



PĀRSKATS

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Konceptuāls cirmās saglabāto iepriekšējās paaudzes koku ietekmes izvērtējums uz meža ekosistēmu pakalpojumiem**

LĪGUMA NR.

Nr22-00-S0MF10-000047

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS VADĪTĀJS:

Jānis Donis, LVMI Silava pētnieks

Salaspils, 2022

Saturs

Kopsavilkums.....	4
Tabulu saraksts.....	6
Attēlu saraksts.....	7
Pārskatā lietotie simboli un saīsinājumi.....	9
Ievads.....	10
Ekoloģisko koku koncepts un tā attīstība.....	10
Ekosistēmu pakalpojumu koncepts un tā attīstība.....	10
Pētījuma mērķis un darba uzdevumi.....	11
1. Cirmās saglabāto iepriekšējās paaudzes koku izdzīvošana un to ietekmējošo rādītāju izvērtējums.....	12
1.1. Ekoloģisko koku detektēšana LĢIA dažādu ciklu aerofoto attēlos.....	12
1.1.1. Materiāls un metodika.....	12
1.1.2. Rezultāti.....	14
1.2. Objektu apsekošana dabā ekoloģisko koku detektēšanas precizitātes validēšanai.....	15
1.2.1. Materiāls un metodika.....	15
1.2.2. Rezultāti.....	16
1.3. Ekoloģisko koku izdzīvošanas analīze, balstot uz LĢIA aerofoto attēlu laika sēriju analīzi un LĢIA LiDAR datiem.....	20
1.3.1. Materiāls un metodika.....	20
1.3.2. Rezultāti.....	20
2. Dažāda telpiskā izvietojuma ekoloģisko koku ietekmi uz jaunās paaudzes koku augšanu sausieņu mežos novērtējums.....	26
2.1. Jaunās paaudzes koku taksācijas rādītāji un to dinamika atkarībā no attāluma līdz ekoloģiskajiem kokiem vai to grupām.....	26
2.1.1. Materiāls un metodika.....	26
2.1.2. Rezultāti.....	27
3. Ekoloģisko koku funkcionālās lomas novērtējums.....	33
3.1. Ekoloģisko koku loma citu meža ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā.....	33
3.1.1. Ekoloģisko koku pieejas būtība un vēsture pasaulē un Latvijā.....	33
3.1.2. Ekoloģisko koku izvēles principi.....	34
3.2. Ar kokiem saistīto mikrodzīvotņu novērtējums.....	36
3.2.1. Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes.....	36
3.2.2. Mikrodzīvotņu novērtējuma metodika.....	38
3.2.3. Rezultāti.....	43
3.3. Uz ekoloģiskajiem kokiem sastopamie epifīti.....	52
3.3.1. Ekoloģisko koku nozīme bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā.....	52
3.3.2. Epifītu novērtējuma metodika.....	53
3.2.3. Rezultāti.....	54
3.4. Ekoloģisko koku loma oglekļa piesaistē.....	59

3.4.1. Materiāls un metodika.....	59
3.4.2. Rezultāti	59
3.5. Ekoloģisko koku loma vizuālās kvalitātes nodrošināšanā.....	59
3.5.1. Materiāls un metodika.....	59
3.5.2. Rezultāti	61
Secinājumi.....	62
Literatūras saraksts.....	63

Kopsavilkums

Lai nodrošinātu bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgu struktūru saglabāšanu Latvijas mežos, 1997.g. Valsts meža dienests pieņēma norādījumus, kas noteica, ka galvenajā cirtē atstājami atsevišķi (5 līdz 10 koki uz ha) koki. Meža likums (2000) un atbilstošo MK noteikumi nosaka, ka jā saglabā vismaz 5 ekoloģiskos kokus (EK) uz ha. Akciju sabiedrība "Latvijas valsts meži" ar iekšējo normatīvo aktu nosaka vismaz 10 koku saglabāšanu uz katru cirsmas ha. Nesen sagatavotos dažādu sugu aizsardzības plānos tiek piedāvāts EK skaitu visos mežos (neatkarīgi no to primārā apsaimniekošanas mērķa) palielināt līdz 20 (priedes audzēs) vai 30 kokiem uz ha (pārējo sugu audzēs) ("Dzeņu ... aizsardzības plāns") vai 30 koki uz ha neatkarīgi no koku sugas ("Pūču ... aizsardzības plāns"). Taču saglabājamo koku skaitam nav vispusēja zinātniska pamatojuma - tas balstīts uz attiecīgo sugu ekspertu viedokli par konkrētās putnu sugas vajadzībām. Eiropas zaļā politika (green deal) paredz potenciāli palielināt mežu teritorijas, kurās tiks ierobežota vai aizliegta mežsaimniecība. Bet, ņemot vērā pēdējā laika ģeopolitiskos notikumus, Latvijai nākotnē būtu jāspēj garantēt arī koksnes resursu pieejamību. Tādēļ būtu jāizvērtē iepriekšējās paaudzes koku saglabāšanas efektivitāte un to ietekme arī uz citiem meža ekosistēmu pakalpojumiem.

Pētījuma mērķis ir izvērtēt iepriekšējās paaudzes koku saglabāšanas efektivitāte un to ietekme arī uz citiem meža ekosistēmu pakalpojumiem.

Pētījuma uzdevumi.

1. Izvērtēt cirmās saglabāto iepriekšējās paaudzes koku izdzīvošanu un to ietekmējošos rādītājus:
 - 1.1. ekoloģisko koku detektēšana LĢIA dažādu ciklu aerofoto attēlos (vismaz 800 cirsmas / jaunaudzēs);
 - 1.2. objektu apsekošana dabā ekoloģisko koku detektēšanas precizitātes validēšanai (vismaz 40 cirsmas / jaunaudzēs Meža pētīšanas stacijas mežos vai citu īpašnieku mežos);
 - 1.3. Ekoloģisko koku izdzīvošanas analīze, balstot uz LĢIA aerofoto attēlu laika sēriju analīzi un LĢIA LiDAR datiem.
2. Novērtēt dažāda telpiskā izvietojuma ekoloģisko koku ietekmi uz jaunās paaudzes koku augšanu sausieņu mežos:
 - 2.1. jaunās paaudzes koku taksācijas rādītāji un to dinamika atkarībā no attāluma līdz ekoloģiskajiem kokiem vai to grupām mežos (vismaz 40 jaunaudzēs);
 - 2.2. uzdevuma iegūto lauku datu analīze.
3. Ekoloģisko koku funkcionālās lomas novērtējums:
 - 3.1. novērtēt ar kokiem saistīto mikrodzīvotņu sastopamību uz ekoloģiskajiem kokiem vismaz 20 jaunaudzēs;
 - 3.2. novērtēt epifītu un epiksīlītu daudzveidību 20 jaunaudzēs;
 - 3.3. Ekoloģisko koku loma citu meža ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā

Rezultāti

1.1. Ekoloģisko koku detektēšana LĢIA dažādu ciklu aerofoto attēlos veikta 800 cirmās/jaunaudzēs. Kopā noteikti 30559 ekoloģiskie koki, t.sk., arī 4309 kritālas.

1.2. Dabā apsektas 40 jaunaudzēs, kurās novērtēts ekoloģisko koku skaits. Konstatēts, daļā gadījumu tuvu stāvoši koki / koku grupas dešifrēšanā nav detektēti visi koki. Savukārt tikai atsevišķos gadījumos individuāli stāvošu lapu koku skaits ir pārvērtēts. Kopumā ortofotoattēlos detektēti ~80% no dabā konstatētajiem kokiem. Tādējādi attālās izpētes metodes ir pietiekamas vispārējās situācijas izvērtēšanai.

1.3. No ortofotoattēlu 3. cikla kartēs redzamajiem 4202 kokiem, 5. ciklā kā izgāzti vai nolauzti 808 koki, bet 6. ciklā attēlos atpazīstami kā izgāzti ir tikai 223 koki, lielākā daļa vairs nav atpazīstami. Tas nozīmē, ka tikai ar ortofotoattēlu dešifrēšanu var novērtēt tikai sākotnējo koku izdzīvošanu.

- 2.1. Ekoloģisko koku ietekme uz jaunās paaudzes kokiem novērtēta 40 jaunaudzēs.
- 2.2. Konstatēts, ka sausieņu mežos jaunās paaudzes priedes, kuras aug līdz 5m attālumā no ekoloģiskajiem kokiem ir būtiski īsākas un tievākas nekā tālāk augošās priedes. Ekoloģisko koku grupās augošās jaunās paaudzes priedes Mr ir pat līdz 3 reizes īsākas nekā priedes, kas aug tālāk par 10m no ekoloģiskajiem kokiem. Auglīgākos meža tipos (Ln, Dm) šīs sakarības nav tik izteiktas.
- 3.1. Izvērtējot dzīvos ekoloģiskos kokus (20 audzēs) pēc uz tām sastopamajām mikrodzīvotnēm, konstatēts, ka visvairāk mikrodzīvotņu ir uz lapu kokiem (3-6), bet vismazāk uz priedēm (vidēji 1 mikrodzīvotnes uz viena koka). Savukārt uz stumbeņiem un sausokņiem vidēji ir 2 līdz 5 mikrodzīvotnes. Kopumā mikrodzīvotņu skaits dzīviem kokiem nav būtiski atkarīgs no to caurmēra, bet sausokņiem un stumbeņiem mikrodzīvotņu skaits statistiski būtiski korelē ar koku stumbru caurmēru.
- 3.2. Epifītu un epiksilītu sugu skaits ir atkarīgs no koku sugas un robežās no 7 līdz 14 sugas uz vienas koka sugas stumbriem. Ķērpju sugas ir 2-3 vairāk nekā sūnu sugas. Lai arī kopumā epifītu sugu skaits pozitīvi korelē ar koku stumbru caurmēru, tomēr statistiski būtiska šī sakarība paraugkopā ir tikai priedei.
- 3.3. Saglabātie ekoloģiskie koki turpina uzkrāt oglekli, taču to piesaiste ir relatīvi zema. Ekoloģisko koku ietekme uz meža vizuālo pievilcību ir atkarīga no to formas un telpiskā izvietojuma. Ekoloģisko koku grupas ir vizuāli pievilcīgākas nekā atsevišķi atstāti no mežsaimnieciskā aspekta zemas kvalitātes koki.

Tabulu saraksts

1.1. tabula. Dešifrēto saglabāto koku skaits nominālo nogabalu platībās.....	14
1.2. tabula. Ortofoto atpazīto koku novērtējums dabā	16
1.3. tabula. Ortofoto atpazīto un neatpazīto koku caurmēri krūšaugstumā pa koku sugām.....	16
1.4. tabula. Ortofoto atpazīto koku novērtējums priedēm.....	17
1.5. tabula. 2002-2004.g. saglabāto ekoloģisko koku īpatsvars pēc to statusa 2022.g.	18
1.6. tabula. 2002.-2004. g. saglabāto ekoloģisko koku (priede, apse) statusa maiņa 2013. g. un 2022. g.	19
1.7. tabula. Koku caurmēri krūšaugstumā pa koku sugām.....	19
1.8. tabula. Ekoloģisko koku statusa izmaiņas 2002.-2004. g. cirmās dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos	20
1.9. tabula. Ekoloģisko koku statusa izmaiņas 2009. g. cirmās dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos	21
1.10. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2001. -2004. g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos	22
1.11. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2004. -2007. g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos	23
1.12. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2008. -2010. g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos	24
1.13. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2011. g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos	24
2.1. tabula. Objektu taksācijas rādītāji sadalījumā pa parauglaukumiem ar ekokokiem un bez ekokokiem 10 gadus pēc atjaunošanas cirtes	31
3.1. tabula. Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes un to iedalījums.....	38
3.2. tabula. Apsekoto koku sugu un vidējais mikrodzīvotņu skaits	44
3.3. tabula. Mikrodzīvotņu formas un biežāk konstatētās mikrodzīvotnes tipi.....	45
3.4. tabula. Apsekoto koku sugu un vidējais mikrodzīvotņu skaits	49
3.5. tabula. Mikrodzīvotņu formas un biežāk konstatētās mikrodzīvotnes tipi.....	49
3.6. tabula. Epifītu novērtēšanai izvēlēto koku raksturojums	54
3.7. tabula. Uz ekoloģiskajiem kokiem noteikto epifītisko sūnu un ķērpju sugas un to sastopamība	55
3.8. tabula. Uz ekoloģiskajiem kokiem noteikto epifītisko sūnu un ķērpju sugas un to sastopamība	55
3.9. tabula. Ekoloģisko koku vizuālās kvalitātes novērtējums.....	61

Attēlu saraksts

1.1. attēls. Atlasīto pētniecisko objektu izvietojums Latvijas teritorijā (2013.g. paraugkopa).....	12
1.2. attēls. Ekoloģisko koku atpazīšana dažādu periodu ortofotokartēs. © Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra	13
1.3. attēls. Atlasīto pētniecisko objektu izvietojums Latvijas teritorijā (2022.g. paraugkopa).....	14
1.4. attēls. Koku īpatsvars pa sugām pēc to stāvokļa dabā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbenis; k-kritāla)	17
1.5. attēls. Koku īpatsvars pa sugām pēc to stāvokļa dabā 2002.g.-2004. .g cirsma paraugkopā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbenis; k-kritāla).....	18
2.1. attēls. Vidējais priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrājā 10 gadus pēc atjaunošanas circes	27
2.2. attēls. Vidējais priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no ekokoku skaita uz ha mētrājā 10 gadus pēc atjaunošanas circes	27
2.3. attēls. Grupās (a) un vienmērīgi (b) izvietoto ekokoku nogabalu piemēri.....	28
2.4. attēls. Vidējais priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrājā aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes	28
2.5. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrājā 10 gadus pēc atjaunošanas circes	29
2.6. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma lānā 10 gadus pēc atjaunošanas circes	29
2.7. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma damaksnī 10 gadus pēc atjaunošanas circes	29
2.8. attēls. Egļu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma vērī 10 gadus pēc atjaunošanas circes	30
2.9. attēls. Bērzu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma vērī 10 gadus pēc atjaunošanas circes	30
2.10. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrāja aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes	30
2.11. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma lānā aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes	30
2.12. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma damaksnī aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes	31
2.13. attēls. Egļu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma vērī aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes	31
3.1. attēls. Vidējais mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām	44
3.2. attēls. Dobumu un atmirušas koksnes vainagā mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām	46
3.3. attēls. Epifītisko un epiksilisko struktūru un koka ievainojumi, eksponēta koksnes mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām	46
3.4. attēls. Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumu un izdalījumu mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām	47
3.5. attēls. Izaugumu mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām.....	47
3.6. attēls. Mikrodzīvotņu skaits atkarībā no diametra dažādām dzīvo koku sugām.....	48
3.7. attēls. Vidējais mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām	49
3.8. attēls. Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumu, izaugumu un dobumu mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām	50
3.9. attēls. Epifītisko un epiksilisko struktūru un koka ievainojumi, eksponēta koksnes mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām.	51

3.10. attēls. Mikrodzīvotņu skaits atkarībā no diametra dažādām stubeņu/sausokņu koksnes sugām.	51
3.11. attēls. Vidējais epifītu (ķērpju un sūnu) sugu skaits uz dažādām dzīvo koku sugām.	56
3.12. attēls. Galveno komponentu analīze epifītu sugu sastāvā pa koku sugām.	57
3.13. attēls. Kopējais epifītu sugu skaits atkarībā no koka diametra.	58
3.14. attēls. Kopējais epifītu sugu skaits atkarībā no koka diametra pa dažādām koku sugām	58
3.15. attēls. Ekoloģisko koku vizuālās pievilcības novērtēšanā izmantotie attēli.....	60

Pārskatā lietotie simboli un saīsinājumi

EP – Ekosistēmu pakalpojumi
EK – ekoloģiskie koki
LĢIA – Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra
LVMI Silava – Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”
LVM – akciju sabiedrība “Latvijas valsts meži”
MSI – Meža statistiskā inventarizācija
MPS – Meža pētīšanas stacija
MN - meža novads
MT – meža tips
A – vecums
D – vidējais caurmērs
H – vidējais augstums
G – šķērslaukums
Sl - sils
Mr – mētrājs
Ln – lāns
Dm – damaksnis
Vr – vēris
Gr – gārša
Gs – grīnis
Mrs – slapjais mētrājs
Dms – slapjais damaksnis
Vrs – slapjais vēris
Grs – slapjā gārša
Pv – purvājs
Nd – niedrājs
Db – dumbrājs
Lk - liekņa
Av – viršu ārenis
Am – mētru ārenis
As – šaurlapju ārenis
Ap – platlapju ārenis
Kv – viršu kūdrenis
Km – mētru kūdrenis
Ks – šaurlapju kūdrenis
Kp – platlapju kūdrenis
PL – parauglaukums
P – priede
E – egle
B – bērzs
A – apse
Ba – baltalksnis
Os – osis
Bl – blīgzna
VAP – vienlaidus atjaunošanas cirte
Zdvp – vidējā periodiskā caurmēra pieaugums
Zdgp – vidējā periodiskā šķērslaukuma pieaugums

Ievads

Ekoloģisko koku koncepts un tā attīstība

“Saglabāšanas mežsaimniecība” (retention forestry) ir tāda meža apsaimniekošanas metode, kuras ietvaros, cērtot mežaudzē tiek saglabātas dažādas struktūras, piemēram, vecie koki un kritālas. Šādas metodes mērķis ir panākt meža struktūras, sastāva un sarežģītības nepārtrauktības līmeni, kas veicina bioloģisko daudzveidību un uztur ekoloģiskās funkcijas dažādos telpiskos mērogos. Šāda pieeja ir iespējama visās 3 klasiskajās mežkopības sistēmās – kailciršu, pakāpenisko ciršu un izlases ciršu sistēmā. Ekoloģisko koku (EK) pieeja mežsaimniecībā attīstījusies aptuveni pēdējo 35 gadu laikā, un tā tika ieviesta Ziemeļamerikas ziemeļrietumu daļā kā atbilde uz strauji notiekošo mežu pārveidošanu un vajadzību veiksmīgāk integrēt koksnes ražošanu un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu (Gustafsson et al. 2012). 1990.-to g. sākumā šī pieeja tika ieviesta Ziemeļvalstīs – Zviedrijā (Gustafsson et al. 2012), bet 1997. g. arī Latvijā. Lai nodrošinātu bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgu struktūru saglabāšanu Latvijas mežos, 1997. g. Valsts meža dienests pieņēma norādījumus, kas noteica, ka galvenajā cirtē atstājami atsevišķi (5 līdz 10 koki uz ha) koki. Meža likums (2000) un atbilstošo MK noteikumi nosaka, ka jāsaglabā vismaz 5 ekoloģiskos kokus (EK) uz ha. Akciju sabiedrība “Latvijas valsts meži” ar iekšējo normatīvo aktu nosaka vismaz 10 koku saglabāšanu uz katru cirsmas ha. Nesen sagatavotos dažādu sugu aizsardzības plānos tiek piedāvāts EK skaitu visos mežos (neatkarīgi no to primārā apsaimniekošanas mērķa) palielināt līdz 20 (priedes audzēs) vai 30 kokiem uz ha (pārējo sugu audzēs) (“Dzeņu ...aizsardzības plāns”) vai 30 koki uz ha neatkarīgi no koku sugas (“Pūču ... aizsardzības plāns”). Taču saglabājamo koku skaitam nav vispusēja zinātniska pamatojuma / izvērtējuma - tas balstīts uz attiecīgo sugu ekspertu viedokli ņemot vērā attiecīgo sugu vajadzības. Eiropas zaļā politika (green deal) paredz potenciāli palielināt mežu teritorijas, kurās tiks ierobežota vai aizliegta mežsaimniecība. Bet, ņemot vērā pēdējā laika ģeopolitiskos notikumus, Latvijai nākotnē būtu jāspēj garantēt arī koksnes resursu pieejamību. Tādēļ būtu jāizvērtē iepriekšējās paaudzes koku saglabāšanas efektivitāte un to ietekme arī uz citiem meža ekosistēmu pakalpojumiem.

Ekosistēmu pakalpojumu koncepts un tā attīstība

Ekosistēmu pakalpojumu koncepts laika gaitā mainījies sākot ar definējumu, ka ekosistēmu pakalpojumi ir apstākļu un procesu kopums, caur kuru dabiskās ekosistēmas un sugas, kas tās veido, uztur un piepilda cilvēku dzīvi (Daily1997), vai ieguvumi cilvēku populācijai, ko tieši vai netieši nodrošina ekosistēmu funkcijas (Costanza et al.1997). Tūkstošgades ekosistēmu novērtējumā par ekosistēmu pakalpojumiem tiek uzskatīti visi labumi, ko cilvēki gūst no ekosistēmām (MEA 2005). Ar ekosistēmu pakalpojumiem (EP) saprot ekosistēmas struktūru un funkciju ieguldījumus cilvēku labklājībā, kas veidojas kombinācijā ar cilvēku darbības ieguldījumu ekosistēmā. Ekosistēmu pakalpojumi ir vērtējami gan dabiskās, gan cilvēka pārveidotās un ietekmētās ekosistēmās (Burkhard et al. 2012). Viena no pētījumos izmantotajām klasifikācijas metodēm ir Kopējā starptautiskā ekosistēmu pakalpojumu klasifikācija (Common International Classification of Ecosystem Services, V5.1). CICES ir hierarhiski veidota klasifikācijas sistēma, kurā ekosistēmas pakalpojumus iedala sešās galvenajās sekcijās – apgādes pakalpojumi, vidi regulējošie pakalpojumi un kultūras pakalpojumi kas atsevišķi tiek dalīti biotiskajos un abiotiskajos. Savukārt sekcijas tiek iedalītas nodaļās, grupās, klasēs un zemākais no 5 hierarhiskajiem līmeņiem ir klases tips. Citās ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijās, piem., MEA (Millenium ecosystem assessment) tiek izmantots jēdziens “Atbalsta pakalpojumi vai ekoloģiskās funkcijas”. Tās ir pamatstruktūras un procesi, kas galu galā rada ekosistēmu pakalpojumus. Tie ir nosaukti arī kā "starpposma pakalpojumus", lai gan termins starppakalpojumi CICES kontekstā netiek izmantots. Šo pamatelementu klasifikācija nav ietverta CICES, kuras mērķis ir noteikt galīgos pakalpojumus, kas saistīti ar precēm un ieguvumiem, kurus novērtē cilvēki. CICES nodrošina potenciālo (t.i., iespējamo) gala pakalpojumu klasifikāciju. Tomēr daļu

no starppakalpojumiem var novērtēt kā kultūras pakalpojumu, ja ir atbilstoša vēlme maksāt par šāda pamatstruktūras saglabāšanu upmalu mežos.

Ekosistēmu stāvokli raksturojošie indikatori apraksta ekosistēmu abiotisko un biotisko kvalitāti. Papildus tiešajiem mērījumiem ir iespējams izmantot procesos balstītu modelēšanu un ĢIS tehnikas esošo datu kopu ekstrapolācijai un padziļinātai analīzei.

Ekoloģiskie koki savā būtībā ir apsaimniekotas meža ekosistēmas komponente. Līdz ar to, tie ir izvērtējami kā papildus aspekts meža ekosistēmu sniegto EP novērtējumā. Tā kā eoloģiskos kokus ir paredzēts saglabāt mežā, tad to loma apgādes pakalpojumu ziņā ir visai ierobežota, t.i. nav paredzams, ka tie varētu tikt izmantoti pārtikai, pārstrādei vai enerģijas ieguvei (EP grupa "Savvaļas augi (sauszemes un ūdens) pārtikai, materiāliem vai enerģijai"), lai arī EK varētu ietekmēt nākamās paaudzes koku spēju veikt apgādes pakalpojumus. Taču kā regulējošo pakalpojumu nodrošināšanai ekoloģiskajiem kokiem var būt nozīme EP grupas "Antropogēnas izcelsmes atkritumu vai toksisku vielu pārveidošana dzīvības procesu rezultātā" piem., putekļu aizturēšana koku vainagos. EP grupas "Dzīves cikla uzturēšana, dzīvotņu un ģenētiskās daudzveidības aizsardzība", EK varētu veikt dzīvotņu nodrošināšana mežam raksturīgajām dzīvnieku, putnu, bezmugurkaulnieku, augu, sūnu un ķērpju, sēņu u.c. sugām; "Antropogēnas izcelsmes traucējumu mazināšana" – EK varētu veikt nepievilcīgu skatu mazināšanu (klase Vizuāla aizsegšana). EP grupas "Atmosfēras sastāvs un apstākļi" EK var veikt Oglekļa piesaisti un uzkrāšanu. No kultūras pakalpojumiem grupā "Intelektuāla un reprezentējoša mijiedarbība ar dabisko vidi" EK var ietekmēt Vizuālo kvalitāti.

Pētījuma mērķis un darba uzdevumi

Pētījuma mērķis ir izvērtēt iepriekšējās paaudzes koku saglabāšanas efektivitāti un to ietekme arī uz citiem meža ekosistēmu pakalpojumiem

Definēti sekojoši uzdevumi:

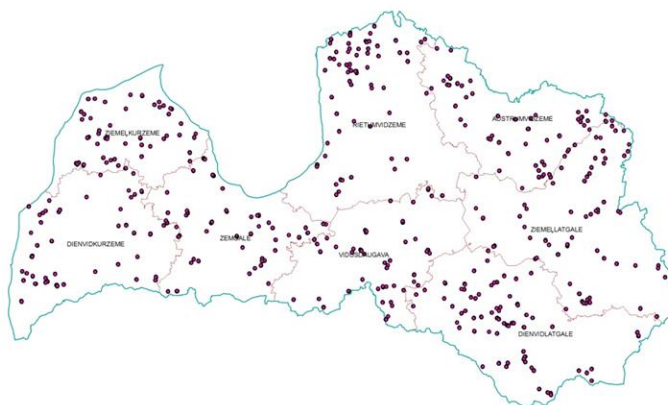
1. Izvērtēt cirmās saglabāto iepriekšējās paaudzes koku izdzīvošanu un to ietekmējošos rādītājus.
2. Novērtēt dažāda telpiskā izvietojuma ekoloģisko koku ietekmi uz jaunās paaudzes koku augšanu sausieņu mežos.
3. Veikt ekoloģisko koku funkcionālās lomas novērtējumu.

1. Cirsmās saglabāto iepriekšējās paaudzes koku izdzīvošana un to ietekmējošo rādītāju izvērtējums

1.1. Ekoloģisko koku detektēšana LĢIA dažādu ciklu aerofoto attēlos

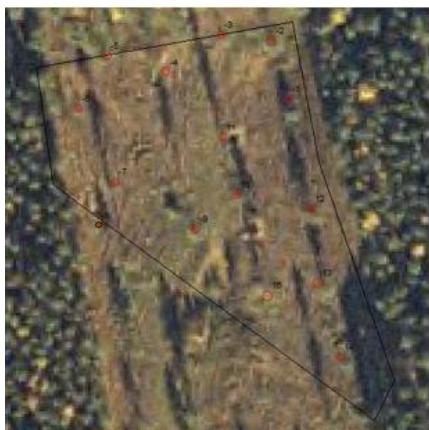
1.1.1. Materiāls un metodika

Lai novērtētu cirsmās saglabāto iepriekšējās paaudzes koku (ekoloģisko koku) izdzīvošanu ilgtermiņā, veikta ekoloģisko koku izdzīvošanas novērtēšana 800 jaunaudzēs, izmantojot LĢIA ortofotoattēlu dešifrēšanu. 400 audzes tika izvēlētas no iepriekšējos pētījumos 2013. g. dešifrētajiem objektiem. Vizuālai novērtēšanai atlasāmo objektu saraksts veidots pēc sekojoša principa: izmantojot LVMI Silava rīcībā esošo 2. aerofotografēšanas cikla (2003.-2005.gads) krāsainās ortofotokartes mērogā 1:10000, kuru uzņemšanas gadi atspoguļoti LĢIA mājas lapā (www.lgia.gov.lv), atlasītas platības, kurās kailcirte LVM apsaimniekotos mežos veikta vienu gadu pirms aerofotografēšanas, t.i., 2002. g. cirsmas teritorijās, kurās aerofotografēšana veikta 2003. gadā, un attiecīgi 2003. g. cirsmas – 2004. g. aerofotografēšanas teritorijās, 2004. g. cirsmas – 2005. g. aerofotografēšanas teritorijās. Katrā LVM reģionā no atbilstošo nogabalu poligonu saraksta pēc nejaušības principa (MS Excel funkcija rand()), atlasītas 50 audzes/izcirtumi, kopā 400 nogabali (izvietojumu skat. 1.1. attēls).



