



GALA PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PASŪTĪTĀJS: AKCIJU SABIEDRĪBA “LATVIJAS valsts meži”

Līguma Nr. 5-5.5_006_101_16_6

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKĀ

VADĪTĀJA: Dr. Zane Lībiete, LVMI Silava vadošā pētniece

Salaspils, 2020

Kopsavilkums

Piecu gadu laikā veikta izpēte četros pētījumu virzienos: meža ekosistēmu pakalpojumi un mežsaimniecības un meža infrastruktūras attīstības ietekme uz vidi dažādos telpiskos līmeņos, ilgtspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekme, meža nekoksnes produktu pieejamība un izmantošana, kā arī meža rekreatīvā un estētiskā nozīme. Izstrādāta meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas metodika. Kvantificēta kompleksas meža apsaimniekošanas ietekme uz ūdens kvalitāti lokālā un sateces baseina mērogā. Pētīta dažādas intensitātes biomasas izvākšanas, tajā skaitā celmu izstrādes ietekme uz barības vielu nodrošinājumu, sakņu piepes sastopamību un bioloģiskās daudzveidības rādītājiem, tajā skaitā saproksilofīto vaboļu, sūnu un ķērpju, kā arī sēņu sastopamību. Analizēta celmu izstrādes un liela mēroga mežizstrādes ilgtermiņa ietekme uz meža ekosistēmu. Noskaidroti Latvijas iedzīvotāju paradumi meža nekoksnes produktu ieguvē, kā arī izstrādāti modeļi nozīmīgāko meža ogu potenciālās ražas aprēķināšanai. Izpētītas Latvijas iedzīvotāju rekreācijas preferences dažādos gadalaikos, kā arī noskaidroti pievilcīgākie un mazāk pievilcīgie meža ainavu tipi. Izstrādāti modeļi meža noturības pret rekreācijas slodzēm aprēķināšanai, meža rekreatīvās vērtības aprēķināšanai, kā arī meža vizuālās kvalitātes novērtēšanai.

Summary

During five years studies in four directions have been carried out: forest ecosystem services and the impact of forest management and forest infrastructure development on the environment on different spatial levels, short- and long-term impact of sustainably intensified forest management, availability and use of non-wood forest products, and recreational and aesthetic value of forests. Methodology for mapping and assessment of forest ecosystem services has been developed. The impact of complex forest management measures on water quality on local and catchment scale has been quantified. The impact of various levels of biomass removal (including the stump harvesting) on nutrient levels, occurrence of root rot and biodiversity, including saproxylophyte beetles, mosses and lichens and fungi, has been analysed. The patterns of non-wood forest product collection in Latvia have been studied and models for estimating the potential yields of the most important forest berries have been developed. Recreational preferences of the population have been studied and visually most and least attractive forest landscape types have been identified. Models for calculating forest recreational value and forest ecosystem resilience against recreational pressure, as well as for estimation of forest visual quality have been developed.

Saturs

Kopsavilkums	2
Summary	2
1. Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti.....	4
1.1. Metodika meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanai.....	4
Pamatojums.....	4
Metodikas izstrāde.....	5
1.2. Mežsaimniecības un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekme uz vidi	7
Vielu aprīte, ūdens kvalitāte un mitruma režīms	8
Veģētācijas attīstība	14
1.3. Galvenās atziņas.....	16
2. Ilgtspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz nodrošinošo, regulējošo un uzturošo meža ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti novērtējums.	17
2.1. Ciršanas atlieku izvākšana.....	17
Vielu aprīte, ūdens kvalitāte un jaunaudzū augšanas gaita	18
Sēņu sastopamība un daudzveidība	22
2.2. Celmu izstrāde.....	25
Vielu aprīte, ūdens kvalitāte un jaunaudzū augšanas gaita	25
Sūnu un ķērpju daudzveidība	29
Sēņu sastopamība un daudzveidība	31
Kukaiņu daudzveidība.....	33
Ilgtermiņa ietekme.....	36
2.3. Kompakti izvietota mežizstrāde	38
Pamatojums.....	38
Metodika	38
Rezultāti.....	40
2.4. Galvenās atziņas.....	41
3. Mežsaimniecības un nodrošinošo meža ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbība – meža nekoksnes produkti.....	44
3.1. Nozīmīgākie nekoksnes produkti un to ieguves paradumi.....	44
Pamatojums.....	44
Metodika	45
Rezultāti.....	46
3.2. Nekoksnes produktu apjoms un tā prognozēšana	47
Pamatojums.....	47
Metodika	47
Rezultāti.....	48
3.3. Galvenās atziņas.....	49
4. Mežsaimniecības un meža estētisko un rekreācijas pakalpojumu mijiedarbība.....	50
4.1. Meža rekreācijas preferences Latvijā un meža piemērotība atpūtai	50
Pamatojums.....	50
Metodika	51
Rezultāti.....	52
4.2. Meža ainavas vizuālās kvalitātes preferences un meža vizuālā kvalitāte	54
Pamatojums.....	54
Metodika	55
Rezultāti.....	55
4.3. Galvenās atziņas.....	56

1. Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti

1.1. Metodika meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanai

Pamatojums

Ar ekosistēmu pakalpojumiem (EP) saprot ekosistēmas struktūru un funkciju ieguldījumus cilvēku labklājībā, kas veidojas kombinācijā ar cilvēku darbības ieguldījumu ekosistēmā, un ekosistēmu pakalpojumi ir vērtējami gan dabiskās, gan cilvēka pārveidotās un ietekmētās ekosistēmās. Ekosistēmu pakalpojumu koncepcija ir kļuvusi par nozīmīgu modeli, kas saista ekosistēmu funkcionalitāti ar cilvēku labklājību kā vektoru, kas nodrošina dabas kapitāla un sociāli ekonomisko sistēmu mijiedarbību.



Attēls 1. Vienkāršots EP kartēšanas un novērtēšanas konceptuālais modelis

Latvijā mežs ir izplatītākā sauszemes ekosistēma, kas tradicionāli vienmēr bijusi nozīmīga gan ekonomiskā, gan ekoloģiskā, gan sociālā kontekstā. Meža nozare ir ļoti svarīga tautsaimniecībai, taču ne mazāk nozīmīgas ir tās meža funkcijas, kas saistītas ar nekoksnes produktiem un pakalpojumiem. Tādēļ ir vajadzīgs visaptverošs vērtēšanas modelis, kas ņemtu vērā ekosistēmas daudzpusīgo pienesumu.

Mūsu izstrādātā meža ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas metodika atbilst konceptuālajam modelim, kas saista ekosistēmas un to stāvokli ar cilvēku labklājību (Attēls 1). No vienas puses, ekosistēmu pakalpojumu plūsma nodrošina cilvēces labklājību, bet, no otras puses, pārmaiņu virzītājspēki, kuru avots ir sociāli ekonomiskās sistēmas, ietekmē ekosistēmu stāvokli un attiecīgi to spēju nodrošināt ekosistēmu pakalpojumus. Šī metodika iespēju robežās ir balstīta Eiropas Savienības Ekosistēmu un to pakalpojumu kartēšanas un novērtēšanas darba grupas izstrādātajā konceptuālajā ietvarā, lai nodrošinātu datu salīdzināmību un savietojamību ar nacionālajiem un ES līmeņa plānošanas dokumentiem.

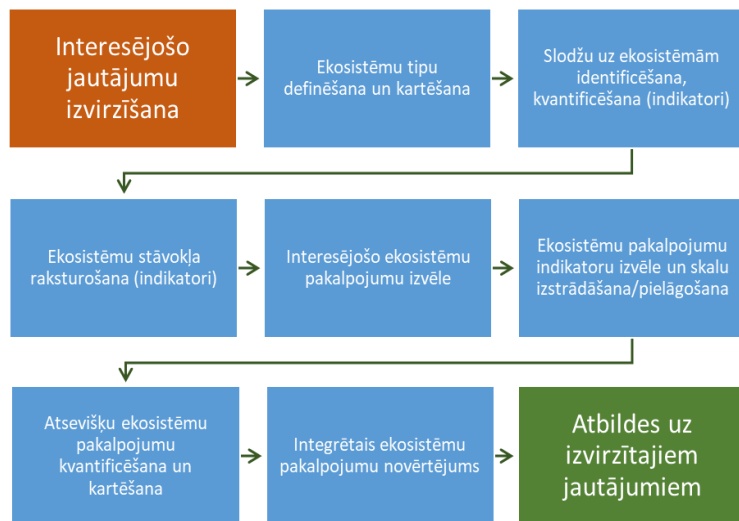
Pētījuma virziena **mērķis** bija izstrādāt Latvijas apstākļos praktiski pielietojamu meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas metodiku. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Iepazīties ar pieejamo literatūru par ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas pieredzi citviet Eiropā un identificēt prakses un paņēmienus, kas būtu pielietojami Latvijas apstākļos;
2. Sagatavot elastīgu un papildināmu meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas ietvaru, identificēt nozīmīgākos meža ekosistēmu pakalpojumus, izstrādāt to novērtēšanai izmantojamus indikatorus un vērtējuma skalas;
3. Salāgot izstrādāto metodiku ar ES rekomendēto praksi.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 5.etapa pārskatā.

Metodikas izstrāde

Ekosistēmu pakalpojumu vērtēšanas pirmie soļi ir **interesējošo jautājumu definēšana (1)** un **interesējošo ekosistēmu tipu definēšana un kartēšana (2)**. Noskaidrojamie jautājumi varētu būt sekojoši: Kāds ir pašreizējais mums interesējošo meža ekosistēmu stāvoklis? Kādus ekosistēmu pakalpojumus tās



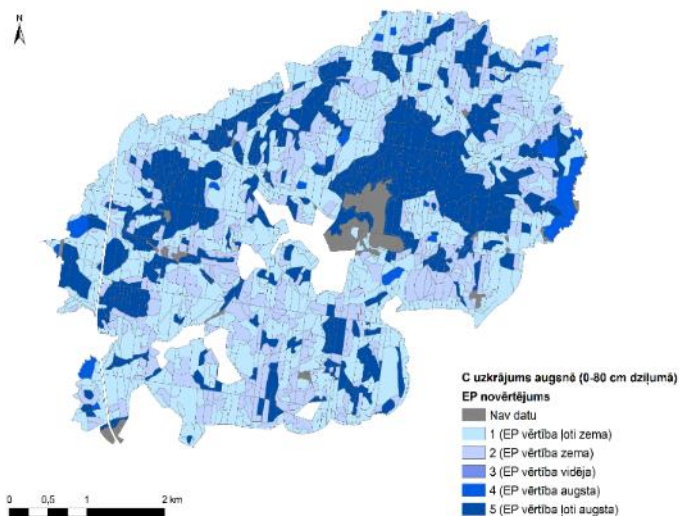
Attēls 2. EP vērtēšanas galvenie soļi

reāli sniedz šobrīd un kāds ir ekosistēmu pakalpojumus potenciāls nākotnē? Kā šie pakalpojumi izmainās īstermiņā/vidējā termiņā/ilgtermiņā dabisku faktoru un cilvēka darbības ietekmē? Kāds ir sabiedrības pieprasījums pēc konkrētiem ekosistēmu pakalpojumiem konkrētā vietā?

Kā meža ekosistēmas pamatvienību kartēšanai piedāvājam izmantot meža nogabalu - telpiski definētu teritoriju, ko raksturo virkne dažādu rādītāju, no kuriem daļa ir pastāvīgi, bet daļa – laikā mainīgi. Viens no nozīmīgākajiem šādiem rādītājiem ir meža tips, kas sevī ietver informāciju gan

par biotiskajiem, gan par abiotiskajiem ekosistēmas parametriem. Meža tips kā pamatvienība ir izmantojams daudzu ekosistēmu stāvokli un pakalpojumus raksturojošu indikatoru un to novērtējuma skalu izstrādē, jo biofizikālā informācija monitoringa programmās un pētījumos bieži tiek detalizēta tieši meža tipu līmenī. Citi biežāk izmantotie nogabalu raksturojošie rādītāji (atkarībā no konkrēta indikatora) ir valdošā koku suga, kokaudzes biežība, kokaudzes krāja, kokaudzes vecums u.c. Kartēšanai tiek izmantoti pieejamie ĢIS resursi (Attēls 3). Ekosistēmu tipi tālāk izmantojami kā EP telpiskās vienības (piem., EP sniedzošās vienības).

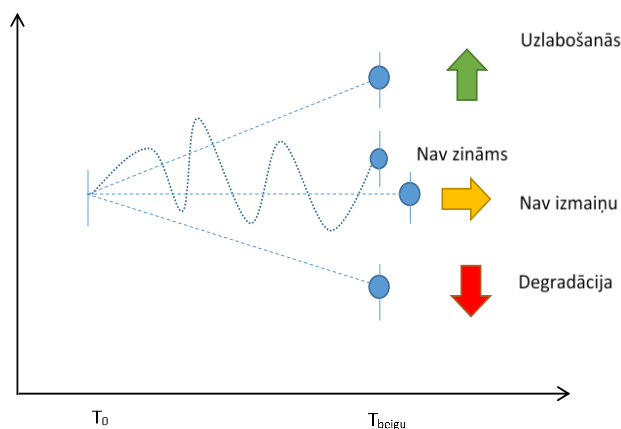
Tālāk tiek veikta **ekosistēmu stāvokļa definēšana un ekosistēmu nodrošināto pakalpojumu identificēšana (3)**, kā arī **ekosistēmu stāvokli un pakalpojumus raksturojošo indikatoru izvēle (4) un kvantificēšana (5)**. Ekosistēmu stāvoklis ir to fizikālie, ķīmiskie un bioloģiskie rādītāji konkrētā laika punktā, un tie ir pamatā ekosistēmu spējai nodrošināt ekosistēmu pakalpojumus. Ekosistēmu stāvokli raksturo attiecībā pret references jeb bāzes līmeni pagātnē, alternatīva pieeja ir pašreizējās situācijas raksturošana, ar kuru tālāk tiek salīdzināta ekosistēmu stāvokļa uzlabošanās vai pasliktināšanās nākotnē. Interesējošo ekosistēmu pakalpojumu identificēšana ir atkarīga no izvirzītajiem



Attēls 3. EP potenciālais nodrošinājums tiek vērtēts katrā no atsevišķiem ekosistēmu tipiem (meža nogabaliem). Piemērs no Zalvītes modeļteritorijas; indikators – oglekļa uzkrājums augsnē

jautājumiem (1.solis) un iesaistītajām pusēm. Kā vadlīnijas EP identifikācijai var izmantot iepriekš izstrādātās EP klasifikācijas sistēmas globālā mērogā. Mūsu pētījumā tiek izmantota Kopējā starptautiskā ekosistēmu pakalpojumu klasifikācija (*Common International Classification of Ecosystem Services*, V5.1). Ekosistēmu stāvokli raksturojošais ietvars parasti iekļauj arī informāciju par slodzēm uz ekosistēmām (galvenās slodžu grupas ir dzīvotņu pārveidošana un degradēšana, invazīvo augu ieviešanās, piesārņojums un bagātināšanās ar barības vielām, pārmērīga izmantošana, klimata pārmaiņas, vētras, meža ugunsgrēki, kaitēkļi un slimības).

