5,88
		Vid.vec.audze	20,50	9,22	18,97	5,16	29,34	4,48	298,27	61,83	28,62	7
	Dm	Jaunaudze	3,62	1,08	2,13	1,28	4,24	1,55	37,42	10,02	10,29	10,29
		Vid.vec.audze	2,84	1,02	42,17	18,06	61,92	18,94	261,00	57,45	91,21	91,21
	Mrs	Vid.vec.audze	33,16	7,63	54,71	16,40	173,78	52,59	217,03	62,32	29,07	7,30
	Am	Jaunaudze	12,23	2,92	5,62	1,74	30,30	4,80	37,00	4,79	11,22	3,2
	As	Jaunaudze	0,88	0,88	nav ogu		4,53	4,16	2,80	1,39	nav ogu	
	Km	Vid.vec.audze	27,19	8,35	41,63	7,08	19,13	8,33	85,44	22,04	46,46	18,48
Ks	Vid.vec.audze	10,05	6,62	7,73	3,00	8,58	2,36	38,35	12,63	8,96	4	
Egle	As	Jaunaudze	nav ogu		nav ogu		nav ogu		nav ogu		0,17	0,17
		Vid.vec.audze	1,42	0,91	nav ogu		0,49	0,14	1,76	0,54	1,34	0,29
	Ap	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		nav ogu		nav ogu	
Bērzs	Vr	Jaunaudze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		1,39		0,19	0,19
	As	Vid.vec.audze	nav vērtēts		nav vērtēts		nav ogu		6,63		2,76	1,34

Lielā potenciālā ogu ražas variācija un atšķirīgās projektīvā seguma tendences varētu būt skaidrojamas arī ar reģionālām atšķirībām, jeb klimatisko apstākļu dažādību katrā no reģioniem. E. Pētersona (1961) dati liecina, ka 1953. un 1954. gada maksimālā brūkleņu raža sasniedza 450 kg ha⁻¹. Mūsu pētījumā, salīdzinot visu gadu datus, redzams, ka 2020. gadā maksimālā potenciālā brūkleņu raža konstatēta Zalvītes testa teritorijā Mr briestaudzēs - 652,5±153,9 kg ha⁻¹ (4.8 tabula.). Melleņu maksimālā potenciālā raža visā novērojumu periodā novērota Zalvītes testa teritorijā, vidēja vecuma audzē Nd -1114,7 ± 1114,7 kg ha⁻¹ (4.9 tabula.), salīdzinot ar 2021.gadu, kas bijis melleņu neražas gads, maksimālā ražas vērtība netika rēķināta, jo parauglaukumos netika konstatēta neviena oga.

Sākotnējiem rezultāti (piecu gadu dati) liecina, ka projektīvais segums ogulājiem statistiski būtiski palielinās pēc krājas kopšanas cirtes, bet ogu raža, kas primāri atkarīga no klimatiskajiem faktoriem, variē no gada uz gadu un dažos meža tipos pat samazinās, salīdzinot ar pirmo pētījuma gadu. Viens no potenciālajiem skaidrojumiem varētu būt ogu intensīvā nolasīšana no vieniem un tiem pašiem parauglaukumiem pat piecus gadus pēc kārtas, taču Manninen un Peltola (2019) dati no pētījuma, kur analizēta intensīva ogu nolasīšana trīs gadu laikā vienā un tajā pašā vietā, liecina, ka mellenēm ikgadēja ogu novākšana un daļējs biomasas zudums nevis negatīvi ietekmē ogulāju produktivitāti, bet gan veicina pretēju efektu - palielina ogu ražu. Tas varētu izskaidrot arī kopšanas laukumos iegūtos rezultātus par mētru produktivitāti un to, ka ik gadu palielinās parauglaukumu skaits, kur konstatētas ogas vai ziedi. Ogošana, kas ir sava veida traucējums, iespējams, pat paātrināja melleņu rametu atjaunošanās procesu. Pamatojoties uz Somijā veikto pētījumu, var secināt, ka iegūtie četru gadu dati ir objektīvi, un intensīva ogošana vienā un tajā pašā vietā neietekmē potenciālo ogu ražu.