1.1. attēls. Atlasīto pētniecisko objektu izvietojums Latvijas teritorijā (2013.g. paraugkopa)

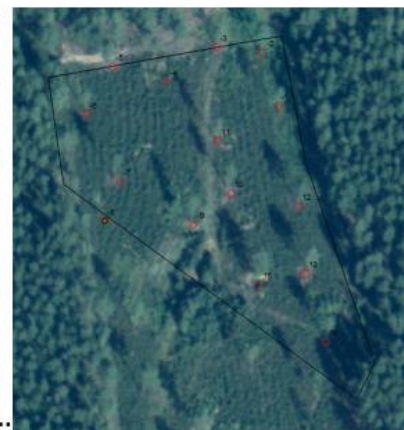
Izlozētajā poligonā, izvērtējot vizuāli, balstoties uz ortofotoattēlu dešifrēšanas pamatprincipiem (Березин, 1963), datorprogrammā ArcGIS 10.1. ieciparoti pirmajā novērtēšanas reizē (2. aerofotografēšanas cikla ortofotokartē) redzami augošie koki kā punkti, bet izgāzti koki kā līnijas. Pēc tam, izmantojot 3. aerofotografēšanas cikla (2007.-2008.) ortofotokartes (1.2. attēls), novērtēts cik daudzi no 2. cikla attēlos atpazītajiem stāvošajiem kokiem ir izgāzti. Šajā gadījumā izgāztais koks tika ieciparots kā līnija ar kopējām sākuma koordinātēm kā augošam kokam, izmantojot funkciju *snap*. Gadījumos, ja ekoloģiskais koks netika atpazīts 2. cikla kartē, bet bija identificējams 3. cikla kartē, tas tika ieciparots kā saglabātais koks arī 2. cikla kartē. Ja 3. cikla kartē redzama kritāla no 2. cikla kartē neidentificēta koka, tad „izveidots” koks arī pirmajai novērtējuma reizei. Koku ciparošana veikta mērogā 1:2000. Līdzīgi salīdzināts arī ar 4. (2010., 2011. g.), 5. (2013.-2015. g.), 6., (2016.-2018. g.) un 7.cikla (2019.-2021. g.) ortofotokartēm. Ciparošana veikta 2010.g. meža poligonu datu bāzē.



2.cikls



3.cikls



4.cikls



5.cikls



6.cikls

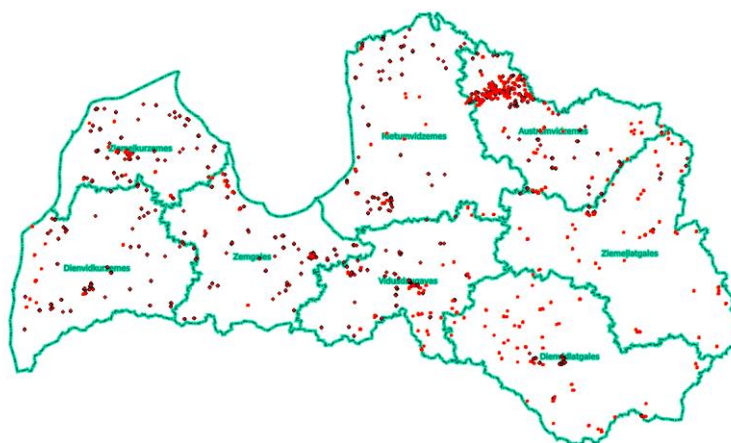


7.cikls

1.2. attēls. Ekoloģisko koku atpazīšana dažādu periodu ortofotokartēs. © Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra

Papildus tam tika ciparoti ekoloģiskie koki 128 gab. 2009. gada cirmās LVM mežos, kurās veikta meža koku stādīšana un vēl 301 cirsmas / jaunaudzēs, kurās saglabāti sākotnēji arī sēklu koki (cirtes gads 2001.g. līdz 2011.g., atjaunošanas veids netika ņemts vērā). Ciparošana veikta 2021.g. nogabalu datu bāzes versijā. Kopā ekoloģisko koku ciparošana veikta 829 cirmām/jaunaudzēm.

Objektus (ekoloģiskos kokus un to kritalas), izvērtēja atbilstoši situācijai ortofoto attēlā. Atsevišķi koki formāli atrodas blakus nogabalos, lai arī pēc attēla redzams, ka tie ir piederoši "nominālajam" nogabalam. Savukārt, citos gadījumos ekoloģisko koku rinda / grupa attēlā robežojas ar blakus esošo nogabalu, tomēr tie tika ieciparoti, ja izklaidus esošo koku skaits, un blakus esošās audzes vizuālais izskats (koku vainagu klājs) vedina domāt, ka tie ir daļa no saglabātajiem ekoloģiskajiem kokiem.



1.3. attēls. Atlasīto pētniecisko objektu izvietojums Latvijas teritorijā (2022.g. paraugkopa)

Tādējādi kopējā datu kopa ietver jaunaudzēs LVM mežos, kuras vienlaidus atjaunošanas cirtes (kailcirtes atbilstoši Meža likuma definējumam) veiktas (2002.-2004.g.), jaunaudzēs, kurās cirte veikta 2009.g. un platībās koki ir antropogēni atjaunoti un cirsmas, kurās jaunaudzēs ir 15 – 21 g.v., kurās ir veikta sēkļu koku saglabāšana.

1.1.2. Rezultāti

Tā kā ekoloģiskie koki tika ciparoti dažādās datu bāzes versijās - (“Veco objektu” ciparošana veikta nogabalos atbilstoši poligoniem, kādi tie bija 2010. g. MVR datu bāzē, pārējie objekti savukārt 2021. g. datu bāzē), tomēr kopējā analīze veikta atbilstoši 2021. g. MVR datu bāzes poligoniem. Tādējādi ekoloģiskie koki, lai arī nomināli ir analizēti 829 nobalali, formāli atrodas 993 nogabalos, bet daļa ekoloģisko koku ir ārpus MVR mežaudžu poligoniem (n=118). Kopējais pēc galvenās cirtes reģistrētais ekoloģisko koku skaits ir 30376 no tiem nominālajos nogabalos ir 29427, t.sk. audzēs, kurās atstāti sēkļu koki 19281 (skat. 1.1. tabula)

1.1. tabula. Dešifrēto saglabāto koku skaits nominālo nogabalu platībās

Grupa	Nogabalu skaits	Vidējā nogabala platība ±SD, ha	Vidēji ±SD skaits ha ⁻¹	Dešifrēto koku skaits
CC02-04	400	2,01±0,98	9,4±7,8	6845
CC09	128	2,42±1,21	10,8±4,7	3301
CC SK	301	2,77±1,74	20,7±11,0	19281
Kopā	829	2,36±1,39	13,9±10,3	29427

CC02-04 – 2002. 2003., vai 2004.g. vienlaidus atjaunošanas cirtēs (kailcirtēs) nocirstas audzes, CC09 – 2009.g. vienlaidus atjaunošanas cirtēs (kailcirtēs) nocirstas audzes, CC SK – 2001.-2011.g. kailcirtēs ar ar sēkļu kokiem saglabātie koki. SD – standartnovirze.

Nogabali, kuros atstāti arī sēkļu koki (CC SK) ir būtiski lielāki nekā vienlaidus atjaunošanas cirtes bez sēkļu kokiem gan 2002. - 2004. gadā (CC02-04) gan 2009. g. cirstajās audzēs (CC09). 2002. - 2004. g. datu kopā detektēti vidēji 9,4 koki uz ha, savukārt 2009. g. cirsmu datu kopā detektēti 10,8 koki ha⁻¹. Taču koku skaita nenoteiktība ir liela – novērojumu standartnovirze (SD) ir attiecīgi 7,8, un 4,7. Tas varētu būt saistīts ar to, ka 2. aerofotogrāfēšanas ciklā ortofotoainu izšķirtspēja bija 1m, salīdzinot ar 3. cikla un 4. cikla kartēm, kurām pikseļa izmērs ir 0,5 m, 5. ciklā - 0,4 m (Pierīgā 0,25 m), bet 6. un 7. ciklā 0,25 m. Tā kā daļa no ekoloģiskajiem kokiem pēc 2005.g. janvāra vētras paraugkopā CC02-04, bija vējā izgāzti, tie nebija atpazīstami 3. un vēlāku ciklu kartēs, jo tos pārauga (vizuāli nosedza) jaunās paaudzēs koki. CC09 datu kopā dešifrēšanā sākas ar 4. cikla (2010. -2011. g.) ortofotokartēm, kuru izšķirtspēja ir

0,5 m. Kopumā secināts, ka attēlos ar augstāku izšķirtspēju dešifrētos kokus, pēc tam iespējams arī atpazīt agrāko gadu attēlos.

Lai arī ekoloģiskie koki pirmreizēji uzskaitīti pēc to vainagu un stumbru ēnu projekcijām, tomēr tā kā dešifrēšanā tika izmantoti RGB attēli, ne visos attēlos tie ir labi atšķirami, tādēļ sugu vai sugu grupu identificēšana netika veikta, lai arī lielā daļā gadījumu varēja nojaust, ka saglabātie koki ir priedes.

1.2. Objektu apsekošana dabā ekoloģisko koku detektēšanas precizitātes validēšanai

1.2.1. Materiāls un metodika

Ekoloģisko koku novērtēšana (jaunās audzes - jaunaudzes, kurās saglabāti ekoloģiskie koku un tās uzmērītas 1. reizi (2022.g.))

Lauku darbos visiem stāvošajiem (arī tiem, kas nav atzīmēti kartē) ekoloģiskajiem kokiem fiksē:

- koka Nr kartē un jauno Nr, katrā cirsma sakot ar 1;
- meža tipu;
- sugu;
- stāvokli – dzīvs (dz); sausoknis (sa); stumbeņis (st);
- krūšaugstuma caurmēru (precizitāte 0,1 cm) divos virzienos;
- sausokņiem, stumbeņiem fiksē mizu (tukšums -ar mizu; b - bez mizas)) un sadalīšanās pakāpi;
- koka augstumu (0,1m) vismaz 6 kokiem no valdošās sugas dažādu dimensiju un pa 3 no katras citas sugas;
- stumbra bojājumus;
- koordinātes (tikai kartē neesošiem kokiem, vai ja, koks kartē ir stipri nobīdīts (vismaz 5-10m));

Izgāztajiem ekoloģiskajiem kokiem fiksē:

- koka Nr kartē un jauno Nr.
- meža tipu;
- sugu kodu;
- krūšaugstuma caurmēru (precizitāte 0,1cm) divos virzienos;
- mizu (tukšums -ar mizu; b - bez mizas) sadalīšanās pakāpi;
- koordinātes (tikai kartē neesošiem kokiem, vai ja koks kartē ir stipri nobīdīts).

No 10 stāvošajiem ekoloģiskajiem kokiem ar Preslera svārpstu iegūst koksnes paraugus radiālā pieauguma noteikšanai (priekšroku dodot valdošajai koku sugai).

Atstātās koku rindas/grupas gar cirsmas malām vai netipiskās vietās – slapjas vietas, nemēra kā ekoloģiskos kokus, bet tikai atzīmē kartē. Pēc šādas metodikas apsektas 20 audzes.

Ekoloģisko koku novērtēšana vecajās (iepriekš 2013.g. apsekotajās audzēs)

Tā kā audzes jau bija apsektas 2013.g., tad izmantojot GPS iekārtā 2013.g. ievadītās ekoloģisko koku koordinātes, veikta ekoloģisko koku apsekošana dabā un novērtēts to stāvoklis atbilstoši metodikai kā jaunajās audzēs, tikai šajā gadījumā tiek iegūta datu laika rinda (apsektas 20 audzes).

1.2.2. Rezultāti

Koku atpazīšana jaunajos objektos

Veicot atpazīšanu pēc ortofoto 20 jaunajos pētījumos (2009.g. cirsmas un 2001. - 2011.g. cirsmas ar sēklu kokiem) nogabalos ar kopējo platību 52,0 ha kopumā konstatēti 571 koki (11,0 koki ha⁻¹). No tiem stāvoši bijuši 90,7% (518) koku, pirmajā novērtējumā stāvoši, bet vēlākajos novērtējumos guļoši – 9,3 % (53) koku (1.2. tabula).

Veicot atpazīšanu dabā no stāvošajiem kokiem atrasti 76, 6% (397) koki kā stāvoši, vēl 2,7% (14) koki ir konstatēti kā kritālas. 14,1% koku atradās blakus nogabalā. No 6,6% (34) koku, kas netika vērtēti, daļa bija sazāģēti un aizvesti, citi konstatēti dabā kā paaugas koki, vai arī mežsaimnieciskās darbības rezultātā likvidēti (tūrot grāvju trases, vai būvējot ceļu).

No sākotnēji pēc ortofoto novērtējuma stāvošajiem, bet vēlāk guļošajiem kokiem 83,0% (44) atrasti dabā kā guļoši, vēl 9 % koku bijuši stubeņi, bet 2 % koku nav vērtēti iepriekš minēto apsvērumu dēļ.

Kopumā var secināt, ka, no pēc ortofoto atpazītajiem kokiem, dabā ir atrasti un nogabala robežās atrodas aptuveni 80% koku.

1.2. tabula. Ortofoto atpazīto koku novērtējums dabā

Atpazīts kartē	Konstatēts dabā				
	blakus nogabalā	guļošs	nav vērtēts	stāvošs	Kopā
Nav redzams		32		111	143
Stāvošs	73	14	34	397	518
Stāvošs/guļošs	3	44	1	5	53
Kopā	76	90	35	513	714

Dabā ir konstatēti vēl 143 koki, kas nav atpazīti veicot ortofoto vērtēšanu, jeb 20 % no kopējā koku daudzuma, kas konstatēti dabā. 77,6% (111) no tiem bijuši stāvoši, bet pārējie guļoši (1.2. tabula).

Priedes un apses ir atpazītas vislabāk kā koki ortofoto attēlos - attiecīgi 82,1% un 79,5% gadījumu (1.3 tabula).

Lielākais vidējais caurmērs starp atstātajām koku sugām konstatēts apsei – 55,7±1,8cm, kam seko bērzs 47,6± 1,9cm un ozols 46,5±1,1cm (1.3. tabula). Visām koku sugām ortofoto attēlos neatpazīto koku vidējais caurmērs ir mazāks nekā atpazīto koku caurmērs. Iespējams, ka daļa uzskaitīto koku nav atstāti kā ekoloģiskie koki, jo to caurmērs varētu būt mazāks nekā normatīvajos aktos noteiktais atstājamo koku caurmērs (lielāks nekā vidējais valdošās koku sugas caurmērs). Bet daļa no ciršanas brīdī atstātajiem kokiem, iespējams, ka nav atrasta, jo, ja koks nebija atpazīts ortofoto attēlā, bet dabā bija nocirsts pēc kailcirtes veikšanas, tad atrast šādu celmu bija praktiski neiespējami, sevišķi ja tas nocirsts dažus gadus pēc kailcirtes.

1.3. tabula. Ortofoto atpazīto un neatpazīto koku caurmēri krūšaugstumā pa koku sugām

Suga	Konstatēts ortofoto					Neatpazīts ortofoto					Kopā			
	N	D _{1,3}				N	D _{1,3}				Skaits		D _{1,3}	
		Vid	Min	Max	SE		Vid	Min	Max	SE	N	%	Vid	SE
Priede	288	43,1	23,1	80,0	0,5	63	37,6	20,3	54,8	1,0	351	58,2	42,1	0,5
Bērzs	32	49,2	27,5	72,0	1,9	9	41,8	20,3	64,5	5,2	41	6,8	47,6	1,9
Melnalksnis	40	39,0	19,3	56,0	1,6	30	31,2	16,2	49,2	1,8	70	11,6	35,6	1,3
Apse	35	58,4	35,6	82,6	1,5	9	45,2	18,6	62,1	5,7	44	7,3	55,7	1,8
Ozols	59	47,9	26,5	67,8	1,1	17	41,7	29,7	69,9	2,6	76	12,6	46,5	1,1
Citas	6	37,8	33,0	41,5	1,5	15	31,5	18,6	53,8	2,6	21	3,5	33,3	2,0
Kopā	460					143					603			

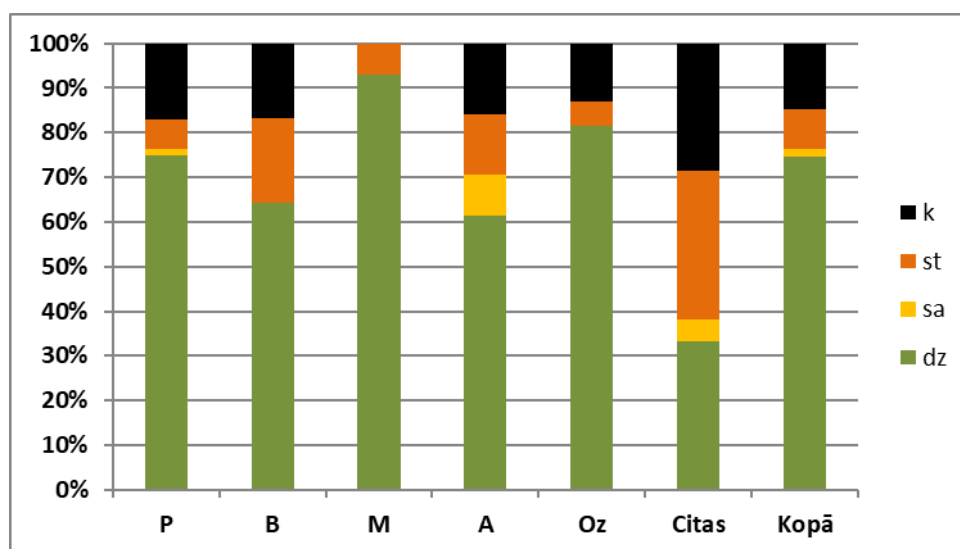
No 288 priedēm, kas atpazītas ortofoto, pēc otrā ortofoto vērtējuma 11,5% konstatētas kā guļošas (1.4. tabula). No tām, pēc vērtējuma dabā, kā kritalas konstatētas 93,9% priežu, bet pārējās konstatētas kā stumbeņi kopā ar no stumbeņa nolauzto kritalu (turpmāk tekstā kā stumbeņi). No tiem 88,5% priežu, kuras otrajā vērtējumā bijušas dzīvas, pēc novērtējuma dabā aizgājušas bojā vēl 7,8% priežu, turklāt lielākā daļa – 45,0% bijušas stumbeņi. Pārējās bija sausokņi vai kritalas. Kopumā kā dzīvas konstatētas 81,6% priežu, bet no beigtajām priedēm 71,7% ir kritalas, 20,8% stumbeņu, bet 7,5% sausokņu.

1.4. tabula. Ortofoto atpazīto koku novērtējums priedēm

Konstatēts dabā	Konstatēts ortofoto					
	stāvošs/guļošs		stāvošs		kopā	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Beigts	33		20	7,8	53	18,4
kritala	31	93,9	7	35,0	38	71,7
sausoknis			4	20,0	4	7,5
stumbeņis	2	6,1	9	45,0	11	20,8
Dzīvs			235	92,2	235	81,6
Kopā	33	11,5	255	88,5	288	

Kopumā dabā konstatēti (kuriem bija iespējams uzmērīt krūšaugstuma caurmēru) $11,6 \pm 4,16$ koki ha^{-1} no kuriem $1,7 \pm 1,09$ koki ha^{-1} ir guļoši, bet $9,9$ koki ha^{-1} - stāvoši. Lielākais vienā nogabalā konstatētais koku skaits ir $21,7$ koki ha^{-1} , bet mazākais konstatēto koku skaits nogabalā ir $6,2$ koki ha^{-1} . 4 nogabalos ir konstatēti mazāk par 10 kokiem ha^{-1} . Dzīvo koku daudzums ir vidēji $8,6 \pm 3,26$ koki ha^{-1} ($17,4 \pm 8,72$ $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Kritalu daudzums vidēji ir $2,40 \pm 1,50$ $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (svārstās no 0 līdz $5,7$ $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), bet kopējā atmirušo koku krāja ir vidēji $3,3 \pm 2,02$ $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (no 0,12 līdz $7,3$ $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) (kopējā krājā nav ierēķināta krāja, ko veido no stumbeņiem nokritušo galotņu krāja).

Vērtējot visus dabā konstatētos kokus pēc skaita, 74,7% koku ir dzīvi. No beigtajiem kokiem 58,8% ir kritalas, 34,6% stumbeņi un 6,5% sausokņi (1.4. attēls).



1.4. attēls. Koku īpatsvars pa sugām pēc to stāvokļa dabā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbeņis; k-kritala)

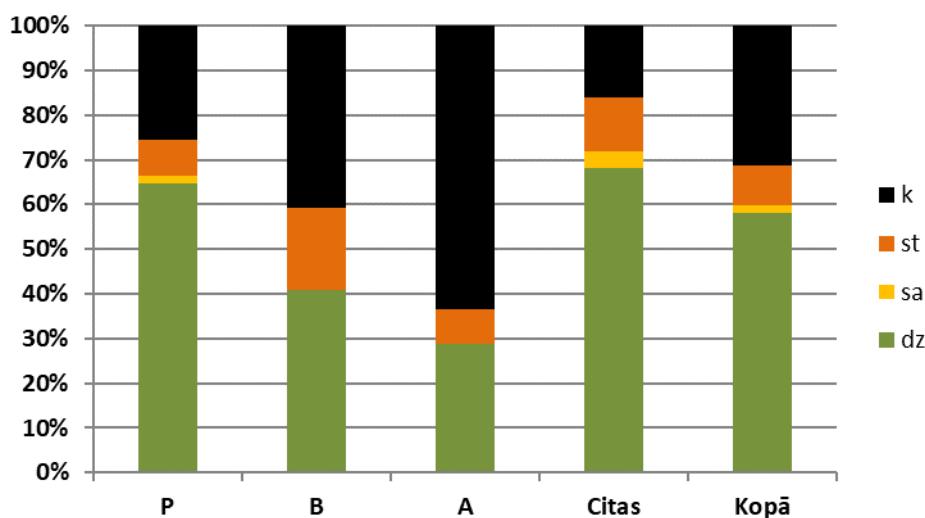
Visvairāk cirmās konstatētas priedes -kopumā 352 (58,2% no kopējā koku skaita), no kurām 75,0% priežu ir dzīvas (1.4. attēls). No beigtajām priedēm 68,2% ir kritālas, 26,1% stumbeņi, bet vēl 5,7% -kā sausokņi.

Otra visvairāk konstatētā koku suga cirmās ir ozols – kopumā 76 (12,6% no kopējā koku skaita), no kurām dzīvi ir 81,6%. No beigtajiem ozoliem 71,4% konstatēti kā kritālas, bet 28,6% kā stumbeņi.

Trešā visvairāk konstatētā suga ir melnalksnis – 70 (11,6% no kopējā koku skaita). Melnalkšņiem konstatēts lielākais dzīvo koku īpatsvars – 92,9%.

Koku atpazīšana vecajos objektos

Vecos objektu paraugkopā (meža atjaunošanas cirte veikta 2002.-2004. g.) 2022.g. konstatēts, ka dzīvas vēljoprojām ir 63% priežu, 40% bērzu un 26% apšu. Savukārt no pārējo koku sugu EK 2022.g. dzīvi ir 67% koku. (skat. 1.5. attēls un 1.5. tabula).



1.5. attēls. Koku īpatsvars pa sugām pēc to stāvokļa dabā 2002.g.-2004. .g cirmu paraugkopā (dz-dzīvs; sa-sausoknis; st-stumbeņis; k-kritāla)

1.5. tabula. 2002-2004.g. saglabāto ekoloģisko koku īpatsvars pēc to statusa 2022.g.

Suga	Dzīvs		Beigts								Kopā	
			Sausoknis		Stumbeņis		Kritāla		Kopā			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Priede	177	64,6	5	5,2	22	22,7	70	72,2	97	35,4	274	72,5
Bērzs	11	40,7			5	31,3	11	68,8	16	59,3	27	7,1
Apse	15	28,8			4	10,8	33	89,2	37	71,2	52	13,8
Citas	17	68,0	1	12,5	3	37,5	4	50,0	8	32,0	25	6,6
Kopā	220	58,2	6	3,8	34	21,5	118	74,7	158	41,8	378	

Priežu stāvokļa izmaiņas, salīdzinot 2013. un 2022. gadu dotas 1.6. tabulā. No 2013.g. dzīvajām priedēm, kas saglabātas cirmā kā ekoloģiskie koki, dzīvas ir 92%. Sausokņiem kļuvušas 3%, par kritālām 3%, bet par stumbeņiem 1%. No 2013.g. reģistrētajiem sausokņiem par stumbeņiem kļuvuši 44% par kritālām 22% koku. No 2013.g. uzskaitītajiem stumbeņiem 74% vēljoprojām ir stumbeņa statusā.

1.6. tabula. 2002.-2004. g. saglabāto ekoloģisko koku (priede, apse) statusa maiņa 2013. g. un 2022. g.

Statuss 2013.g.	Statuss 2022.g.	Īpatsvars, %	
		Priede	Apse
Dzīvs	Dzīvs	92	79
	Sausoknis	2	0
	Stumbenis	2	11
	Kritala	3	11
	Nav atrodams	2	0
Sausoknis	Sausoknis	9	0
	Stumbenis	36	0
	Kritala	36	100
	Nav atrodams	18	0
Stumbenis	Stumbenis	70	13
	Kritala	25	87
	Nav atrodams	5	0
Kritala	Kritala	97	94
	Nav atrodams	3	6

Kopumā dabā konstatēti $10,1 \pm 1,8$ koki ha^{-1} no kuriem $3,2 \pm 1,7$ koki ha^{-1} ir guļoši, bet $7,0$ koki ha^{-1} - stāvoši. Lielākais vienā nogabalā konstatētais koku skaits ir $20,8$ koki ha^{-1} , bet mazākais konstatēto koku skaits nogabalā ir $6,3$ koki ha^{-1} . 6 nogabalos ir konstatēti mazāk par 10 kokiem ha^{-1} . Dzīvo koku daudzums ir vidēji $5,9 \pm 1,7$ koki ha^{-1} ($13,5 \pm 4,9 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Kritalu daudzums vidēji ir $4,40 \pm 2,7 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (svārstās no 0 līdz $24,6 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), bet kopējā atmirušo koku krāja ir vidēji $5,4 \pm 2,5 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (no $0,55$ līdz $25,6 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) (kopējā krājā nav ierēķināta krāja, ko veido no stumbeņiem nokritušo galotņu krāja).

Vērtējot visus dabā konstatētos kokus pēc skaita, $58,1\%$ koku ir dzīvi. No beigtajiem kokiem $74,7\%$ ir kritalas, $21,5\%$ stumbeņi un $3,8\%$ sausokņi.

Lielākais vidējais caurmērs starp atstātajām koku sugām konstatēts apsei – $54,1 \pm 1,4 \text{cm}$, kam seko priede $43,4 \pm 0,6 \text{cm}$ un bērzs $41,7 \pm 1,2 \text{cm}$ (1.7. tabula). Apsei konstatēts arī lielākais individuāla koka caurmērs - $89,2 \text{cm}$.

1.7. tabula. Koku caurmēri krūšaugstumā pa koku sugām

Suga	N	D _{1,3}				
		Vid	Min	Max	STDEV	SE
Priede	274	43,4	17,1	77,7	10,2	0,6
Bērzs	27	41,7	25,0	54,0	7,2	1,4
Apse	52	54,1	36,6	89,2	10,0	1,4
Citas	25	34,3	14,2	82,4	14,1	2,8
Kopā	378					

1.3. Ekoloģisko koku izdzīvošanas analīze, balstot uz LĢIA aerofoto attēlu laika sēriju analīzi un LĢIA LiDAR datiem

1.3.1. Materiāls un metodika

No LĢIA aerofoto attēlu dešifrēšanas (1.1. nodaļa) datiem izveidota laika rinda, kurā katram identificētajam ekoloģiskajam kokam noteikts tā statuss nākamajā aerofotogrāfēšanas ciklā. LVM GEO uz LĢIA LiDAR datiem izveidotais veģetācijas augstumu slānis tika izmantots, kā vizuālās kontroles dati, aerofotoainu dešifrēšanā.

Atsevišķi salīdzinātas 2002.-2004. g. cirsmas (CC02-04), 2009.g. cirsmas (CC09) un 2001.g. -2011.g. cirsmas ar saglabātiem sēklu kokiem (CC SK) paraugkopas.