Ekosistēmu stāvokli raksturojošie indikatori apraksta ekosistēmu abiotisko un biotisko kvalitāti. Ekosistēmu stāvokli raksturojošie indikatori ideālā gadījumā ir kvantitatīvi un balstīti reālos mērījumos vai monitoringa datos. Strukturālo indikatoru kvantificēšanai iespējams izmantot mērījumus vienā laika



Attēls 4. Iespējamie ekosistēmu stāvokļa attīstības scenāriji laika posmā no vērtējuma sākuma (T_0) līdz vērtējuma beigām (T_{beigu})

punktā, bet funkcionālie indikatori jāvērtē vismaz divos laika punktos. Papildus tiešajiem mērījumiem ir iespējams izmantot procesos balstītu modelēšanu un ĢIS tehnikas esošo datu kopu ekstrapolācijai un padziļinātai analīzei. Meža ekosistēmu stāvokļa raksturošanai pašlaik piedāvājam izmantot sekojošus indikatorus: meža platība, dzīvo koku krāja, koksnes pieaugums, defoliācija, augsnes kvalitāte, biogēno elementu iznese, mistrotu audžu īpatsvars, vecu mežu (>70 g.) īpatsvars, retās un īpaši aizsargājamās sugas un to dzīvotnes, ES nozīmes biotopu kvalitāte, atmirušās koksnes apjoms, ainavas fragmentācija, meža putnu indekss¹.

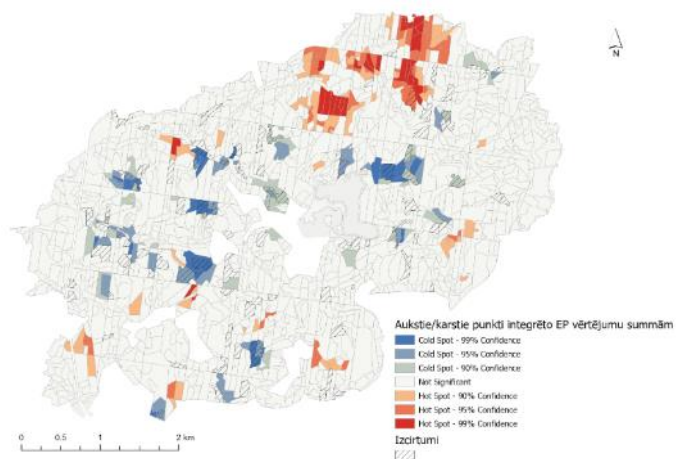
Ekosistēmu pakalpojumu plūsmas iekļauj indikatoru kopu, kas atbilst trijiem aspektiem: 1) ekosistēmu potenciālu nodrošināt ilgtspējīgu pakalpojumu plūsmu, 2) pieprasījumu pēc šiem pakalpojumiem, un 3) reālo pakalpojuma izmantošanu. Ekosistēmu pakalpojumu indikatorus iespējams kvantificēt ar daudzveidīgām biofizikālām, ekonomiskām un sociālām metodēm. Biofizikālās metodes kartē EP nodrošinājumu, izmantošanas apjomus vai pieprasījumu kā apjomu vai plūsmas fiziskās vienībās (ha, kg, m³), balstoties uz novērojumiem vai ekoloģiskiem un biofizikāliem modeļiem. Ekonomiskās metodes kvantificē EP vērtību naudas izteiksmē, sociāli-kulturālās metodes piešķir EP nemonētāru vērtību. Konkrētas metodes izvēle katra indikatora kvantificēšanai ir atkarīga no mērījumu specifikas, datu pieejamības, pētījuma mērķa un mēroga. Metodikas pirmajā versijā izmantota biofizikālā novērtēšana. Patlaban metodikas ietvaros ir izstrādāti 34 indikatori, 21 no tiem apgādes, deviņi regulējošo, bet četri – kultūras EP kategorijā. Lielākā daļa indikatoru paredzēti potenciālā EP nodrošinājuma aprēķināšanai, bet divi no regulējošajiem un četri no apgādes pakalpojumiem attiecas uz reālo nodrošinājumu un četri no apgādes pakalpojumiem – uz pieprasījumu.

¹ Rādītājs ir izmantojams tādā gadījumā, ja tiek nodrošināts adekvāts monitoringa maršrutu pārklājums un regulāri apsekojumi tendenču izvērtēšanai

Tabula 1. Pašlaik izstrādātie meža ekosistēmu pakalpojumu indikatori

Apgādes EP	Regulējošie EP	Kultūras EP
<ul style="list-style-type: none"> Potenciālā brūkleņu un melleņu raža Pārtikā izmantojamu augu, nektāraugu, ārstniecības augu, dekoratīvo augu un kosmētiskā izmantojamu augu potenciālā sastopamība Galvenajā cirtē iegūstamais lietkoksnis un enerģētiskās koksnis apjoms Medību platību piemērotība alnim, staltbriedim, stirnai un mežacūkai Uzskaitīto aļņu, staltbriežu, stirnu un mežacūku blīvums Nomedīto aļņu, staltbriežu, stirnu un mežacūku blīvums 	<ul style="list-style-type: none"> Koku un zemesaugu spēja veikt fitoremediāciju Trokšņa mazināšanas potenciāls Augsnes erozijas novēršanas potenciāls Ekosistēmas saglabāšanās ilglaicības potenciāls Mežaudzes saražotais skābekļa daudzums Oglekļa uzkrājums dzīvajā biomasā Toksisko smago metālu stabilizācijas potenciāls augsnē un zemsegā 	<ul style="list-style-type: none"> Meža piemērotība rekreācijai Meža noturība pret rekreācijas slodzēm Meža piemērotība medībām kā rekreācijas aktivitātei Meža ainavas vizuālā kvalitāte

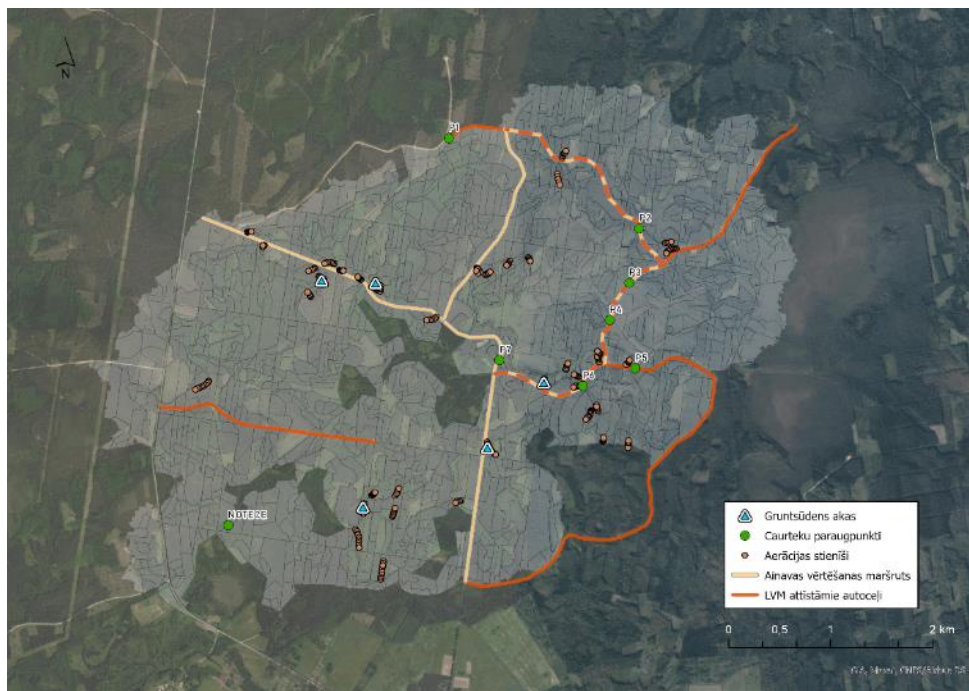
Kad izstrādāti indikatori un sagatavotas novērtējuma skalas, tiek veikta **ekosistēmu stāvokļa un pakalpojumu kartēšana (6)**. Ekosistēmu stāvokļa kartēšana parasti ir sarežģīta un prasa daudz resursu, jo sevišķi tie aspekti, kas attiecas uz ekosistēmu biotisko kvalitāti. Alternatīva pieeja ir slodžu izmantošana, jo starp ietekmēm un stāvokli bieži pastāv tieša (negatīva) sakarība. Ekosistēmu pakalpojumu kartes kvantificē un vizualizē, kur un kādā mērā ekosistēmas sniedz ieguldījumu cilvēku labklājībā. Integrētās kartēšanas metodes tipiski atbilst daudzpakāpju pieejai, sākot no kartēm, kas raksturo zemes segumu vai izmantošanas veidus, un tam tālāk pievienojot arvien detalizētāku informāciju par ekosistēmu sniegtajiem pakalpojumiem, to integrētajām vērtībām un koncentrēšanās vietām (tā sauktajiem “karstajiem” un “aukstajiem” punktiem).



Attēls 5. "Karstie" un "aukstie" EP punkti Zalvītes modeļteritorijā

1.2. Mežsaimniecības un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekme uz vidi

Pētījums tiek veikts, lai noskaidrotu, kāda ir mežsaimniecības un meža infrastruktūras renovācijas ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu nodrošinātajiem regulējošajiem pakalpojumiem ainavas mērogā. Šim nolūkam AS “LVM” apsaimniekotā meža masīvā 2016.gadā tika identificēts neliels (2762.1 ha) mežains sateces baseins (>95% meža, >90% apsaimnieko AS “LVM”) Lielupes upju baseinu apgabalā (Zalvītes strauts).



Attēls 6. Mērījumu un paraugu ņemšanas vietas Zalvītes modeļteritorijā (nogabalu slānis un attīstāmie autoceļi – LVM datu bāze)

Konkrētā teritorija tika izvēlēta, jo tajā pētījuma periodā bija plānota daudzveidīga saimnieciskā darbība: meža ceļu izbūve un rekonstrukcija, mežizstrāde, kā arī gadā pirms pētījuma uzsākšanas tur bija veikta meža meliorācijas sistēmu renovācija. 2016.un 2017. gadā Zalvītes modeļteritorijā tika rekonstruēti/izbūvēti trīs meža ceļu posmi ar kopējo garumu 14.6 km, kā arī, sākot no 2018. gada beigām, veikta mežizstrāde, dažāda veida cirtēm kopā ietekmējot ~17% no sateces baseina platības, bet vienlaidus atjaunošanas cirtei ~6% no sateces baseina platības.

Pētījuma **mērķis** bija noskaidrot, kāda ir pēc ierastajiem principiem īstenotas mežsaimniecības un mežsaimniecību atbalstošo darbību ietekme uz vielu apriti, ūdens kvalitāti, augsnes mitruma režīmu un veģetācijas attīstību mežainā sateces baseinā. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Novērtēt meža infrastruktūras būves un renovācijas, kā arī mežizstrādes ietekmi uz virszemes ūdens kvalitāti;
2. Analizēt mežizstrādes ietekmi uz gruntsūdens līmeni un augsnes aerētās virskārtas biezumu;
3. Novērtēt veģetācijas (tajā skaitā invazīvo augu sugu) attīstību uz renovētu meža meliorācijas grāvju atbērtņēm un renovētu/jaunizbūvētu meža ceļu malām.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 2. etapa, 4. etapa un 5.etapa pārskatos.

Vielu aprite, ūdens kvalitāte un mitruma režīms

Pamatojums

Mežsaimniecība un mežsaimniecību atbalstošās darbības (meža infrastruktūras izbūve un atjaunošana) var atstāt nozīmīgu ietekmi uz meža un saistītajām ekosistēmām, jo sevišķi uz ūdens vidi. Mežizstrādes rezultātā tiek izmainīti gaismas un mitruma apstākļi, kā arī kokaudžu sastāvs, turklāt smagās

tehnikas pārvietošanās var radīt augsnes struktūras izmaiņas, līdz ar to mainās vielu aprīte ekosistēmā. Izstrādātajās platībās tūlīt pēc mežizstrādes samazinās barības vielu uzņemšana, palielinās organiskās vielas sadalīšanās ātrums, un atbrīvotajām minerālvielām ir lielāka iespēja ieskaloties ūdensobjektos, ja tie ir hidroloģiski savienoti ar mežizstrādes platībām. Meža ceļu un meža meliorācijas sistēmu izbūve un rekonstrukcija savukārt var veicināt mehānisku augsnes daļiņu un tajās saistīto elementu nonākšanu ūdenstecēs. Šie jautājumi iepriekšējās desmitgadēs ir pētīti samērā plaši, jo sevišķi Ziemeļvalstīs, tomēr rezultāti ir visai nevienmērīgi un liecina par būtisku telpiskā mēroga un lokālu faktoru ietekmi. Turklāt atšķirīgās hidroģeoloģiskās situācijas dēļ Ziemeļeiropas dati nav tieši attiecināmi uz mūsu apstākļiem. Tādēļ ir nepieciešami pašiem savi dati.

Ūdens **ķīmiskais sastāvs** ir rādītāju kopums, ko ērti izmantot ietekmes uz vidi novērtēšanai. Daudzveidīgie ūdens kvalitātes rādītāji sniedz informāciju par vides stāvokli un tā izmaiņām dabisku un antropogēnu procesu ietekmē. Daži no nozīmīgākajiem pētījumā



Attēls 7. Nesen renovēts grāvis
Zalvītes modeļteritorijā

analizētajiem rādītājiem ir ūdens pH, ūdenī izšķīdušais skābeklis, suspendēto daļiņu saturs, slāpekļa un fosfora savienojumu saturs. Ūdens **pH** vērtība nosaka, cik skābs vai bāzisks ir ūdens. Tas ir nozīmīgs ūdens kvalitāti raksturojošs rādītājs, jo nosaka gan barības vielu un citu ķīmisko elementu šķīdību ūdenī, gan šo vielu bioloģisko pieejamību (vai smago metālu gadījumā – to toksiskuma līmeni). Dabiskās ūdenstecēs un ūdenstilpēs pH vērtība ir diapazonā no 6 – 8, bet izteikti negatīva ietekme uz ūdens organismiem sāk izpausties tad, kad ūdens pH samazinās zem 5 vai palielinās virs 9.6. **Ūdenī izšķīdušais skābeklis** ir viens no dzīvības procesus limitējošajiem faktoriem ūdens ekosistēmās. Lai dzīvības procesi noritētu normāli, izšķīdušā skābekļa saturs nedrīkst būt mazāks par 5 mg L⁻¹. **Suspendētās jeb koloidālās daļiņas** ir daļiņas, kuru diametrs ir lielāks par 2 μm; lielāko to daļu dabas ūdeņos veido neorganiskā viela. Saules siltuma absorbcijas rezultātā liels suspendēto daļiņu saturs ūdenī var veicināt ūdens temperatūras paaugstināšanos un izšķīdušā skābekļa

satura samazināšanos. Liels suspendēto daļiņu apjoms veicina sedimentāciju ūdenstilpes dibenā un var negatīvi ietekmēt ūdens organismu, tajā skaitā aizsargājamu sugu, dzīvotnes un zivju nārsta vietas. Slāpekļa un fosfora savienojumi ir galvenie **biogēnie elementi**, kuru palielināta koncentrācija ūdeņos var veicināt **eutrofikācijas procesus**, kas tiek uzskatīti par vienu no nozīmīgākajām Latvijas ūdeņu kvalitātes problēmām. Tie ir apstākļi, kad ūdenstilpnē ievērojami palielinās bioloģisko procesu intensitāte (pastiprināta aļģu attīstība, organisko vielu uzkrāšanās), kas noved pie ūdens kvalitātes būtiskas pasliktināšanās. Slāpekļa galvenā neorganisko savienojumu forma virszemes ūdeņos pētījuma objektā ir **nitrātu** forma. Tīros virszemes ūdeņos nitrātu koncentrācija parasti ir līdz 0.4-8 mg L⁻¹, bet piesārņotos ūdeņos – pat līdz 50 mg L⁻¹, kas ir ES Nitrātu direktīvā noteiktā nitrātu satura robežvērtība. Nitrātu sezonālās mainības raksturu ietekmē atšķirības starp nitrātjonu pieplūdes un patēriņa avotiem. Galvenie nitrātu avoti meža ekosistēmās ir organisko un neorganisko vielu pārvērtības un transformācijas procesi. No fosfora savienojumiem galvenokārt tiek vērtēti **fosfātjoni**, kas kopumā hidrosfērā pieejami relatīvi niecīgos daudzumos. Ja fosfātjonu saturs pārsniedz 0.03-0.05 mg L⁻¹, tad pie pietiekoša slāpekļa savienojumu daudzuma ūdenstilpnēs labvēlīgos apstākļos var sākties intensīva aļģu un citu ūdensaugu vairošanās.