Secinājumi

1. MSI parauglaukumos un krājas kopšanas ciršu parauglaukumos novērots, ka visos meža tipos, kur ogulājiem seguma procentuālās vērtības ir augstas, pastāv lielāka varbūtība, ka ogulāji ziedēs un būs ogas.
2. Mežsaimnieciskās darbības ietekmes vērtēšanai uz ogulāju sastopamību un projektīvā seguma izmaiņām ierīkotajos krājas kopšanas ciršu laukumos ar *BACI* tipa eksperimenta dizainu (*Before-After-Control-Impact*) konstatēts, ka neatkarīgi no kalendārā gada, kad ierīkots parauglaukums, četrus, trīs vai divus gadus pēc ciršanas novērotas statistiski būtiskas pozitīvas brūkleņu un melleņu seguma izmaiņas. Visticamāk, būtiskākās izmaiņas krājas kopšanas ciršu parauglaukumos tiks novērotas turpmākajās veģetācijas sezonās.
3. Pašreiz salīdzinot datus par potenciālo brūkleņu un melleņu ogu ražu pie 100 % ogulāju seguma (kg ha⁻¹) dažādos meža tipos piecu gadu laikā, vērojama pat desmit reizes liela atšķirība. Šādas atšķirības viena tipa ietvaros vērojamas arī starp dažādām veģetācijas sezonām, norādot – lai iegūtu reprezentatīvus rezultātus par potenciālo ražu katrā no meža tipiem, nepieciešams gan pietiekami liels paraugkopas apjoms, gan ilglaicīga ražas novērtēšana.
4. 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 starp meža tipiem, norādot, ka reģionālās klimatiskās atšķirības būtiski ietekmē potenciālās ogu ražas vērtības.

4.1.4. Ēdamo sēņu ražas novērtējums Ugāles un Zalvītes testa teritorijās

4.1.4.1. Objekti un metodika

2017. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās tika ierīkoti apļveida uzskaites parauglaukumi ēdamo sēņu sugu ražas novērtējumam dažādos meža tipos. Parauglaukumi Ugāles testa teritorijā no 2017. līdz 2019. gadam tika apsekoti no jūnija līdz oktobrim ik pa 7 dienām, savukārt Zalvītes testa teritorijā parauglaukumi šajā laika periodā tika apsekoti ik pa 14 dienām.

2021. gadā tika modificēta iepriekš izmantotā metodika, apļveida parauglaukumus aizstājot ar lineārām uzskaites transektēm, lai novērstu izmēģināšanu uzskaišu veikšanas laikā. Parauglaukumi abās testa teritorijās apsekoti no jūlija līdz oktobrim – Ugāles testa teritorijā ik pa 7 dienām, Zalvītes – ik pa 14 dienām.

Sēņu ražas novērtēšanai objektos ievākti visu sēņu augļķermeņi sekojošām ēdamo sēņu sugām un sugu grupām: gailenes (*Cantharellus cibarius*), baravikas (*Boletus spp.*), bekas: lācīšu ģints (*Leccinum spp.*), bekas (apšu bekas, bērzu bekas, lācīši), sviestbeku ģints (*Suillus spp.*), sambeku ģints (*Xerocomus spp.*), bērzlapes (*Russula spp.*), alksnenes, cūcenes, vilnītis, krimildes (*Lactarius spp.*). Atbilstoši sugu grupām katrā parauglaukumā ievākti (nolaužot) visi konstatētie augļķermeņi, un noteikts to skaits un svars dabiski mitrā stāvoklī, izmantojot rokas svarus.

Sēņu ražu novērtēšanai apsekotas Mr, Ln, Dm, Vr, Mrs, Dms, Vrs, Am, As jaunaudzes, vidēja vecuma audzes, pieaugušas/pāraugušas audzes (4.24. tabula, 4.25. tabula). Ugāles testa teritorijā uzskaitē veikta 29 meža nogabalos, savukārt Zalvītes testa teritorijā uzskaitē veikta 23 meža nogabalos, kopā apsekojot 5,1 ha platību (4.8. attēls).