1.3.2. Rezultāti

Ekoloģisko koku izdzīvošana un statusa maiņa 2002.-2004. g. cirmās (CC02-04)

Ekoloģisko koku statusa izmaiņas 2002.-2004. g. cirmās dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos dotas 1.8. tabulā. Kopā pētāmajos nogabalos dešifrēti 6845 koki.

1.8. tabula. Ekoloģisko koku statusa izmaiņas 2002.-2004. g. cirmās dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos

Cikls	Statuss	Reģions								Kopā
		Austrum-vidzeme	Dienvi- kurzeme	Dienvi- latgale	Rietum- vidzeme	Vidus- daugava	Zemgale	Ziemeļ- kurzeme	Ziemeļ- latgale	
2.	Kopā	849	774	735	973	645	949	962	958	6845
3.	NR	58	30	42	59	38	18	12	51	308
	STA	758	635	684	871	573	825	789	895	6030
	KRT	33	109	9	43	34	106	161	12	507
4.	NR	94	148	33	78	76	129	170	78	806
	STA	740	621	684	838	567	812	784	868	5914
	KRT	15	5	18	57	2	8	8	12	125
5.	NR	118	167	50	149	77	139	178	82	960
	STA	728	601	682	809	565	804	772	868	5829
	KRT	3	5	3	15	3	6	11	8	54
	STB		1					1		2
6.	NR	109	157	52	151	79	146	191	83	968
	STA	727	599	681	800	564	799	770	864	5804
	KRT	12	12	2	22	2	4	1	11	66
	STB	1	6							7
7.	NR	126	180	71	174	82	156	195	48	1032
	STA	721	591	654	794	561	790	762	864	5737
	KRT	2	3	9	5	2	3	5	46	75
	STB			1						1

NR -nav reģistrēts, STA -stāvošs, KRIT – kritala, STB - stumbenis

3. aerofotogrāfēšanas cikla ortofoto attēlos nav atpazīstami (nav reģistrēti) 4% no kokiem, kas dešifrēti kā stāvoši 2. ciklā, savukārt kā stāvoši dešifrēti 88% no identificētajiem kokiem. Kā kritalas dešifrēti 7% no kokiem. Laika gaitā no 2. cikla līdz 7. ciklam stāvošu koku īpatsvars samazinās līdz 84%, bet neidentificēto koku skaits pieaug no 4 līdz 15%. Ar augstu varbūtību var pieņemt, ka neidentificētie koki ir kļuvuši par kritālām (skat. 1.2. nodaļas analīzi). Starp reģioniem konstatētas ievērojamas atšķirības – Latvijas rietumu reģionos (Ziemeļkurzemē, Dienvidkurzemē, Zemgalē) kā kritalas 3. ciklā reģistrēti 11 - 17 % no dešifrētajiem EK, savukārt Austrumu reģionos (Dienvidlatgale, Ziemeļlatgale) tikai 1% no dešifrētajiem EK. Nākamajos ciklos, neskatoties uz attēlu izšķirtspējas paaugstināšanos, neregistrēto koku īpatsvars pieaug no 4 līdz 15%, kas skaidrojams ar to, ka daļa no tiem ir kļuvuši par kritālām un tos nosedz jaunās paaudzes koku vainagi. Palielināts kritalu īpatsvars Latvijas rietumu reģionos saistāms ar 2005.g. janvāra ciklona vētru, kuras laikā ievērojami lielāks vēja ātrums un attiecīgi arī kokaudžu bojājumi bija Latvijas

rietumu reģionos. Ņemot vērā 1.2. nodaļā aprakstītajās testa teritorijās konstatēto, jāsecina, ka 2. ciklā neidentificēto koku īpatsvars ir ievērojami lielāks, jo lauku darbos konstatēs, ka 2022.g. apsekojumā kā dzīvi ir reģistrēti 58% no 2002.-2004.g. saglabātajiem ekoloģiskajiem kokiem.

Ekoloģisko koku izdzīvošana un statusa maiņa 2009. g. cirmās (CC09)

Ekoloģisko koku statusa izmaiņas 2009. g. cirmās dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos dotas 1.9. tabulā. Kopā pētāmajos nogabalos dešifrēti 3301 koks.

1.9. tabula. Ekoloģisko koku statusa izmaiņas 2009. g. cirmās dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos

Reģions	Status s 4.c.	4. cikls	5. cikls				6. cikls				7. cikls			
		n	NR	STA	KRT	STB	NR	STA	KRT	STB	NR	STA	KRT	STB
Austrum-vidzeme	STA	387	41	308	24	14	71	301	3	12	72	288	20	7
	KRT	21	21	-	-	-	21	-	-	-	21	-	-	-
	STB	15	1	-	-	14	-	-	-	15	15	-	-	-
	Kopā	423	63	308	24	28	92	301	3	27	108	288	20	7
Dienvid-kurzeme	STA	702	9	672	14	7	26	658	13	5	37	653	9	3
	KRT	7	5	-	2	-	5	-	2	-	7	-	-	-
	STB	12	3	-	1	8	9	-	-	3	10	-	-	2
	Kopā	721	17	672	17	15	40	658	15	8	54	653	9	5
Dienvid-latgale	STA	326	11	239	20	56	57	222	15	32	114	191	10	11
	STB	8	-	-	-	8	-	-	-	8	4	-	-	4
	Kopā	334	11	239	20	64	57	222	15	40	118	191	10	15
Rietum-vidzeme	STA	317	6	299	9	5	11	294	10	4	21	292	5	1
	KRT	5	5	-	-	-	5	-	-	-	5	-	-	-
	STB	3	-	-	-	3	-	-	-	3	1	-	1	1
	Kopā	327	11	299	9	8	16	294	10	7	27	292	6	2
Vidusdaugava	STA	444	16	400	19	3	38	388	16	1	55	381	8	-
	KRT	1	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
	STB	6	-	-	-	6	4	-	1	1	6	-	-	-
	Kopā	451	17	400	25	9	43	388	17	3	62	381	8	-
Zemgale	STA	272	13	243	15	1	21	227	18	6	44	220	4	4
	KRT	21	21	-	-	-	21	-	-	-	21	-	-	-
	STB	2	-	-	-	2	-	-	2	-	2	-	-	-
	Kopā	295	34	243	15	3	42	227	20	6	67	220	4	4
Ziemeļ-kurzeme	STA	235	14	202	14	5	19	196	12	8	23	191	5	2
	KRT	1	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
	STB	6	1	-	-	5	3	-	1	2	6	-	-	-
	Kopā	242	16	202	14	10	23	196	13	10	44	191	5	2
Ziemeļ-latgale	STA	489	25	450	9	5	18	411	48	12	94	384	4	7
	KRT	16	16	-	-	-	16	-	-	-	16	-	-	-
	STB	3	-	-	-	3	-	-	-	3	1	-	-	2
	Kopā	508	41	450	9	8	34	411	48	15	111	384	4	9
Kopā	Kopā	3301	210	2813	133	145	347	2697	141	116	591	2600	66	44

NR -nav reģistrēts, STA -stāvošs, KRT – kritāls, STB - stumbeņis

No 3031 ekoloģiskā koka, kas reģistrēti 4. cikla kartēs (2010.g., 2011.g.), kā stāvoši 5. ciklā (2013.-2015.g.) atpazīti 85%, 6. ciklā (2016.-2018.g.) - 82%, bet 7. ciklā (2019.-2021.g.) - 79%. 7. ciklā 18% no kokiem netika atkārtoti identificēti, salīdzinot ar 4% 5. cikla kartēs. Jāatzīmē, ka jau 4. cikla attēlos 128 koki (4%) t.i., 1-2 gadus pēc circes tika identificēti kā kritālas vai stumbeņi. Atšķirībā no 2002. g.-2004. g. cirmās atstātajiem ekoloģiskajiem kokiem, kur vislielākais stāvošo koku skaita samazinājums bija Latvijas rietumu reģionos, šajās cirmās

(CC09), ievērojami lielāks stāvošo ekoloģisko koku skaita samazinājums ir Dienvidlatgalē un Austrumvidzemē, kur 5. ciklā atpazīti kā stāvoši tikai 73% un 80% no 4. ciklā stāvošajiem kokiem, bet 7. ciklā tikai 59% un 74%. Pārējos reģionos 7.ciklā kā stāvoši reģistrēti 75 - 93% no 4 .ciklā stāvošajiem kokiem. Tas varētu būt skaidrojams ar 2010. g. vasarā notikušajām negaisa vētrām, kuru rezultātā Dienvidlatgalē un Austrumvidzemē tika bojātas relatīvi daudz kokaudžu.¹ Jānorāda, ka salīdzinot CC02-04 un CC09 objektus tendence ir līdzīga – straujākais stāvošo koku skaita samazinājums ir tieši pirmajos gados pēc ekoloģisko koku atstāšanas izcirtumā, bet vēlāk to nogāšanas vai nolaušanas varbūtība samazinās.

Saglabāto koku izdzīvošana un statusa maiņa 2001.-2011. g. cīsmās, kurās saglabāti sēklu koki (CC_SK)

Lai arī sēklu koku saglabāšanai ir cita motivācija un attiecīgi izvēles principi – to izvēle ir balstīta uz šo koku kvalitāti no mežsaimnieciskā viedokļa, bet ne to piemērotības kā dzīvotnēm epifītiem, episkilītiem utt. kā tas noteikts attiecībā uz ekoloģisko koku izvēli, tomēr šie objekti ļauj nosacīti izvērtēt lielākā skaitā saglabāto koku funkcionālo nozīmi. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2001.-2004.g. cīsmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos dotas 1.10. tabulā. Kopā pētāmajos nogabalos dešifrēti 3927 koki, kas atrodas 69 nogabalos.

1.10. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2001. -2004. g. cīsmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos

Cikls	Sta-tuss	Reģions						Kopā
		Austrum-vidzeme	Dienvid-kurzeme	Rietum-vidzeme	Vidus-daugava	Zem-gale	Ziemeļ-kurzeme	
2. cikls	STA	2549	262	69	259	295	493	3927
3. cikls	NR	151	-	1	-	9	7	168
	STA	2085	102	60	259	267	485	3258
	KRT	312	160	8	-	19	1	500
	STB	1	-	-	-	-	-	1
4. cikls	NR	417	161	28	183	27	8	824
	STA	1998	94	41	72	266	475	2946
	KRT	134	7	-	4	1	10	156
	STB	-	-	-	-	1	-	1
5. cikls	NR	555	180	28	187	29	18	997
	STA	1985	82	41	72	263	475	2918
	KRT	8	-	-	-	3	-	11
	STB	1	-	-	-	-	-	1
6. cikls	NR	531	183	28	187	31	16	976
	STA	1985	79	41	72	263	475	2915
	KRT	32	-	-	-	1	2	35
	STB	1	-	-	-	-	-	1
7. cikls	NR	546	183	28	187	32	17	993
	STA	1985	79	41	72	263	475	2915
	KRT	17	-	-	-	-	1	18
	STB	1	-	-	-	-	-	1

NR -nav reģistrēts, STA -stāvošs, KRT – kritala, STB - stumbenis

- aerofotogrāfēšanas cikla ortofoto attēlos nav atpazīstami (nav reģistrēti) 4% no kokiem, kas dešifrēti kā stāvoši 2. ciklā, savukārt kā stāvoši dešifrēti 83% no identificētajiem kokiem. Kā kritalas dešifrēti 12% no kokiem. Laika gaitā no 2. cikla līdz 7. ciklam stāvošu koku īpatsvars samazinās līdz 74%, bet neidentificēto koku skaits pieaug no 4% līdz 25%. Ar augstu varbūtību var pieņemt, ka neidentificētie koki ir kļuvuši par kritālām vai nocirsti.

¹ 2010. gada 8. augusta negaisi Latvijā — Vikipēdija (wikipedia.org)

Saglabāto koku statusa izmaiņas 2004.-2007.g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos dotas 1.11. tabulā. Kopā pētāmajos nogabalos dešifrēti 4328 koki, kas saglabāti 61 cirmā.

1.11. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2004. -2007. g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos

Cikls	Statuss	Reģions							Kopā
		Austrum-vidzeme	Dienvid-latgale	Rietum-vidzeme	Vidus-daugava	Zem-gale	Ziemeļ-kurzeme	Ziemeļ-latgale	
3. cikls	STA	2324	72	33	695	898	251	55	4328
4. cikls	NR	97	-	-	292	29	-	-	418
	STA	2127	72	33	403	863	251	55	3804
	KRT	99	-	-	-	6	-	-	105
	STB	1	-	-	-	-	-	-	1
5. cikls	NR	260	-	-	513	36	2	-	811
	STA	1925	72	33	182	862	249	55	3378
	KRT	132	-	-	-	-	-	-	132
	STB	7	-	-	-	-	-	-	7
6. cikls	NR	392	-	-	513	41	4	-	950
	STA	1918	72	33	182	856	247	55	3363
	KRT	9	-	-	-	1	-	-	10
	STB	5	-	-	-	-	-	-	5
7. cikls	NR	402	-	-	513	42	6	-	963
	STA	1904	72	33	182	856	245	55	3347
	KRT	12	-	-	-	-	-	-	12
	STB	6	-	-	-	-	-	-	6

NR -nav reģistrēts, STA -stāvošs, KRT – kritāla, STB - stumbenis

4. aerofotogrāfēšanas cikla ortofoto attēlos nav atpazīstami (nav reģistrēti) 9,7 % no kokiem, kas dešifrēti kā stāvoši 3. ciklā, savukārt kā stāvoši dešifrēti 87,9% no identificētajiem kokiem. Kā kritālas dešifrēti 12% no kokiem. Laika gaitā no 3. cikla līdz 7. ciklam stāvošu koku īpatsvars samazinās līdz 78%, bet neidentificēto koku skaits pieaug no 4% līdz 22%. Ar augstu varbūtību var pieņemt, ka neidentificētie koki ir kļuvuši par kritālām vai nocirsti.

Saglabāto koku statusa izmaiņas 2008.-2010.g. cirmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos dotas 1.12. tabulā. Kopā pētāmajos nogabalos dešifrēti 4619 koki, kas saglabāti 89 cirmās.

1.12. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2008. -2010. g. cīsmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos

Cikls	Statuss	Reģions				Kopā
		Austrumvidzeme	Dienvidkurzeme	Dienvidlatgale	Vidusdaugava	
4. cikls	STA	3101	153	483	882	4619
5. cikls	NR	238	1	275	132	646
	STA	2604	147	193	708	3652
	KRT	246	5	15	27	293
	STB	13			15	28
6. cikls	NR	502	6	290	182	980
	STA	2569	146	193	654	3562
	KRT	23	1		36	60
	STB	7			10	17
7. cikls	NR	519	6	291	225	1041
	STA	2543	145	192	644	3524
	KRT	37	2		3	42
	STB	2			10	12

NR -nav reģistrēts, STA -stāvošs, KRT – kritala, STB - stumbeņis

5. aerofotogrāfēšanas cikla ortofoto attēlos nav atpazīstami (nav reģistrēti) 14 % no kokiem, kas dešifrēti kā stāvoši 4. ciklā, savukārt kā stāvoši dešifrēti 79% no identificētajiem kokiem. Kā kritalas dešifrēti 6 % no kokiem. Laika gaitā no 4. cikla līdz 7. ciklam stāvošu koku īpatsvars samazinās līdz 76%, bet neidentificēto koku skaits pieaug no 14% līdz 22%. Ar augstu varbūtību var pieņemt, ka neidentificētie koki ir kļuvuši par kritālām vai nocirsti.

Saglabāto koku statusa izmaiņas 2011.g. cīsmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos dotas 1.13. tabulā. Kopā pētāmajos nogabalos dešifrēti 1485 koki, kas saglabāti 19 cīsmās.

1.13. tabula. Saglabāto koku statusa izmaiņas 2011. g. cīsmās ar sēklu kokiem dažādu aerofotogrāfēšanas ciklu attēlos

Cikls	Statuss	Reģions					Kopā
		Austrum-vidzeme	Dienvidlatgale	Vidusdaugava	Zemgale	Ziemeļlatgale	
5. cikls	STA	741	36	216	36	456	1485
6. cikls	NR						0
	STA	737	36	210	36	449	1468
	KRT	4		6		7	17
7. cikls	NR	4	6	6		7	23
	STA	736	29	210	36	447	1458
	KRT	1	1			2	4

NR -nav reģistrēts, STA -stāvošs, KRT – kritala, STB - stumbeņis

6. aerofotogrāfēšanas cikla ortofoto attēlos ir atpazīstami (ir reģistrēti) visi koki, kas dešifrēti kā stāvoši 5. ciklā, savukārt kā stāvoši dešifrēti 87,9% no identificētajiem kokiem. Kā kritalas dešifrēti 1% no kokiem. Laika gaitā no 5. cikla līdz 7. ciklam stāvošu koku īpatsvars samazinās līdz 98%, bet neidentificēto koku skaits pieaug no 0% līdz 1,5 %.

Izvērtējot visās analizētajās cirsmu grupās (CC02-04, CC09, CC SK) tajā skaitā arī nomināli blakus esošajos nogabalos esošo EK izdzīvošanu izvērtējot kokus, kas 3. aerofotogrāfēšanas ciklā uzskaitītos 4202 kokus, 5 ciklā kā izgāzti vai nolauzti konstatēti 808 koki, bet 6. ciklā kā izgāzti vai nolauzti atpazīti tikai 223 koki, t.i., lielākā daļa no tiem attēlos vairs nav atpazīstami, kas nozīmē, ka tikai ar ortofotoattēlu dešifrēšanu var novērtēt tikai sākotnējo koku izdzīvošanu. LiDAR datiem pašlaik ir pieejami tikai 1. cikla dati, bet paredzams, ka atkārtota LiDAR cikla datu izmantošana ļautu pagarināt laika rindas.

2. Dažāda telpiskā izvietojuma ekoloģisko koku ietekmi uz jaunās paaudzes koku augšanu sausieņu mežos novērtējums

2.1. Jaunās paaudzes koku taksācijas rādītāji un to dinamika atkarībā no attāluma līdz ekoloģiskajiem kokiem vai to grupām

2.1.1. Materiāls un metodika

Ekoloģisko koku novērtēšana (jaunās audzes) skat. 1.2.1. nodaļu

Atjaunošanās novērtēšana

Jaunaudzē uzmēra 8 apļveida parauglaukumus, izvietojot tos atbilstoši GPS iezīmētajiem punktiem (bet ne tuvāk kā 10 m no audzes malas vai ceļa vai grāvja)

Uzskaita sekojošas sugas – P; E; B; A; M; Ba; Oz; Os.

Jaunās audzes (jaunaudzes, kurās saglabāti ekoloģiskie koku un tās uzmērītas 1. reizi (2022.g.):

Katrā no 8 apļveida PL uzmēra:

- Kokus, kas mazāki par 2,1cm caurmērā (D1,3) – R=1,78 m PL, (uzmērot koku augstumus).
- Kokus, kas ir caurmērā 2,1-6,0 cm – R=2,82 m aplī (uzmērot caurmēru un reģistrē lielo koku veidlapā).
- Kokus, kas ir caurmērā 6,1cm-14 cm – R=5,05m aplī (uzmērot caurmēru, azimutu un attālumu līdz centram).
- Kokus, kas ir caurmērā virs 14 cm – R=12,62 m aplī (uzmērot caurmērus azimutu un attālumu līdz centram).
- No tiem kokiem, kuriem mērīts caurmērs (neskaitot ekokokus) uzmēra H:
- Valdošai (stādītās) koku sugai - 9 kokiem (3 tievi, 3 vidēji, 3 resni).
- Pārējām koku sugām no katras sugas – 3 kokiem (1 tievs, 1 vidējs, 1 resns).

Vecās audzes (jaunaudzes, kurās saglabāti ekoloģiskie koki un kurās uzmērīšana veikta jau 2013.g., bet atkārtota uzmērīšana 2022.g.):

Katrā no 8 apļveida PL uzmēra:

- Kokus, kas mazāki par 2,1cm caurmērā (D1,3) – R=1,78 m PL, (uzmērot koku augstumus).
- Kokus, kas ir caurmērā 2,1-6,0 cm – R=2,82 m aplī (uzmērot caurmēru un reģistrē lielo koku veidlapā)
- Kokus, kas ir caurmērā 6,1cm-14 cm – R=5,05m aplī (uzmērot caurmēru, azimutu un attālumu līdz centram).
- Kokus, kas ir caurmērā 14,1 -20.0 cm – R=7,98 m aplī (uzmērot caurmēru, azimutu un attālumu līdz centram).
- Kokus, kas ir caurmērā vismaz 20,1 cm (D1,3) – R=12,62 m aplī (uzmērot caurmēru, azimutu un attālumu līdz centram).

No tiem kokiem, kuriem mērīts caurmērs (neskaitot ekokokus) uzmēra H:

- Valdošai (stādītās) koku sugai - 9 kokiem (3 tievi, 3 vidēji, 3 resni).
- Pārējām koku sugām no katras sugas – 3 kokiem (1 tievs, 1 vidējs, 1 resns).

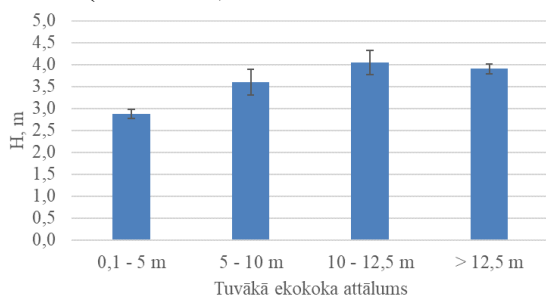
Tā kā parauglaukumu dizains ir atšķirīgs 1. un 2. uzmērīšanas reizē salīdzināmi ir tikai objektu vidējie dati, bet ne individuālu parauglaukumu dati.

2.1.2. Rezultāti

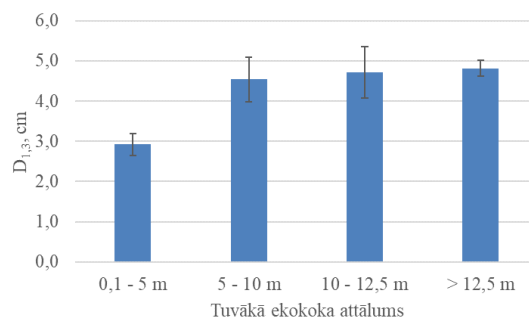
Atjaunošanās

10 gadus pēc atjaunošanas cirtes

Analizējot vidējo priežu augstumu un caurmēru atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma 10 gadus pēc atjaunošanas cirtes, var konstatēt tendenci, ka mētrājā, ja tuvākais ekoloģiskais koks atrodas līdz 5 m attālumā, tad vidējais priežu augstums ir aptuveni par 25% mazāks, bet vidējais caurmērs vidēji par aptuveni 40% mazāks nekā, ja ekoloģiskais koks atrodas vairāk nekā 12,5 m attālumā (2.1. attēls).



a)

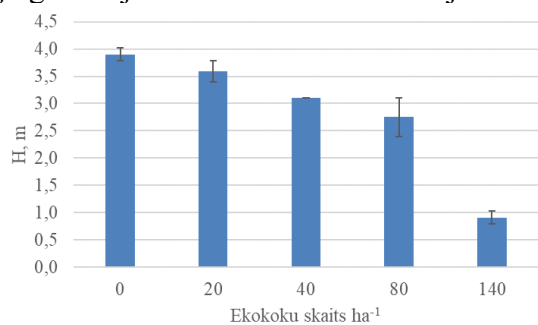


b)

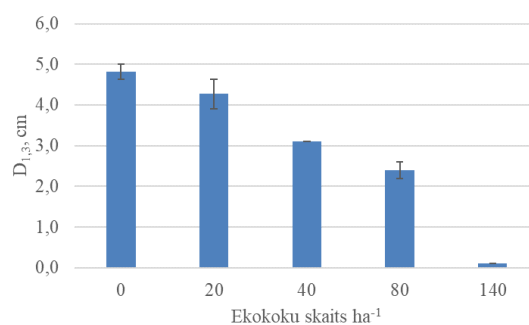
2.1. attēls. Vidējais priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrājā 10 gadus pēc atjaunošanas cirtes

Priežu jaunaudzēs lānā un damaksnī, kā arī egļu un bērzu jaunaudzēs damaksnī un vēri novērotas tendence, ka tālāk par 5 metriem no ekoloģiskā koka jaunās paaudzes vidējais augstums neatšķiras vairāk par 10% salīdzinot ar attālumu grupu tālāk par 12,5m.

Savukārt vērtējot ekoloģisko koku grupu ietekmi, var konstatēt tendenci, ka, ja 500 m² platībā koku grupā ir 7 koki, jeb 140 koki ha⁻¹, tad vidējais priežu augstums ir aptuveni par 80% mazāks, nekā, ja tuvākais ekoloģiskais koks atrodas vairāk nekā 12,5 m attālumā (2.2., 2.3.attēli). Jāatzīmē, ka šajā gradācijas klasē ir neliels novērojumu skaits.

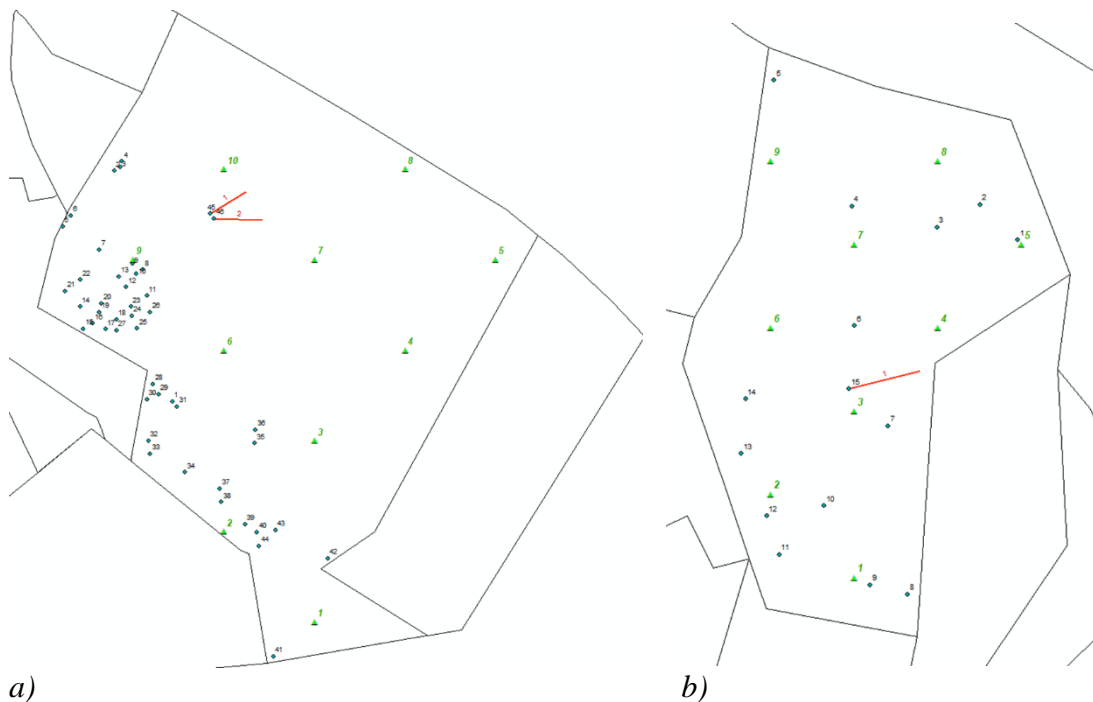


a)



b)

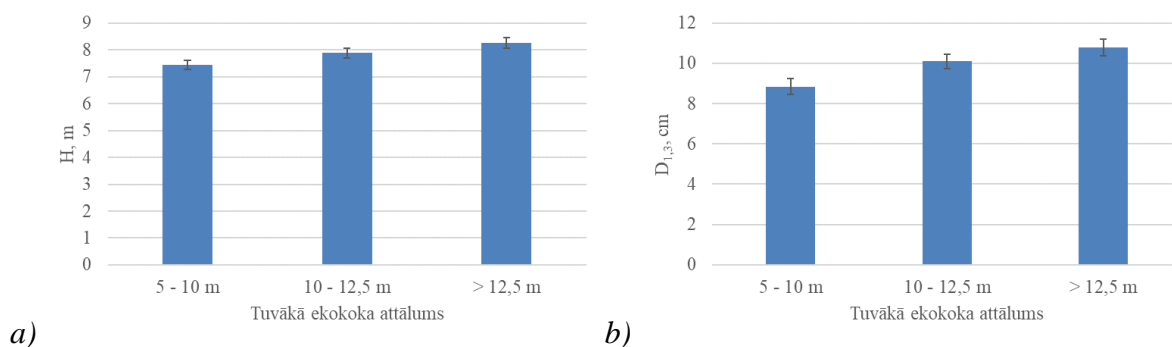
2.2. attēls. Vidējais priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no ekokoku skaita uz ha mētrājā 10 gadus pēc atjaunošanas cirtes



2.3. attēls. Grupās (a) un vienkārīgi (b) izvietoto ekokoku nogabalu piemēri

20 gadus pēc atjaunošanas circes

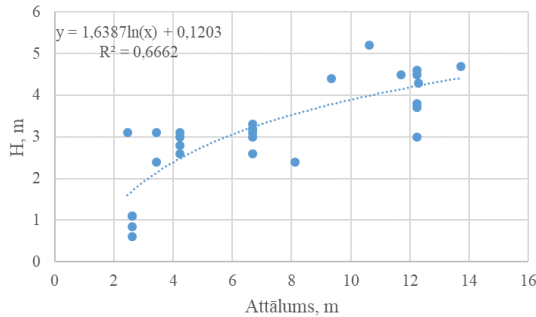
Analizējot vidējo priežu augstumu un caurmēru atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma 20 gadus pēc atjaunošanas circes, var konstatēt tendenci, ka mētrājā, ja tuvākais ekoloģiskais koks atrodas 5 - 10 m attālumā, tad vidējais priežu augstums ir aptuveni par 10% mazāks, bet vidējais caurmērs vidēji par aptuveni 18% mazāks nekā, ja ekoloģiskais koks atrodas vairāk nekā 12,5 m attālumā (2.4. attēls). Šīs atšķirības ir lielākas nekā tās, kas konstatētas 10 gadus pēc circes.