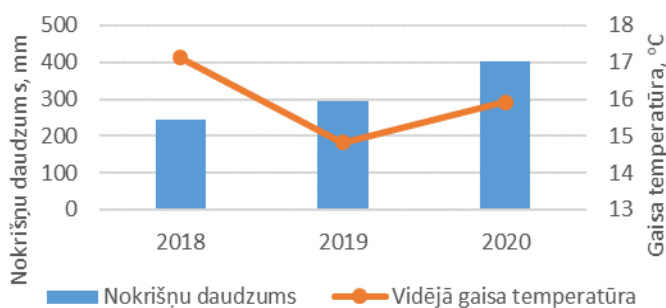
Labā augsnes aerācija ir svarīgs faktors veselīgas mežaudzes attīstībai. Kokiem augsnē ir nepieciešams ne tikai ūdens un barības vielas, bet arī pietiekama gaisa cirkulācija. Sakņu elpošanai ir

nepieciešams skābeklis no atmosfēras, kā arī iespēja izvadīt oglekļa dioksīdu. Ilgstoši aerētās augsnes poras, kuru tilpums un nepārtrauktība nosaka augsnes aerācijas efektivitāti, ir vienīgā saikne starp saknēm un atmosfēru. Ja poru tilpums tiek samazināts vai poras tiek aizsprostotas, saknes netiek apgādātas ar skābekli, izdalītais oglekļa dioksīds tiek iesprostots augsnē, kā rezultātā mazākās saknes pārstāj funkcionēt. Reducēta sakņu sistēma var būt nepietiekama, lai apgādātu koku ar pietiekamu ūdens un barības vielu daudzumu, samazinot kokauga spēju augt un attīstīties, kā arī ietekmē koka vainaga veselību. Pietiekama augsnes aerācija ir sevišķi nozīmīga augsnes virskārtā, jo lielākā daļa koku sakņu izvietojas līdz aptuveni 40 cm dziļumam no zemes virsmas. Aerācijas traucējumi un sakņu horizonta applūšana kokiem sevišķi kaitīga ir veģetācijas sezonas otrajā pusē.

Augsnes aerācija var pasliktināties gan meteoroloģisko faktoru (piemēram, spēcīgas un ilgstošas lietussgāzes), gan hidroloģiskā režīma traucējumu (piemēram, ūdensteču aizsprostošanas un tam sekojošās gruntsūdens līmeņa paaugstināšanās) rezultātā. Ietekme ir arī meža apsaimniekošanas darbībām, piemēram, mežizstrādei, - pirmajos gados pēc kokaudzes nociršanas platībā samazinās transpirācija, kas ir viens no augsnes hidroloģisko režīmu regulējošajiem procesiem. Augsnes aerāciju ietekmē augsnes sablīvēšana tehnikas pārvietošanās rezultātā. Tāpat arī meža infrastruktūras darbi, ja tie ir veikti nepareizi un neievērojot vajadzīgo piesardzību, var negatīvi ietekmēt hidroloģiskos apstākļus un paaugstināt augsnes gruntsūdens līmeni. Tādēļ ir svarīgi noskaidrot meža apsaimniekošanas pasākumu ietekmi, jo sevišķi saistībā ar klimata pārmaiņām un arvien biežāk prognozētajiem meteoroloģisko apstākļu ekstrēmiem.

Metodika

Ūdens kvalitātes rādītāju izmaiņu novērtēšanai pēc meža infrastruktūras objektu izbūves un renovācijas no 2016. līdz 2020.gadam Zalvītes modeļteritorijā tika veikts ūdens kvalitātes monitorings astoņās mērījumu vietās meža meliorācijas sistēmās un Zalvītes strautā, kā arī gruntsūdens akās piecos nogabalos, četros no tiem veikta vienlaidus atjaunošanas cirte. Virszemes ūdenī reizi mēnesī tika noteikti sekojoši parametri: izšķīdušā skābekļa saturs, duļķainība, suspendēto daļiņu saturs, pH, elektrovadītspēja (EVS), biogēno elementu saturs (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturs, kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa saturs, bet gruntsūdenī - pH, elektrovadītspēja (EVS), biogēno elementu saturs (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, PO_4^{3-} -P), bāzisko katjonu (Ca, Mg, K) saturs, kopējā slāpekļa, izšķīdušā organiskā oglekļa, kā arī suspendēto daļiņu saturs. Lai precīzāk novērtētu meža infrastruktūras darbu ietekmi, tika analizēti būvniecības darbu žurnāli, pievēršot uzmanību ūdens paraugiem, kas ņemti tiešā tuvumā vietām, kur veikti renovācijas darbi. Pētījuma gaitā Zalvītes strautā nepārtraukti tika mērīts noteces apjoms no sateces baseina, kā arī blakus modeļteritorijai uzstādītā meteostacijā fiksēti laika apstākļi.

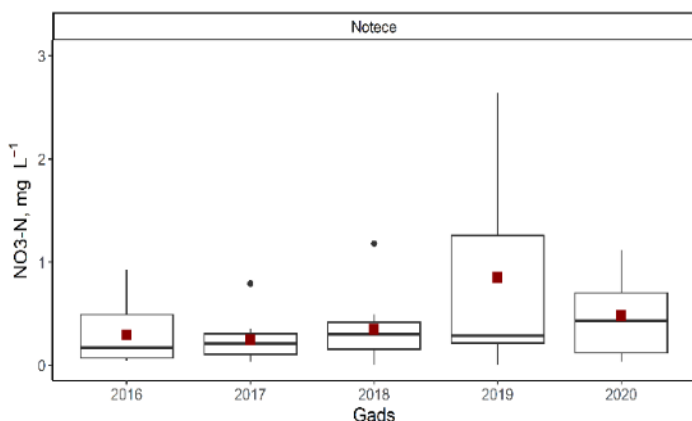


Attēls 8. Nokrišņu daudzums un vidējā gaisa temperatūra Zalvītes modeļteritorijā pēdējos trijos pētījuma gados veģetācijas sezonas II pusē (VII-X)

Lai novērtētu minimālā aerētā augsnes slāņa dziļuma izmaiņas mežsaimniecisko aktivitāšu rezultātā, gruntsūdens līmenis tika mērīts piecos nogabalos (meža tipi - Dm, Dms, Db, As, Ks). Četros no šiem nogabaliem (izņemot Dms) 2017./2018. gadā tika veikta mežizstrāde. Šajos objektos mērījumi tika veikti nepārtraukti¹, izmantojot automātiskos datu logerus. Papildus šiem mērījumiem 39 dažādu meža tipu nogabalos augsnē tika ievietoti 70 cm gari 5-10 (atbilstoši meža nogabalu platībai un konfigurācijai) tērauda stieņi. Stieņa daļa, kas atrodas aerētā augsnes slānī, aprūsē, turpretim daļa, kas atrodas anaerobos apstākļos, neaprūsē, ļaujot noteikt minimālo aerētā slāņa dziļumu no augsnes virskārtas. Šāda metode ir piemērota augsnes aerētā slāņa biezuma noteikšanai plašākā teritorijā, jo ir pietiekami vienkārša, lai aptvertu lielu objektu skaitu – tā ir mazāk laikietilpīga un lētāka nekā gruntsūdens līmeņa novērošana gruntsūdens akās. Aerācijas slāņa mērījumu stieņi nogabalos izvietoti pa diagonāli, izvairoties no neraksturīgām vietām, līdz ar augsnes virskārtu, noņemot nedzīvās zemsegas slāni, augsnē tie turēti katru gadu veģetācijas sezonas otrajā pusē, kad paaugstināta gruntsūdens līmeņa ietekme uz koku augšanu ir vislielākā.

Rezultāti

Pētījuma periodā pa gadiem bija vērojamas krasas vidējās gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma svārstības, kas ietekmēja gan noteces apjomu pa meliorācijas grāvjiem un Zalvītes strautā, gan arī vielu aprites procesus kopumā. Visos pētījuma gados noteces apjoms Zalvītes strautā lielāks ir bijis rudens un ziemas mēnešos. Tā kā rudens un ziemas mēnešos nenotiek elementu uzņemšana dzīvajā biomasā, šajā periodā palielinās nitrātu un amonija koncentrācija ūdens paraugos, kā arī pieaug šo savienojumu īpatsvars kopējā slāpekļa saturā, tajā pašā laikā samazinoties organiskā slāpekļa īpatsvaram. Attiecīgi elementu iznese no platības ir lielāka tieši šajā laikā.



Attēls 9. Nitrātu slāpekļa koncentrācijas izmaiņas noteces paraugu ņemšanas punktā Zalvītes mežteritorijā.

Vidējā vērtība - sarkanais kvadrāts; mediāna - vidējā tumšā līnija taisnstūrī; 1. un 3. kvartile - taisnstūra apakšējā un augšējā mala; minimālā un maksimālā vērtība - apakšējais un augšējais nogrieznis (ja nav ekstrēmu vērtību); atsevišķie punkti - ekstrēmas vērtības.

Kopumā ķīmisko elementu koncentrāciju izmaiņas ūdens paraugu ņemšanas punktos meliorācijas grāvjos un Zalvītes strautā izteiktāk atspoguļo meteoroloģisko apstākļu svārstības un vietai raksturīgos faktorus nekā sateces baseinā veikto saimniecisko darbību. Piemēram, netika konstatēta meža infrastruktūras izbūves ietekme uz ūdens kvalitātes rādītājiem, tajā skaitā ūdens duļķainību un suspendēto daļiņu saturu pat tajos punktos, kuru tiešā tuvumā pirms pašas paraugu ņemšanas notika zemes darbi. Tāpat izšķīdušā skābekļa koncentrācijas samazināšanās grāvjos un strautā drīzāk saistāma ar augsto bioloģisko aktivitāti ūdens vidē paaugstinātas temperatūras rezultātā (2018. gadā visos novērojumu punktos) vai arī ar ūdens plūsmas trūkumu un organiskās vielas sadalīšanās procesiem (paraugu ņemšanas punktā P1).

¹ Kopš 2017.gada

Pētījuma teritorijā ir vērojama lokāla (nogabala mēroga) mežizstrādes ietekme uz ūdens kvalitātes rādītājiem. Nitrātu saturs 2019. gadā (kad visintensīvāk veikta koku ciršana) pieaudzis visos mērījumu punktos, atsevišķos mērījumu punktos – arī kopējā slāpekļa un fosfātu koncentrācija. Tomēr nitrātu slāpekļi pašlaik ir vienīgais rādītājs, kura koncentrācijas palielināšanās uzreiz pēc mežizstrādes konstatēta noteces mērījumu punktā, liecinot par ietekmi sateces baseina mērogā. Pārējo parametru svārstības norāda uz lokālu ietekmi un pārsvarā saistītas ar paraugu ņemšanas punktiem blakus esošu izcirtumu. 2020. gada rezultāti vēl tiks precizēti, jo uz pārskata sagatavošanas brīdi apkopotu un aprēķinos iekļauti ir ķīmisko analīžu rezultāti līdz 1. septembrim.



Attēls 10. Paraugu ņemšanas punkts P1 - nerenovēts ceļš šķērso nerenovētu grāvi

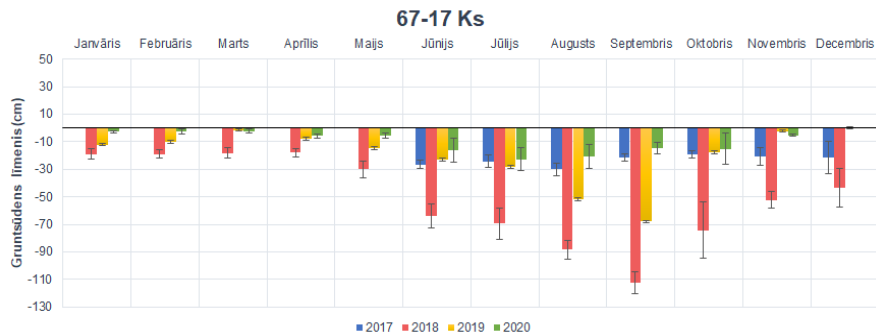
Gruntsūdenī nogabalos, kur tika veikta mežizstrāde, netika konstatētas viennozīmīgas slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrācijas izmaiņas, atšķirīgos augšanas apstākļos izmaiņu tendences bija dažādas, piemēram, nitrātu saturs nākamajā gadā pēc mežizstrādes palielinājās dumbrājā un šaurlapju kūdrenī, bet būtiski nemainījās damaksnī un šaurlapju ārenī, bet būtisks fosfātu saturs palielinājums tika konstatēts tikai damaksnī. Konstatētās likumsakarības pašlaik liek domāt drīzāk par augšanas apstākļu ietekmi.

Neraugoties uz modeļteritorijā konstatēto mežsaimniecības un meža infrastruktūras izbūves un renovācijas lokālo ietekmi un atsevišķu elementu izneses palielināšanos sateces baseina mērogā, jāuzsver, ka elementu koncentrācija Zalvītes strautā ir zemāka nekā Lielupes upju baseina apgabalā vidēji, turklāt slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrācijas visā pētījuma laikā tikai dažas reizes ir pārsniegušas normatīvos dotos robežlielumus. Atšķirīga situācija vērojama, analizējot suspendēto daļiņu koncentrācijas, - to vidējās vērtības normatīvos doto robežlielumus pārsniegušas ievērojami biežāk. Lai gan datu analīze saistībā ar teritorijā veikto mežsaimniecisko darbību viennozīmīgi nenorāda ne uz meža infrastruktūras izbūves, ne mežizstrādes ietekmi, ūdens kvalitātes nodrošināšanas nolūkos būtu jāpievērš uzmanība iespējām samazināt tieši šo rādītāju, iespējams, pielietojot zaļās infrastruktūras risinājumus.