4.24. tabula

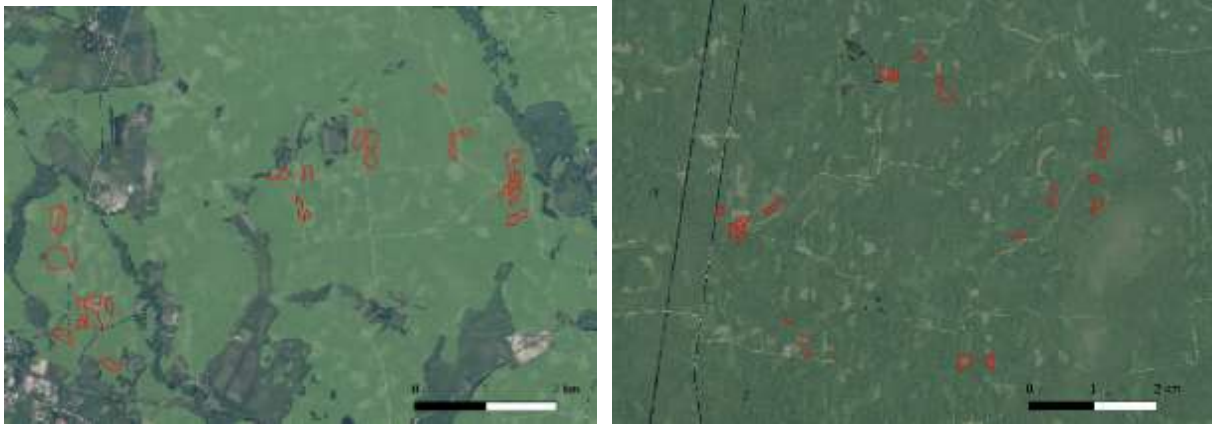
Parauglaukumu skaits mežu tipos un meža augšanas apstākļu tipos Ugāles testa teritorijā

Meža tipi	Am	As	Dm	Ln	Mr	Dms	Mrs
Skaitis	4	4	5	3	6	2	5
Meža augšanas apstākļi	Āreņi		Sausieņi			Slapjaini	
Skaitis	8		14			7	

4.25. tabula

Parauglaukumu skaits mežu tipos un meža augšanas apstākļu tipos Zalvītes testa teritorijā

Meža tipi	Am	As	Dm	Ln	Mr	Vr	Mrs	Vrs
Skaitis	3	2	3	3	3	3	3	3
Meža augšanas apstākļi	Āreņi		Sausieņi				Slapjaini	
Skaitis	5		12				6	



4.8. attēls. Meža nogabali, kuros ierīkoti transekšu parauglaukumi Ugāles (pa kreisi) un Zalvītes (pa labi) testa teritorijā

Katrā sēņu ražas novērtēšanai izvēlētajā meža nogabalā tika veidotas transektes no diviem sākuma punktiem. Atbilstoši nogabalu konfigurācijai veidota viena 100 m gara transekte vai divas 50 m transektes no katra sākuma punkta (4.9. attēls). Transektes platums – 5 metri. Ejot paralēli transektei, tika ievākti visi konstatētie sēņu auglķermeņi atbilstoši sugu grupām, noteikts to skaits un svars dabiski mitrā stāvoklī.



4.9. attēls. Transekšu konfigurācijas piemēri Zalvītes testa teritorijā

Ugāles testa teritorijai netālajā LVGMC Kuldīgas meteoroloģiskajā stacijā 2021. gadā (dati līdz 15.12.2021.) konstatēti 593,3 mm nokrišņu; parauglaukumu apsekošanas periodā (2021. gada 29.-40. nedēļa) – 189,8 mm. Vidējā gaisa temperatūra laika periodā no 01.01.2021. līdz 15.12.2021. bija 7,9°C, savukārt parauglaukumu apsekošanas periodā – 14,0°C.