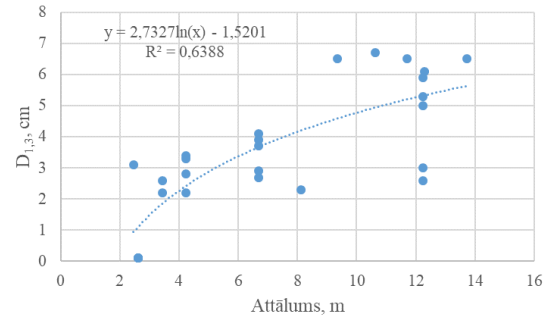
2.4. attēls. Vidējais priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrājā aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes

Iegūtie rezultāti ir līdzīgi ar citos pētījumos iegūtiem rezultātiem. Valkonen et al. (2002) konstatējis, ka atstātie ekoloģiskie koki samazina jaunās paaudzes priedes augstuma pieaugumus par 9-17 % 10 m rādiusā ap ekoloģisko koku. Jacobsson (2005) konstatējis, ka līdz 5 m attālumā no ekoloģiskā koka priedes produktivitāte ir samazināta par 23-26% salīdzinot ar lielāku attālumu no ekoloģiskā koka, vienlaikus audzēs uz auglīgākām augsnēm samazinājums ir apmēram 2 reizes mazāks, salīdzinot ar audzēm uz nabadzīgākām augsnēm. Siipilehto (2006) konstatējis, ka priežu jaunaudzēs augstuma pieaugums ir samazināts līdz 6 m no atstātā koka. Niimesto et al. (1993) konstatējis, ka ekoloģiskie koki ietekmē jaunās paaudzes priedes augstumu līdz pat 15 m no ekoloģiskā koka, tomēr šajā pētījumā pārsvarā iekļautas audzes no Somijas ziemeļiem un mazauglīgām augsnēm.

Analizējot individuāla koka dimensijas saistībā ar attālumu līdz ekoloģiskajam kokam var konstatēt, ka individuāla koka augstums un caurmērs visciešāk saistīts ar attālumu līdz ekoloģiskajam kokam priedēm mētrājā un bērziem vēri 10 gadus pēc circes (2.5.; 2.6.; 2.7.; 2.8.; 2.9.; 2.10.; 2.11.; 2.12.; 2.13. attēli.). Citos gadījumos sakarības ir vājas, tomēr daļā gadījumu tas ir skaidrojams ar to, ka ir neliels novērojumu skaits tuvāk par 5 metriem līdz ekoloģiskajam kokam, piemēram, mētrāja 20 gadus pēc circes (2.10.a ttēls).

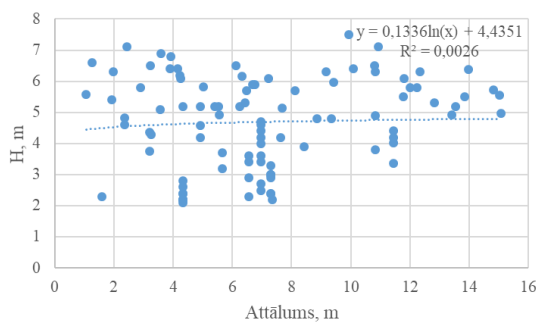


a)

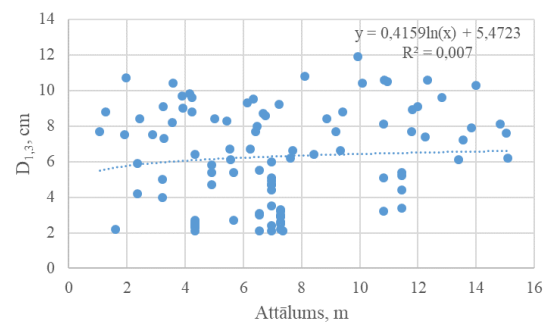


b)

2.5. attēls. Priedžu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrājā 10 gadus pēc atjaunošanas circes

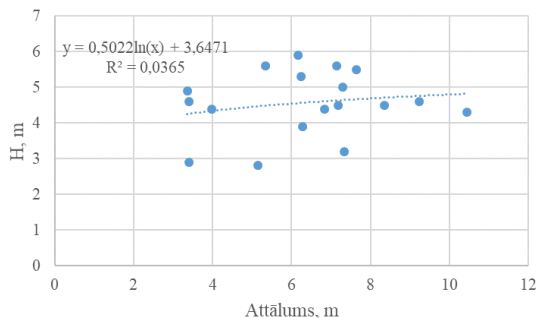


a)

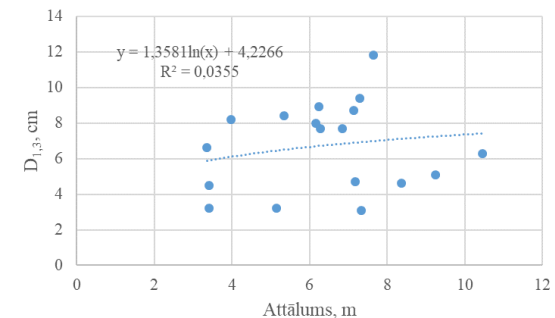


b)

2.6. attēls. Priedžu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma lānā 10 gadus pēc atjaunošanas circes

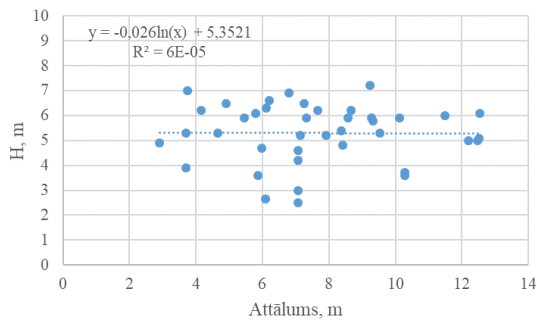


a)

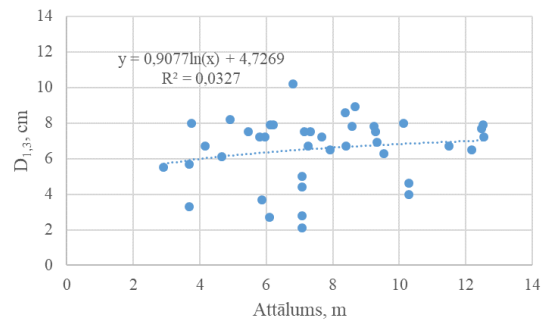


b)

2.7. attēls. Priedžu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma damaksnī 10 gadus pēc atjaunošanas circes

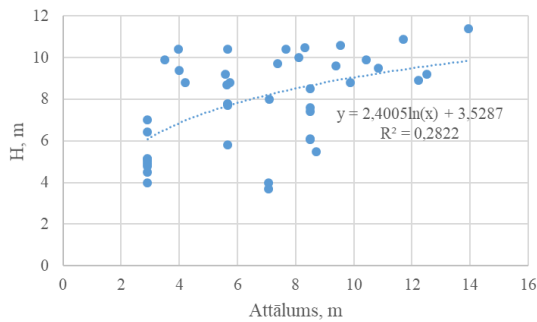


a)

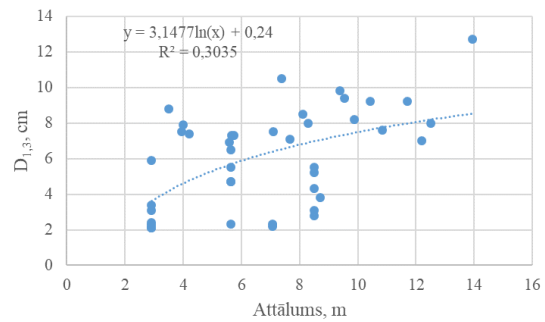


b)

2.8. attēls. Egļu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma vēri 10 gadus pēc atjaunošanas circes

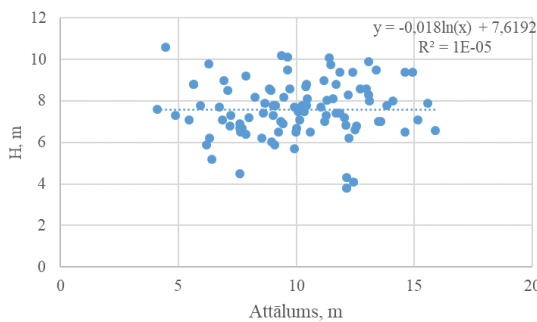


a)

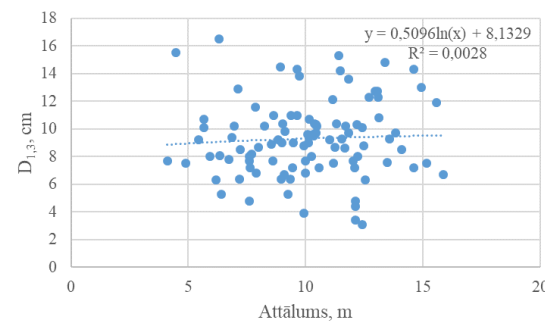


b)

2.9. attēls. Bērzu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma vēri 10 gadus pēc atjaunošanas circes

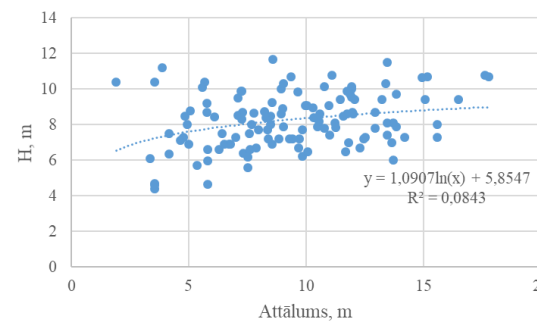


a)

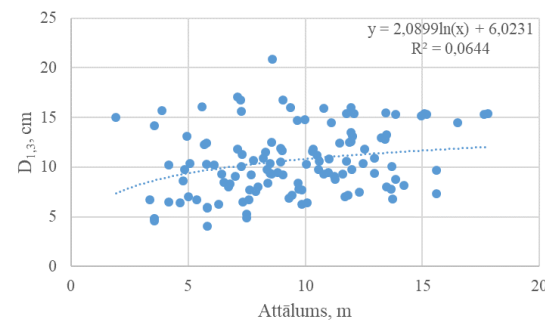


b)

2.10. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma mētrāja aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes

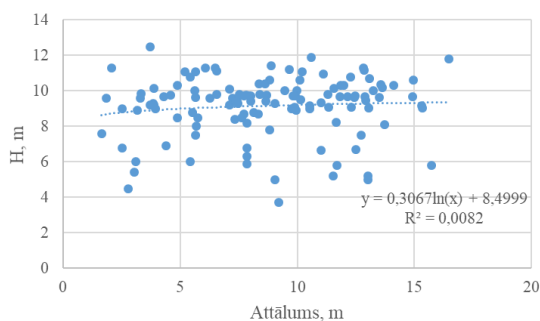


a)

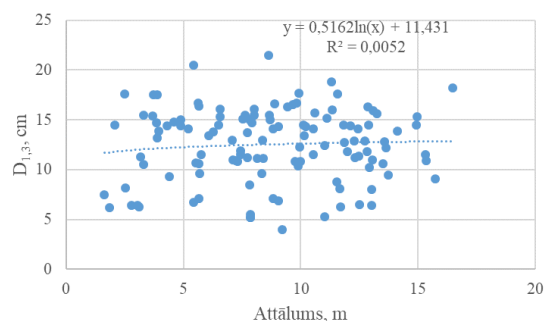


b)

2.11. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma lānā aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas circes

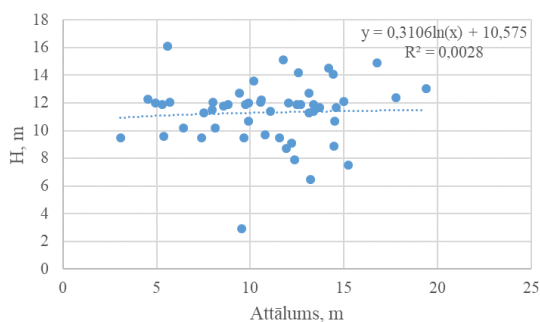


a)

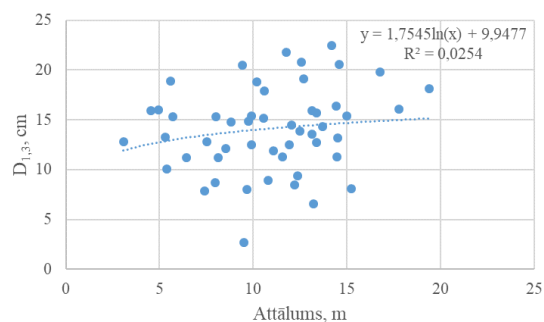


b)

2.12. attēls. Priežu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma damaksnī aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas cirtes



a)



b)

2.13. attēls. Egļu augstums (a) un caurmērs (b) atkarībā no tuvākā ekokoka attāluma vērī aptuveni 20 gadus pēc atjaunošanas cirtes

Ja analizē taksācijas rādītājus objektu līmenī 10 gadus pēc atjaunošanas cirtes, sadalot atsevišķa objekta parauglaukumus (500 m²) tajos, kur ir konstatēti un tajos, kur nav konstatēti ekoloģiskie koki, lielākajā daļā objektu parauglaukumos bez ekoloģiskajiem kokiem jaunās paaudzes koku caurmērs, augstums un šķērslaukums ir lielāks (2.1.tabula).

2.1. tabula. Objektu taksācijas rādītāji sadalījumā pa parauglaukumiem ar ekokokiem un bez ekokokiem 10 gadus pēc atjaunošanas cirtes

Objekts	MT	Parauglaukumi bez ekokokiem					Parauglaukumi ar ekokokiem				
		Sastāvs	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	N, ha ⁻¹	Sastāvs	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	N, ha ⁻¹
409-290-4	Mr	8P2B	3,7	3,4	1,8	1496	10P	0,1	0,9	0,003	4000
506-45-7	Mr	10P	4,4	3,7	2,9	1863	10P	4,0	3,5	2,0	1594
802-397-24	Mr	9P1B	5,3	4,6	3,0	1867	7P3B	3,4	3,3	0,9	1125
409-289-4	Ln	6P2B2E	4,2	3,4	2,8	2150	5E5P	4,9	4,9	2,2	2658
506-8-13	Ln	10P+B	5,1	4,3	4,8	2475	10P ats.B	4,4	3,9	3,2	2208
705-367-4	Ln	10P	7,7	5,6	7,0	1492	10P	7,2	5,6	9,1	2240
802-398-14	Ln	10P	2,7	2,6	0,5	900	5P5E	3,7	3,0	1,2	1000
103-528-7	Dm	7B3P+E	3,6	5,7	2,4	2315	6P4B	5,5	4,3	2,4	1367
103-535-22	Dm	7B3P+M	4,1	5,7	7,1	4796	6B4P	3,6	4,4	7,0	5175
409-336-7	Dm	8P1E1K+A;B	9,4	6,2	6,7	1039	3P2B2M1Oz1E	4,5	3,8	2,3	1183
506-34-24	Dm	10P+E	6,4	4,6	5,1	1589	10P	6,6	4,6	3,5	1025
103-547-9	Dm	7E2M1B ats.P	6,3	5,6	4,0	1344	-	-	-	-	-
609-291-21	Dm	10E ats.P	7,1	6,6	6,7	1794	8E2B+A,P	4,7	4,5	5,3	1458
705-250-20	Dm	8E2B	5,9	5,7	3,3	1183	6E4B	8,5	6,1	1,9	913

Objekts	MT	Parauglaukumi bez ekokokiem					Parauglaukumi ar ekokokiem				
		Sastāvs	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	N, ha ⁻¹	Sastāvs	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	N, ha ⁻¹
103-547-2	Vr	9E1A+B	6,4	5,6	2,2	819	-	-	-	-	-
210-57-13	Vr	9E1B	5,2	4,7	3,3	1970	10E+B	4,9	4,6	1,9	1225
210-71-3	Vr	7E3B	7,3	6,6	8,3	3650	9E1B	7,5	6,0	3,8	1150
210-85-15	Vr	10E	8,3	6,8	4,3	800	9E1M	5,6	5,3	2,7	1050
210-64-2	Vr	7B3E+M;BI	4,3	7,3	7,6	4519	8B2Ba+M	5,0	7,4	6,0	4075
210-91-1	Vr	9B1M+A	7,1	10,5	7,6	3075	4M3Ba3B	5,9	8,4	6,8	2206

3. Ekoloģisko koku funkcionālās lomas novērtējums

Kā jau minēts pētījuma ievadā ekoloģiskie koki (EK) ir apsaimniekotas ekosistēmas komponente, kas veicina meža ekosistēmu dažādu ekosistēmu pakalpojumu (EP) izpildi. Kā nozīmīgākā EK loma ir to regulējošo pakalpojumu izpilde, proti, dzīvotņu nodrošināšana mežam raksturīgajām dzīvnieku, putnu, bezmugurkaulnieku, augu, sūnu un ķērpju, sēņu u.c. sugām.

Ekoloģisko koku funkcionālā loma:

- Nodrošina vidi sugām, kuras var izturēt / pārciest traucējumu (kailcirti), bet kurām vajadzīgi veci vai kaltuši koki, lai izdzīvotu saimnieciskajos mežos (piem., epifītiem, koksne dzīvojošiem insektiem un sēnēm);
- Potenciālie ligzdu koki nākotnē;
- Izplatīšanās salas (stepping stones);
- Barošanās vieta/medību vieta;
- Dzīves vieta (ligzdu koki).

Bez tam kā nozīmīga šī pētījuma vajadzībām uzskatīta arī ekosistēmas pakalpojums “Oglekļa piesaisti un uzkrāšana”, bet no kultūras pakalpojumiem – vizuālā kvalitāte. Galvenais uzsvars pētījumā likts uz dzīvotņu nodrošināšanas funkciju.

Ekoloģiskie koki cirmās Latvijā tiek saglabāti no 5 -10 gab. ha⁻¹, savukārt sēklu koki (SK) 20 - 30 gab ha⁻¹. Lai arī sēklu koku saglabāšanas mērķis un izvēles principi ir atšķirīgi no EK izvēles principiem – SK ir no mežsaimniecības viedokļa kvalitatīvi, sēklas ražojoši, dzīvotspējīgi koki ar taisniem stumbriem un labi attīstītiem vainagiem, savukārt EK ir koki, kuriem potenciāli lielāka nozīme dzīvotņu nodrošināšanā – augtspējīgi iepriekšējās paaudzes koki – vai, ja tādu nav, – augtspējīgi koki, kuru caurmērs ir lielāks par valdošās koku sugas koku vidējo caurmēru nogabalā, vispirms izvēloties ozolus, liepas, priedes, ošus, gobas, vīksnas, kļavas, melnalkšņus, apses un bērzus, kā arī kokus ar deguma rētām, tomēr kamēr sēklu koki nav izvākti no mežaudzes tie veic arī regulējošās un kultūras pakalpojumu funkcijas.

3.1. Ekoloģisko koku loma citu meža ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā

3.1.1. Ekoloģisko koku pieejas būtība un vēsture pasaulē un Latvijā

“Saglabāšanas mežsaimniecība” (retention forestry) ir tāda meža apsaimniekošanas metode, kuras ietvaros, cērtot mežaudzē tiek saglabātas dažādas struktūras, piemēram, vecie koki un kritālas. Mērķis ir panākt meža struktūras, sastāva un sarežģītības nepārtrauktības līmeni, kas veicina bioloģisko daudzveidību un uztur ekoloģiskās funkcijas dažādos telpiskos mērogos. Atstāto struktūru daudzums un izvietojums (attālums starp objektiem) var būt ļoti atšķirīgs (Gustafsson et al. 2012). Šādas metodes izmantošana rada fokusa maiņu – tā vietā, lai fokusētos uz to, kas tiek iegūts, uzsvars tiek likts uz to kāda veida un cik daudz meža struktūras tiek atstātas (Franklin et al. 1997 cit. pēc Gustafsson et al. 2012).

Ekoloģisko koku pieeja mežsaimniecībā attīstījusies aptuveni pēdējo 35 gadu laikā, un tā tika ieviesta Ziemeļamerikas ziemeļrietumu daļā kā atbilde uz strauji notiekošo mežu pārveidošanu un vajadzību veiksmīgāk integrēt koksnes ražošanu un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu (Gustafsson et al. 2012). Saglabāšanas apsaimniekošanas ideja parādījās, balstoties uz novērojumu, ka pat intensīvu dabisko traucējumu rezultātā jaunajā meža saglabājas telpiskais neviendabīgums un tiek atstāts vecā meža bioloģiskais mantojums, piemēram, stāvoši miruši koki, nogāzto koku stumbri un dzīvi vecie koki, savukārt kailcirtes gadījumā tiek atstāta vienkārša, homogēna vide (Franklin et al. 2000).

Latvijā pēckara periodā cirmās mēdza atstāt sēklu kokus, un šie koki pēc audzes sekmīgas atjaunošanās tika nocirsti (Zālītis 1999). 1997.g. VMD rīkojums noteica, ka galvenajā cirtē atstājami:

- Atsevišķi (5-10 koki uz ha) vecākie vēja izturīgi koki: apses, priedes, ozoli, oši, kļavas, gobas un vīksnas,

- Dobumaini koki un sauso koku stubeņi
 - Koki ar lielām ($d > 50\text{cm}$) putnu ligzdām un koku rinda ap tiem.
- Atbilstoši MK noteikumiem (2013. g.) cērtot kokus, saglabā šādus augošus kokus:
- rēķinot uz cirsmas hektāru, vismaz piecus ekoloģiskos kokus – augtspējīgus iepriekšējās paaudzes kokus – vai, ja tādu nav, – augtspējīgus kokus, kuru caurmērs lielāks par valdošās koku sugas koku vidējo caurmēru nogabalā. Ieteicams vispirms izvēlēties ozolus, liepas, priedes, ošus, gobas, vīksnas, kļavas, melnalkšņus, apses un bērzus, kā arī, ja tādi ir, kokus ar deguma rētām;
 - kokus ar lielām (vairāk nekā 50 centimetru diametrā) putnu ligzdām, ja tādi ir, kā arī koku rindu un pamežu ap tiem;
 - dobumainus kokus, kuru dobuma diametrs ir lielāks par 10 centimetriem, ja tādi ir.
- 2022.g. veiktajos MK noteikumu grozījumos noteikts, ka
- "54.1. ekoloģiskos kokus - augtspējīgus iepriekšējās paaudzes kokus - vai, ja tādu nav, - augtspējīgus kokus, kuru caurmērs ir lielāks par valdošās koku sugas koku vidējo caurmēru nogabalā, vispirms izvēloties ozolus, liepas, priedes, ošus, gobas, vīksnas, kļavas, melnalkšņus, apses un bērzus, kā arī kokus ar deguma rētām:
- 54.1.1. kailcirtē, ja mežaudze ir sasniegusi galvenās cirtes caurmēru, - vismaz astoņus ekoloģiskos kokus, rēķinot uz cirsmas hektāru;
- 54.1.2. pārējās cirmās - vismaz piecus ekoloģiskos kokus, rēķinot uz cirsmas hektāru;"
- "55. Cērtot sausus kokus, saglabā resnākos kritušus, nolauztus vai stāvošus sausus kokus, vispirms izvēloties tos, kuru diametrs 1,3 metru augstumā no sakņu kakla vai lūzuma vietā, ja tā ir zem 1,3 metru augstuma no sakņu kakla, ir lielāks par 50 centimetriem:
- 55.1. kailcirtē, ja mežaudze ir sasniegusi galvenās cirtes caurmēru, - vismaz 10 šādus kokus, rēķinot uz cirsmas hektāru;
- 55.2. pārējās cirmās - vismaz četrus šādus kokus, rēķinot uz cirsmas hektāru."
- LVM iekšējie normatīvi akti (Dabas aizsardzības prasības meža darbos) paredz, ka cērtot kokus, saglabāt vismaz 10 kokus, rēķinot vidēji uz cirsmas hektāru. Pārējās izvirzītās atbilstoši MK noteikumiem.

3.1.2. Ekoloģisko koku izvēles principi

Saglabājamo koku skaits un apjoms

Visbiežāk ekoloģisko koku saglabāšanas līmeni raksturo noteiktā meža platībā atstāto koku skaits vai virszemes koksnes apjoms uz hektāru, ja tiek atstāti individuāli koki, vai, ja koki atstāti grupās, šo līmeni raksturo procentuālais saglabātās koksnes apjoms no kopējā izcirstā apjoma (Gustafsson et al. 2012). Dažādu Eiropas valstu likumdošanā ir noteikts, ka izcirtumos saglabājami divi līdz desmit ekoloģiskie koki uz hektāru (Niedermann-Meier et al. 2010, Simonsson et al. 2015). Vai šis apjoms ir pietiekams, ir atkarīgs no aizsardzības mērķiem, iesaistītajām sugām un biotopā dominējošajiem vides apstākļiem (Cosyns et al. 2019). Neizcirsto koku aizņemtā platība un koksnes apjoms dažādās pasaules vietās mēdz atšķirties pat četrdesmit reižu, piemēram, Somijā saglabājot 1 – 3 % no izcirstā apjoma, savukārt pamatiedzīvotāju apsaimniekotajā Vankūveras salā Kanādā tiek saglabāti vairāk nekā 40 % koku (Gustafsson et al. 2012). Domājams, ka pastāv tāds koku saglabāšanas līmenis, zem kura konkrētu sugu izdzīvošana netiek nodrošināta. Gustafsson et al. (2012) kā minimālo līmeni norāda 5 – 10 %, tomēr atzīmē, ka bieži vien ir nepieciešams ievērojami lielāks līmenis, lai iegūtu pozitīvu ekoloģisko atbildi.

Saglabājamo koku īpašības

Izvēloties ekoloģiskos kokus, bieži tiek noteiktas prasības to minimālajam diametram un vēlamajai sugai. (Gustafsson et al. 2012). Arī Latvijā, piemēram, MK noteikumos par koku ciršanu

mežā (MK 2012) norādīts, ka par ekoloģiskajiem kokiem primāri atstājami ozoli, liepas, priedes, oši, gobas, vīksnas, kļavas, melnalkšņi, apses un bērzi un koki ar deguma rētām.

Somijā veiktie pētījumi liecina, ka ekonomiskais izdevīgums no dažādu struktūru atstāšanas var būt atkarīgs no reģiona, piemēram, kā dzīvus kokus atstāt bērzus un apses izdevīgāk ir Somijas dienvidu daļā, savukārt ziemeļos – priedi un egli (Jonsson et al. 2010). Vanha-Majamaa un Jalonen (2001) min vairākas platlapju sugas, kuras atbilstoši konkrētu uzņēmumu vadlīnijām būtu izvēlāmas kā ekoloģiskie koki, un apse tiek izcelta kā suga ar lielu ekoloģisko vērtību īpaši epifītu daudzveidības saglabāšanā (Cit. pēc Kaufmann et al. 2021).