Attēls 11. Noteces mērīšanas punkts Zalvītes modeļteritorijā

Pētījuma perioda pēdējos trijos pētījuma gados gruntsūdens līmenis pakāpeniski paaugstinājies visos piecos pētījuma objektos, sekojot vispārējām nokrišņu daudzuma izmaiņu tendencēm, tomēr

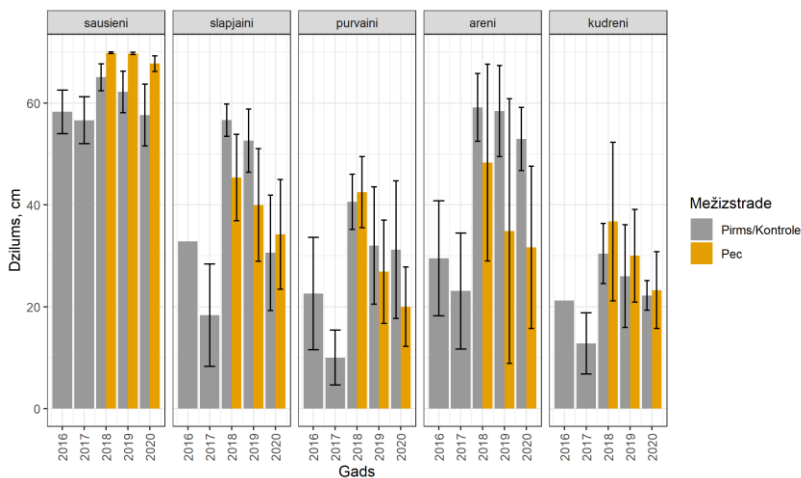


Attēls 12. Gruntsūdens līmeņa svārstību piemērs šaurlapju kūdrenī. Mežizstrāde veikta 2018.gada jūnijā

pētījuma perioda veģetācijas sezonas II pusē (no jūlija līdz oktobrim) gruntsūdens līmenis pa mēnešiem visvairāk ir svārstījies dumbrājā un šaurlapju ārenī. Kopumā veģetācijas perioda otrajā pusē, kad pietiekama augsnes aerācija sakņu zonā ir sevišķi nozīmīga, gruntsūdens līmeņa dziļums šaurlapju ārenī un šaurlapju kūdrenī, kā arī dumbrājā ir bijis augstāks nekā 40 cm no zemes virsmas. Rezultāti liecina par to, ka gados ar lielu nokrišņu daudzumu nogabalos, kur veikta mežizstrāde, gruntsūdens līmenim ir tendence paaugstināties virs aktīvā sakņu horizonta.

Rezultāti ir atšķirīgi, vērtējot aerētā augsnes virskārtas slāņa biezumu nogabalos, kur augsne ievietoti tērauda stieņi. Visās meža tipu edafiskajās rindās pētījuma gaitā novērojama augsnes aerācijas slāņa palielināšanās, salīdzinot periodus pirms un pēc mežizstrādes, taču arī šajā gadījumā novērotā tendence atbilst teritorijā konstatētajām nokrišņu daudzuma izmaiņām. Aerācijas slāni būtiski ietekmē ūdens daudzums augsnē un tās porās, kas rada anaerobus apstākļus. Teorētiski gruntsūdens līmenim izcirtumos pēc mežizstrādes vajadzētu paaugstināties, jo samazinās ūdens patēriņš un evapotranspirācija. Tomēr šie rezultāti norāda uz to, ka izteiktā pārmitro-sauso gadu mainība, kas sakrita ar novērojumu laiku,

varētu būt ietekmējusi aerācijas slāņa biezuma izmaiņas būtiskāk nekā mežizstrāde. Salīdzinot aerācijas slāņa dziļuma izmaiņas pēc mežizstrādes ar kontroles parauglaukumiem, tika konstatēts, ka pēc mežizstrādes slapjainu, purvainu un āreņu edafiskajās rindās aerācijas slāņa pieaugums ir mazāks, nekā kontroles laukumos, taču sausieņu un kūdreņu meža tipu edafiskajās rindās tika novērota pretēja tendence. Piektajā novērojumu gadā novērotais augsnes aerācijas slāņa biezums visās meža tipu edafiskajās rindās pietuvojās pirms mežizstrādes novērotajam.



Attēls 13. Aerētās augsnes dziļuma izmaiņas dažādās meža tipu edafiskajās rindās pēc cirtes Zalvītes modeļteritorijā (ar nogriežņiem attēlotas standartklūdas)

Veģetācijas attīstība

Pamatojums

Pieaugošā antropogēnā slodze uz dabiskajām ekosistēmām un klimata izmaiņas var veicināt sugām dabisko biotopu degradāciju. Lai arī meža ceļu izbūve un grāvju renovācija palielina meža apsaimniekošanas efektivitāti, šādi traucējumi var izmainīt meža ekosistēmas funkcijas, tajā skaitā vietējo sugu sastāvu un svešzemju sugu izplatību. Svešzemju sugu ekspansijai visvairāk pakļautas traucētas vietas un cilvēka darbības rezultātā radīti biotopi, kuriem raksturīgi mēreni augšanas apstākļi. Līdz ar to biotopu fragmentācija, meža ceļi un ūdens koridori, kas raksturo apsaimniekotu mežu platības, var veidot galvenās invazīvo un citu biotopam neraksturīgo sugu izplatīšanās trajektorijas. Šī pētījuma mērķis ir noskaidrot, kā meža infrastruktūras objektu (meža meliorācijas sistēmu, meža autoceļu) renovācija un izbūve ietekmē veģetācijas attīstību, īpašu uzmanību pievēršot invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatībai.

Metodika

Pētījums veikts Zalvītes strauta sateces baseina modeļteritorijā. Veģetācijas uzskaitē veikta četriem šajā teritorijā ietilpstošiem jaunizbūvētiem meža ceļiem, kuri rekonstruēti vai izbūvēti no 2016. gada rudens līdz 2017. gada vasarai. Uzskaitē veikta arī četriem meliorācijas grāvjiem, no kuriem divi bija renovēti 2015. gadā, bet divi bija nerenovēti. Pirmā veģetācijas uzskaitē veikta 2016. gadā, savukārt 2017., 2018., 2019. un 2020. gadā veģetācijas uzskaitē atkārtota pēc tās pašas metodikas. Katrā vietā (meliorācijas grāvis, izbūvēts meža ceļš) veģetācijas uzskaitē veikta 1 km garā posmā. Uz katra posma ar 100 m intervālu ierīkotas 10 transektes, kas šķērso ceļa vai grāvja viduslīniju. Šīs transektes sadalīts divos (labā (L) un kreisā (K) ceļa vai grāvja puse iešanas virzienā) no trases sākuma (0 piketa) 3 × 10 m lielos parauglaukumos, kas ceļam sākas līdz ar ceļa kranti, bet grāvim, grāvja gultnes centru, un to garākā mala ir vērsta paralēli novilktajai transektei. Pirmā uzskaites transekte ierīkota 100 m no ceļa vai grāvja trases sākuma. Kopā apsekoti 160 parauglaukumi, 20 uz katra izvēlēta posma. Katrā parauglaukumā pēc Brauna-Blankē metodes piecu ballu skalā (1 balle - sugas kopējais segums parauglaukumā < 5%; 2 balles 5-25%; 3 balles 25-50%; 4 balles 50-75%; 5 balles 75-100%) uzskaitītas visas lakstaugu un sūnu stāva sugas, ieskaitot ķērpju sugas.



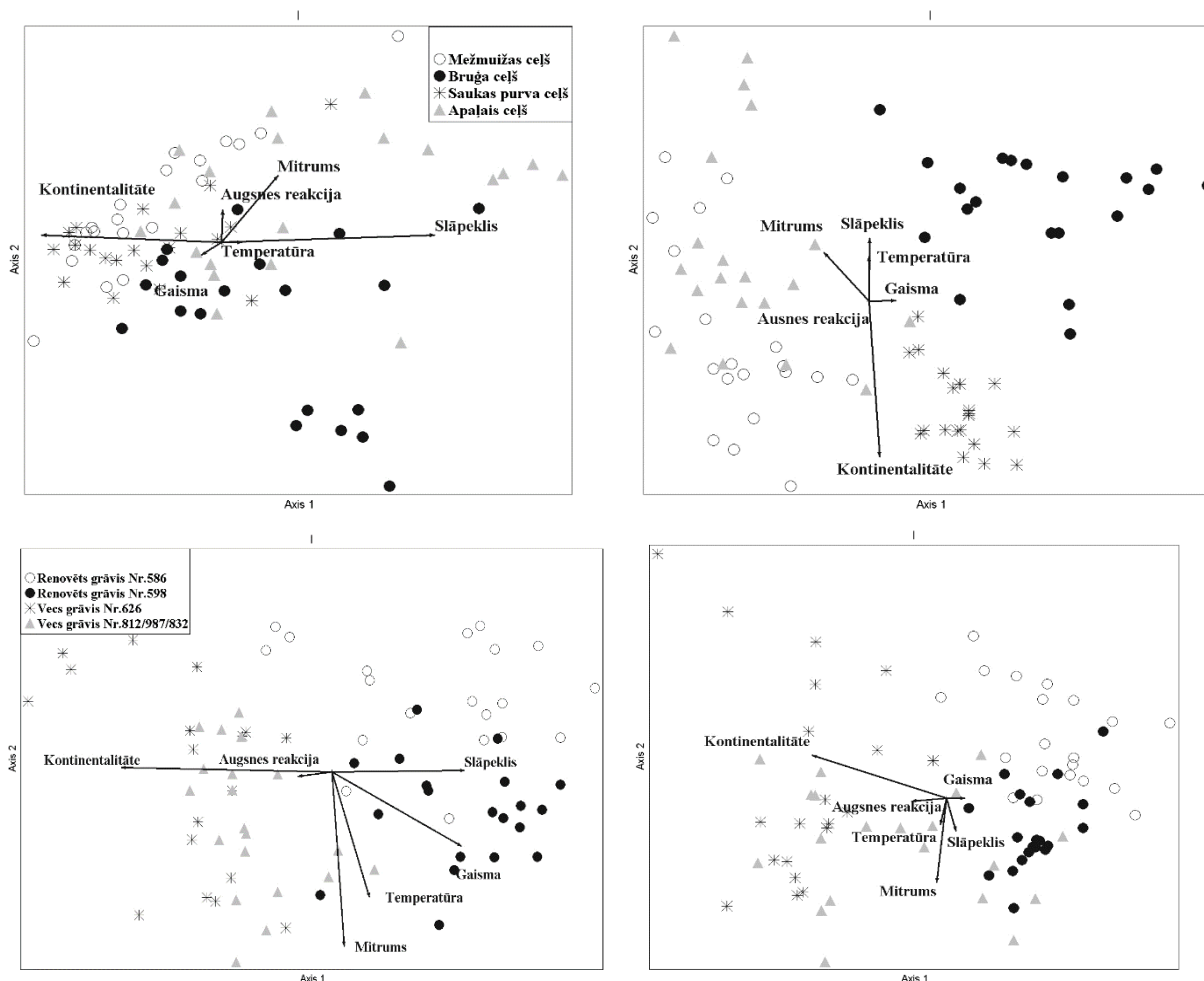
Attēls 14. Veģetācijas uzskaites laukums pie meliorācijas grāvja 2016. gadā

Rezultāti

Kopumā pētījumā uzskaitītas 411 sugas, no kurām 365 bija lakstaugi (ieskaitot lakstaugu stāvā konstatētās kokaugu sugas), 41 sūnu suga un piecas ķērpju sugas. Lielāks sugu skaits konstatēts parauglaukumos, kas ierīkoti gar meliorācijas grāvjiem, tas svārstījies no 18 līdz 49 sugām (parauglaukumos gar ceļiem – no 6 līdz 35 sugām). Vislielākais sugu skaits parauglaukumā konstatēts gar renovētiem meliorācijas grāvjiem. Lielākoties vidējam sugu skaitam apsekotajos parauglaukumos gar rekonstruētajiem meža ceļiem bija tendence pieaugt pēc 2017. gada, kad tika pabeigti rekonstrukcijas

darbi. Sākot ar 2018. gadu, sugu skaita pieaugums visos apsekotajos ceļos salīdzinājumā ar 2016. gadu ir bijis būtisks. Būtiskas sugu skaita atšķirības starp pirmo uzskaites gadu un turpmākajiem gadiem konstatētas gandrīz gar visiem apsekotajiem grāvjiem, izņemot starp diviem pirmajiem pētījuma gadiem grāvjiem Nr. 586 un Nr. 626.

Sugu sastāvs starp apsekotajiem izbūvētajiem meža ceļiem atšķirās jau 2016. gadā, un šīs atšķirības gar rekonstruētajiem ceļiem redzamas arī 2020. gadā. Pirmajā uzskaites gadā galvenie sugu sastāvu ietekmējošie faktori bija slāpekļa pieejamība augsnē (Pīrsona korelācijas koeficients starp pirmo asi un Ellenberga skalas slāpekļa saturu bija 0.897) un kontinentalitāte (korelācijas koeficients ar kontinentalitāti 0.619). Lai arī 2020. gadā slāpekļa satura ietekme bija samazinājusies un uzskatāma par nebūtisku, tomēr sugu sastāvs gar Bruģa ceļu un Apaļo ceļu turpināja nodalīties. Meliorācijas grāvjos pirmajā uzskaites gadā iezīmējās divas lielas grupas – renovēti un veci grāvji -, un šīs atšķirības saglabājās arī 2020. gadā. Ellenberga vērtības norāda, ka grāvju parauglaukumu grupēšanos 2016. gadā nosaka kontinentalitātes rādītājs (korelācijas koeficients starp kontinentalitāti un pirmo asi bija -0.861) un slāpekļa saturs augsnē (korelācijas koeficients ar slāpekli 0.683). Savukārt 2020. gadā slāpekļa saturs augsnē vairs nav nozīmīgs.



Attēls 15. DCA ordinācijas apsekotajiem parauglaukumiem pirmajā uzskaites gadā (2016. gads, attēli pa kreisi) un pēdējā uzskaites gadā (2020. gads, attēli pa labi). Abi augšējie attēli attiecas uz parauglaukumiem gar ceļiem, bet apakšējie – uz parauglaukumiem gar meliorācijas grāvjiem

Kopumā no 2016. līdz 2020. gadam objektos tika uzskaitītas četras potenciāli invazīvās sugas – Kanādas jānītis *Erigeron canadensis*, daudzlapu lupīna *Lupinus polyphyllus*, Kanādas zeltgalvīte *Solidago canadensis* un blīvā skābene *Rumex confertus*. Blīvā skābene bija sastopama tika pirmajos divos pētījuma gados, toties pārējo konstatēto potenciāli invazīvo sugu kopējam segumam un atradņu skaitam lielākoties ir bijusi tendence palielināties. Pārsvārā invazīvās sugas konstatētas uz nesen renovētiem grāvjiem un renovētajiem meža ceļiem.

Tabula 2. Potenciāli invazīvo sugu raksturojums 2016., 2017., 2018. un 2019. gadā. Apzīmējumi: RG – renovēts grāvis, RC – rekonstruēts ceļš, DIB – dabiski iebraukta brauktuve, VG – vecs grāvis.