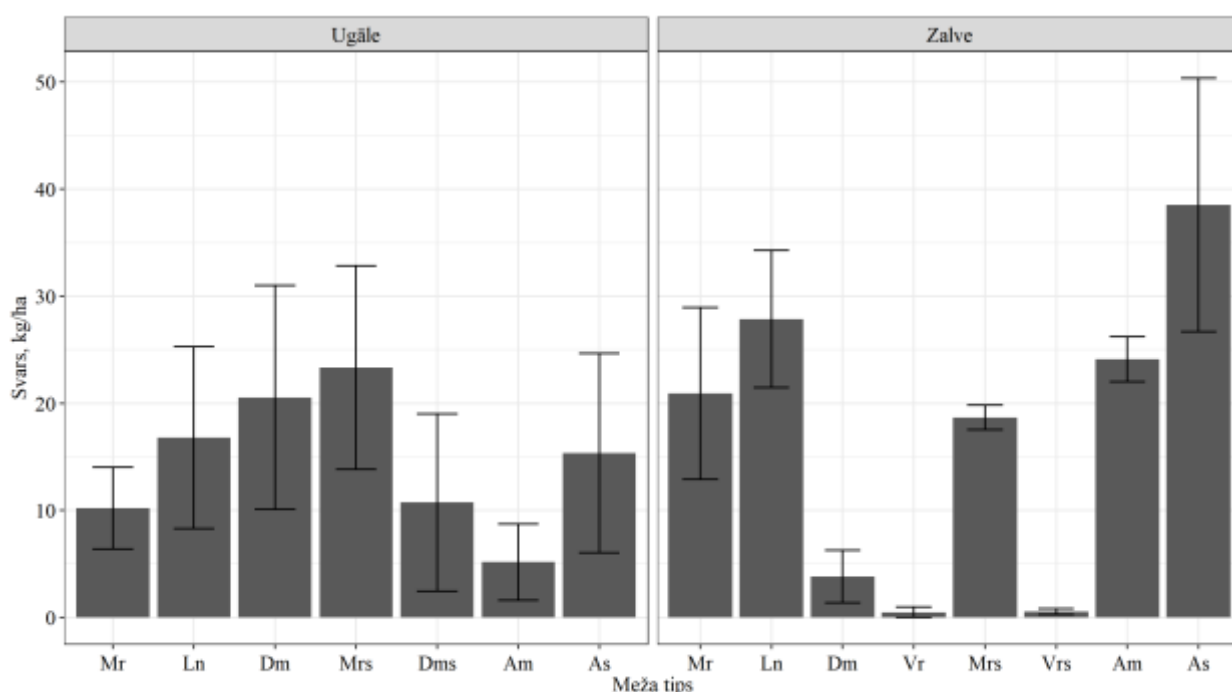
Zalvītes testa teritorijā 2021. gadā reģistrēti (dati līdz 15.12.2021.) 677,6 mm nokrišņu; parauglaukumu apsekošanas periodā (2021. gada 29.-40. nedēļa) – 282,3 mm. Zalvītē reģistrētā vidējā gaisa temperatūra laika periodā no 01.01.2021. līdz 15.12.2021. bija 7,7°C; parauglaukumu apsekošanas periodā – 15,3°C (skat. Zalvītes meteodatu nodaļu).

4.1.4.2. Rezultāti

Kopumā 2021. gadā netika konstatētas viennozīmīgas tendences sēņu ražas apjomam atkarībā no meža tipiemi vai stāvokļa teritorijām. Zalvītes testa teritorijā vidējā sēņu raža bija nedaudz lielāka (16,9 kg/ha), salīdzinot ar Ugāles testa teritoriju (14,6 kg/ha), ko, iespējams,

varētu skaidrot ar lielāku nokrišņu daudzumu un nedaudz augstāku vidējo gaisa temperatūru Zalvītē.

2021. gadā Ugāles testa teritorijā lielākie sēņu ražas apjomi tika konstatēti slapjajos un mazākie – āreņos, kas ir pretēji konstatētajam Zalvītes testa teritorijā. Zalvītē lielākie ražas apjomi konstatēti āreņos, bet mazākie – slapjajos. Salīdzinot ražas apjomus meža tipu ietvaros starp testa teritorijām, lielākā sēņu raža Ugālē konstatēta parauglaukumos slapjajā mētrājā un damaksnī, savukārt Zalvītē lielākā raža konstatēta parauglaukumos, kas ierīkoti šaurlapju ārenī un lānā (4.10. attēls). Zalvītē parauglaukumos, kas ierīkoti damaksnī, konstatētā sēņu raža bija neliela. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka divos no trim parauglaukumiem damaksnī Zalvītes testa teritorijā ir izcirtums, kur vēl tiks veikta mežaudžu atjaunošana, vai arī ar to, ka parauglaukums atrodas nepilnus 10 gadus vecā jaunaudzē. Lai gan Ugālē trijos no sešiem mētrājā ierīkotajiem parauglaukumiem novērojumu laikā ir sagatavota augsne mežaudžu atjaunošanai vai arī parauglaukumi ierīkoti 10 gadus vecās jaunaudzēs, mētrājā netika konstatēti mazākie sēņu ražas apjomi, salīdzinot ar citiem apsekotajiem meža tiptiem. Vidējā sēņu raža mētrāja parauglaukumos Ugālē bija mazāka nekā Zalvītes testa teritorijā, taču standartklūdas diapazons liecina par mazākām atšķirībām starp nogabaliem ar atšķirīgu ietekmētības un attīstības stadijas līmeni nekā Zalvītē.