Ja mērķis ir nodrošināt ķērpju un briofītu sugu saglabāšanu, izvēloties ekoloģiskos kokus, svarīgāk par koku diametru ir izvēlēto koku sugu daudzveidība (Kaufmann et al. 2021). Tomēr koku diametram ir pozitīva ietekme uz epifītu daudzveidību, un tas korelē ar koku vecumu, kas savukārt ir saistīts ar fizikāli ķīmiskajām izmaiņām koka stumbrā (Boudreault et al., 2008; Juriado et al., 2009; Larsen et al., 2007 cit. pēc Kaufmann et al. 2021) un daudzveidīgāku mikrobiotopu pieejamību (Ranius et al., 2008a, 2008b cit. pēc Kaufmann et al. 2021). Iespēju robežās ieteicams izvēlēties dažādu sugu kokus ar atšķirīgiem stumbru diametriem, tādējādi ne tikai palielinot kopējo epifītu sugu bagātību, bet arī palielinot adaptācijas spēju nākotnes klimata apstākļiem (Brang et al. 2014 cit. pēc Kaufmann 2021).

Ekoloģisko koku izvēles procesā noderīgi ņemt vērā zināšanas par ekoloģisko koku izdzīvošanu pēc meža izciršanas. Piemēram, kādā Somijas austrumu daļā veiktā pētījumā konstatēts, ka 10 gadu laikā pēc izciršanas atstāto koku mirstība bijusi 55 %, kas lielā mērā bijis saistīts ar vēja ietekmi (Hamalainen et al. 2016). Lai samazinātu vējgāžu negatīvās ietekmes risku, kā ekoloģiskos kokus vēlams atstāt tādus kokus, kuriem ir stabila sakņu sistēma (Gustafsson et al. 2020). Vējgāžu ietekme ir atkarīga no koku sugas un stumbra diametra, piemēram, egles ir uzņēmīgākas pret vējgāzēm nekā bērzi vai priedes (Peltola et al. 2000 cit. pēc Hamalainen et al. 2016) un liela izmēra koki ir vairāk pakļauti vēja ietekmei nekā mazāki koki (Solarik et al. 2012 cit. pēc Hamalainen et al. 2016). Kopumā mirstības risks samazinājās, palielinoties stumbra diametram priedēm un lapkokiem, savukārt eglēm bija vērojams pretējs efekts (Hamalainen et al. 2016). Arī tas, vai pēc miršanas koks saglabāsies kā stumbeņi vai nokritīs, ir atkarīgs no koka sugas, proti, priedes, visticamāk, saglabāsies kā stumbeņi, savukārt varbūtība, ka veidosies kritala eglēm ir trīsreiz un lapkokiem divreiz lielāka nekā priedēm (Hamalainen et al. 2016).

Saglabājamo koku izvietojums

Veicot meža izstrādi, ekoloģiskie koki var tikt atstāti grupveidā (atstāti vairāki blakus augošie koki) vai izklaidus, proti, vairāk vai mazāk vienmērīgi atstāti atsevišķi koki. Grupveidā atstātiem ekoloģiskajiem kokiem galvenā funkcija ir saglabāt piemērotu dzīvotni no meža biotopiem atkarīgajām sugām, nodrošinot atbilstošus mikroklimatiskos apstākļus, kas būtu samērā līdzīgi tiem, kādi raksturīgi neskartā mežā (Franklin et al. 1997 cit. pēc Franklin et al. 2018). Savukārt izklaidus izvietoti ekoloģiskie koki nodrošina ainavas nepārtrauktību un strukturālo daudzveidību izstrādātajā platībā. (Franklin et al. 1997 cit. pēc Franklin et al. 2018).

Ekoloģisko koku izvietojuma veidam ir būtiska ietekme uz augu sugu bagātību un segumu – lielāka ietekme bija vērojama lakstaugiem un sējeņiem, savukārt krūmu segums nebija būtiski atšķirīgs atkarībā no atstāto koku izvietojuma (Franklin et al. 2018). Vietās, kur ekoloģiskie koki saglabāti grupveidā, ir vairāk vietējo meža speciālistu sugu nekā platībās ar izklaidus atstātiem ekoloģiskajiem kokiem (Soler et al. cit. pēc Franklin et al. 2018). Tomēr, saglabājot kokus arī samērā lielas platības grupās (>0,5 ha), ja tām apkārt ir kailcirte, tajās esošā zemeszemes veģetācija var būt ievērojami atšķirīga no tās, kas būtu neskartā mežā (Bradbury 2004 cit. pēc Franklin et al. 2018).

Ja ekoloģiskie koki ir izvietoti grupās, ir lielāka ar tiem saistīto vaboļu izdzīvotība nekā tas ir izklaidus atstātu ekoloģisko koku gadījumā, kas, iespējams, ir saistīts ar lielāku tur esošās atmirušās koksnes heterogenitāti (Hyvarinen et al. 2005, 2006, Martikainen et al. 2006a cit. pēc

Gustafsson et al. 2010). Tomēr pat liela izmēra atstāto koku grupa nespēj nodrošināt vecam mežam raksturīgo vaboļu sugu saglabāšanos (Koivula 2002, Martikainen et al. 2006a, Matveinen- Huju et al. 2009 cit. pēc Gustafsson et al. 2010).

Citāds efekts vērojams ektomikorizas sēnēm, proti, starp grupveidā atstātiem kokiem ektomikorizas sēņu sabiedrības nebija būtiski atšķirīgas no tām, kādas tās ir neizstrādātos mežos. Starp dažādu platību atstāto koku grupām nebija būtiskas ektomikorizas sēņu atšķirības, ja grupas izmērs bija vismaz 10 m diametrā. Savukārt neizcirsto koku grupu klātbūtnes radītā ietekme uz izstrādātajā laukumā esošajām ektomikorizas sēnēm nebija vērojama tālāk par 10 m no neizcirsto koku grupas (Jones et al. 2008). Ektomikorizas sēņu veiktā sējeņu kolonizēšana samazinās, palielinoties attālumam no koku grupas (Outerbridge, Trofymow 2004 cit. pēc Jones et al. 2008) un meža malām (Hagerman et al. 1999b cit. pēc Jones et al. 2008), tāpēc, lai veicinātu sējeņu kolonizāciju ar ektomikorizas sēnēm, būtu ieteicams veidot vairākas maza izmēra koku grupas nevis dažas lielas (Jones et al. 2008).

Neizstrādāti meža fragmenti ir efektīvāki ar meža biotopiem specializēto sugu saglabāšanai, ja ap tiem ir atstāti izklaidus izvietoti ekoloģiskie koki nevis kailcirte (Franklin et al. 2018). Šādā kombinācijā tiek samazināts strukturālais kontrasts starp neizstrādātajiem laukumiem un blakus esošajām izstrādātajām platībām (Franklin et al. 2018). Gan grupveida, gan izklaidus ekoloģisko koku atstāšanas kombinācija varētu būt potenciāli efektīva metode bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai (Franklin et al. 1997, Rosenvald and Lohmus 2008, Aubry et al. 2009 cit. pēc Franklin et al. 2018).

3.2. Ar kokiem saistīto mikrodzīvotņu novērtējums

3.2.1. Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes

Mikrodzīvotņu nozīme

Mikrodzīvotnes ir neliela izmēra substrāti, kas ir piemēroti konkrētu sugu organismu vai organismu grupu augšanai, ligzdošanai vai barības ieguvei (Paillet et al. 2015). Tās ir koka virszemes struktūras, kas nav sastopamas katram kokam (Larrieu et al. 2018). Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes ir atrodamas gan uz dzīviem, gan atmirušiem kokiem. Var būt gan koka veidotas modifikācijas, ko ierosina dažādi biotiski un abiotiski faktori, gan arī ārējas izcelsmes elementi, kas ir fiziski saistīti ar koku (epifīti) (Larrieu et al. 2018).

Lai nodrošinātu mikrodzīvotņu esamību meža ekosistēmā, ir ieteikts, veicot meža apsaimniekošanu, atstāt ar mikrodzīvotnēm bagātus un vecus kokus (Lindenmayer 2017). Tomēr šāda rīcības stratēģija var nebūt pietiekama, lai nodrošinātu mikrodzīvotņu saglabāšanu ilgtermiņā, jo to var ierobežot koksnes resursu ieguve, koku audzēšana vai sabiedrības drošības apsvērumi, kuru dēļ kokus ir nepieciešams aizvēst (Korkjas et al. 2021). Piemēram, ja audzēs regulāri tiek retināti potenciālie biotopu koki, tad galīgajā cirtē ir palikusi tikai neliela daļa no tiem un vēl mazāk šādu koku saglabājas līdz nākamajai rotācijai (Rodenvald et al. 2019).

Uz kokiem ar lielāku diametru ir būtiski lielāks ar kokiem saistīto mikrodzīvotņu skaits (Asbeck et al. 2019). Daļēji tas ir saistāms ar to, ka lielāka caurmēra kokiem (kas pārsvarā ir arī vecāki) ir lielāka iespējamība gūt bojājumus mežistrādes procesa laikā vai dabisku traucējumu rezultātā (Bobiec 2002, Boncina 2000 cit. pēc Vuidot et al. 2011). Turklāt lielāka izmēra koki piesaista lielāku skaitu dobumu veidojošo putnu, jo koksnes biežums nodrošina mazāk mainīgus mikroklimatiskos apstākļus dobuma iekšpusē (Boonman 2000, Remm et al. 2006 cit. pēc Vuidot et al. 2011). Tomēr diametra ietekme var būt atšķirīga dažādu sugu kokiem, piemēram, bērziem vērojama lielāka diametra pozitīvā ietekme uz mikrodzīvotņu sastopamību nekā ozoliem, eglēm un balteglēm (Vuidot et al. 2011).

Salīdzinot vienas sugas skujkoku mežus ar mežiem, kuros ir gan skujkoki, gan lapkoki, lielāks mikrodzīvotņu skaits vērojams skujkoku mežos, savukārt jauktos mežos ir lielāka mikrodzīvotņu dažādība (Asbeck et al. 2019).

Mikrodzīvotņu veids un skaits ir atkarīgs no koka sugas, piemēram, uz ozoliem un bērziem kopumā bija lielāks mikrodzīvotņu skaits, bet dažu atsevišķu veidu mikrodzīvotnes visvairāk bija sastopamas uz eglēm un balteglēm (Vuidot et al. 2011).

Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes, salīdzinot ar meža struktūras indikatoriem, spēj precīzāk norādīt informāciju par konkrētiem taksoniem vai ekoloģiskajām grupām, kas šīs mikrodzīvotnes izmanto ligzdošanai, barības ieguvei vai citām funkcijām (Michel, Winter 2009). Turklāt ar mikrodzīvotņu datiem ir iespējams daļēji izskaidrot bioloģiskās daudzveidības atšķirības starp apsaimniekotiem un neapsaimniekotiem mežiem (Hansen et al. 1991, Norden, Appelqvist 2001 cit. pēc Vuidot et al. 2011). Kopumā apsaimniekotos mežos ir konstatēts vairāk potenciālu mikrodzīvotnēm bagātu koku nekā neapsaimniekotos mežos. Tomēr, ja skatās individuālu koku līmenī, meža apsaimniekošanas veidam nebija būtiska ietekme uz mikrodzīvotnēm, bet tās ietekmēja koka īpašības, piemēram, vairāk mikrodzīvotņu bija uz liela izmēra dzīviem kokiem un sausokņiem (Vuidot et al. 2011).

Stumbeņu un sausokņu skaits ietekmē uz dzīviem kokiem esošo mikrodzīvotņu sastāvu (Asbeck et al. 2019). Kopumā sausokņos un stumbeņos ir vairāk mikrodzīvotņu nekā dzīvos kokos (Vuidot et al. 2011). Koka novecošanas un sadalīšanās procesā koksne kļūst mīkstāka un ir labāk piemērota dobumveidotāju ligzdošanai un barības ieguvei (Rolstad et al. 2000 cit. pēc Vuidot et al. 2011). Trūdoša miza, mizas plaisas un piepes rada papildu ekoloģiskās nišas mežā mītošajiem organismiem, piemēram, kukaiņiem un sīkspārņiem (Vuidot et al. 2011).

Jāņem vērā, ka mikrodzīvotņu novērtējuma rezultāti var būt atšķirīgi atkarībā no novērotāja ietekmes. Atšķirīgu rezultātu ieguves cēloņi var būt dažādi, tostarp, novērotāju prasmju un pieredzes atšķirības (Manu, Cresswell 2007 cit. pēc Paillet et al. 2015)

Mikrodzīvotņu iedalījums

Larrieu et al. (2018) kopumā iedala mikrodzīvotnes 15 grupās, balstoties uz 12 substrātiem un četrus veidus mikroklimatiskajiem apstākļiem. Sākotnēji izdalītas septiņas mikrodzīvotņu formas: dobumi, koka ievainojumi un ekspanēta koksne, atmirusi koksne, izaugumi, saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi, epifītiskas un epiksīlas struktūras, kā arī izdalījumi (Larrieu et al. 2018).

Koka dobumi var būt dobuma veidotāju (dzenveidīgo, kukaiņu) radīti vai veidoties sadalīšanās procesā (piemēram, stumbra pamatnes trupes dobumi). Tie nodrošina mikroklimatu, kurā ir mazāk mainīgi vides apstākļi, kā arī ligzdošanas vietas plašam sugu klāstam, tostarp gan posmkājiem, gan zīdītājiem (Larrieu et al. 2018). Dobumi var tikt iedalīti smalkāk, balstoties uz dobuma veidu un atvēruma izmēru (3.1 tabula). Šīs mikrodzīvotnes klātbūtne var ietekmēt vides parametrus uz koka, piemēram, kādā pētījumā konstatēts, ka mizas pH vērtība zem puves dobuma bija ievērojami lielāka nekā virs tā (Fritz, Heilmann-Clausen 2010).

Koka ievainojumu gadījumā var tikt ekspanēta tikai aplievas koksne vai arī vienlaikus gan aplievas koksnes, gan kodolkoksne. Šādi ievainojumi galvenokārt rodas mehāniskas ietekmes rezultātā, piemēram, vējam, ledum vai sniegam nolaužot vainagu vai stumbru, kā arī ievainojumi var rasties zibens spēriena, sala vai meža ugunsgrēka rezultātā (Larrieu et al. 2018). Koka ievainojumi atvieglo koksnes pieejamību primārajiem kolonizētājiem. Mizas plaisas un iedobes daļai sīkspārņu ir nozīmīga vairošanās un ziemošanas vieta, kā arī tās ir ligzdošanas vieta putniem, kukaiņiem un zirnekļiem (Bütler et al. 2021).

Atmirusi koksne ir vainagā atmirušie zari, uz kuriem veidojas kserofītiski apstākļi ar augstāku temperatūru. Atmirusī koksne vainagā var būt arī nolūzušu zaru veidā. Nokaltušas koka galotnes atsedz kodolkoksni un nodrošina pārejas posmu starp dzīvu un mirušu koku (Larrieu et al. 2018).

Izaugumi veidojas pārmērīgas augšanas rezultātā, un tā var būt kā atbildes reakcija uz palielinātu apgaismojumu vai parazitisku vai mikrobiālu organismu klātbūtni, proti, augs veido patogēnus izolējošas struktūras (Larrieu et al. 2018).

Saproksīlo sēņu auglķermeņi un gļotveida veidojumi ir redzamās saproksīlo sēņu daļas (Larrieu et al. 2018). Zināms, ka to sporas ir barība dažādām vaboļu sugām (Lawrence, Newton 1980).

Epifītiskas un epiksilas struktūras ir tādas mikrodzīvotnes, kurām koks ir tikai kā fiziskais atbalsts, uz kura atrodas vai aug. Starp šīm mikrodzīvotnēm ietilpst dažādi uz kokiem augošie organismi, piemēram, sūnas, papardes, kā arī mugurkaulnieku un bezmugurkaulnieku ligzdas un mikroaugšne (Larrieu et al. 2018).

Izdalījumi var būt sulas vai sveķu notecējumi (Larrieu et al. 2018). Galvenie ieguvēji no šādu mikrodzīvotņu klātbūtnes ir vaboles, divspārņi un tauriņi (Bütler et al. 2021).

3.2.2. Mikrodzīvotņu novērtējuma metodika

Pētījumā apsekoti un novērtēti ekoloģiskie koki 20 audzēs visā Latvijas teritorijā – 10 audzēs, kur vienlaidus atjaunošanas cirte (kailcirte) veikta pirms 10 gadiem un 10 audzēs, kur – pirms 20 gadiem. Pētījumā mikrodzīvotņu vērtēšana veikta pēc Larrieu et.al. (2018). metodikas, kas aprobēta Latvijas apstākļiem (3.1. tabula). Mikrodzīvotnes vērtētas gan dzīviem, gan atmirušiem stāvošiem kokiem (kritalas šajā pētījumā netika vērtētas).

Katrā jaunaudzē mikrodzīvotnes novērtētas vismaz 20 kokiem (ja vien audzē nebija mazāks ekoloģisko koku skaits), kas izvēlēti, lai reprezentētu pēc iespējas lielāku ekoloģisko koku sugu daudzveidības sastāvu katrā no audzēm.

3.1. tabula. Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes un to iedalījums

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
Dobumi s.l.	Dzeņu dobumi	Nelielu dzeņu ligzdošanas dobumi	Ieeja $\phi < 4$ cm. <i>Dendrocopos minor</i> dobums Parasti tiek kalts atmirušā zarā	Ejas $\phi < 4$ cm	C11
		Vidēji lielu dzeņu ligzdošanas dobumi	Apaļa dobuma ieeja aptuveni $\phi = 4-7$ cm. Ligzdošanas dobumi vidēja lieluma dzeņiem (<i>Dendrocopos major</i> , <i>D. medius</i> , <i>D. leucotos</i> , <i>Picus viridis</i> , <i>P. canus</i> , <i>Picoides tridactylus</i>). Parasti tiek kalti trupējušā kokā (atmiris zars, stumbenis)	Ejas $\phi 4-7$ cm	C12
		Lielu dzeņu ligzdošanas dobumi	Ovāla dobuma ieeja $\phi < 10$ cm. Ligzdošanas dobumi. <i>Dryocopus martius</i> parasti tiek kalti galvenajā stumbra daļā (bez zariem)	Ejas $\phi 10 < \text{cm}$	C13
		Dobumu grupa	Vismaz trīs dzeņu ligzdošanas dobumi rindā uz stumbra. Maksimālais attālums starp diviem secīgiem dobumiem ir 2 m.	Ejas $\phi 3 < \text{cm}$	C14
	Trupes radīti dobumi	Stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, kontakts ar zemi).	Dobuma kamera ir pilnībā aizsargāta no apkārtējās vides mikroklimata un lietus. Augšējā daļa slēgta.	Atvēruma $\phi > 10$ cm	C21

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
			Satur vairāk vai mazāk irdenu substrātu (atkarībā no attīstības stadijas). Dobumam apakšā ir kontakts ar zemi. Jāņem vērā, ka dobuma ieeja var būt augstāk uz stumbra.		
		Stumbra pamatnes trupes dobumi (virspuse slēgta, nav kontakts ar zemi).	Augšējā daļa slēgta. Satur vairāk vai mazāk irdenu substrātu (atkarībā no attīstības stadijas). Dobumam apakšā nav kontakts ar zemi.	Atvēruma Ø > 10cm	C22
		Daļēji atvērts stumbra trupes dobums	Dobuma kamera nav pilnībā aizsargāta no apkārtējās vides mikroklimate un lietus var tajā ieplūst. Jāievēro, ka dobuma ieeja var būt augstāk stumburā.	Atvēruma Ø > 30cm	C23
		Skursteņveidīgs stumbra pamatnes trupes atvērums	Koka stumbra dobums, kas ir pilnīgi atvērts augšpusē, bieži rodas stumbra bojājumu dēļ; dobuma pamatne sasniedz zemes līmeni, tāpēc iekšējais dobums ir tiešā saskarē ar augsni	Atvēruma Ø > 30cm	C24
		Skursteņveidīgs stumbra trupes atvērums	Koka stumbra dobums, kas ir pilnīgi atvērts augšpusē, bieži rodas stumbra bojājumu dēļ; dobuma pamatne nesasniedz zemes līmeni, tāpēc iekšējais dobums ir tiešā saskarē ar augsni.	Atvēruma Ø > 30cm	C25
		Caurš zars	Trupes caurums lielā zarā, kā rezultātā rodas cauruļveida patvērums, kas bieži ir novietots horizontāli.	Atvēruma Ø > 10cm	C26
	Kukaiņu galerijas	Kukaiņu galerijas un skrejas koksne	Ksilofāgu kukaiņu skreju tīkls norāda uz caurumu sistēmu koksne. Kukaiņu galerija ir sarežģīta caurumu sistēma, ko koksne rada viena vai vairākas kukaiņu sugas	Skrejas Ø > 1cm	C31
		Kukaiņu galerijas un skrejas koksne	Ksilofāgu kukaiņu skreju tīkls norāda uz caurumu sistēmu koksne. Kukaiņu galerija ir sarežģīta caurumu sistēma, ko koksne rada viena vai vairākas kukaiņu sugas	Platība > 300 cm ² (A5 lapas lielums)	C32

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
	Iedobumi	Dendrotelma (ūdens pildīta iedobe)	Kausa formas ieliekums, kas tās formas dēļ saglabā ūdeni līdz tas izžūst, iztvaikojot	Ø > 15cm	C41
		Dzeņu barošanās kalumi	iedobes, kas rodas dzeņu barošanas aktivitātēs. Iedobe ir koniska: ieeja ir lielāka nekā iekšpuse.	Dziļums > 10cm, Ø > 10cm	C42
		Stumbra mizas iedobumi	Dabiskais mizas ieliekums uz koka stumbra. Nav substrāta.	Dziļums > 10cm, Ø > 10cm	C43
		Celmu/sakņu blīzuma iedobumi	Izveidojies dabīgais mizas ieliekums, kas veidojas pie koka stumbra pamatnes ar koku saknēm un augsni. Nav substrāta (ja tā ir: skatiet Stumbra pamatnes trupes dobumi).	Ø > 10cm	C44
Koka ievainojumi un eksponēta koksne	Eksponēta tikai aplievas koksne	Mizas zudums	Mizas zudums, kas atklāj aplievas koksni (To izraisa, piemēram, mežizstrāde (pievešana, koku gāšana), dabiski krituši koki, pārnadži, grauzēji u.c.)	Platība > 300 cm ²	B11
		Uguns rētas	Uguns rētas uz stumbra apakšdaļā. Tās parasti ir trīsstūrveida formas un atrodas pie koka pamatnes. Uguns rētas ir saistītas ar atogļojumu un dažreiz sveķu plūsmu uz atklāta koksnes vai mizas.	Platība > 600 cm ² (A4 lapas lielums)	B12
		Zemmizas slēptuves	Vieta starp atlobītu mizu un aplievu, kas veido patvērumu. (atvērts apakšā).	Atvērums > 1cm, dziļums > 10cm, augstums > 10cm	B13
		Zemmizas kabatas	Vieta starp atlobītu mizu un aplievu, kas veido kabatu (atvērts augšpusē), iespējams, satur substrātu.	Atvērums > 1cm, platums > 10cm, augstums > 10cm	B14
	Eksponēta aplievas koksne un kodolkoksne	Stumbra lūzums	Stumbrs ir nolauzts, bet koks joprojām ir dzīvs. Apakšējā daļa no mirušās koksnes saskaras ar dzīvu koku ar sulas plūsmu.	Ø > 10cm lūzuma vietā	B21
		Zara lūzums	Eksponēta kodolkoksne zaru vai žakles lūzumu dēļ. Brūci ieskauj dzīva koksne ar sulas plūsmu.	Eksponēta kodolkoksne > 300cm ²	B22
		Plīsums/ plaiza	Plaiza caur mizai un koksnei (ja to izraisa zibens skatiet tālāk)	Garums > 30cm, platums > 1cm Dziļums > 10cm	B23

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
		Zibens rēta	Rēta, ko izraisījis zibens; parasti spirālē ap koku koksne šķēpelēs	Garums>30cm, platums> 1cm Dziļums>10cm	B24
		Žākles plīsums	Plaisa stumbra žāklē. (Ja viena žākles puse ir nolūzusi, skatiet stumbra bojājumus).	Garums >30cm	B25
		Sašķēpelēts stumbrs	Vēja lūzuma gadījumā stumbrs ir sadalījies ar vairākām garām šķēpelēm. šķēpelētās brūces nodrošina īpašus ekoloģiskos apstākļus.	Ø> 20cm lūzuma vietā	B26
Atmirusi koksne vainagā	Atmirusi koksne vainagā	Atmiruši zari	Atmirušie zari, kas saglabājušies vainagā ir relatīvi noēnoti	Zaru Ø> 10cm	D11
		Atmirusi galotne	Visa koka augšdaļa ir mirusi; atmirusī koksne ir eksponēta saulē	Atmirušās daļas pamata Ø> 10cm	D12
		Palikušais nolūzušais zars	Zars ir nolūzis. Atlikušais gals var būt sašķēpelēts. Traumas neietekmē stumbru (ja tā ir, skatiet stumbra bojājumus)	Lūzuma vietasØ> 20cm un palikušās daļas garums>0,5m	D13
		Atmirusi vainaga daļa	Atmirušie zari, kas saglabājušies vainagā ir relatīvi noēnoti	Zaru Ø> 3cm &>10% no vainaga ir atmiris	D14
Izaugumi	Zaru mudžekļi	Vējslota	Blīva zaru aglomerācija sāzaros	Ø> 50cm	E11
		Ūdenszari	Blīva zaru aglomerācija uz stumbra	>5 zaru puduri	E12
	Izaugumi un vēži	Izaugumi (māzeri)	Šūnu augšanas izplatīšanās ar raupju mizu	>20cm	E21
		Vēzis	Trupejoša brūce. Skarta aplieva. To izraisa, piemēram, <i>Melampsorella caryophyllacerum</i> , <i>Nectria l. s.</i>	Ø> 20cm vai klāta liela stumbra daļa	E22
Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi	Daudzgadīgi sēņu augļķermeņi	Daudzgadīgās piepes	Cieti daudzgadīgo poliporo sēņu augļķermeņi, kas atšķiras ikgadējiem slāņiem. Galvenās daudzgadīgās ģints: <i>Fomitopsis pp</i> , <i>Fomes</i> , <i>Perreniporia pp.</i> , <i>Oxyporus</i> , <i>Ganoderma pp</i> , <i>Phellinus</i> , <i>Daedalea</i> , <i>Haploporus</i> , <i>Heterobasidion</i> , <i>Hexagon</i> , <i>Laricifomes</i> , <i>Daedleopsis</i>	Lielākais Ø> 5cm	F11
	Efimērie augļķermeņi	Viengadīgas piepes	Viengadīgu poliporo sēņu augļķermeņi, kas pastāv vairākas nedēļas. Ir tikai viens slānis un parasti ir elastīga un mīksta (bez	Lielākais Ø> 5cm vai klasteris ar >10 augļķermeņiem	F21

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
			koksnes daļām). Galvenās ģints: <i>Abortiporus, Amylocystis, Bjerkandera, Bondarzewia, Cerrena, Climacocystis, Fistulina, Gloeophyllum, Grifola, Hapalopilus, Inonotus, Ischnoderma, Laetiporu, Leptoporu, Meripilus, Oligopors, Oxyporus, Perenniporia pp, Phaeolus, Piptoporus, Podofomes, Polyporus, Pycnoporus, Spongipellis, Stereum, Trametes, Trichaptum, Tyromyces</i>		
		Cepurīssēnes	Sēnēm ir liels, biezs un mīksts vai drīzāk gaļīgs augļķermenis (rinda <i>Agaricales</i>). Piem., : <i>Armillaria, Pleurotus, Pholiota vai lielās Pluteus sugas</i> . Augļķermenis parasti paliek vairākas nedēļas.	Lielākais Ø > 5cm vai klasteris ar >10 sēņu augļķermeņiem	F22
		Piromicētes	Cietas puslodes formas tumšās sēnes, kas atgādina kā ogles gabalu. Piemēram: <i>Daldinia vai Hypoxylon</i> .	Stromas lielākais Ø > 5cm vai stromu grupa klāj >100cm ²	F23
		Gļotsēnes	Amēbveidīgs gļotsēne, kas veido kustīgu plazmodiju. plazmodijs ir želejveidīgs, ja svaigs	Lielākais Ø > 5cm	F24
Epifītiskas un epiksiliskas struktūras	Epifīti un parazīti	Sūnaugi	Stumbra daļa, ko sedz sūnas un aknu sūnas	>10% no stumbra virsmas	A11
		Lapu/ krūmu ķērpji	Stumbra daļa, ko sedz lapu un krūmu ķērpji	>10% no stumbra virsmas	A12
		Efejas un liānas	Lianas un citi vītenaugi (<i>Hedera helix, Clematis vitalba, Lonicera periclymenum, Vitis vinifera</i>)	>10% no stumbra virsmas	A13
		Papardes	Papardes, kas aug tieši uz koka daļas (t.i., epifīts)	>5	A14
		Āmuļi	Hemiparazītu augi (<i>Viscum spp., Arceuthobium oxycedri, Loranthus europaeus</i>)	Lielākais Ø > 20 cm	A15
	Ligzdas	Mugurkaulnieku ligzdas	Ligzdas, ko būvē putni	Ø > 50 cm	A21
		Mugurkaulnieku ligzdas	Ligzdas, ko būvē putni vai vāveres	Ø > 20 cm	A22

Forma	Grupa	Tips	Definīcija	Min. sliekšnis	Kods
		Mugurkaulnieku ligzdas	Ligzdas, ko būvē putni, susuri, peles vai vāveres	Ø > 10 cm	A23
		Bezmugurkaulnieku ligzdas	Bezmugurkaulnieku kāpuru ligzdas, piem., koksnes skudras <i>Lasius fuliginosus</i> vai savvaļas bites <i>Apis mellifera</i>		A24
	Mikroaugšne	Mizas mikroaugšne	Augsne, kas radusies epifītisko sūnu, ķērpji vai aļģu pedoģenēzē un nekrozēta veca, bieza miza.	Esamība	A31
		Vainaga mikroaugšne	Mikroaugšne, kas veidojusies pedoģenēzes procesā no kritušiem zariem, nobirām, kas nokritušas no koku vainagiem. Galvenokārt atrodas zaru žāklēs, dažreiz atvasāju savienojumos.	Esamība	A32
Izdalījumi	Izdalījumi	Sulas notecējumi	Svaiga ievērojama sulas plūsma	Kumulatīvais garums > 10 cm	I11
		Sveķu notecējumi	Svaiga ievērojama sveķu plūsma	Kumulatīvais garums > 10 cm	I12

Datu analīze

Lai noskaidrotu, vai mikrodzīvotņu skaits ir būtiski atšķirīgs katrai koku sugai un vai ciršanas gadam ir būtiska ietekme, veikts Kruskal-Wallis tests. Lai noskaidrotu saistību starp koka diametru un mikrodzīvotņu skaitu, veikta Spīrmena korelācijas analīze. Statistiskam novērtējumam visos gadījumos izvēlēts būtiskuma līmenis 0,05.