Gads	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
	<i>Erigeron canadensis</i>					<i>Lupinus polyphyllus</i>				
Kopējais segums	2	6.5	17.5	41	44.5	11	3.5	8	13	17
Maksimālais segums parauglaukumā	1	1	1	2	2	3	0.5	1	2	2
Sastopama objektos	2	3	6	7	7	1	1	1	2	2
Sastopama parauglaukumos	3	9	33	60	80	9	7	15	17	19
Objekta veids	RG	RG	RC	RC	RC	DIB	RC	RC	RC	RC
	RG	RG	RG	RG	RG				RG	RG
	<i>Rumex confertus</i>					<i>Solidago canadensis</i>				
Kopējais segums	4.5	3	-	-	-	2.5	0.5	2	1	2
Maksimālais segums parauglaukumā	1	0.5	-	-	-	1	0.5	0.5	1	1
Sastopama objektos	2	2	-	-	-	1	1	2	1	3
Sastopama parauglaukumos	8	6	-	-	-	3	1	4	1	3
Objekta veids	RG	RG		-	-	RG	RC	RC	RC	RC
	VG	VG	-	-	-			RG	RC	RG
		RG		-	-					

1.3. Galvenās atziņas

- Sagatavotajā meža ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas metodikā apkopoti slodžu uz meža ekosistēmām, meža ekosistēmu stāvokļa, apgādes, regulējošo un kultūras pakalpojumu novērtēšanas, kā arī “karsto” un “auksto” punktu identifikācijas pamatprincipi. Meža ekosistēmu pakalpojumu indikatori eksperimentālā kārtā aprēķināti meža zemēm Zalvītes modeļteritorijā. Metodika ir elastīga un pēc nepieciešamības papildināma ar jauniem indikatoriem, kā arī esošie indikatori ir viegli precizējami, piemēram, gadījumos, kad iegūtu precīzāki biofizikālie dati. Nākamais solis izpētē ir atsevišķu indikatoru precizēšana regulējošajiem pakalpojumiem, papildu indikatoru izstrāde kultūras pakalpojumiem un izvērtējuma veikšana visai Latvijas teritorijai neatkarīgi no īpašuma formas.
- Piecus gadus ilgs ūdens kvalitātes monitorings Zalvītes modeļteritorijā, kur veikta mežsaimnieciskā darbība un meža infrastruktūras būve un renovācija atbilstoši ierastajai praksei, neuzrādīja ūdens kvalitātes pasliktināšanos meža ceļu izbūves laikā pat tajos grāvju un Zalvītes strauta posmos, kuru

tiešā tuvumā tika veikti darbi.

- Ūdens kvalitātes rādītāji grāvjos un ūdenstecēs izteikti un neatkarīgi no teritorijā veiktās mežsaimnieciskās darbības reaģē uz meteoroloģisko faktoru (gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma) izmaiņām. Uzreiz pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes ir novērojama lokāla atsevišķu ķīmisko elementu koncentrācijas paaugstināšanās grāvjos un ūdenstecē, taču sateces baseina mērogā vērojama būtiska ietekme tikai uz slāpekļa savienojumu koncentrāciju. Tajā pašā laikā jāatzīmē, ka ķīmisko elementu koncentrācija nepārsniedz normatīvos noteiktās robežvērtības un lielākajā daļā gadījumu tām pat nepietuvojas. Rādītājs, kura koncentrācija meža apsaimniekošanas pasākumu rezultātā ir paaugstinājusies, nereti pārsniedzot normatīvos minētās robežas, ir suspendētās daļiņas. Suspendēto daļiņu izneses samazināšanai ieteicams pievērst pastiprinātu uzmanību, meža meliorācijas sistēmu renovācijas ietvaros plānojot ūdens aizsardzības pasākumus.
- Nokrišņu daudzuma svārstības būtiski ietekmē augsnes mitrumu neatkarīgi no mežizstrādes, tomēr platībās, kur veikta vienlaidus atjaunošanas cirte, gruntsūdens līmenim ir tendence paaugstināties vairāk nekā platībās, kur koku ciršana nav veikta.
- Meža ceļu un grāvju izbūve izmaina zemsedzes augu sugu skaitu un sastāvu. Ietekmētajās teritorijās izplatās nemeža biotopiem raksturīga veģetācija - ātri augošas, barības vielu un gaismas prasīgas sugas. Notiekot intensīvai apsaimniekošanai mežā, sugu skaits nepārtraukti mainās un vairāku gadu laikā nespēj izveidot stabilas augu sabiedrības uz rekonstruētajiem ceļiem un grāvjiem, kā rezultātā rodas liels kontrasts starp blakus esošo mežu un izbūvētajiem objektiem, veidojot traucētus koridorus. Sugu daudzveidība saistīta ne tikai ar apsaimniekošanas intensitāti, bet arī ar lokālajiem vides apstākļiem.
- Grāvju renovācija un meža ceļu izbūve veicina biotopam neraksturīgo, tajā skaitā potenciāli invazīvo sugu ekspansiju, radot labvēlīgus apstākļus svešzemju sugu ienākšanai, kas saistīts ar traucējuma un gaismas klātbūtni, kā arī izmaiņām augsnē. Laika gaitā šīs sugas spēj nostabilizēties un turpināt izplatīties objektos, kur veikta saimnieciskā darbība, tādējādi iezīmējot potenciālus mežsaimniecības riskus, tādēļ pētījumus par potenciāli invazīvu augu sugu ekspansiju un ietekmi uz vietējām sugām mežā ieteicams turpināt. Iegūtie rezultāti būtu kritiska informācija meža apsaimniekotājiem, plānojot ceļu un grāvju izbūvi tādā veidā, lai tiktu nodrošināta vietējo sugu pastāvēšana un tiktu kontrolēta svešzemju sugu izplatība.

2. Ilgtspējīgi intensificētas mežsaimniecības īstermiņa un ilgtermiņa ietekmes uz nodrošinošo, regulējošo un uzturošo meža ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti novērtējums.

2.1. Ciršanas atlieku izvākšana

Klimata pārmaiņu dēļ dažādās tautsaimniecības nozarēs arvien aktuālāka kļūst atjaunojamo resursu izmantošana. Koksne šajā kontekstā sevišķi nozīmīga ir enerģētikā un būvniecībā. Taču nākotnē nodrošināšana ar atjaunojamajiem koksnes resursiem visticamāk būs iespējama, tikai intensificējot mežsaimniecību. Viens no intensifikācijas veidiem ir iespējami pilnīga koksnes biomasas izmantošana. Tomēr mežizstrādes intensifikācija vērtējama gan klimata politikas mērķu sasniegšanas kontekstā, gan arī saistībā ar pārējām meža ekosistēmu funkcijām, tajā skaitā vielu aprites, ūdens kvalitātes un bioloģiskās daudzveidības rādītājiem.

Pētījuma **mērķi** bija noskaidrot, kā pēc mežizstrādes ar visas virszemes biomasas izvākšanu un mežizstrādes ar stumbru biomasas izvākšanu meža ekosistēmā izmainās vielu aprīte un ūdens kvalitātes rādītāji blakus esošajās ūdenstecēs, kā arī to, kāda ir dažādu dimensiju ciršanas atlieku nozīme sēņu (tajā skaitā *Heterobasidion sp.*) sastopamībā un daudzveidībā. Mērķu sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Novērtēt augsnes ūdens, gruntsūdens un virszemes ūdens kvalitātes rādītāju izmaiņas objektos ar dažādu mežizstrādes intensitāti;
2. Analizēt jaunaudžu augšanas gaitas atšķirības parauglaukumos, kur izvākta visa virszemes biomasā vai tikai stumbru biomasā;

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 5.etapa pārskatā.

Vielu aprīte, ūdens kvalitāte un jaunaudžu augšanas gaita

Pamatojums

Ciršanas atlieku izvākšanai pēc mežizstrādes var būt nozīmīga ietekme uz barības vielu aprīti meža ekosistēmā - procesu, kas vienotā sistēmā saista dzīvo organismu populācijas, augsni un ūdeni, un no kura ir tieši atkarīga nākamo meža paaudžu ražība un veselība. Vielu aprīte ir cieši saistīta ar ūdens aprīti.

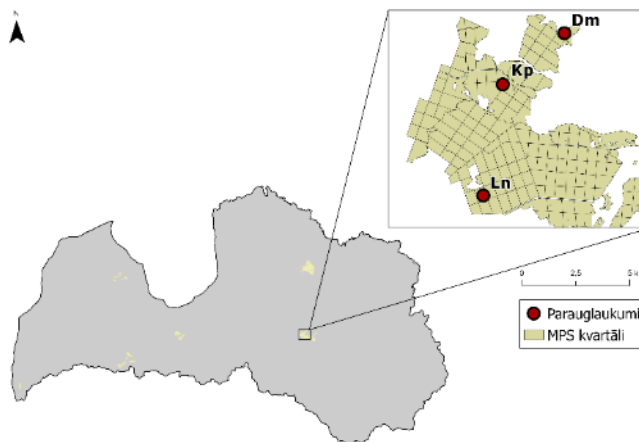
Meža apsaimniekošanas pasākumi ietekmē gan ūdens, gan vielu aprītes procesus. Pēc mežizstrādes, jo sevišķi ja tā tiek veikta vienlaidu platībā, samazinās barības vielu uzņemšana, bet paātrinās organiskās vielas sadalīšanās. Tā rezultātā augsnē, augsnes ūdenī un gruntsūdeņos var ievērojami palielināties biogēno elementu saturs, kas tālāk var izskatīties virszemes ūdeņos. Nozīmīgākās problēmas potenciāli var radīt slāpekļa un fosfora savienojumi, kas ūdensobjektos veicina eutrofikāciju un pasliktina to ekoloģisko kvalitāti (skat. aprakstu iepriekš 1.2.nodaļā). Līdz šim tuvējās kaimiņvalstīs veikto pētījumu rezultāti par mežsaimniecības ietekmi uz barības vielu aprīti ir neviennozīmīgi un liek domāt par būtisku ietekmes atkarību no augšanas apstākļiem un telpiskā mēroga, kādā tiek veikts vērtējums.

Mežizstrādes veids un izvāktās un cirmās atstātās biomasas apjoms var būtiski ietekmēt vielu aprītes procesus nogabala līmenī, ietekmējot barības elementu daudzumu, kas pieejams nākamajai meža paaudzei. Šī iemesla dēļ svarīgi vielu koncentrāciju mērījumus saistīt ar datiem par jaunaudzes augšanas gaitu. Arī zemsedzes augu veģetācija nozīmīgs indikators, jo tā visstraujāk reaģē uz vides apstākļu izmaiņām.

Metodika

Pētījums veikts trijos nogabalos Zinātniskās izpētes mežos Kalsnavas meža novadā - damakšņa, lāna un šaurlapju kūdreņa meža tipos. Katrā objektā ierīkoti trīs parauglaukumi: izcirtums, kur izvākta visa virszemes biomasā (VB parauglaukums), izcirtums, kur izvākta stumbru biomasā (SB parauglaukums) un nenocirsta mežaudze jeb kontrole (K parauglaukums). Mežizstrāde objektos veikta 2013. gada sākumā, 2013. gada rudenī damaksnī un lānā veikta augsnes sagatavošana ar aktīvo disku arklu, bet 2014. gada pavasarī mežaudzes atjaunotas, damaksnī un lānā stādot priedi vagās, bet kūdrenī stādot egli nesagatavotā augsnē.

No 2012. gada līdz 2020. gadam objektos analizēti veģetācijas sezonas (no aprīļa līdz oktobrim) nokrišņu, nobiru, augsnes ūdens, gruntsūdens un virszemes ūdens paraugi. Paraugi pirmajos piecos pētījuma gados ņemti divas reizes mēnesī, bet no 2016. līdz 2020. gadam – reizi mēnesī. Virszemes ūdens paraugi tika ņemti Svirējas upē, kas tek gar damaksnī ierīkoto objektu, un meliorācijas grāvī, kas tek gar kūdrenī ierīkoto objektu. Paraugos laboratoriski noteikti sekojoši ķīmiskie parametri: $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, $\text{N}_{\text{kop.}}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, K, Ca un Mg joni, pH augsnes ūdenī, gruntsūdenī un notecē, kā arī N, P, K, Ca, Mg ienese ar nobirām.



Attēls 16. Pētījuma objekti dažādās intensitātes mežizstrādes ietekmes novērtēšanai

Lai noskaidrotu, vai pastāv kādas atšķirības starp meža atjaunošanās sekmēm platībā, kur izvēkta stumbru biomasa, un platībā, kur izvēkta visa virszemes biomasa, 2016. gada maijā, 2017. gada aprīlī, 2018. gada maijā, 2019. gada aprīlī un 2020. gada aprīlī šajos objektos tika veikta koku uzskaitē, katrā parauglaukumā ierīkojot četrus vienmērīgi izvietotus apļveida uzskaites laukumus ar rādiusu 5.64 m (platība 100 m²) un uzskaitot gan stādītos, gan dabiski ieaugušos kociņus 10 cm augstuma klasēs. Damaksnī un lānā, kur meža atjaunošana veikta ar priedi, atsevišķi uzskaitīti dzīvie, bojāti un bojāgājušie kociņi. Kūdrenī, kur atjaunošana veikta ar egli, liela daļa no kokiem bija pārnadžu bojāti (sānu un galotnes dzinumu apkodumi), tādēļ tur sākotnēji atsevišķi uzskaitīti dzīvie nebojāti koki, dzīvie koki ar bojātiem sānu dzinumiem, dzīvie koki ar bojātu galotnes dzinumu un bojāgājušie koki, kā arī dabiski ieaugušie (paaugas) koki. 2018. gadā bojāto kociņu stāvoklis bija uzlabojies un jaunu bojājumu bija maz, tādēļ kociņi ar bojātiem sāniem un bojātām galotnēm turpmāk tika uzskaitīti kā bojāti kociņi (nedalot sīkāk galotnes vai sānu dzinumu bojājumus).



Attēls 17. Pētījuma objekti 2020. gada 3. aprīlī. No kreisās: damaksnis, lāns, šaurlapju kūdrenis

Zemsedzes augu veģetācijas uzskaitē tika izmantota punktu metode. Katrā parauglaukumā aptuveni centrā (blakus vidējam lizimetru pārim) tika iezīmēts uzskaites laukumiņa stūris un fiksēts uzskaites virziens. Pēc tam tika izdarīti divi simti 1 mm biezas adatas dūrieni ik pa 10 cm desmit 2 m garos paralēlos transekto, reģistrējot visas augu sugas, kas pieskaras adatai. Uzskaites laukumiņu atrašanās vieta tika fiksēta, piesaistot to ar virzienu un attālumu metāla stienim, kas iezīmē parauglaukumā esošo vidējo lizimetru pāri. Pavisam kopā katrā objektā veģetācijas uzskaitē tika veikta trijos laukumiņos. Sugu nomenklatūra: vaskulārajiem augiem – Kļaviņš (2012), sūnām – Strazdiņa un citi (2011).

Rezultāti

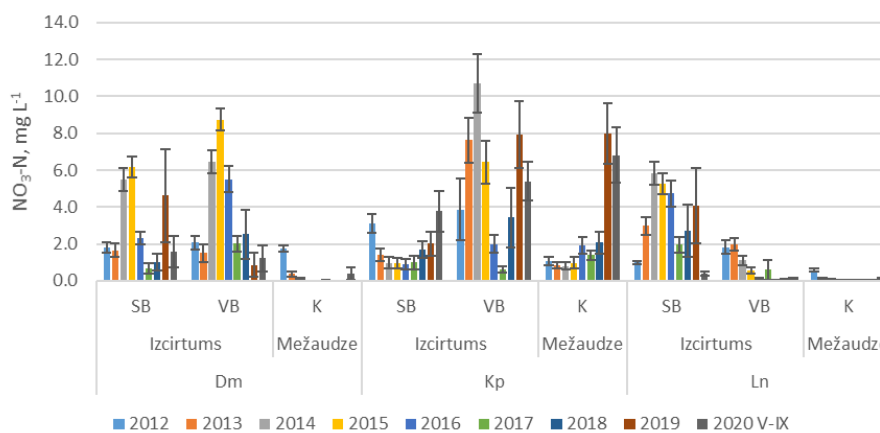
Pētījuma gaitā objektos aprēķinātas vidējās vielu ieneses ar nokrišņiem un nobirām. Konstatēts, ka vidēji veģetācijas sezonā priežu audzē ar nokrišņiem tiek ienesti 1.31. kg ha⁻¹, bet ar nobirām – 13.0 kg ha⁻¹ kopējā slāpekļa. Egļu audzē kopējā slāpekļa ieneses apjomi attiecīgi ir 1.73 kg ha⁻¹ ar nokrišņiem un 26.1 kg ha⁻¹ ar nobirām, bet izcirtumā vidēji veģetācijas sezonā ar nokrišņiem tiek ienesti 0.9 kg ha⁻¹ kopējā slāpekļa un nenozīmīgs daudzums ar nobirām.

Otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes izcirtumos ir novērojama augsnes ūdens paskābināšanās, bet ceturtajā gadā pēc saimnieciskās darbības pH vērtības augsnes ūdenī atkal paaugstinās. Tajā pašā laikā nav konstatēta pH vērtību pazemināšanās gruntsūdeņos. Arī virszemes ūdeņu (Svirējas upes un grāvja) pH vērtības pētījuma periodā saglabājās stabilas, izņemot nelielu īslaicīgu kritumu 2016. gadā, kas drīzāk skaidrojams ar platībā veikto meža meliorācijas sistēmu renovāciju.

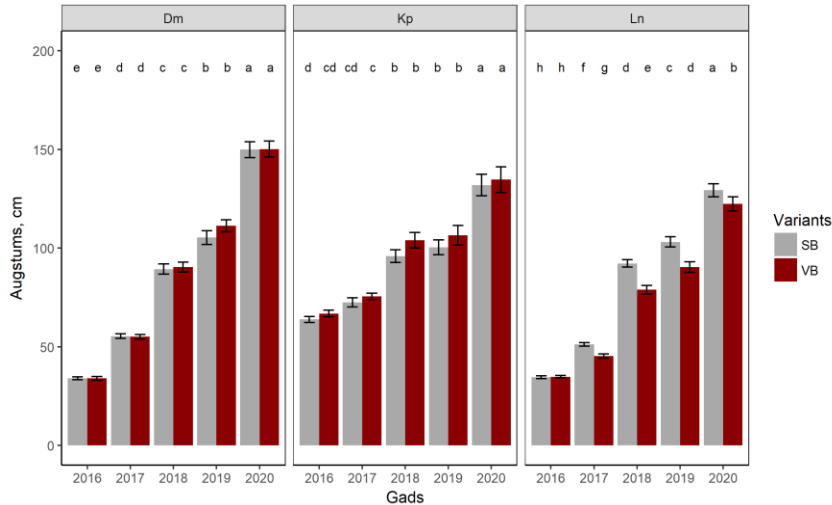
Otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes augsnes ūdenī ir tendence arī palielināties biogēno elementu koncentrācijai izcirtumos, kas norāda uz minerālvielu atbrīvošanos, pakāpeniski sadaloties ciršanas atliekām (Attēls 18). Sevišķi izteikti palielinās slāpekļa un savienojumu un kālija saturs. Ceturtajā novērojumu gadā vielu koncentrācijas augsnes ūdenī atkal samazinās. Atsevišķos gadījumos septītajā līdz devītajā pētījuma gadā atkal novērojams biogēno elementu koncentrācijas

palielinājums augsnes ūdenī. Viens no teorētiski iespējamajiem skaidrojumiem ir lielāko ciršanas atlieku sadalīšanās, jo sevišķi parauglaukumos, kur izvākta stumbru biomasa, tomēr dažu biogēno elementu koncentrācijas (piemēram, nitrāti damaksnī un kūdrenī, amoniji, kopējais slāpekļis un fosfāti visos objektos) pētījuma beigu posmā palielinās arī kontroles parauglaukumā, kur mežizstrāde nav veikta. Tas norāda uz vēl citiem, ar meža apsaimniekošanu nesaistītiem faktoriem, piemēram, meteoroloģiskajiem apstākļiem vai vietai specifiskiem apstākļiem.

Palielinātam slāpekļa savienojumu saturam augsnes ūdenī ir duāla ekoloģiska ietekme – tiek gan palielināts barības elementu izskalošanās risks no meža ekosistēmas, gan arī palielināta barības vielu pieejamība jaunaudzei. Mūsu pētījuma objektos netika novērota ne biogēno elementu ieskalošanās dziļāk gruntsūdeņos, ne arī pastiprināta to iznese uz virsūdeņiem. Pētījuma rezultāti sausieņu mežos, kur gruntsūdens līmenis atrodas dziļi zem augsnes virskārtas un kuri nav hidroloģiski savienoti ar ūdensobjektiem, norāda uz lokālu un īslaicīgu mežizstrādes ietekmi un nebūtiskiem riskiem ūdens kvalitātei plašākā mērogā.



Attēls 18. Nitrātu koncentrācija augsnes ūdenī izcirtumos un kontroles audzē



Attēls 19. Jaunaudzes koku augstums objektos. VB - parauglaukums ar izvāktu visu virszemes biomasu, SB - parauglaukums ar izvāktu stumbru biomasu.

patlaban netieši norāda uz mežizstrādes atlieku sadalīšanās rezultātā atbrīvoto barības vielu nozīmi jaunaudzes attīstībā mazauglīgos meža tipos, taču pēdējā gada dati liecina, ka atšķirības laika gaitā samazinās. Jaunaudžu uzskaiti objektos ieteicams turpināt, lai novērotu tālākās tendences, turklāt turpmākajos pētījuma gados jāņem vērā arī jaunaudzes caurmērs, lai varētu salīdzināt arī koku krāju, nevis tikai to augstumu. Lielāks skaits dabiski izaugušo kociņu konstatēts laukumos, kur izvākta visa biomasu, jo šajos laukumos mehāniskas ciršanas atlieku izvākšanas rezultātā augsne ir labāk mineralizēta, kas veicina koku dabisku izaugšanu. Galvenie konstatētie jaunaudzes koku bojājumi ir galotnes un sānu dzinumu apkodumi. Lai gan pirmajos gados bojāti kociņi konstatēti abu sugu jaunaudzēs, jaunās egles ir bojātas vairāk, jo tās, atšķirībā no priedēm, netika apstrādātas ar aizsardzības līdzekli pret meža dzīvnieku bojājumiem. Egles vairāk bojātas parauglaukumos, kur izvākta visa biomasu, iespējams, mazāka pielūzņojuma un labākas pieejamības dēļ. Laika gaitā, jaunaudzes kokiem sasniedzot lielākas dimensijas, samazinās bojāto koku īpatsvars visos pētījuma objektos.

Veģetācijas uzskaites rezultāti liecina par būtiskām mitruma, reakcijas un slāpekļa vērtību atšķirībām starp visiem meža tipiem, kā arī starp laukumiem, kur visa biomasu izvākta, un necirstu mežu, līdz ar to norādot, ka lielāka ietekme uz analizētajiem indikatoriem ir meža tipam nevis tajā veiktajām darbībām. Bioloģiskās daudzveidības rādītāji parādīja, ka starp 2012. un 2020. gadu būtiski atšķiras ($p=0.05$) zemesdzes veģetācijas sugu skaits parauglaukumos. Vidēji tas palielinājies no 14 uz 18 sugām, taču jāņem vērā atšķirības starp zonām: izcirtumos sugu skaits dubultojies, ieviešoties dažādām mežam neraksturīgām viengadīgām un divgadīgām lakstaugu sugām, savukārt necirstajās un aizsargjoslas zonās tas palicis nemainīgs vai samazinājies. Viens no biežāk lietotajiem kvantitatīvajiem bioloģiskās daudzveidības rādītājiem – Šenona indekss - 2012. un 2020. gadā ir līdzīgs ($p=0.88$, atbilstoši vidēji 1.8 un 1.9). Arī 2020. gadā tas neatšķiras starp meža tipiem ($p=0.19$), saimnieciskās darbības ietekmes veidiem ($p=0.33$) un zonām ($p=0.57$), taču izcirtumā kūdreņa meža tipā šobrīd tas ir ļoti augsts – 3.1, jo sugu skaits astoņu gadu laikā palielinājies no 21 uz 44 (parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasu), norādot, ka traucējums šādos apstākļos sugu daudzveidībai bijis pozitīvs.

Veicot atkārtotu jaunaudžu uzskaiti, konstatēts, ka būtiski lielāks stādīto koku augstums 2017., 2018., 2019. un 2020. gadā lānā ir parauglaukumā, kur izvākta stumbru biomasu, salīdzinot ar parauglaukumu, kur izvākta visa biomasu. Abos pārējos objektos tik izteiktas atšķirības nav fiksētas. Līdzīgas likumsakarības novērotas, salīdzinot dabiski izaugušo koku augstumu starp pētījuma objektiem. Rezultāti

Sēņu sastopamība un daudzveidība

Pamatojums

Veicot mežizstrādi, audzēs tiek atstāta daļa ciršanas atlieku. Lai samazinātu sakņu trupes izplatību, trupējušās lielu dimensiju (diametrs 10-50 cm) skuju koku mežizstrādes atliekas ir ieteicams aizvākt. Tomēr ir maz pētījumu, kuros analizēta šādas koksnes izvākšanas ietekme uz citu sēņu sugu daudzveidību, tai skaitā reto un aizsargājamo, un pret sakņu piepi antagonistisko sēņu sastopamību.

Pētījuma **mērķis** bija izpētīt dažādu dimensiju ciršanas atlieku nozīmi sēņu sugu, tajā skaitā sakņu piepes attīstībā. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. noskaidrot sakņu piepes *Heterobasidion* spp. augļķermeņu attīstības dinamiku uz mežā atstātām lielu dimensiju mežizstrādes atliekām;
2. novērtēt pret *Heterobasidion* antagoniskās lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* attīstību uz lielu dimensiju skuju koku mežizstrādes atliekām;
3. salīdzināt sēņu daudzveidību uz trupējušām un veselām maza diametra (3 – 16 cm diametrā) egles koksnes mežizstrādes atliekām.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 1. etapa, 2. etapa, 4. etapa un 5. etapa pārskatos.

Metodika

Sakņu piepes augļķermeņu attīstības dinamikas pētījumi uz lielu dimensiju mežizstrādes atliekām veikti no 2009. līdz 2019. gadam. 2009. gadā nozāgētas 40 trupējušas egles platlapju kūdrenā (Kp) meža tipā. Tās sazāgētas 0,3, 0,7 un 1,0 m garos nogriežņos un daļa no tām izvietota damakšņa (Dm) meža tipā, bet pārējās atstātas kūdrēnī. Sākotnēji pētījumā izmantotas 254 ciršanas atliekas. Kp meža tipā *Heterobasidion* augļķermeņu attīstības dinamika novērtēta uz celmiem, dažāda garuma (0,3, 0,7 un 1m) mežizstrādes atliekām un atsevišķi uz atliekām ar mākslīgi radītiem mizas bojājumiem, bet damaksnī uz 0,7 un 1.0 m gariem egles nogriežņiem. Augļķermeņu laukums mērīts no 2010. līdz 2016. gadam, kā arī 2019. gadā. Iegūtais augļķermeņu laukums pārrēķināts uz m³ koksnes.

Lai izvērtētu, cik nozīmīga *P. gigantea* attīstībai un izplatībai ir lielu dimensiju skuju koku koksne, 2013. gadā ierīkots ilgtermiņa eksperiments. Kopā 14 parauglaukumos dažādos meža tipos nozāgētas 56 veselas un 56 trupējušas – ar *Heterobasidion* spp. inficētas – egles, kā arī sešos (no minētajiem 14) parauglaukumos papildus nozāgētas 24 priedes. No katra koka iegūti četri 0.7m gari nogriežņi, kas izmantoti pētījumā. Kopumā katrā parauglaukumā sazāgētas 32 egles (6 parauglaukumos arī vēl 16 priedes) mežizstrādes atliekas, no kurām puse bija trupējušas, puse veselas. Lai modelētu mežizstrādes laikā esošos apstākļus, pusei no nogriežņiem veikta mežizstrādes darbiem raksturīgā mizas bojājumu imitācija, 1-2cm platās joslās noplēšot apmēram 50% mizas. Lai izvērtētu, vai mežizstrādes atlieku apstrāde



Attēls 20. *P. gigantea* augļķermeņi uz priedes koksnes

ar *P. gigantea* sekmētu sēnes augļķermeņu attīstību, katrā parauglaukumā pusei no visām atliekām zāģējuma virsma apstrādāta ar *P. gigantea* sporu suspensiju. Mežizstrādes atlieku apsekošana veikta katru rudenī no 2014. līdz 2017. gadam.

Pētījums par sakņu piepes *Heterobasidion* spp. attīstību un citu koksni kolonizējošo sēņu sugu daudzveidību uz mazu dimensiju (diametrs 4-12cm) egles mežizstrādes atliekām uzsākts 2011. gadā. 2011. gadā nozāģētas 42 trupējušas, ar *Heterobasidion* inficētas paaugas egles diametrā no 5 līdz 10,4 cm. Nozāģētie koki sadalīti 70-80 cm garos nogriežņos līdz stumbra trupējušās daļas beigām, eksperimentam sākotnēji izmantots 61 nogrieznis. Papildus 2013. gadā četrās mežaudzēs (2 ar izteiktu zemsedzes veģetāciju, 2 – ar vāji izteiktu zemsedzes veģetāciju) kopā izvietotas 84 trupējušas un 83 veselas atliekas, kas sagatavotas pēc metodikas, kas izmantota 2011. gadā. *Heterobasidion* augļķermeņu attīstības dinamika un citu koksni kolonizējošo sēņu sugu daudzveidība novērtēta oktobra-novembra mēnešos laikā no 2014. līdz 2019. gadam.

Rezultāti

Analizējot *Heterobasidion* augļķermeņu attīstības dinamiku uz lielu dimensiju mežizstrādes atliekām un celmiem, konstatēts, ka visvairāk *Heterobasidion* augļķermeņu veidojas 2. un 3. gadā pēc ciršanas atlieku atstāšanas mežā. Kp meža tipā visvairāk aktīvi sporulējošo *Heterobasidion* augļķermeņu konstatēts divus gadus pēc eksperimenta ierīkošanas: vidēji 1242 cm²/m³. Savukārt Dm meža tipā trīs gadus pēc ciršanas atlieku atstāšanas mežā: 1197 cm²/m³. Četrus līdz desmit gadus (no 2013. līdz 2019. gadam) pēc trupējušo atlieku izvietojšanas mežā Kp meža tipā izveidojušos *Heterobasidion* augļķermeņu daudzums variē no 441 līdz 566 cm²/m³, turpretī Dm meža tipā samazinās: 4 gadus pēc eksperimenta ierīkošanas konstatēts 480 cm²/m³, bet 10 gadus pēc atlieku izvietojšanas vairs 190 cm²/m³ jauno augļķermeņu, tomēr atšķirība starp meža tipiēm nav statistiski būtiska.

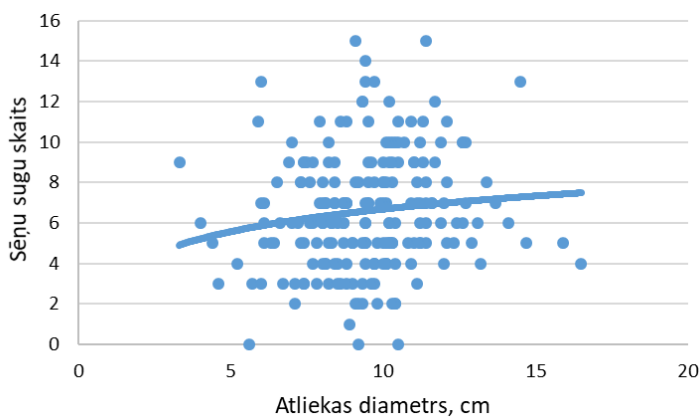
Salīdzinot sakņu piepes augļķermeņu attīstību uz mežizstrādes atliekām ar un bez mizas bojājumiem, konstatēts, ka uz atliekām ar mizas bojājumiem vislabāk *Heterobasidion* attīstījies pirmo 3 gadu laikā. Intensīva augļķermeņu attīstība uz atliekām ar mizas bojājumiem atzīmēta arī 7 gadus pēc eksperimenta ierīkošanas. Jāatzīmē, ka neatkarīgi no gada, kad veikts novērojums, uz atliekām ar mizas bojājumiem veidojas vidēji 1,95 reizes vairāk *Heterobasidion* augļķermeņu nekā uz atliekām bez mizas bojājumiem, tomēr šīs atšķirības nav statistiski būtiskas.