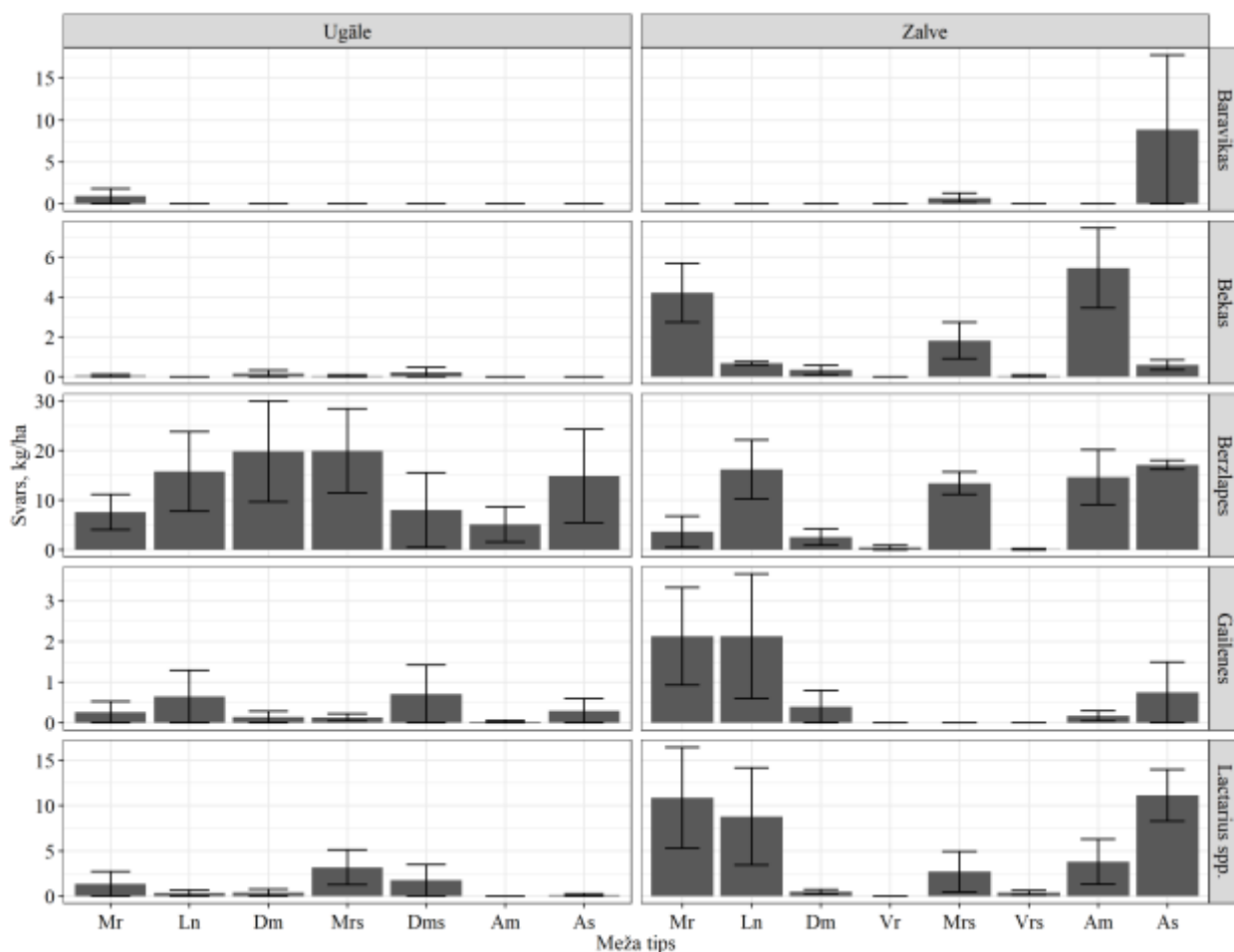
4.10. attēls. Vidējās sēņu ražas dažādos meža tipos 2021. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartklūdas

Dažādu sēņu sugu ražas novērojumu periodā atšķīrās starp meža tiptiem (4.11. attēls). Baraviku raža bija neliela gan Ugāles, gan Zalvītes testa teritorijās. Baravikas pa abām testa teritorijām tika fiksētas tikai mētrājā, slapjajā mētrājā un šaurlapju ārenī.

Zalvītes testa teritorijā tika novērots ievērojami lielāks beku ražas apjoms nekā Ugāles testa teritorijā. Lielākos apjomos bekas tika konstatētas mētrāja un mētru āreņa parauglaukumos Zalvītes testa teritorijā.