3.2.3. Rezultāti

Pētījumā 20 jaunaudzēs novērtētas 13 dažādas ekoloģisko koku sugas: parastā priede *Pinus sylvestris*, parastā egle *Picea abies*, parastā apse *Populus tremula*, āra bērzs *Betula pendula*, parastā liepa *Tilia cordata*, melnalksnis *Alnus glutinosa*, parastais ozols *Quercus robur*, parastais osis *Fraxinus excelsior*, blīgzna *Salix caprea*, Eiropas lapegle *Larix decidua*, parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia*, mežābele *Malus sylvestris*. Kopā apsekoti 446 ekoloģiskie koki, no kuriem 386 dzīvie ekoloģiskie koki, 8 sausokņi un 52 stubeņi.

Mikrodzīvotnes uz dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem

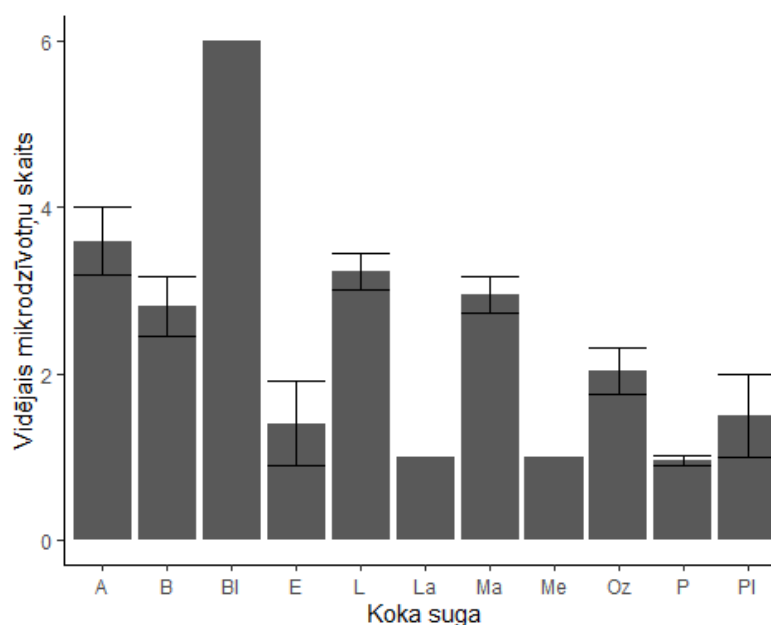
Kopā apsekoti 368 dzīvie ekoloģiskie koki. Visbiežāk audzē atstātais ekoloģiskais koks bija priede, bet pa vienam sugas indivīdam pētījumā pārstāvēta mežābele, lapegle un blīgzna. Tāds nevienmērīgs sugu sastāva sadalījums varētu būt skaidrojams ar pētījumā izvēlētajiem un apsekotajiem meža tipiem –lānu (1 objekts) damaksni un vēri. Visbiežāk un visvairāk mikrodzīvotnes novērotas uz apsēm un liepām, attiecīgi, $3,59 \pm 0,40$ un $3,23 \pm 0,22$ mikrodzīvotnes (3.2. tabula). Kā izņēmums jāmin blīgzna, kas pētījumā novērota tikai vienu reizi un kokam konstatēti 6 dažādi mikrodzīvotņu veidi. Vidēji visretāk mikrodzīvotnes novērotas uz priedēm (3.1 attēls, 3.2 tabula).

Analizējot visus dzīvos kokus, kopā tikai uz 76 kokiem netika konstatēta neviena mikrodzīvotne (67 priedēm), un, savstarpēji salīdzinot visu sugu kopējo mikrodzīvotņu skaitu

audzēs 10 gadus un 20 gadus pēc ciršanas, atšķirības bija nebūtiskas, attiecīgi, $1,78 \pm 0,12$ un $1,8 \pm 0,12$.

3.2. tabula. Apsekoto koku sugu un vidējais mikrodzīvotņu skaits

Suga	Dzīvo koku skaits	Vidējais mikrodzīvotņu skaits
Priede	208	$0,96 \pm 0,06$
Apse	37	$3,59 \pm 0,40$
Melnalksnis	35	$2,94 \pm 0,22$
Ozols	32	$2,03 \pm 0,27$
Liepa	26	$3,23 \pm 0,22$
Bērzs	20	$2,80 \pm 0,36$
Egle	5	$1,40 \pm 0,51$
Pīlādzis	2	$1,50 \pm 0,5$
Blīgzna	1	6
Lapegle	1	1
Mežābele	1	1
Kopā	368	1,79



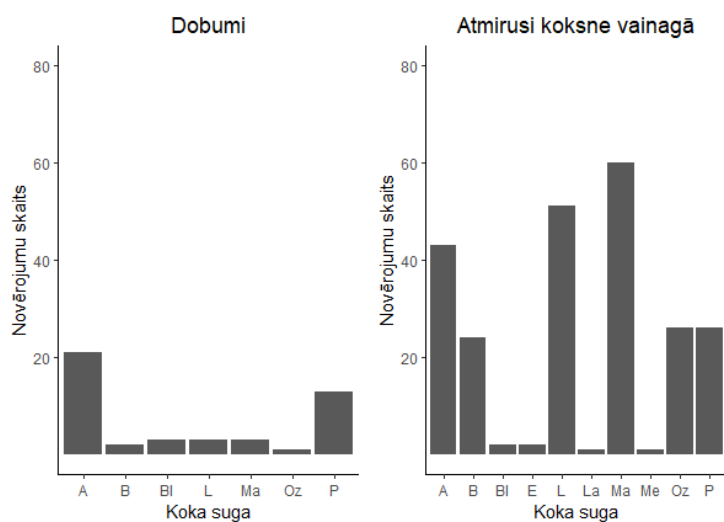
3.1. attēls. Vidējais mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām

3.3. tabula. Mikrodzīvotņu formas un biežāk konstatētās mikrodzīvotnes tipi

Mikrodzīvotņu forma	Kopā	Biežāk konstatētās mikrodzīvotnes tips	Novērojumu skaits (>5)
Atmirusi koksne vainagā	291	d11	140
		d14	84
		d12	52
		d13	15
Izaugumi	114	e12	72
		e22	20
		e11	14
		e21	8
Koka ievainojumi un eksponēta koksne	114	b11	91
		b14	6
		b23	6
Dobumi	46	c43	9
		c32	7
		c22	6
Epifītiskas un epiksiliskas struktūras	38	a12	14
		a31	8
		a32	8
		a11	6
Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi	35	f11	28
Izdalījumi	20	i12	15

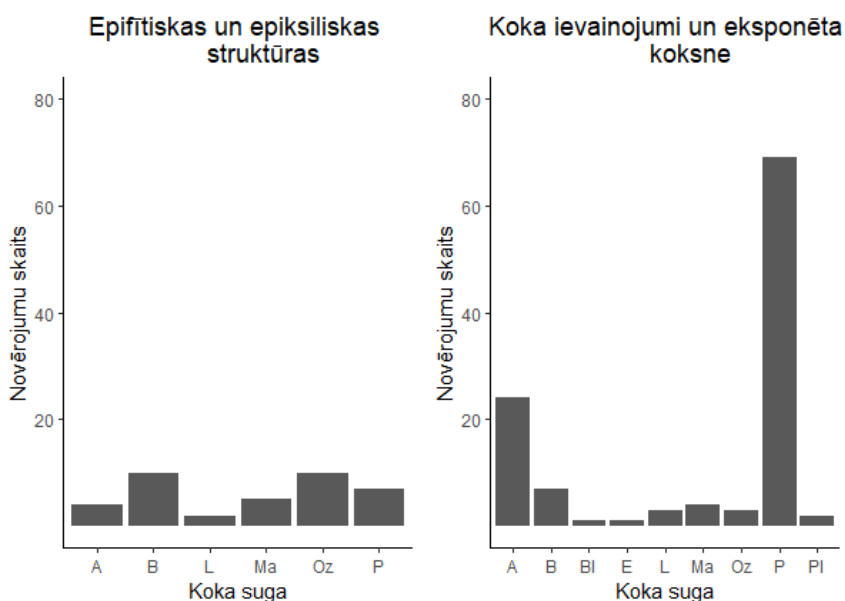
Dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem visbiežāk konstatētās mikrodzīvotnes saistītas ar atmirušo koksni koku vainagā (291 novērojumi), konkrētāk, atmiruši zari koka vainagā - zara diametrs >10cm un 10% vainaga atmirums (D11 un D14). Otra lielākā novērotā mikrodzīvotņu forma – koka ievainojumi un eksponēta koksne, saistīta ar mizas zudumiem uz stumbra (B11) (91 novērojumi). Nākamā, tikpat biežāk sastopamā forma – izaugumi, kas visbiežāk pētījumā definēti kā ūdeszari (E12) (72 novērojumi). Šajā pētījumā visretāk konstatētā mikrodzīvotņu forma – izdalījumi, kas uzskaitīti tikai 20 kokiem.

Veicot Kruskal-Wallis testu, noskaidrots, ka koku sugai ir būtiska saistība ar mikrodzīvotņu skaitu (p-vērtība < 2.2e-16). Piemēram, dobumu grupa visvairāk ir novērojami apsēm un priedēm, bet atmirusi koksne vainagā – melnalkšņu, liepu un apšu ekoloģiskajiem kokiem (3.2. attēls).

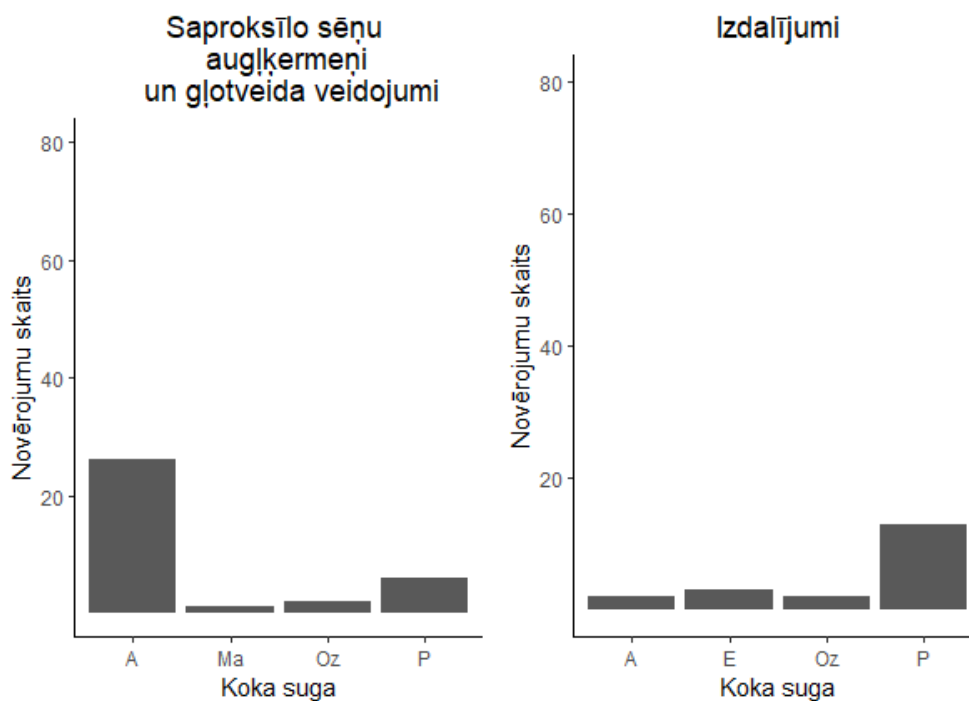


3.2. attēls. Dobumu un atmirušas koksnes vainagā mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām

Sūnu un ķērpju apaugums, kas klāj vairāk par 10% no koku stumbra, un ligzdas kokos, visbiežāk novērots uz ozoliem un veciem bērziem (3.2. attēls), savukārt daudzgadīgās piepes - uz apsēm, bet ievainotā koksne – uz priedēm un apsēm (3.3. un 3.4. attēls).

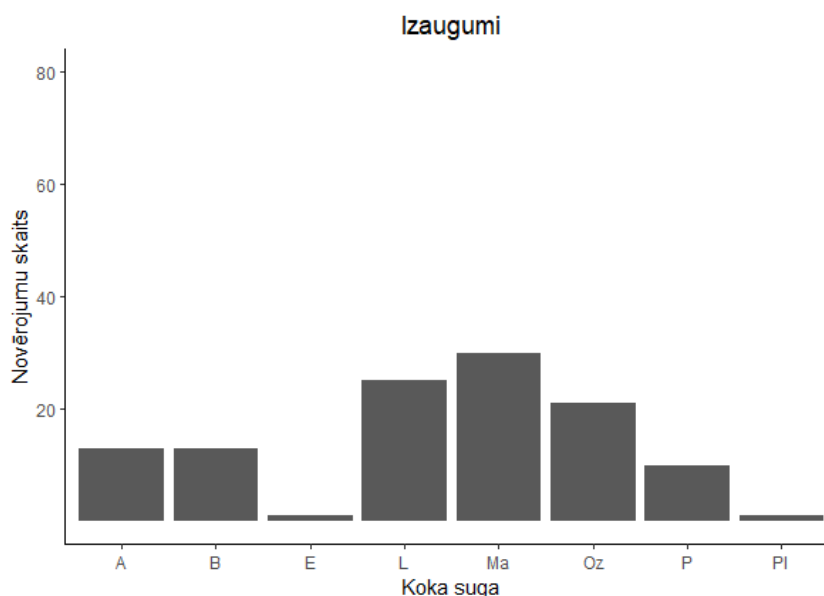


3.3. attēls. Epifītisko un epiksilisko struktūru un koka ievainojumi, eksponēta koksnes mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām



3.4. attēls. Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumu un izdalījumu mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām

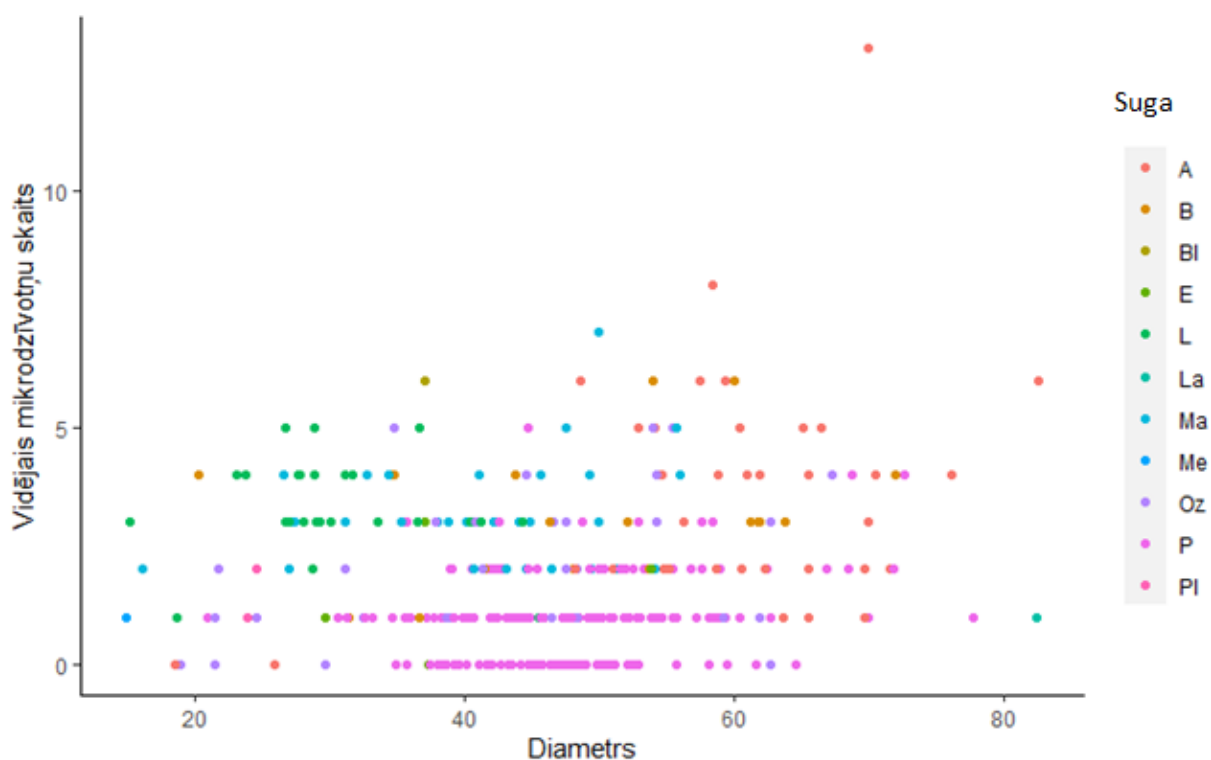
Izaugumi kā ūdenszari, māzeri vai vēzis visbiežāk sastopams uz lapu kokiem (melnalkšņa, liepas, ozola u.c.) (3.5. attēls).



3.5. attēls. Izaugumu mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām

Veicot datu apstrādi ar Spīrmena korelācijas analīzi, salīdzinot saistību starp dzīvo koka diametru un mikrodzīvotņu skaitu, nav novērojama statistiski būtiska saistība starp diametru un mikrodzīvotņu skaitu ($p=0,1922$) Šāda tendence nav novērojama analizējot visas sugas kopā. Novērots, ka tendence novērojama atsevišķām sugām, piemēram, apsēm, kur kokiem ar lielāku diametru konstatēts vairāk dažādu veidu mikrodzīvotņu. Attēlā 3.6. redzams, ka apsei ar diametru

70 cm novērotas un konstatētas 13 mikrodzīvotnes, bet, turpretim, lapeglei ar diametru 80 cm - tikai viena mikrodzīvotne. Norādot, ka diametra saistība ar mikrodzīvotņu skaitu jāvērtē sugas līmenī.



3.6. attēls. Mikrodzīvotņu skaits atkarībā no diametra dažādām dzīvo koku sugām

Mikrodzīvotnes uz sausokņiem un stubeņiem

Pētījumā apsekojot atmirušo koksni (52 stubeņus un 8 sausokņus), noskaidrots, ka, atšķirībā no dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem, stubeņu/sausokņu sugu sastāva daudzveidība ir zemāka, bet mikrodzīvotņu skaits uz vienas atmirušās koksnes vienības – lielāks (3.4. tabula). Līdzīgi kā dzīvajiem ekoloģiskajiem kokiem, visbiežāk sastopamās koku sugas bija priede un apse, bet savstarpējā skaita proporcija – atšķirīga, norādot, ka apsei, ja salīdzina ar priedi, kā ekoloģiskam kokam ir lielāka varbūtība, ka stumbra trupes ietekmē pēc noteikta laika dzīvais koks atmirs, pārtopot par sausokni vai stubeni.

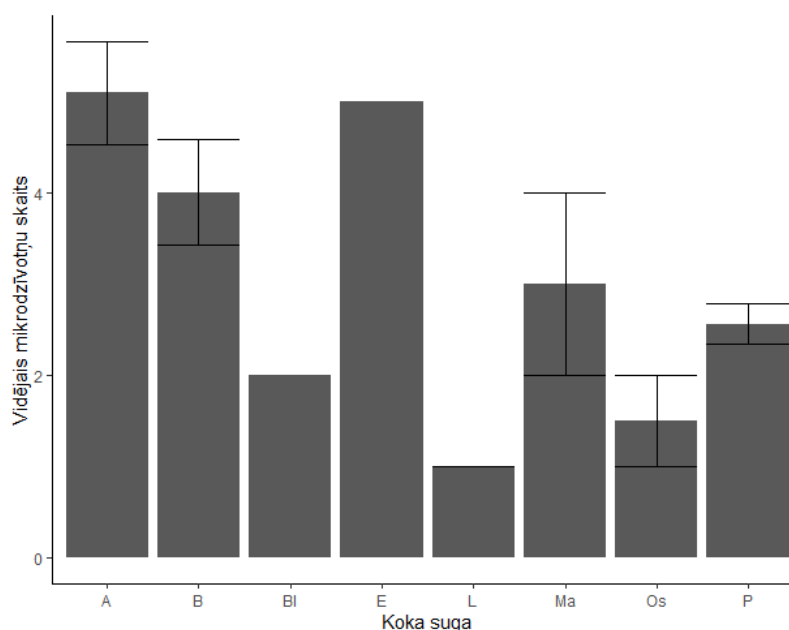
Šajā pētījumā visvairāk mikrodzīvotnes novērotas uz apšu stubeņiem un sausokņiem, attiecīgi, $5,09 \pm 0,22$ mikrodzīvotnes. Vismazāk – uz liepas un oša sausokņiem vidēji 1 un $1,5 \pm 0,5$.

Savstarpēji salīdzinot kopējo mikrodzīvotņu skaitu uz atmirušajiem kokiem audzēs 10 gadus un 20 gadus pēc ciršanas, atšķirības bija nebūtiskas, attiecīgi $3,41 \pm 0,37$ un $2,86 \pm 0,25$.

3.4. tabula. Apsēkoto koku sugu un vidējais mikrodzīvotņu skaits

Suga	Stumbeņu un sausokņu skaits	Vidējais mikrodzīvotņu skaits
Priede	34	2,55±0,22
Apse	11	5,09±0,56
Bērzs	7	4±0,57
Melnalksnis	2	3±1
Egle	1	5
Osis	2	1,5±0,5
Blīgzna	1	2
Liepa	2	1
Kopā	60	3,02

Analizējot mikrodzīvotņu skaitu uz dažādām koku sugām, novērojams, ka salīdzinoši liels skaits ir uz bērza, melnalkšņa un priedes atmirušās koksnes. Kā izņēmums jāmin blīgznas, egles un liepas stumbeņi, kur novērtējums veiks tikai vienam sugas indivīdam (3.7. attēls).



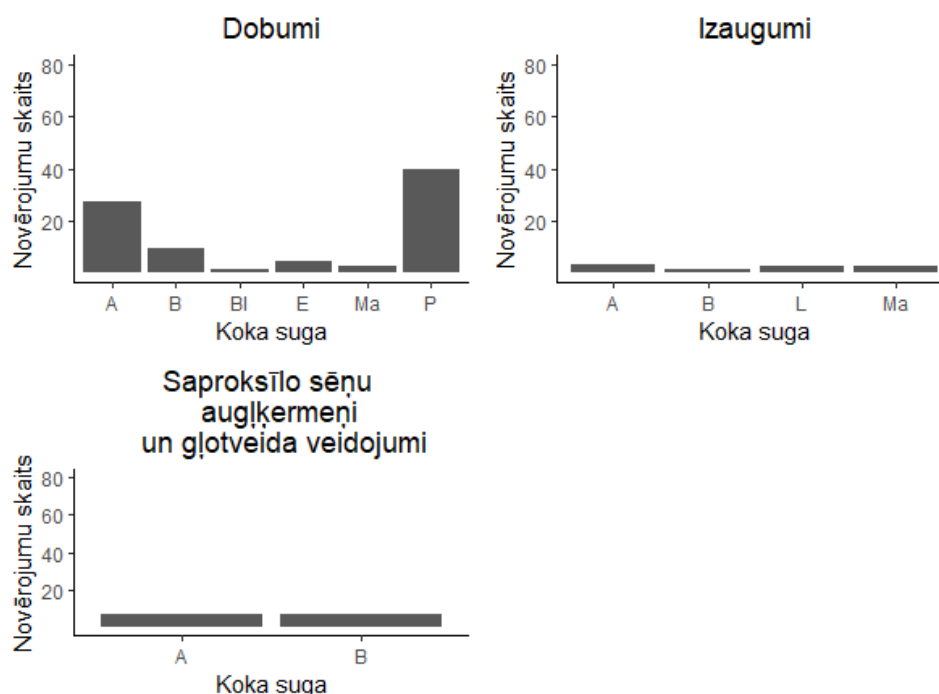
3.7. attēls. Vidējais mikrodzīvotņu skaits dažādām ekoloģisko koku sugām

Sausokņiem un stumbeņiem netiek vērtētas tādas mikrodzīvotņu formu grupas kā atmirusi koksne vainagā un izdalījumi (izņēmums stumbeņiem ar I sadalīšanās pakāpi). Pētījumā apsekotajiem stumbeņiem un sausokņiem visbiežāk konstatētās dzīvotnes - dobumi, konkrētāk, kukaiņu galerijas un skrejas koksnē ar platību, kas lielāka par 300 cm² (C32) (3.5. tabula). Tā kā gandrīz 80% no apsekotajiem kokiem bija ar daļēju mizas zudumu (B11), tad vairums piefiksēta mikrodzīvotne, nereti kombinācijā ar zemizas slēptuvēm (B13) vai kabatām (B14) (3.6. tabula)

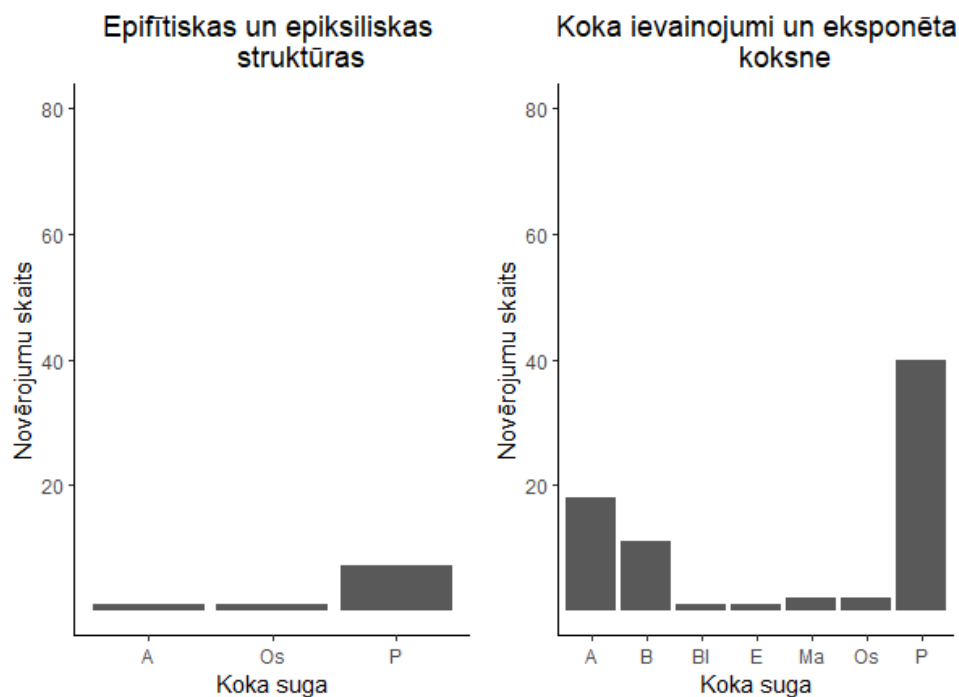
3.5. tabula. Mikrodzīvotņu formas un biežāk konstatētās mikrodzīvotnes tipi

Mikrodzīvotņu forma	Kopā	Biežāk konstatētās mikrodzīvotnes tips	Novērojumu skaits (>3)
Izaugumi	8	e12	5
Koka ievainojumi un eksponēta koksne	75	b11	48
		b14	15
		b13	11
Dobumi	83	c32	45
		c42	6
		c14	4
Epifītiskas un epiksiliskas struktūras	9	a31	4
Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi	14	f11	11

Veicot Wilcoxon testu, noskaidrots, ka stumbeņu/sausokņu koku sugai ir būtiska saistība ar mikrodzīvotņu skaitu (p -vērtība $< 0,00128$). Piemēram, dobumi visvairāk ir novērojami priedēm un apsēm, saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumi – apsēm un bērziem, bet koka ievainojumi un eksponēta koksne – gandrīz visām sugām, jo vairums stumbeņu/sausokņu noteikta II vai III sadalīšanās klase (3.8. attēls un 3.9 attēls). Ņemot vērā koku sugu proporcionālo sadalījumu, jāsecina, ka līdzīgs novērojumu skaits eksponētas koksnes mikrodzīvotņu formu grupā vērojamas visām koku sugām, izņemot liepu.