Lai analizētu *Heterobasidion* attīstību egles celmos, pētījumā izmantotie celmi iedalīti 3 klasēs pēc trupes attīstības pakāpes. Rezultāti parāda, ka visvairāk aktīvi sporulējošu augļķermeņu veidojas uz celmiem, kam sākotnēji noteikta otrā trupes intensitātes pakāpe (celmi ar krāsojumu un koksnes struktūras izmaiņām), savukārt uz stipri trupējušiem celmiem ir vismazāk *Heterobasidion* augļķermeņu. Šāds sadalījums saglabājas visā novērojumu periodā. Lielākā daļa augļķermeņu lokalizēti uz celmu saknēm, kas ir labāk pasargātas no izžūšanas salīdzinājumā ar celma virsmu vai sānu daļu.

P. gigantea sastopamība analizēta kopā uz 532 priežu un egļu lielu dimensiju mežizstrādes atliekām. 1-2 gadus pēc eksperimenta ierīkošanas uz priedes mežizstrādes atliekām konstatēts būtiski vairāk *P. gigantea* augļķermeņu salīdzinājumā ar egles atliekām. Novērota arī būtiski biežāka *P. gigantea* sastopamība uz apstrādātajām egles atliekām salīdzinājumā ar neapstrādātajām. Tomēr pēc trīs gadiem

vairs nebija novērotas būtiskas atšķirības augļķermeņu sastopamībā uz egles un priedes mežizstrādes atliekām. Četrus gadus pēc eksperimenta ierīkošanas *P. gigantea* konstatēta uz septiņām atliekām (6 egles un 1 priedes). Sēnes augļķermeņu aizņemtie laukumi bija salīdzinoši nelieli (1 – 10% no atlieku tievgaļa vai resgaļa zāgējuma virsmas). *P. gigantea* augļķermeņi bija būtiski biežāk sastopami uz veselām mežizstrādes atliekām, salīdzinot ar *Heterobasidion* inficētajām, trupējušām mežizstrādes atliekām. Pēc četriem gadiem uz lielu dimensiju mežizstrādes atliekām praktiski vairs nav sastopami *P. gigantea* augļķermeņi kas sakrīt ar citu autoru novērojumiem, ka *P. gigantea* saglabājas celmos apmēram 3-5 gadus.

Sešu gadu laikā uz maza diametra mežizstrādes atliekām kopā konstatētas 69 bazīdijsēņu sugas, 7 askusēņu sugas un 6 ģlotsēņu ģintis. Sēņu sugu sastāvs uz mazu dimensiju atliekām atšķiras dažādos novērojumu gados. Vismazākā līdzība bija starp 2014. un 2017. gada novērojumiem (Sorensena



Attēls 21. Sēņu sugu skaits atkarībā no ciršanas atlieku diametra

koeficients – 0,42), bet vislielākā – starp 2016. un 2017. gadu (0,7). Sēņu sabiedrības mežaudzēs ar bagātīgi un vāji attīstītu zemsedzes veģetāciju bija samērā līdzīgas (0,75), bet starp dažādiem meža tipiēm līdzība bija vidēji augsta (0,58-0,65). Vēl mazāka sēņu sugu daudzveidības atšķirība konstatēta starp trupējušām un veselām atliekām (Sorensena koeficients 0,8). Konstatēta vāja pozitīva korelācija ($r=0,13$) starp sēņu sugu skaitu un atliekas vidējo diametru.

Dati par trupi izraisīto sēņu sastopamību uz maza diametra mežizstrādes atliekām liecina, ka ar katru gadu samazinās atlieku daudzums, kam atrasti *Heterobasidion* augļķermeņi. Sakņu piepe *Heterobasidion* spp. bija viena no biežāk sastopamajām sēņu sugām 2-3 gadus pēc atlieku izvietojšanas mežā, bet turpmāk tās sastopamība samazinājās. *Heterobasidion* augļķermeņi pārsvarā konstatēti uz trupējušām atliekām (39,0%), salīdzinājumā ar veselām (4,7%). *Heterobasidion* augļķermeņu sastopamība starp parauglaukumiem ar bagātīgu zemsedzes veģetāciju (28% atlieku) un parauglaukumiem ar vāji attīstītu zemsedzes veģetāciju (21% atlieku), būtiski neatšķiras ($p=0,25$). No tā secināms, ka: i) ne uz visām trupējušām, ar *Heterobasidion* inficētām mazo dimensiju atliekām attīstās *Heterobasidion* augļķermeņi; ii) veselas, netrupējušas atliekas laika gaitā var tikt inficētas ar *Heterobasidion*, ja blakus ir aktīvi sporulējušie augļķermeņi un iii) attīstīta zemsedzes veģetācija nodrošina vienmērīgāku mitruma saturu atliekās, tādējādi veicinot *Heterobasidion* augļķermeņu veidošanos. *Armillaria* rizomorfas bija bieži sastopamas visos novērojumu gados (71,6-94,1% atlieku). Iegūtie dati parāda, ka ar *Armillaria* spp. kolonizēto atlieku skaits laika gaitā palielinās. *Armillaria* augļķermeņi bija būtiski biežāk sastopami parauglaukumos ar spēcīgi attīstītu zemsedzes veģetāciju (36,4%) nekā parauglaukumos ar vāji attīstītu zemsedzes veģetāciju (8,1%) ($p<0,0001$). Asinsarkanā sīkpiepe *Stereum sanguinolentum*, kas pārsvarā izraisa stumbra trupi un galvenokārt veselus kokus inficē caur mizas bojājumiem, bija biežāk sastopama pirmajos divos novērojumu gados. Trešajā gadā ar *S. sanguinolentum* kolonizēto atlieku skaits samazinājās vairāk nekā divas reizes, un 2019. gadā sēne atrasta tikai uz vienas atliekas. *S. sanguinolentum* būtiski biežāk sastopama uz netrupējušām atliekām, salīdzinājumā ar trupējušām ($p=0,005$). *S. sanguinolentum*

augļķermeņi būtiski biežāk sastopami uz atliekām parauglaukumos ar vāji attīstītu zemsedzes veģētāciju (72,1%), salīdzinājumā ar parauglaukumiem ar bagātīgi attīstītu zemsedzes veģētāciju (31,4%) ($p < 0,0001$).

Bez trupi izraisīto sēņu augļķermeņiem uz atliekām novērotas sēnes no citām trofiskajām grupām: mikorizas sēnes, koksnes saprotrofi un nobiru saprotrofi, kā arī gļotsēnes. Uz mazo dimensiju ciršanas atliekām atrastas 10 mikorizas sēņu sugas, 42 koksnes saprofitiskās sēņu sugas (36 no tām bija bazīdijsēņu sugas un 6 – askusēņu), 19 zemsedzes un nobiru saprofīti (19 bazīdijsēnes un 1 asku sēne) un 9 ģinšu gļotsēnes.

Lielākā daļa atrasto sēņu sugu ir bieži sastopamas Latvijā, tomēr par vairāku klājenisko bazīdijsēņu izplatību trūkst datu ne tikai Latvijā, bet arī Eiropā. Lielākā daļa atrasto zemsedzes saprofitisko sēņu sugu Latvijā sastopamas bieži, izņemot paliktņa sēntiņu *Mycena stylobates* un askusēni zaķu ausene *Otidea leporina*, kas Latvijā ir reti sastopamas, bet neviena no tām nav klasificēta kā aizsargājama suga.



Attēls 22. Sakņu piepes *Heterobasidion* sp. un egļu violetpiepes *Trichaptum abietinum* augļķermeņi uz mazo dimensiju atliekas

2.2. Celmu izstrāde

Vielu aprīte, ūdens kvalitāte un jaunaudžu augšanas gaita

Pamatojums

Pieaugot interesei par atjaunojamajiem resursiem, viens no potenciālajiem bioenerģijas avotiem mežā ir celmu izstrāde. Tā var gan papildināt biokurināmā krājumus, gan sniegt papildu ienākumus meža īpašniekam, turklāt celmu izstrāde uzlabo apstākļus augsnes sagatavošanai pirms meža stādīšanas, kā arī samazina risku nākamajai meža paaudzei inficēties ar trupi. Tomēr ar celmu izstrādi saistīti vairāki izaicinājumi. Tie var būt gan tehniska rakstura, piemēram, saistīti ar grūtībām izraut lielāku dimensiju celmus un vietas trūkumu to uzglabāšanai, gan arī atkarīgi no meteoroloģiskiem un vides faktoriem. Siltās ziemas var apgrūtināt celmu transportu zemākas nestspējas augsnēs, un ir dati, ka celmu izstrāde var negatīvi ietekmēt oglekļa uzkrājumu meža augsnēs, palielināt siltumnīcefekta gāzu emisijas un erozijas riskus. Celmu izstrādes rezultātā tiek veicinātas augsnes fizikālo un ķīmisko īpašību izmaiņas. Celmu raušanas procesā tiek mehāniski sajaukti augsnes horizonti, bet, pārvietojoties smagajai tehnikai, augsne tiek sablīvēta, ietekmējot tās virskārtas blīvumu un caurlaidību. Izvācot celmu biomasu, no ekosistēmas tiek iznesta organiskā viela un barības elementi, kas citādi atbrīvotos celmu un sakņu pakāpeniskas sadalīšanās rezultātā. Tomēr šie procesi ir sarežģīti kvantificējami. Celmu izstrādes ietekme uz vielu apriti un bioloģiskās daudzveidības rādītājiem nav līdz galam skaidra, pētījumu rezultāti dažādās augsnēs atšķiras un nereti ir pretrunīgi.

Intensīvas mežsaimniecības kontekstā ir svarīgi pirmkārt vērtēt visas biomasas izvākšanu, jo jebkura cita pieeja (piemēram, tikai virszemes daļas izmantošana, vai tikai celmu izmantošana, atstājot ciršanas atliekas) būs ar mazāku ietekmi nekā visas koku biomasas izmantošana. Šādā novērtējumā iegūtie rezultāti ir pietiekams pamats turpmākiem, detalizētākiem pētījumiem, vai arī konstatējumam, ka tie nav lietderīgi.

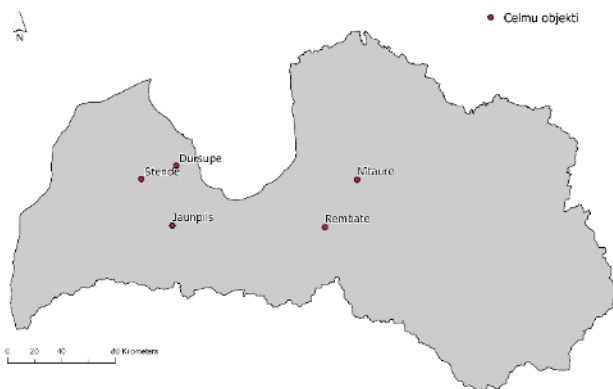
Pētījuma virziena **mērķi** bija noskaidrot, kā pēc celmu izstrādes vidējā termiņā izmainās vielu aprīte un bioloģiskās daudzveidības rādītāji un kāda ir šīs darbības ilgtermiņa ietekme uz vides apstākļiem. Mērķu sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. veikt ikgadēju augsnes ūdens un augsnes ķīmiskā sastāva izmaiņu novērtējumu objektos, kur 2012.gada nogalē veikta celmu izstrāde;
2. šajos objektos novērtēt zemeszemes veģētācijas un jaunaudzes attīstības atšķirības atcelmos un kontroles parauglaukumos;
3. šajos objektos novērtēt sēņu (t.sk. *Heterobasidion sp.*) sastopamību un daudzveidību atcelmos un kontroles parauglaukumos;
4. šajos objektos novērtēt atcelmošanas ietekmi uz vaboļu sugu daudzveidību;
5. raksturot sūnu un ķērpju daudzveidību uz izcirtumā atstātajiem celmiem;
6. novērtēt celmu izstrādes ilgtermiņa ietekmi (>50 gadiem) uz zemeszemes augu veģētāciju.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 2. etapa, 3. etapa, 4. etapa un 5. etapa pārskatos.

Metodika

Pētījums veikts piecos objektos Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Katrā objektā ierīkoti divi parauglaukumi izmēģinājumu veikšanai, tajā skaitā



Attēls 23. Pētījuma objekti celmu izstrādes ietekmes novērtēšanai

viens parauglaukums kontrolei (izvākta tikai virszemes biomasa) un viens – atcelmošanas ietekmes izpētei. Parauglaukuma platība ir vismaz 0.5 ha. Starp atcelmoto un kontroles parauglaukumu meža atjaunošanas izmēģinājumos atstāta buferjosla, ko veido vismaz 10 m plata atcelmota un 10 m plata neatcelmota josla. Kāpurķēžu ekskavatora Komatsu PC210LC, un Latvijā izveidota kausa MCR-500 prototipu uz New Holland E215B ekskavatora. Kopā visos izmēģinājumu objektos sagatavotas 149 tonnas celmu sausnas (aptuveni 890 ber. m³, pārrēķinot uz

biokurināmā tilpuma mērvienībām). Celmi pievesti uz augšgala krautuvi 2013. gadā, 3-6 mēnešus pēc izstrādes. Pēc tam veikta augsnes apstrāde (ar aktīvo disku arklu); un platības apstādītas ar egles ietvarstādiem un melnalkšņa (2 objektos) un egles kailsakņu stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu.

Lai noskaidrotu, vai celmu izstrāde būtiski ietekmē augu saknēm tieši pieejamā augsnes ūdens ķīmisko sastāvu, trijos no 2012. gadā ierīkotajiem pētījuma objektiem – Dursupē, Nītaurē un Rembatē – no 2016.gada līdz 2020. gadam veģētācijas sezonā (no aprīļa līdz oktobrim) ņemti nokrišņu un augsnes ūdens paraugi, kuros analizēti sekojoši ķīmiskie parametri: PO₄³⁻-P, N_{kop.}, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, K, Ca un Mg joni, pH.



Attēls 24. Celmu izstrāde objektos 2012.gada nogalē

2018. gadā parauglaukumos veiktas augsnes analīzes. Augsnes paraugi ķīmiskajām analīzēm un organisko vielu satura noteikšanai ņemti katrā pētījuma objekta variantā parauglaukuma centrā. Augsnes paraugi katrā paraugu ņemšanas vietā ievākti vienā atkārtojumā – viena sērija augsnes fizikālo īpašību (blīvums un minerālaugšņu horizontu granulometriskais sastāvs) un otra paraugu sērija ķīmisko rādītāju noteikšanai. Augsnes paraugi fizikālo īpašību noteikšanai (100 cm³ augsnes ar neizmainītu struktūru) ievākti ar zondi 0-10, 10-20, 20-40 un 40-80 cm dziļumā attiecīgā slāņa vidusdaļā. Augsnes paraugi ķīmisko īpašību noteikšanai ievākti ar sajauktu paraugu augsnes zondi visā attiecīgā slāņa biezumā. Papildus ņemti arī nedzīvās zemsegas paraugi ar 10x10x10 cm kausu. Augsnes analīzes ievāktajiem paraugiem veiktas LVMI Silava Meža vides laboratorijā. 2018. gadā ņemtajiem augsnes paraugiem noteikti sekojoši parametri: augsnes blīvums; apmaiņas skābums (pH CaCl₂); kopējā un organiskā oglekļa saturs; kopējā slāpekļa saturs; augiem viegli uzņemamā un konc. HNO₃ ekstrahējamā fosfora saturs; konc. HNO₃ ekstrahējamā kālija, kalcija un magnija saturs.