Bērslapju dzimtas sēnes tika konstatētas gandrīz visos apsekotajos meža tipos abās testa teritorijās. Arī apjoma ziņā bērslapju ražas ir vislielākās.

Latvijā gailenes visbiežāk sastopamas sausos un mēreni mitros skuju koku un jauktos mežos (Latvijasdaba.lv). Zalvītes testa teritorijā gailēņu lielākās ražas konstatētas parauglaukumos mētrājā, lānā, kā arī šaurlapju ārenī. Ugāles testa teritorijā kopumā konstatēta mazāka gailēņu raža, visvairāk to konstatēts parauglaukumos lānā un slapjajā damaksnī.



4.11. attēls. Vidējās sēņu sugu ražas dažādos meža tipos 2021. gadā Ugāles un Zalvītes testa teritorijās. Nogriežņi attēlo standartklūdas

Šī gada pārskatā atainoti atbilstoši modificētajai metodikai veiktās sēņu uzskaites 2021. gada rezultāti, kas sniedz īstermiņa ieskatu dažādu sugu sēņu ražas sadalījumā pa meža tipiem un to reģionālajām atšķirībām. Tā kā sēņu ražas izteikti variē laikā un mērenās un boreālās joslas mežos ir tieši atkarīgas no meteoroloģiskajiem faktoriem (piem., Büntgen et al. 2013, Tahvanainen et al. 2016), pietiekami garas datu rindas ir izšķirošas ticamu modeļu izstrādei. Tādēļ turpmākajos pētījuma gados novērojumi modeļteritorijās tiks turpināti, kā arī veikta padziļināta datu analīze un matemātiski modelēta kokaudzi raksturojošo parametru, apsaimniekošanas un meteoroloģisko faktoru ietekme. Paredzēts arī šajā pētījuma etapā iegūtos mērījumus apvienot ar iepriekšējā izpēti periodā (2016.-2020.g.) iegūtajiem rezultātiem.

Secinājumi

1. 2021. gada pētījuma periodā abās modeļteritorijās lielākā ir bijusi bērslapju raža, bet mazākā – baraviku raža, abos gadījumos Ugāles pētījuma teritorijā.

2. Pašreizējo datu sniegtais ieskats sēņu ražas tendencēs divās vietās Latvijā norāda gan uz potenciālu augšanas apstākļu, gan ģeogrāfiskā novietojuma ietekmi, jo vienā un tajā pašā meža tipā atšķirīgos reģionos konstatētas būtiski atšķirīgas sēņu ražas.
3. Sēņu ražas prognožu modeļu izstrādei ļoti nozīmīgas ir pietiekami garas datu rindas, tādēļ turpmākajos gados uzskaites Zalvītē un Ugālē tiks turpinātas, kā arī 2021. gada dati apvienoti ar šajās pašās teritorijās iepriekš iegūto datu rindu un analizēti kopsakarībās ar apsaimniekošanas ietekmi, meteoroloģiskajiem datiem un citiem vides faktoriem.

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., Martinez-Peña, F. Socio-economic, scientific, and political benefits of mycotourism. *Ecosphere* 8, e01870
4. Büntgen, U., Peter, M., Kauserud, H., Egli, S. 2013. Unraveling environmental drivers of a recent increase in Swiss fungi fruiting. *Global Change Biology* 19: 2785-2794
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. 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
7. Ihalainen M., Alho J., Kolehmainen O., Pukkala T. 2002. Expert models for bilberry and cowberry yields in Finnish forests. *Forest Ecology and Management* 157: 15–22.
8. Latvijas Daba. 2021. Sēnes. <https://www.latvijasdaba.lv/senes/cantharellus-cibarius-fries-1821/>
9. Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pettenella, D., Verkerk, P.J., Mavsar, R. 2020. Non-wood forest products in Europe—A quantitative overview. *For. Policy Econ.* 116, 10217
10. Manninen O., Peltola R. 2019. Continuous picking may increase bilberry yields. *Silva Fennica* vol. 53 no. 3 article id 10043. <https://doi.org/10.14214/sf.10043>
11. 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>
12. 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.
13. Palviainen, M., Finer, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & 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(6), 652-660. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1>
14. Palviainen, M., Finer, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & 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(6), 652-660. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1>