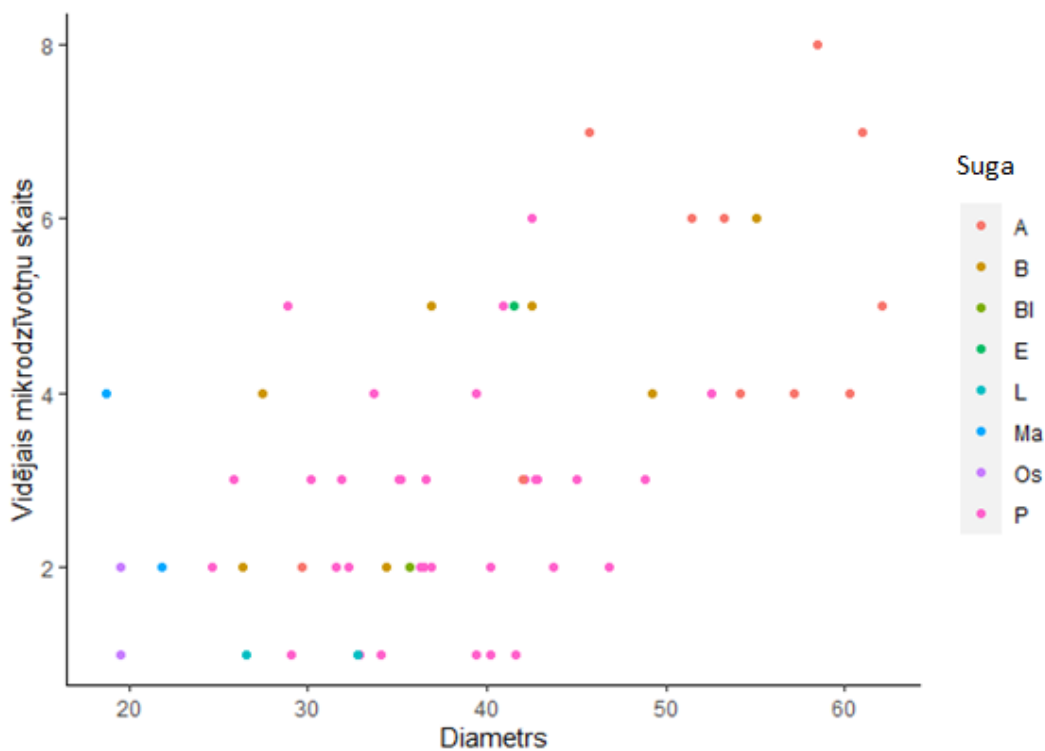


3.8. attēls. Saproksīlo sēņu augļķermeņi un gļotveida veidojumu, izaugumu un dobumu mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām



3.9. attēls. Epifītisko un epiksilisko struktūru un koka ievainojumi, eksponēta koksnes mikrodzīvotņu formu novērojumu skaits dažādām koku sugām.

Veicot datu analīzi, salīdzinot saistību starp atmirušās koksnes diametru, koka sugu un mikrodzīvotņu skaitu, vērojama statistiski būtiska saistība starp koka diametru un mikrodzīvotņu skaitu (p -vērtība=0,0001). Jo lielāks diametrs, jo lielāka varbūtība, ka uz atmirušās koksnes būs novērojamas vairāk, dažādu grupu mikrodzīvotnes. 3.10. attēlā redzams, ka kokiem, ar diametru lielāku par 50cm, nesaistīti ar sausokņa/stumbeņa sugu, mikrodzīvotņu skaits ir 4 vai vairāk.



3.10. attēls. Mikrodzīvotņu skaits atkarībā no diametra dažādām stumbeņu/sausokņu koksnes sugām.

Novērtējot līdzīgus meža tipus, bet ar atšķirīgām iepriekšējās paaudzes koku atstātajām sugām, dažādiem vecumiem un audzes vecumiem, jāsecina, ka iegūtie rezultāti netieši attiecināmi uz objektu. Pētījumā iegūtie rezultāti ir līdzīgi kā citiem autoriem, apliecinot, ka uz apsēm un lapu kokiem vidēji novērojams lielāks skaits mikrodzīvotņu, ka arī kopumā sausokņu/stumbeņu grupā ir vairāk mikrodzīvotņu nekā dzīvajos ekoloģiskajos kokos.

3.3 Uz ekoloģiskajiem kokiem sastopamie epifīti

3.3.1. Ekoloģisko koku nozīme bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā

Epifītiskie briofīti un ķērpji ir būtiska bioloģiskās daudzveidības sastāvdaļa dabiskos boreālajos un mērenajos mežos (Soderstrom, 1988; Lesica et al., 1991; Esseen et al., 1997 cit. pēc Humphrey et al. 2002).

Strukturālās daudzveidības trūkums rada būtisku ietekmi uz epifītiskajiem ķērpjiem un sūnām un tie ir jutīgāki pret meža apsaimniekošanu nekā vaskulārie augi (Dittrich et al. 2013, Kaufmann et al. 2018 cit. pēc Kaufmann et al. 2021). Epifītiskie ķērpji ir nozīmīga mērķgrupa bioloģiskās daudzveidības saglabāšanā ar ekoloģisko koku pieeju, jo tie ir ļoti daudzveidīgi, bieži ar ierobežotām izplatīšanās spējām un ir labi indikatori ar veciem mežiem saistīto sugu stāvoklim (Ferris, Humphrey 1999, Nilsson et al. 2001, Johansson 2008 cit. pēc Jairus 2009).

Epifītu daudzveidību ietekmējošie faktori

Epifītu daudzveidību pozitīvi ietekmē tādi faktori kā augsta koku sugu daudzveidība, liels stumbra diametrs, liels audzes vecums un strukturālā daudzveidība (Kaufmann et al. 2021). Būtiska ietekme ir arī augstumam virs jūras līmeņa (Kaufmann et al. 2021), mežaudzes vecumam un platībai (Mežaka et al. 2010), kā arī atrašanās vietai uz koka - augstumam virs zemes (Klein et al. 2021).

Kopumā lielāka epifītu sugu bagātība ir uz kokiem ar lielāku diametru (Kaufmann et al. 2021). Visticamāk, tas saistīts ar to, ka koka diametrs lielā mērā korelē ar koka vecumu (Lie et al. 2009). Lielāks koka vecums pozitīvi ietekmē epifītu daudzveidību, jo ir bijis ilgāks kolonizācijas laiks, kā arī vecuma dēļ mainās mizas fizikāli ķīmiskās īpašības (Boudreault et al. 2008, Juriado et al. 2009, Larsen et al. 2007 cit. pēc Kaufmann et al. 2021) un ir pieejama lielāka mikrobiotopu daudzveidība (Ranius et al., 2008a, 2008b cit. pēc Kaufmann et al. 2021).

Stumbra diametram var būt pozitīvs efekts uz epifītu sugu bagātību, tomēr citiem faktoriem, piemēram, koka sugai, var būt lielāka ietekme (Kaufmann et al. 2021). Briofītiem izteikti vērojama sakarība, ka tie dod priekšroku kādai konkrētai koku sugai, tāpēc briofītu daudzveidību kokaudzē galvenokārt nosaka koku sugu daudzveidība (Király, Odor 2010). Turklāt mežā ar vairākām koku sugām lielāka epifītu daudzveidība ir tad, ja šīs koku sugas ir pārstāvētas savstarpēji līdzīgā proporcijā (Klein et al. 2021). Vislielākais briofītu segums un sugu daudzveidība bija vērojama uz ozoliem, bet vismazākā uz parastās priedes (Király, Odor 2010). Lielākais epifītisko ķērpju vidējais sugu skaits uz koka bija vērojams uz eglēm un aizvien mazāks attiecīgi uz priedēm, alkšņa un ozola, bērza un apses. (Klein et al. 2021). Tomēr, kaut arī uz apsēm tika konstatēts vismazākais ķērpju sugu skaits uz vienu koku, uz tām bija vidēji divas reizes vairāk retāk sastopamo ķērpju sugu nekā uz citu sugu kokiem (Klein et al. 2021). Koku suga ietekmē uz tās esošo epifītu sugu sastāvu, jo dažādu sugu kokiem ir atšķirīga mizas struktūra un pH vērtība. Piemēram, uz bērziem sastopama epifītu sabiedrība, kam piemērota gluda un mazāk skāba miza nekā uz skujkokiem (Kaufmann et al. 2021). Mizas pH vērtība ietekmē nozīmīgus procesus ķērpjos un sūnās, piemēram, barības vielu pieejamību (Nash 2008 cit. pēc Fritz, Heilmann-Clausen 2010) un sporu dīgtspēju (Wiklund, Rydin 2004).

Būtiski epifītu daudzveidības faktori ir arī mežaudzes vecums un kopējā platība (Mežaka et al. 2010). Briofītiem būtiska bija meža mikroklimate nepārtrauktība un krūmu stāva klātbūtne, un ķērpjus lielā mērā ietekmēja gaismas pieejamība (Odor et al. 2013).

Epifītu sugu sastāvs ir atšķirīgs arī dažādās koka augstuma daļās, piemēram, tādas sugas kā *Lecanora pulicaris* un *Melanohalea exasperatula* sastopamas koka daļās, kas ir vairāk nekā 2 m augstumā virs zemes, bet *Chaenotheca stemonea* un *Cladonia cenotea* daļās līdz 2 m augstumam (Klein et al. 2021). Ja tiek noteikts epifītu sastāvs tikai pirmajos divos metros virs zemes, neregistrētas paliek aptuveni divas trešdaļas no uz koka sastopamajām sugām (Klein et al. 2021). Tas, cik lielā mērā ķērpju sugu sastāvs līdz 2 m augstumam būs reprezentatīvs visam kokam kopumā, ir atkarīgs no koka sugas, piemēram, ķērpju sugu skaits uz priedēm pirmajos divos metros stipri korelē ar kopējo ķērpju sugu skaitu uz koka, savukārt uz eglēm šāda korelācija nebija vērojama, proti, uz vecām eglēm var būt vērojama daudzveidīga ķērpju sugu sabiedrība, pat ja pirmajos divos metros sugu daudzveidība nav liela (Marmor et al. 2013).

Vides apstākļu izmaiņu ietekme uz epifītiskajiem ķērpjiem

Pēc izciršanas mežaudzēs atstātie koki kādu laiku var nodrošināt audzē iepriekš bijušo epifītu daudzveidību, tomēr pēc mežizstrādes ievērojami mainās apkārtējās vides apstākļi, kas var ietekmēt epifītu populāciju izdzīvotību. Dažas epifītu sugas ir ļoti jutīgas uz nelielām izmaiņām apgaismojumā, temperatūrā vai mitruma pieejamībā, jo tie ir poikilohidriski organismi, proti, tie nav spējīgi regulēt savu mitruma uzņemšanu un atdošanu (Nash, 2008 cit. pēc Boudreault et al. 2013).

Daži autori uzskata, ka izlases cirtes rezultātā tiek uzlaboti apstākļi epifītiskajiem ķērpjiem (Rominger et al. 1994, Stevenson, Coxson 2007, Jairus et al. 2009 cit. pēc Boudreault et al. 2013), jo, kā zināms, maza gaismas pieejamība ir ierobežojošs faktors epifītiskajiem ķērpjiem skuju koku mežos (Gaio-Oliveira et al. 2004, Gauslaa et al. 2007, Jansson et al. 2009 cit. pēc Boudreault et al. 2013). Tomēr dažkārt strauja vainagu atvērums izveidošana var negatīvi ietekmēt ķērpju augšanu un vitalitāti (Hedenås, Ericson 2003, Coxson, Stevenson 2005 cit. pēc Boudreault et al. 2013). Turklāt pārāk liels vainaga atvērums var radīt negatīvu ietekmi, piemēram, sugu *Bryoria nadvornikiana* un *Evernia mesomorpha* augšanas ātrumu negatīvi ietekmēja vainaga atvērums virs attiecīgi 40 % vai 70 % (Boudreault et al. 2013).

Ķērpju izdzīvošana un reģenerācija uz ekoloģiskajiem kokiem nav atkarīga no koka sugas, bet gan no ķērpju sugai raksturīgajām īpašībām, kā spējas piemēroties dzīvošanai atvērtā vidē (Jairus et al. 2009). Ķērpjiem ir dažādas stratēģijas, kā tie piemērojas palielinātam gaismas daudzumam: tie var palielināt lapaņa biezumu (Hyvärinen 1992 cit. pēc Boudreault et al. 2013), hlorofila a/b attiecību (Gauslaa et al. 2006 cit. pēc Boudreault et al. 2013) vai izdalīt pigmentus, kas pasargā no saules starojuma iedarbības, piemēram, melanīnu (Solhaug, Gauslaa 1996, Gauslaa, Solhaug 2001, Hilmo 2002, Coxson, Stevenson 2007 cit. pēc Boudreault et al. 2013). Ķērpju spēja izdzīvot, strauji palielinoties gaismas daudzumam, var būt atkarīga arī no tā, cik mitrā klimatā tie atrodas (Boudreault et al. 2013). Kopumā sorediozie krevu ķērpji ir vairāk jutīgi uz palielinātu gaismas daudzumu nekā lapu ķērpji (Hedenas, Ericson 2003).

Pēc koku izciršanas palielinās ne tikai apgaismojums uz atstātajiem kokiem, bet arī uz tiem nonākošais nokrišņu daudzums, un šādas izmaiņas rada pozitīvu efektu uz *Cladonia* ģints sugu pārstāvju augšanu (Boudreault et al. 2013). Dažkārt mežsaimniecībai var būt atšķirīga ietekme uz vienu un to pašu epifītu sugu atkarībā no teritorijas ģeogrāfiskā novietojuma (Sillett, McCune 1998, Hedenas, Ericson 2003, Muir et al. 2006 cit. pēc Jairus et al. 2009).

3.3.2 Epifītu novērtējuma metodika

Datu ieguve

Uz ekoloģiskajiem kokiem augošo epifītu raksturošanai apsekotajās mežaudzēs tika izvēlēti vismaz pieci dzīvi ekoloģiskie koki. Ja bija iespējams, audzē tika izvēlētas vismaz trīs

priedes un vismaz pa vienam kokam no katras citas mežaudzē sastopamās ekoloģisko koku sugas. Katra izvēlētā koka stumbrs tika sadalīts četros parauglaukumos – nodalīta koka ziemeļu un dienvidu puse, kā arī katrā pusē nodalītas augstuma joslas no 0 līdz 0,50 m un no 0,50 līdz 2,00 m. Katrā no parauglaukumiem noteikts epifītisko sūnu un ķērpju sugu sastāvs un sugu segumi. Daļai epifītu tika ievākti paraugi, lai to precīzāku noteikšanu līdz ģintij vai sugai veiktu laboratorijas apstākļos, izmantojot binokulāru, mikroskopu un ķīmiskos reagentus ķērpju sugu noteikšanai (10 % KOH, Ca(OCl)₂). Epifītu sugu nosaukumi izmantoti atbilstoši Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstam (Āboliņa et al. 2015).

Datu analīze

Ar Šapiro-Vilka normalitātes testu pārbaudīta kopējā epifītu sugu skaita uz koka datu atbilstība normālajam sadalījumam. Tā kā šie dati neatbilda normālajam sadalījumam, lai pārbaudītu, vai kopējais epifītu sugu skaits ir būtiski atšķirīgs atkarībā no koka sugas, meža tipa, debespuses un augstuma joslas, veikts Kruskal-Wallis tests. Lai noskaidrotu starp kurām koku sugām un kuriem meža tipiem pastāv būtiskas atšķirības, veikts Vilkoksona tests neatkarīgām paraugkopām. Lai noskaidrotu saistību starp koka diametru un kopējo epifītu sugu skaitu, veikta Spīrmena korelācijas analīze. Statistiskam novērtējumam visos gadījumos izvēlēts būtiskuma līmenis 0.05. Epifītu sugu sastāva analīzei veikta galveno komponentu analīze.

Substrātu raksturojums

Epifītu sugu raksturošana veikta 20 mežaudzēs, no kurām 13 bija damakšņi, viens lāns un seši vēri. Kopumā epifītu sugu sastāvs un segums novērtēts uz 107 dzīviem kokiem. Visbiežāk epifītu raksturošanai izvēlēta priede, savukārt tikai viens koks novērtēts tādām sugām kā mežābele, lapegle un pīlādzim (3.6 tabula). Apsēkoto koku diametri bija robežās no 15,0 cm (mežābele) līdz 82,4 cm (lapegle). Vislielākie vidējie koka diametri bija lapeglei (82,4 cm) un apsēm (58,4 cm).

3.6. tabula. Epifītu novērtēšanai izvēlēto koku raksturojums

Koka suga	Novērtēto koku skaits	Koka vidējais diametrs (cm)	Mazākais diametrs (cm)	Lielākais diametrs (cm)
<i>Pinus sylvestris</i>	53	48.0	31.3	72.6
<i>Betula pendula</i>	13	49.8	31.5	63.7
<i>Populus tremula</i>	11	58.4	42.1	76.1
<i>Quercus robur</i>	11	42.3	21.5	62.7
<i>Alnus glutinosa</i>	8	42.7	35.5	54.1
<i>Tilia cordata</i>	5	36.0	27.3	45.6
<i>Picea abies</i>	3	45.5	37.1	53.9
<i>Larix sp.</i>	1	82.4	82.4	82.4
<i>Malus sylvestris</i>	1	15.0	15.0	15.0
<i>Sorbus aucuparia</i>	1	24.6	24.6	24.6

3.2.3. Rezultāti

Sastopamo epifītu raksturojums

Uz novērtētajiem kokiem konstatētas 97 epifītu sugas, no tām 29 sūnu un 68 ķērpju sugas. No sūnu sugām visbiežāk konstatētas *Hypnum cupressiforme*, *Dicranum scoparium*, *Dicranum*

montanum (3.7.tabula). Savukārt no ķērpjiem visbiežāk sastopami bija *Lepraria* sp., *Cladonia* sp., *Hypogymnia physodes*. Daļa sugu konstatētas tikai uz viena no visiem apsekotajiem kokiem, precīzāk, šāda sastopamība bija 13 ķērpju un 12 sūnu sugām. Apsekotajās mežaudzēs novērtētie ekoloģiskie koki ir bijuši piemērota dzīvotne arī dabisko mežu biotopu indikatorsugām, piemēram, *Homalia trichomanoides*, *Neckera pennata*, *Arthonia byssacea*, *Graphis scripta* un *Mycoblastus sanguinarius*.

3.7. tabula. Uz ekoloģiskajiem kokiem noteikto epifītisko sūnu un ķērpju sugas un to sastopamība

*Treknrakstā atzīmētas dabisko mežu biotopu indikatorsugas

Sūnu suga	Sastopamība	Sūnu suga	Sastopamība
<i>Amblystegium serpens</i>	1	<i>Ortotrichum</i> sp.	20
<i>Brachythecium rutabulum</i>	2	<i>Plagiochila asplenoides</i>	1
<i>Brachythecium</i> sp.	17	<i>Plagiomnium affine</i>	4
<i>Bryum</i> sp.	1	<i>Plagiomnium cuspidata</i>	1
<i>Dicranum montanum</i>	44	<i>Plagiomnium undulatum</i>	1
<i>Dicranum polysetum</i>	33	<i>Plagiothecium laetum</i>	2
<i>Dicranum scoparium</i>	50	<i>Pleurozium schreberi</i>	26
<i>Frullania dilatata</i>	3	<i>Polytrichum commune</i>	4
<i>Frullania</i> sp.	1	<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	32
<i>Homalia trichomanoides</i>	1	<i>Pylaisia polyantha</i>	6
<i>Hylocomium splendens</i>	4	<i>Radula complanata</i>	19
<i>Hypnum cupressiforme</i>	51	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	1
<i>Leucodon sciuroides</i>	1	<i>Tetraphis pellucida</i>	1
<i>Lophocolea heterophylla</i>	1	<i>Thuidium tamariscinum</i>	3
<i>Neckera pennata</i>	1	<i>Ulota</i> sp.	3

3.8. tabula. Uz ekoloģiskajiem kokiem noteikto epifītisko sūnu un ķērpju sugas un to sastopamība

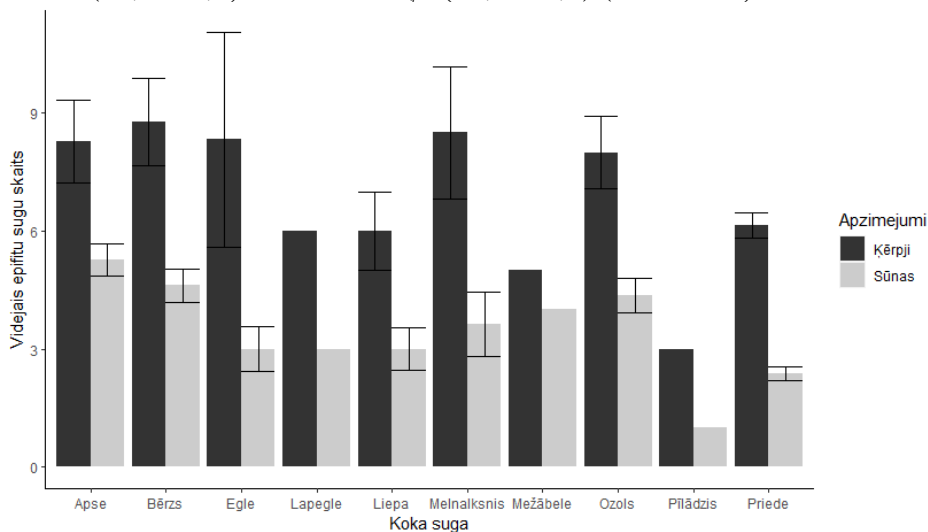
*Treknrakstā atzīmētas dabisko mežu biotopu indikatorsugas

Ķērpju suga	Sastopamība	Ķērpju suga	Sastopamība
<i>Arthonia byssacea</i>	3	<i>Lecanora</i> sp.	18
<i>Arthonia</i> sp.	10	<i>Lecidella elaeochroma</i>	2
<i>Bacidia</i> sp.	4	<i>Lecidella</i> sp.	8
<i>Buellia griseovirens</i>	20	<i>Lepraria</i> sp.	104
<i>Calicium</i> sp.	3	<i>Melanelixia</i> sp.	18
<i>Caloplaca flavorubescens</i>	4	<i>Micarea</i> sp.	20
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	10	<i>Mycobilimbia</i> sp.	1
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	5	<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	1
<i>Chaenotheca</i> sp.	3	<i>Opegrapha</i> sp.	11
<i>Chaenotheca stemonea</i>	1	<i>Opegrapha varia</i>	1
<i>Cladonia cenotea</i>	3	<i>Parmelia sulcata</i>	26
<i>Cladonia chlorophaea</i>	3	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	47
<i>Cladonia coniocraea</i>	54	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	13
<i>Cladonia cornuta</i>	1	<i>Peltigera praetextata</i>	3
<i>Cladonia deformis</i>	5	<i>Peltigera</i> sp.	2
<i>Cladonia digitata</i>	13	<i>Pertusaria amara</i>	6
<i>Cladonia fimbriata</i>	16	<i>Pertusaria</i> sp.	22

<i>Cladonia macilenta</i>	9	<i>Phlyctis argena</i>	23
<i>Cladonia ochrochlora</i>	9	<i>Physcia sp.</i>	4
<i>Cladonia sp.</i>	88	<i>Physcia tenella</i>	6
<i>Cladonia subulata</i>	2	<i>Physconia sp.</i>	2
<i>Dimerella sp.</i>	1	<i>Platismatia glauca</i>	18
<i>Evernia prunastri</i>	9	<i>Pseudevernia prunastri</i>	1
<i>Graphis scripta</i>	1	<i>Strangospora moriformis</i>	1
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	9	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	1
<i>Hypogymnia physodes</i>	69	<i>Usnea hirta</i>	7
<i>Imshaugia aleurites</i>	4	<i>Usnea sp.</i>	1
<i>Lecanora allophana</i>	1	<i>Vulpicida pinastri</i>	16
<i>Lecanora carpinea</i>	2	<i>Xanthoria fulva</i>	1
<i>Lecanora chlarotera</i>	7		

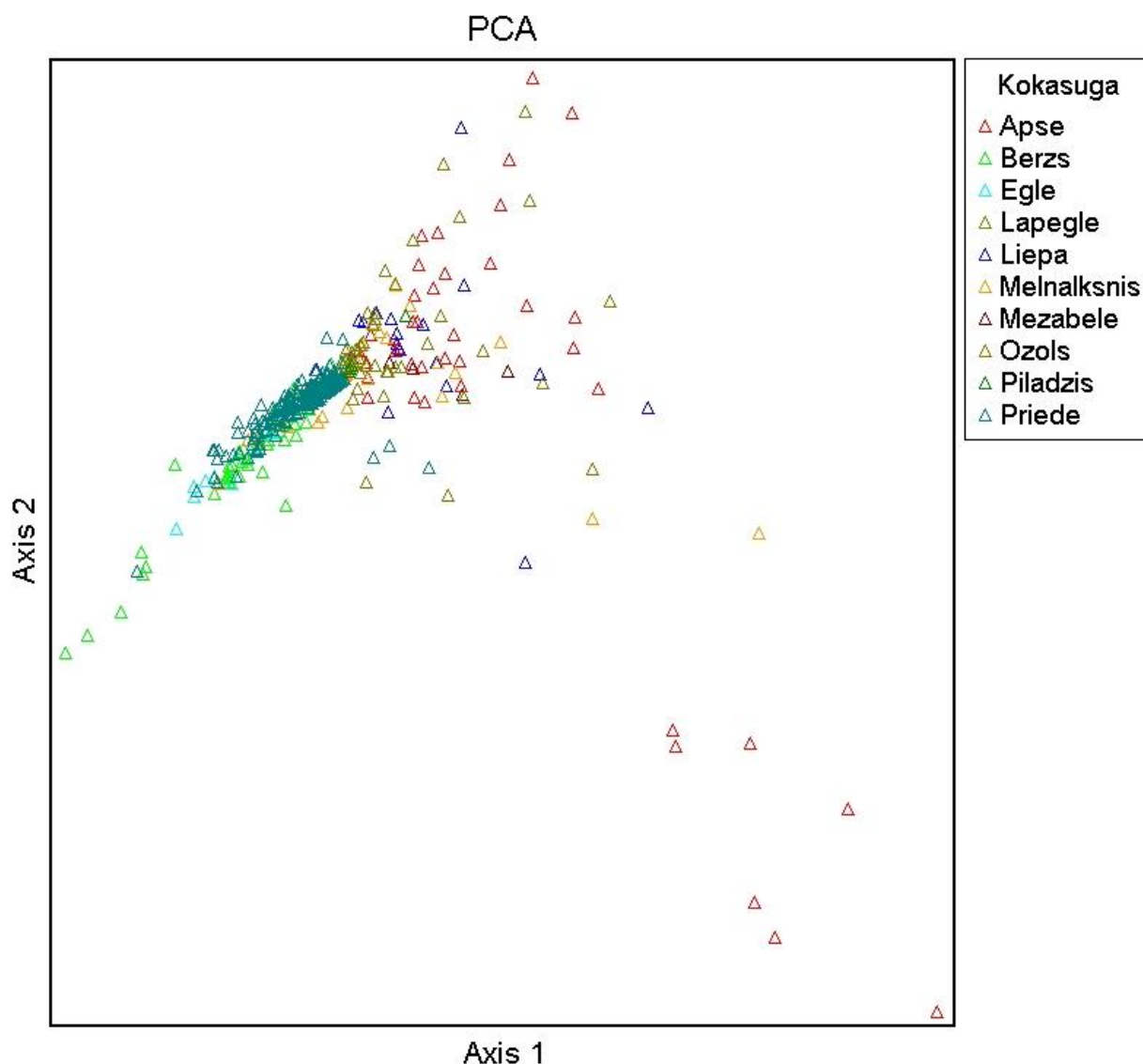
Faktoru ietekme uz epifitisko sugu sastopamību

Koka sugai bija būtiska ietekme uz kopējo epifītu sugu skaitu uz konkrētā koka. Savstarpēji salīdzinot katras divas koku sugas, būtiskas kopējā epifītu sugu skaita atšķirības bija vērojamas tikai starp priedi un tādām sugām kā apsi ($p = 0,001$), bērzu ($p = 0,001$) un ozolu ($p = 0,004$). Vislielākais vidējais epifītu sugu skaits bija uz lapkoku sugām apses ($13,5 \pm 1,0$), bērza ($13,4 \pm 1,2$), ozola ($12,4 \pm 1,1$) un melnalkšņa ($12,1 \pm 2,1$) (3.11.attēls).



3.11. attēls. Vidējais epifītu (kērpju un sūnu) sugu skaits uz dažādām dzīvo koku sugām.

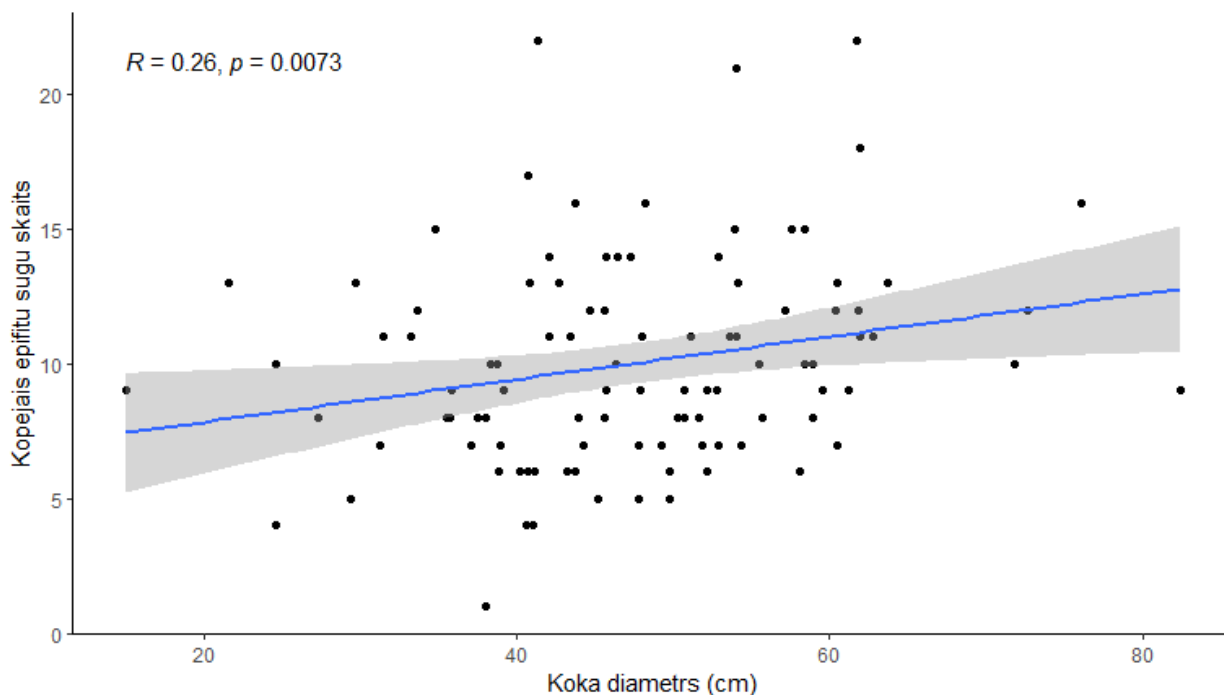
Koka sugas ietekme vērojama ne tikai uz kopējo epifītu sugu skaitu, bet arī uz sugu sastāvu. Galveno komponentu analīzes grafiskajā attēlojumā redzams, ka uz vienas un tās pašas sugas kokiem sastopams līdzīgāks sugu sastāvs, proti, vērojama vienai koku sugai atbilstošo punktu grupēšanās (3.12. attēls). Vislielākās epifītu sugu sastāva atšķirības vienas koku sugas ietvaros bija vērojamas uz apsem un liepām, savukārt vislīdzīgākais sugu sastāvs bija uz priedēm, kur bieži sastopami bija tādi epifīti kā *Hypogymnia physodes*, *Lepraria sp.*, *Cladonia sp.* un *Dicranum sp.*



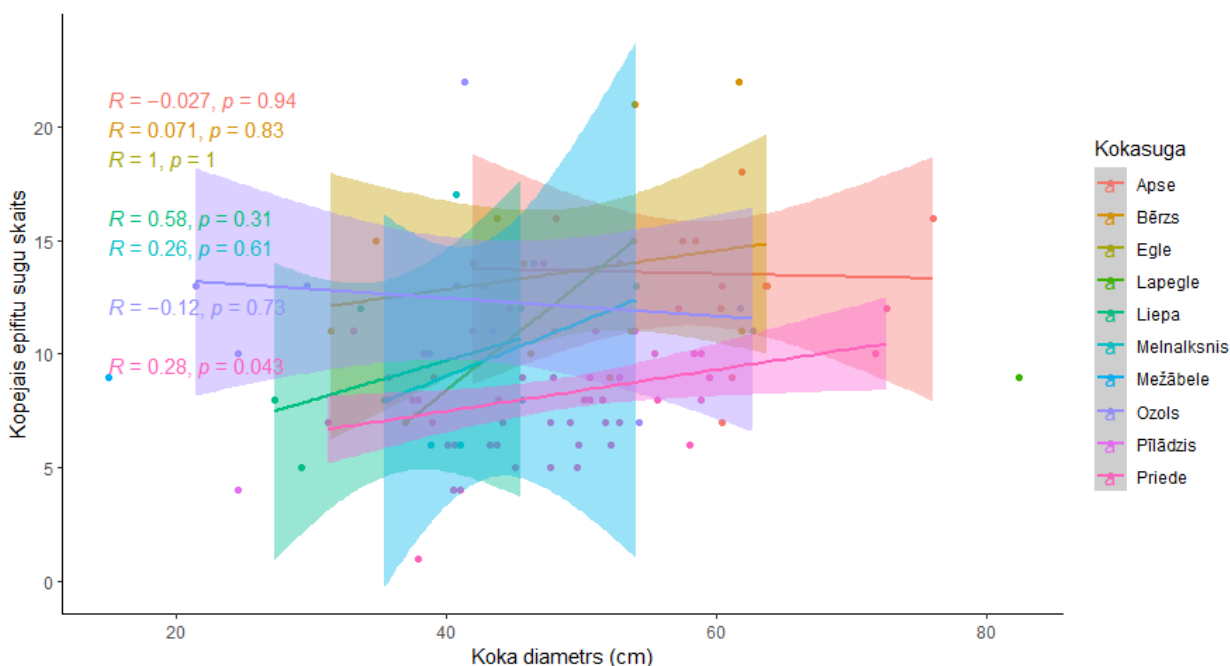
3.12. attēls. Galveno komponentu analīze epifītu sugu sastāvā pa koku sugām.

Koka diametram bija vāja pozitīva korelācija ar kopējo epifītu sugu skaitu uz koka ($r_s = 0,26$, $p = 0,007$) (3.13. attēls). Ja koka diametra un kopējā epifītu sugu skaita korelācijas analīzi veic katrai koku sugai atsevišķi, var ievērot, ka tā ir būtiska tikai priedēm ($r_s = 0,28$, $p = 0,043$) (3.14. attēls).

Kopējais epifītu sugu skaits uz koka ir būtiski atšķirīgs atkarībā no meža tipa, precīzāk, pastāv būtiskas atšķirības epifītu sugu skaitā starp vēri un damaksnī ($p = 0,009$). Vidējais epifītu sugu skaits uz koka vērī, damaksnī un lānā bija attiecīgi $11,8 \pm 0,7$, $9,41 \pm 0,5$ un $8,6 \pm 2,0$.



3.13. attēls. Kopējais epifītu sugu skaits atkarībā no koka diametra.



3.14. attēls. Kopējais epifītu sugu skaits atkarībā no koka diametra pa dažādām koku sugām

Vidējais epifītu sugu skaits koka ziemeļu pusē bija būtiski lielāks nekā dienvidu pusē, attiecīgi $5,8 \pm 0,2$ un $5,1 \pm 0,1$ epifītu sugas. Savukārt augstuma joslās no 0 līdz 0,50 m un no 0,50 līdz 2,00 m nebija būtiskas kopējā epifītu sugu skaita atšķirības ($p = 0,416$).

Pētījumā noskaidrots, vidējo epifītu sugu skaitu uz koka ietekmē tādi faktori kā koka suga, koka diametrs, meža tips un debespuse. Koka suga ietekmē ne tikai kopējo epifītu sugu skaitu, bet arī epifītu sugu sastāvu, proti, uz vienas sugas kokiem vērojams līdzīgs epifītu sugu sastāvs. Ekoloģiskie koki nodrošina piemērotu dzīvotni arī vairākām dabisko mežu biotopu indikatorsugām, piemēram, *Homalia trichomanoides*, *Neckera pennata*, *Arthonia byssacea*, *Graphis scripta* un *Mycoblastus sanguinarius*.

3.4. Ekoloģisko koku loma oglekļa piesaistē

3.4.1. Materiāls un metodika

Oglekļa uzkrāšanas un piesaistes modelēšanā ekoloģiskajos kokos aprēķināta attiecīgā koka biomasa, un pēc tam oglekļa saturs tajā. Koku virszemes un pazemes biomasas un to daļu biomasas aprēķināšanai izmantoti LVMI Silava izstrādātie vienādojumi (Liepiņš et al., 2018; Liepiņš et al., 2021). Pieņemts, ka koka biomasā ir 50% ogleklis. Pētījumā izmantoti 1.2. darba uzdevumā iegūtie ekoloģisko koku (P, E, B, A, M) uzmērīšanas dati.

3.4.2. Rezultāti

Dabā apsekotajos jaunajos objektos ekoloģisko koku krāja vidēji konstatēti $20,37 \pm 10,62 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (SD), Atbilstoši piesaistītais ogleklis (C) dzīvo koku biomasā ir $6,28 \pm 3,18$ tonnas C uz ha.

Vecajos pētījumu objektos 2013. g. dzīvo ekoloģisko koku krāja vidēji bija $14,95 \pm 8,83 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un atbilstoši piesaistītais ogleklis $4,21 \pm 2,38$ tonnas C uz ha. Šajos pašos objektos 2022. g. dzīvo ekoloģiskos koku krāja ir $15,06 \pm 9,13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (SD un atbilstoši piesaistītais C ir $4,30 \pm 2,40$ tonnas C uz ha, t.i., dzīvo EK krājas diference 9 gadu periodā ir tikai $0,11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un atšķirības nav statistiski būtiskas.

Būtiski norādīt, ka esošie oglekļa uzkrājumi un ekoloģisko koku krāja atbilst paraugkopas vidējiem rādītājiem, bet tie var neatbilst vidējai ekoloģisko koku krājai Latvijā kopumā. Šādai analīzei būtu jāizmanto MSI datu kopa.

3.5. Ekoloģisko koku loma vizuālās kvalitātes nodrošināšanā

3.5.1. Materiāls un metodika

Ekoloģisko koku ietekmes uz vizuālo kvalitāti novērtēšanai izmantoti agrākajos pētījumos (2008.g. MAF pētījumā) iegūtie dati, kuri iepriekš šādā aspektā nav analizēti. Ekoloģisko koku attēli, kuros salīdzināti ekoloģiskie koki (priedes) ar relatīvi daudz mikrodzīvotnēm un ekoloģiskie koki bez mikrodzīvotnēm. (Skat. 3.15. attēlu)

Katrs attēlu pāris ir bijis parādīts vismaz 210 respondentiem, kuri reprezentē Latvijas iedzīvotājus vecumā no 18 līdz 74 gadiem. Novērtējums atbilstošajā pāri ir dots 5 baļļu (Likerta) skalā A patīk vairāk nekā B, Drīzāk ka A patīk vairāk nekā B, A un B vienlīdz patīk, Drīzāk, ka B patīk labāk nekā A, B patīk labāk nekā A.



1-10A



1-10B



2-10A



2-10B

3.15. attēls. Ekoloģisko koku vizuālās pievilcības novērtēšanā izmantotie attēli
Savstarpēji salīdzināti 1-10 A ar 1-10B, 2-10A ar 2_10B

3.5.2. Rezultāti

3.15.attēlā salīdzināmo attēlu pāru vizuālās kvalitātes vērtējuma rezultāti doti 3.9. tabulā. Ja pirmā attēlu pāri (1-10A vs 1-10B), kur atšķirības ir sauso zaru sastopamībā un tuvplānā esošo ekoloģisko koku skaitā, vērtējums abiem attēliem ir relatīvi līdzīgs – koku grupu vērtējot nedaudz augstāk nekā atsevišķi stāvošu koku. Otrajā attēlu pāri, kurā salīdzināti atsevišķi stāvoši ekoloģiskie koki, kurā 2-10B attēlā ir koks ar virkni mikrodzīvotnēm, 2-10A attēlā koks ir novērtēts kā vizuāli ievērojami pieņemamāks nekā 2-10B.

3.9. tabula. Ekoloģisko koku vizuālās kvalitātes novērtējums

Attēlu pāris	Vērtējums					N kopā	A attēls (ln skalā)	B attēls (ln skalā)	Vidējā balle
	1	2	3	4	5				
1_10	42	41	44	42	51	220	-0.0914	0.0914	3.09
2-10	90	29	45	27	22	213	0.6769	-0.6769	2.35

Šie rezultāti norāda uz to, ka nepieciešams atsevišķs padziļināts pētījums par ekoloģisko koku vizuālās kvalitātes novērtējumu.

Secinājumi

1. Aerofotoattēlu dešifrēšana ir izmantojama kā metode ekoloģisko koku izdzīvošanas analīzei, taču tās sekmīgums ir atkarīgs no attēlu kvalitātes un tā palielinoties attēlu izšķirtspējai (no 1m līdz 0,25m) uzlabojas. Kritālu detektēšana iespējama tikai pirmajos aerofoto ciklu attēlos, kas iegūti pēc cirtes.
2. Apsekojot situāciju dabā, konstatēts, ka attēlos atpazīti ir 80% no dabā konstatētajiem kokiem.
3. Visaugstākā izdzīvošana ir melnalkšņiem, ozoliem un priedēm. 18-20 gadus pēc cirtes, cirmsmās vēljoprojām dzīvi ir 63% saglabāto priežu, 40% bērzu un 26% apšu. Ekoloģisko koku izdzīvošanu būtiski pazemina vētras, it īpaši, ja tās notiek pirmajos gados pēc cirtes.
4. Tiešā ekoloģisko koku tuvumā (līdz 5m) Mr jaunās paaudzes koki 10 gadus pēc cirtes ir par 25% zemāki nekā jaunās paaudzes koki, kas aug tālāk nekā 12,5m no tuvākā vecās paaudzes koka. 5-10 m attālumā koki ir vidēji par 10% zemāki, bet šī atšķirība nav statistiski būtiska. Līdzīga tendence saglabājas arī 20 gadus pēc cirtes. Tiešā ekoloģisko koku tuvumā (līdz 5m) būtiski zemāki ir jaunās paaudzes priežu caurmēri. Auglīgākos meža tipos – Ln, Dm – šīs atšķirības nav būtiskas.
5. Ekoloģisko koku grupās jaunās paaudzes priedes var būt ~3 reizes īsākas nekā tās, kas aug tālāk par 10m no ekoloģisko koku grupas.
6. Ar kokiem saistītās mikrodzīvotnes ir visvairāk ir sastopamas uz apsēm un liepām (vidēji ~3), bet vismazāk uz priedēm (vidēji ~ 1). Biežāk sastopamās mikrodzīvotnes ir atmirusi koksne vainagā, izaugumi un eksponēta koksne, ievērojami retāk konstatēti dobumi – tie visbiežāk konstatēti apsēm un priedēm. Ja dzīvajiem kokiem netika konstatēta būtiska mikrodzīvotņu skaita saistība ar EK caurmēru, tad stubeņiem un sausokņiem tika konstatēta būtiska pozitīva korelācija starp mikrodzīvotņu skaitu un koku caurmēru.
7. Uz novērtēto koku stumbriem līdz 2 m augstumm konstatētas 97 epifītu sugas. Uz priedēm konstatēts būtiski mazāks epifītu sugu daudzums nekā uz lapu kokiem. Būtiski vairāk epifītu sugas ir koku stubru ziemeļu pusē. Uz ekoloģiskajiem kokiem 10 -20 gadus pēc cirtes konstatētas arī dabisko mežu biotopu indikatorsugas.
8. Dzīvo koku krājas difference 20 gadu laikā praktiski ir bijusi $0 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, kas saistīts ar ekoloģisko koku atmiršanu, tomēr dzīvo ekoloģisko koku biomasā 20 gadus pēc cirtes ir piesaistītas vidēji ~ 4 tonnas C ha⁻¹.

Literatūras saraksts

- Asbeck T., Pyttel P., Frey J., Bauhus J. 2019. Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. - *Forest Ecology and Management*, 432:400–408.
- Bauhus J., Puettmann K., Messier C. 2009. Silviculture for old-growth attributes.-*Forest Ecology and Management*, 258:525–537.
- Boudreault C., Coxson D., Bergeron Y., Stevenson S., Bouchard M. 2013. Do forests treated by partial cutting provide growth conditions similar to old-growth forests for epiphytic lichens? - *Biological Conservation*, 159:458–467.
- Burkhard, B., de Groot, R., Costanza, R., Seppelt, R., Jørgensen, S. E. & Potschin, M. 2012a. Solutions for sustaining natural capital and ecosystem services. *Ecological Indicators*, 21, pp 1–6 (Challenges of sustaining natural capital and ecosystem services Quantification, modelling & valuation/accounting)
- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., Larrieu L. 2021. Know, protect and promote habitat trees.-*WSL Fact Sheet*, 64:1-12.
- Chmura D., Żarnowiec J., Staniaszek-Kik M. 2022. Altitude is a better predictor of the habitat requirements of epixylic bryophytes and lichens than the presence of coarse woody debris in mountain forests: a study in Poland.-*Annals of Forest Science*, 79:7.
- Cosyns H., Kraus D., Krumm F., Schulz T., Pyttel P. 2019. Reconciling the Tradeoff between Economic and Ecological Objectives in Habitat-Tree Selection: A Comparison between Students, Foresters, and Forestry Trainers.- *Forest Science*, 65(2): 223–234
- Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, Den Belt MV (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630):253–260
- Craig A., Macdonald E. 2009. Threshold effects of variable retention harvesting on understory plant communities in the boreal mixedwood forest.- *Forest Ecology and Management*, 258:2619–2627
- Daily, G.C., 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Donis J., Šņepsts G., Zdors L. (2015) Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus” Pētījuma pārskats.
- Donis J., Šņepsts G., Zdors L. (2020) Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana. Pētījuma pārskats.
- Donis J., Šņepsts G., Zdors L. (2022) Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana. Pētījuma pārskats.
- Franklin C. M. A., Macdonald S. E., Nielsen S. E. 2018. Combining aggregated and dispersed tree retention harvesting for conservation of vascular plant communities.-*Ecological Applications*, 28(7):1830–1840.
- Franklin J. F., Lindenmayer D., MacMahon J. A., McKee A., Magnuson J., Perry D. A., Waide R., Foster D. 2000. Threads of continuity: Ecosystem disturbance, recovery, and the theory of biological legacies.- *Conservation Spring*, 1(1):8-17.
- Fritz Ö., Heilmann-Clausen J. 2010. Rot holes create key microhabitats for epiphytic lichens and bryophytes on beech (*Fagus sylvatica*).-*Biological Conservation*, 143:1008–1016.
- Gauslaa Y. 2014. Rain, dew, and humid air as drivers of morphology, function and spatial distribution in epiphytic lichens.- *The Lichenologist*, 46(1):1–16.
- Gustafsson L., Baker S. C., Bauhus J., Beese W. J., Brodie A., Kouki J., Lindenmayer D. B., Löhmus A., Pastur G. M., Messier C., Neyland M., Palik B., Sverdrup-Thygeson A., Volney W. A., Wayne A., Franklin J. F. 2012. Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: A World Perspective.-*BioScience*, 62(7):633–645.
- 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*, 49:85–97.
- Gustafsson L., Kouki J., Sverdrup-Thygeson A. 2010. Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences.- *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4):295-308.
- Hämäläinen 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.
- Haughian R. 2018. Short-term effects of alternative thinning treatments on the richness, abundance and composition of epixylic bryophytes, lichens, and vascular plants in conifer plantations at microhabitat and stand scales.- *Forest Ecology and Management*, 415-416:106-117.s
- Hedenas H., Ericson L. 2003. Response of epiphytic lichens on *Populus tremula* in a selective cutting experiment.-*Ecological Applications*, 13(4):1124–1134.
- Humphrey J. W., Davey S., Peace A. J., Ferris R., Harding K. 2002. Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood.- *Biological Conservation*, 107:165–180.
- Jairus K., Lohmus A., Lohmus P. 2009. Lichen acclimatization on retention trees: a conservation physiology lesson.- *Journal of Applied Ecology*, 46:930–936.
- Jakobsson, R. (2005). Growth of retained Scots pines and their influence on the new stand. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 34. 33 p.
- Jansova I., Soldan Z. 2006. The habitat factors that affect the composition of bryophyte and lichen communities on fallen logs.- *Preslia*, 78:67–86.
- Jones M. D., Twieg B. D., Durall D. M., Berch S. M. 2008. Location relative to a retention patch affects the ECM fungal community more than patch size in the first season after timber harvesting on Vancouver Island, British Columbia.- *Forest Ecology and Management*, 255:1342–1352.
- Jonsson M., Ranius T., Ekvall H., Bostedt G. 2010. Cost-effectiveness of silvicultural measures to increase substrate availability for wood-dwelling species: A comparison among boreal tree species.- *Scandinavian Journal of Forest Research*, 00: 1-15.
- Kaufmann S., Funck S. K., Franziska Paintner F., Asbeck T., Hauck M. 2021. The efficiency of retention measures in continuous-cover forestry for conserving epiphytic cryptogams: A case study on *Abies alba*.- *Forest Ecology and Management*, 502, 119698
- Kiraly I., Odor P. 2010. The effect of stand structure and tree species composition on epiphytic bryophytes in mixed deciduous–coniferous forests of Western Hungary.- *Biological Conservation*, 143:2063–2069.
- Klein J, Low M, Thor G, Sjogren J, Lindberg E, Eggers S 2021. Tree species identity and composition shape the epiphytic lichen community of structurally simple boreal forests over vast areas. *PLoS ONE* 16(9): e0257564
- Korkjas M., Remm L., Lohmus A. 2021. Development rates and persistence of the microhabitats initiated by disease and injuries in live trees: A review.- *Forest Ecology and Management*, 482:118833.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B, Vandekerkhove K. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization.-*Ecological Indicators*, 84: 194-207.
- Lawrence J. F., Newton A. F. 1980. Coleoptera Associated with the Fruiting Bodies of Slime Molds (Myxomycetes).-*The Coleopterists Bulletin*, 34(2):129–143.

- Lie M., Arup U., Grytnes J. A., Ohlson, M. 2009. The importance of host tree age, size and growth rate as determinants of epiphytic lichen diversity in boreal spruce forests.- *Biodiversity and Conservation*, 18:3579-3596.
- Liepiņš J., Lazdiņš A., Liepiņš K. 2018. Equations for estimating above- and belowground biomass of Norway spruce, Scots pine, Birch spp. and European aspen in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33, 58-70; <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1337923>
- Liepiņš J., Liepiņš K., Lazdiņš A. 2021. Equations for estimating the above- and belowground biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) and common alder (*Alnus glutinosa* L.) in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36(5), 389-400; <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1937696>
- Lindenmayer D.B., 2017. Conserving large old trees as small natural features.-*Biological Conservation*, 211B:51–59.
- Macdonald S. E., Fenniak T. E. 2007. Understory plant communities of boreal mixedwood forests in western Canada: Natural patterns and response to variable-retention harvesting.- *Forest Ecology and Management*, 242:34–48.
- Marmor L., Tõrra T., Saag L., Leppik E., Randlane T. 2013. Lichens on *Picea abies* and *Pinus sylvestris* – from tree bottom to the top.-*The Lichenologist*, 45(1):51-63.
- Mežaka A., Brūmelis G., Piterāns A. 2010. Epiphytic bryophyte and lichen communities in relation to tree and forest stand variables in *Populus tremula* forests of south-east Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, Suppl. 2: 1 - 8.
- Michel A.K., Winter S. 2009. Tree microhabitat structures as indicators of biodiversity in Douglas-fir forests of different stand ages and management histories in the Pacific Northwest.-*USA Forest Ecology and Management*, 257:1453–1464.
- MK 2012. Ministru kabineta 2012.gada 18.decembra noteikumi Nr. 935 “Noteikumi par koku ciršanu mežā”. <https://likumi.lv/ta/id/253760-noteikumi-par-koku-cirsanu-meza>
- Niedermann-Meier S., Mordini M., Büttler R., Rotach, P. 2010. Habitatbäume im Wirtschaftswald: ökologisches Potenzial und finanzielle Folgen für den Betrieb.- *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 161:391-400.
- Niemisto, P., Lappalainen, E., Isomaki, A. (1993). Mantysiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkittetyin lountaisen uudistamisen aikana. Summary: growth of Scots pine seed bearers and the development of seedlings during a protracted regeneration period. *Folia For.*, 826, 26 p.
- Odor P., Király I., Tinya F., Bortignon F., Nascimbene J. 2013. Patterns and drivers of species composition of epiphytic bryophytes and lichens in managed temperate forests.-*Forest Ecology and Management*, 306:256–265.
- Ozoliņš R. (2002) Forest stand assortment structure analysis using mathematical modelling. *Forestry Studies, Metsanduslikud Uurimused*, Vol. 37, p. 33–42.
- Paillet Y., Coutadeur P., Vuidot a., Archaux F., Gosselin F. 2015. Strong observer effect on tree microhabitats inventories: A case study in a French lowland forest.- *Ecological Indicators*, 49:14-23.
- Rosenvald R., Lõhmus P., Rannap R., Remm L., Rosenvald K., Runnelb K., Lõhmus A. 2019. Assessing long-term effectiveness of green-tree retention.-*Forest Ecology and Management*, 448:543–548.
- Siipilehto J. (2006). Height distributions of Scots pine sampling stands affected by retained tree and edge stand competition. *Silva Fennica*, 40, 473–486.
- Simonsson P., Gustafsson L., Östlund L. 2015. Retention forestry in Sweden: driving forces, debate and implementation 1968–2003.-*Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(2):154-173.
- Söderström L. 1988. The Occurrence of Epixylic Bryophyte and Lichen Species in an Old Natural and a Managed Forest Stand in Northeast Sweden.- *Biological Conservation*, 45:169-178.

- 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, 227-243.
- Vuidot A., Paillet Y., Archaux F., Gosselin F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats.-*Biological Conservation*, 144:441–450.
- Wiklund K., Rydin H. 2004. Ecophysiological constraints on spore establishment in bryophytes.- *Functional Ecology*, 18:907-913.
- Zālītis P. 1999. Mežsaimniecisko pasākumu ietekmes uz vidi novērtējuma kritēriji un indikatori; novērtēšanas metodikas izstrāde. Pētījuma projekta atskaite. Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts „Silava”, 46 lpp.
- Березин А. М., Бабинская Е. А., Трунов И. А. Методы дешифрирования лесов по аэроснимкам. - Изд-во Академии наук СССР, 1963 - 138 с.