15. Pētersons E. 1961. Savvaļas ogulāji un augļu koki. Latvijas PSR Zinātņu akadēmija, 52 lpp.
16. Tahvanainen, V., Miina, J., Kurttila, M., Salo, K. 2016. Modelling the yields of marketed mushrooms in *Picea abies* stands in eastern Finland. *Forest Ecology and Management* 362: 79-88
17. Timoshok E. E. 2000. The ecology of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in Western Siberia. – *Russian Journal of Ecology*, 31(1): 8 – 13.
18. 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.
19. Turtiainen, M., Saastamoinen, O., Kangas, K., Vaara, M. Picking of wild edible mushrooms in Finland in 1997–1999 and 2011. *Silva Fenn.* 2012, 46, 569–581
20. Vaara M., Saastamoinen O., Turtiainen M. 2013. Changes in wild berry picking in Finland between 1997 and 2011, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28:6, 586-595, DOI: 10.1080/02827581.2013.786123

Pielikumi

1. pielikums

**Lakstaugu, sūnu un ķērpju sugu saraksts Zalvītes modeļteritorijā 2021. gada uzskaitē.
Ar sastopamību norādīts parauglaukumu skaits, kuros konkrētā suga uzskaitīta (Bikšu
ceļš (n=160), Bruģa ceļš (n=120))**

Sugas nosaukums	Sastopamība	
Lakstaugu sugas	Bikšu ceļš/ kontrole	Bruģa ceļš/ transektes
<i>Achillea millefolium</i>	2	25
<i>Aegopodium podagraria</i>		5
<i>Agrostis stolonifera</i>	2	
<i>Agrostis tenuis</i>	18	43
<i>Alchemilla vulgaris</i>		1
<i>Alnus glutinosa</i>		1
<i>Alopecurus pratensis</i>		2
<i>Amaranthus caudatus</i>		1
<i>Angelica sylvestris</i>	1	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>		1
<i>Armoracia rusticana</i>		1
<i>Artemisia vulgaris</i>		19
<i>Betula pendula</i>	6	1
<i>Betula pendula</i>		29
<i>Betula pubescens</i>		1
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1	
<i>Calamagrostis canescens</i>		1
<i>Calamagrostis epigejos</i>	2	31
<i>Calluna vulgaris</i>	17	17
<i>Campanula species</i>		1
<i>Cardamine pratensis</i>		1
<i>Carex hirta</i>		2
<i>Carex leporina</i>		3
<i>Carex nigra</i>		2
<i>Carex pallescens</i>		1
<i>Carex species</i>		7
<i>Cerastium arvense</i>	1	9
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	2	3
<i>Cirsium arvense</i>		12
<i>Convolvulus arvensis</i>		7
<i>Coronaria flos-cuculi</i>		1

Sugas nosaukums	Sastopamība	
Lakstaugu sugas	Bikšu ceļš/ kontrole	Bruģa ceļš/ transektes
<i>Diphasium complanatum</i>	1	
<i>Dryopteris carthusiana</i>	3	7
<i>Elymus caninus</i>	1	
<i>Elytrigia repens</i>		1
<i>Epilobium species</i>	1	3
<i>Equisetum pratense</i>	1	
<i>Equisetum sylvaticum</i>		1
<i>Erigeron canadensis</i>	3	17
<i>Erigeron canadensis</i>		17
<i>Festuca ovina</i>	8	2
<i>Festuca pratensis</i>	2	5
<i>Festuca rubra</i>		23
<i>Frangula alnus</i>	7	10
<i>Galeobdolon luteum</i>		2
<i>Galeopsis species</i>		1
<i>Galium album</i>	1	5
<i>Galium species</i>		2
<i>Geranium species</i>		1
<i>Goodyera repens</i>	1	
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>		1
<i>Hieracium praealtum</i>	2	
<i>Hypericum maculatum</i>	1	7
<i>Hypochoeris radicata</i>	2	
<i>Jasione montana</i>		6
<i>Juncus alpino articulatus</i>		1
<i>Juncus articulatus</i>	1	
<i>Juncus effusus</i>		11
<i>Juncus filiformis</i>		1
<i>Knautia arvensis</i>		1
<i>Lathyrus pratensis</i>		2
<i>Ledum palustre</i>		5
<i>Leucanthemum vulgare</i>		4
<i>Lolium perenne</i>		11
<i>Lolium species</i>		6
<i>Lupinus polyphyllus</i>		33

Sugas nosaukums	Sastopamība	
	Lakstaugu sugas	Bikšu ceļš/ kontrole
<i>Luzula multiflora</i>	2	8
<i>Luzula pilosa</i>	2	17
<i>Lycopodium annotinum</i>		1
<i>Lycopodium clavatum</i>	1	3
<i>Maianthemum bifolium</i>	1	8
<i>Medicago lupulina</i>	1	6
<i>Medicago sativa</i>		1
<i>Melampyrum nemorosum</i>		4
<i>Melampyrum pratense</i>	11	
<i>Melampyrum sylvaticum</i>		11
<i>Mentha arvensis</i>		6
<i>Milium effusum</i>		1
<i>Molinia caerulea</i>	14	21
<i>Mycelis muralis</i>		3
<i>Oxalis acetosella</i>		8
<i>Picea abies</i>	9	28
<i>Pinus sylvestris</i>	6	28
<i>Plantago lanceolata</i>	1	
<i>Plantago major</i>	9	7
<i>Poa annua</i>	12	1
<i>Polygonatum species</i>	1	
<i>Polygonum persicaria</i>		2
<i>Polygonum arenastrum</i>	4	
<i>Populus tremula</i>	3	3
<i>Potentilla erecta</i>	4	5
<i>Prunella vulgaris</i>	6	12
<i>Pteridium aquilinum</i>	2	9
<i>Pyrola rotundifolia</i>	2	
<i>Ranunculus repens</i>	3	15
<i>Rubus idaeus</i>	1	26
<i>Rumex acetosa</i>		1
<i>Rumex acetosella</i>	16	13
<i>Sagina procumbens</i>	6	3
<i>Sagina procumbens</i>		3
<i>Salix species</i>	4	20

Sugas nosaukums	Sastopamība	
	Lakstaugu sugas	Bikšu ceļš/ kontrole
<i>Salix species</i>		20
<i>Scleranthus annus</i>	17	
<i>Scutellaria galericulata</i>		1
<i>Senecio sp.</i>		1
<i>Solanum dulcamara</i>	1	
<i>Solidago canadensis</i>		1
<i>Solidago virgaurea</i>		6
<i>Sonchus oleraceus</i>		7
<i>Sorbus aucuparia</i>		5
<i>Spergula arvensis</i>	5	
<i>Stellaria longifolia</i>	1	1
<i>Stellaria uliginosa</i>		2
<i>Taraxacum officinale</i>	4	13
<i>Trientalis europaea</i>	3	14
<i>Trifolium arvense</i>	1	
<i>Trifolium repens</i>	8	8
<i>Tussilago farfara</i>	2	11
<i>Urtica dioica</i>		1
<i>Vaccinium myrtillus</i>	18	46
<i>Vaccinium uliginosum</i>	8	9
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	17	17
<i>Verbascum thapsus</i>		1
<i>Veronica chamaedrys</i>		8
<i>Veronica officinalis</i>	8	11
<i>Veronica serpypholia</i>	2	
<i>Vicia cracca</i>	2	9
<i>Viola species</i>	2	3
Sūnu sugas		
<i>Atrichum undulatum</i>		4
<i>Aulacomnium palustre</i>	12	7
<i>Brachythecium rutabulum</i>	1	18
<i>Ceratodon purpureus</i>		10
<i>Cirriphyllum piliferum</i>		1
<i>Dicranum polysetum</i>	19	38
<i>Dicranum polysetum</i>		

Sugas nosaukums	Sastopamība	
Lakstaugu sugas	Bikšu ceļš/ kontrole	Bruģa ceļš/ transektes
<i>Dicranum scoparium</i>	3	1
<i>Hylocomium splendens</i>	20	47
<i>Marchantia polymorpha</i>		6
<i>Plagiomnium affine</i>	2	13
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>		1
<i>Pleurozium schreberi</i>	19	55
<i>Pohlia nutans</i>		4
<i>Polytrichum commune</i>	3	9
<i>Polytrichum juniperinum</i>		18
<i>Ponogatum urnigenum</i>	4	
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	7	3
<i>Rhodobryum roseum</i>		1
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>		7
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	5	8
<i>Sphagnum angustifolium</i>	3	
<i>Sphagnum angustifolium</i>		3
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	2	
<i>Sphagnum girgensoni</i>		5
<i>Sphagnum species</i>		4
Ķērpju sugas		
<i>Cladonia arbuscula</i>	2	
<i>Cladonia coniocraea</i>	1	
<i>Cladonia mitis</i>	1	
<i>Cladonia rangiferina</i>	5	
<i>Cladonia sp.</i>		1
<i>Cladonia ucinalis</i>	1	
<i>Peltigera sp.</i>		1