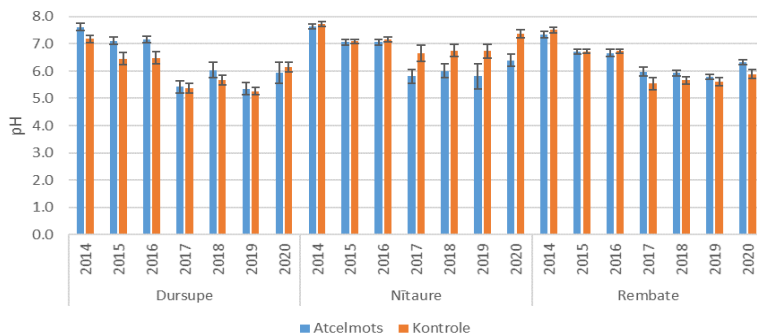
Pirmā veģetācijas uzskaitē objektos veikta 2012. gadā un atkārtota 2013., 2016. un 2019. gadā. Atšķirībā no iepriekšējiem pētījuma periodiem, kad veģetācija uzskaitīta randomizēti visā parauglaukumā, 2019. gada augustā pielietota transektu metode. Katrā jaunaudzē ierīkotas četras 50 m garas transektes – pa divām katrā parauglaukumā ar atšķirīgu apsaimniekošanas pasākumu intensitāti. Uz katras transektes ierīkoti vienpadsmit 1 x 1 metru lieli parauglaukumi ar 5 m intervālu, kopā visās teritorijās apsekoti 220 parauglaukumi. Katrā parauglaukumā uzskaitītas visas lakstaugu (ieskaitot arī koku un krūmu sugas), sūnu un ķērpju sugas, noteikts to projektīvais segums procentos. Vaskulāro augu sugu nomenklatūra veidota pēc Gavrilovas un Šulca (1999), sūnu un ķērpju nomenklatūra – saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa u.c., 2015).

Jaunaudzū uzskaitē pirmo reizi veikta 2017. gadā, pētījumu objektos Nītaurē, Jaunpilī, Dursupē, Rembatē un Stendē atcelmotajā un kontroles daļā ierīkojot sešus vienmērīgi izvietotus apļveida uzskaites laukumus ar rādiusu 5.64 m (platība 100 m²). Parauglaukumos uzskaitīti stādītie nebojātie, bojātie, bojā gājušie un dabiski ieaugušie kociņi 10 cm augstuma klasēs.

Rezultāti

Laikā no 2016. līdz 2020. gadam objektos novērots pa gadiem visai atšķirīgs nokrišņu daudzums, kas atspoguļo vispārējo ekstrēmi sauso-slapjo gadu mainību šajā periodā. Elementu ieneses ar nokrišņiem pa gadiem un starp objektiem variēja visai lielā amplitūdā un neuzrādīja kādu izteiktu telpisku vai laika tendenci. 2016. – 2020. gada pētījuma periodā (aprīlis – oktobris) ar nokrišņiem ienestais kopējā slāpekļa daudzums variē no 1.72 līdz 5.99 kg N ha⁻¹, kopējais ienestais fosfātjonu daudzums variē līdz 1.19 kg PO₄³⁻-P ha⁻¹, bet kopējais ienestais kālija daudzums variē no 0.61 līdz 3.65 kg K ha⁻¹.

Visos pētījuma objektos gan kontroles, gan atcelmotajās platībās laika posmā no 2014. līdz 2019. gadam vērojama tendence paskābināties augsnes ūdenim, bet 2020. gadā atkal vērojams augsnes ūdens

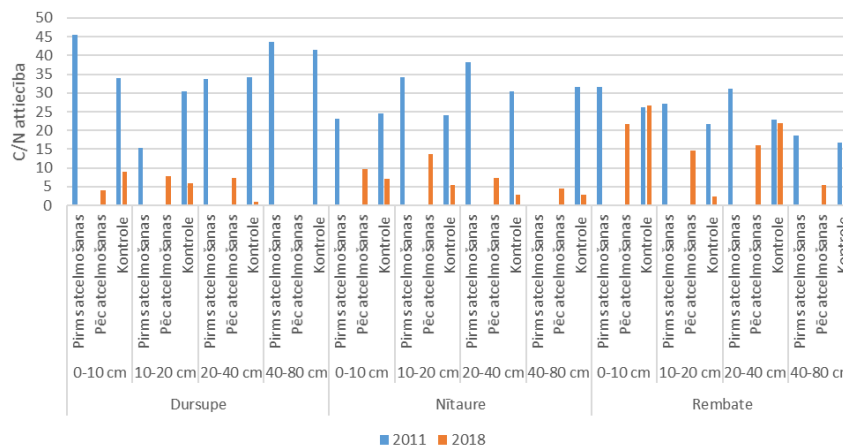


Attēls 25. Augsnes ūdens pH pētījuma objektos 2016. – 2020. gadā

visos objektos (Attēls 25). Augsnes ūdens paskābināšanās laika posmā no 2014. līdz 2019. gadam visticamāk skaidrojama ar virszemes biomasas un augsnes sagatavošanas kombinēto ietekmi pētījuma objektos 2012. gada nogalē. Augsnes analīžu rezultāti savukārt uz paskābināšanās procesiem nenorāda. Visos pētījuma objektos kontroles parauglaukumos, izņemot objektu Rembatē 20-40 cm dziļumā, 6 gadus pēc atcelmošanas darbu veikšanas vērojams augsnes skābuma samazināšanās (augšņu pH vērtības palielināšanās). Jāņem vērā, ka uz straujām vides apstākļu izmaiņām dažādi vides elementi reaģē dažādi. Visstraujāk izmaiņas atspoguļo veģetācija, pēc tam tās novērojamas augsnes ūdenī, un tikai pēc tam – augsnē, turklāt augsnē tās var arī neparādīties augsnes buferespējas dēļ, kas spēj neitralizēt izmaiņas.

Objektos nav konstatēta celmu izstrādes izraisīta elementu izskalošanās. Par to liecina gan elektrovadītspējas pakāpeniska samazināšanās augsnes ūdenī, gan atsevišķu elementu koncentrāciju izmaiņas. Elektrovadītspējai ir tendence samazināties visos objektos, bet slāpekļa savienojumu un citu vielu koncentrāciju izmaiņas neuzrāda vienotas likumsakarības ne laikā, ne starp atsevišķiem parauglaukumiem. Iezīmējas zināmas atšķirības starp objektiem, kas norāda uz vietai specifisku faktoru (augšņu īpašību) nozīmi vielu aprites procesos.

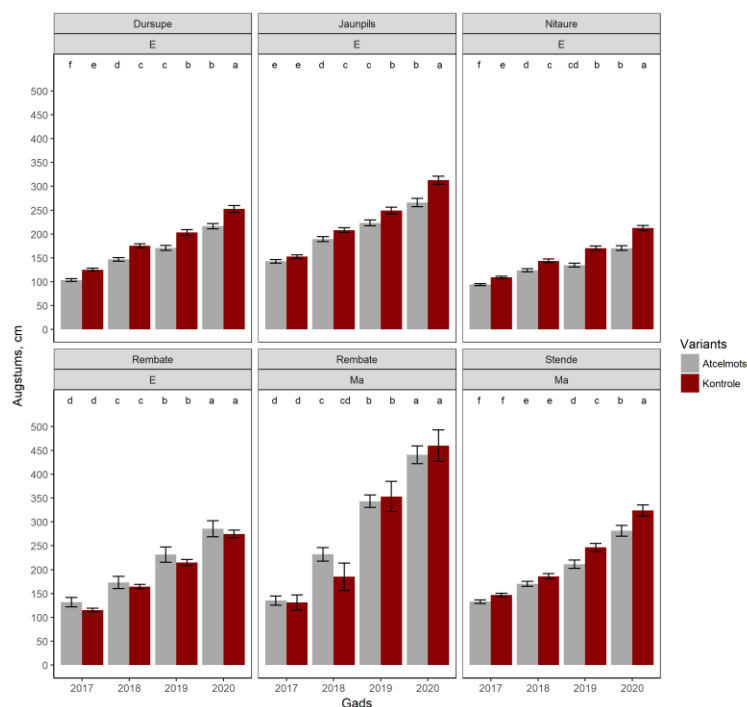
Gan kontroles, gan atcelmotajos parauglaukumos (īpaši augsnes virskārtā Dursupes un Rembates objektos) galvenokārt vērojams organiskā oglekļa satura samazinājums. Turpretī kopējā slāpekļa saturs augsnē gan kontroles (izņemot augsnes virskārtu Rembatē), gan atcelmotajos parauglaukumos galvenokārt ir palielinājies. Minēto apstākļu rezultātā gan kontroles, gan atcelmotajos parauglaukumos 2018. gadā ir arī ievērojami samazinājusies augsnes C/N



Attēls 26. C/N attiecība augsnē pētījuma objektos 2011. un 2018. gadā

attiecība, salīdzinot ar 2011. gadu, kas norāda uz augsnes N rezervju palielināšanos (Attēls 26). Līdzīgās izmaiņu tendences gan kontroles, gan atcelmotajās platībās norāda uz to, ka augsnes procesus galvenokārt ietekmē virszemes biomasas izstrāde un augsnes sagatavošana, bet celmu biomasas izvākšanai ir salīdzinoši maza papildu ietekme uz apskatītajiem augsnes parametriem.

Jaunaudžu uzskaites rezultāti norāda uz nedaudz lielāku stādīto koku skaitu atcelmotajos parauglaukumos (izņemot egli Rembatē), tomēr stādīto egļu augstums lielāks bija kontroles parauglaukumos, kuri netika atcelmoti, un līdzīga likumsakarība konstatēta arī objektā, kur stādīts melnalksnis. Objektā, kur egle stādīta mīrojumā ar melnalksni, netika konstatētas koku augstuma atšķirības starp atcelmoto un kontroles parauglaukumu. Dabisku koku ieaugšanu celmu izstrāde nav ietekmējusi, uz ko norāda līdzīgais dabiski ieaugušo koku skaits un augstums atcelmotajos parauglaukumos. Pētījuma objektos tika konstatēts ļoti neliels skaits bojātu koku, un bojāto koku īpatsvars neatšķīrās starp mežizstrādes variantiem.



Attēls 27. Stādīto koku augstums pētījuma objektos

konstatētas celmu izstrādes parauglaukumos, noteiktas arī attiecīgajos kontroles parauglaukumos. Atšķirīgais augu sugu skaits kontroles parauglaukumos varētu liecināt par apsekoto jaunaudžu dažādiem lokālajiem vides apstākļiem, jo parauglaukumu ordinācija neuzrādīja būtiskas atšķirības sugu daudzveidībā starp dažādu celmu izstrādes parauglaukumiem. Savukārt uzskaitītās sugas veidoja atsevišķas sugu grupas DCA ordinācijā, kas raksturo apsekoto teritoriju.

Sūnu un ķērpju daudzveidība

Pamatojums

Celmi veido substrātu organismiem, kas saistīti ar trupējošu koksni, jeb epiksīlajām sugām. Lai arī celmus nevar uzskatīt par dabiski atmirušu koksni, apsaimniekotos mežos tie veido lielu daļu no mirušās koksnes. Intensīvas mežsaimniecības apstākļos, izvēcot ciršanas atliekas un celmus, samazinās substrāta pieejamība epiksīlajām sugām. Pētījuma mērķis bija raksturot sūnu un ķērpju sugu daudzveidību uz celmiem, kas atstāti pēc vienlaidus atjaunošanas cirtes.

Metodika

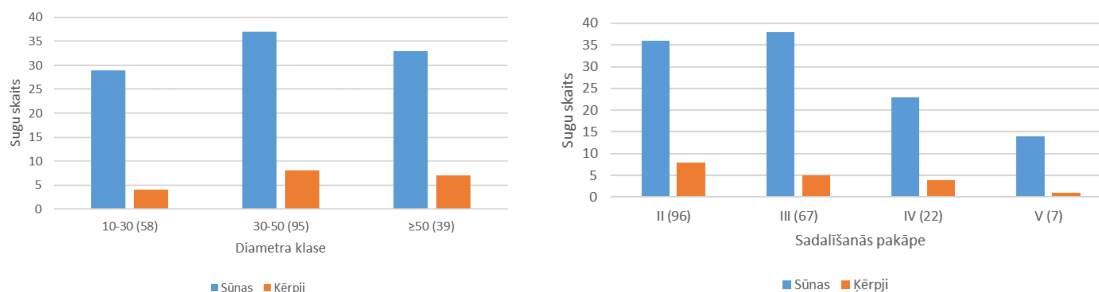
Sūnu un ķērpju uzskaitē veikta visos piecos iepriekš aprakstītajos celmu izstrādes objektos. Sūnu un ķērpju sugu skaits uz celmiem novērtēts 2018. gada rudenī uz 50 metru garām transektēm. Kopumā katrā jaunaudzē ierīkotas piecas transektes: trīs – parauglaukumos, kuros celmi atstāti; divas –

parauglaukumos, kuros veikta celmu izstrāde. Pētījumā uzskaitīti visi celmi, kuri atradās uz transektes, kā arī viena metra attālumā uz abām pusēm no novilktais transektes, veidojot 2x50 m lielu parauglaukumu. Katram celmam noteikta koku suga (ja tas bija iespējams), augstums, diametrs un sadalīšanās pakāpe (1. pakāpei raksturīgās pazīmes ir mizas un zaru klātbūtne, kas cieši saistīti ar koksni; 2. pakāpei – atdalījusies miza, zari, kas nav cieši saistīti ar koksni, koksne cieta; 3. pakāpei miza nav raksturīga, koksne ir mīksta; 4. pakāpei – koksne ir “pulveraina”, 5. sadalīšanās pakāpē koksne ir brīvos kopumos, atmirusī koksne ir zaudējusi pirmatnējo formu un to grūti atšķirt no zemsedzes). Uz apsekotajiem celmiem noteiktas visas sūnu un ķērpju sugas. Izmantota sūnu un ķērpju nomenklatūra saskaņā ar Latvijas ķērpju un sūnu taksonu sarakstu (Āboliņa et al., 2015).

Rezultāti

Sūnu un ķērpju sugas uzskaitītas uz 192 celmiem, no kuriem lielākā daļa bija parastās egles *Picea abies* celmi (172 celmi). Septiņiem no celmiem identificēti kā parastā priede *Pinus sylvestris*, viens - kā bērzs *Betula spp.* 12 celmiem sugu nebija iespējams noteikt. Lielākai daļai celmu diametrs bija robežās no 30 līdz 50 cm, dominēja 2. un 3. sadalīšanās pakāpe. Vismazāk bija celmu 5. sadalīšanās pakāpē, kas saistīts ar relatīvi nelielo laika posmu kopš mežizstrādes un apkārtējiem vides apstākļiem (sausieņu mežs).

Kopumā uzskaitītas 50 epiksīlās sugas, no kurām 41 sūnu suga un 9 ķērpju sugas. Biežāk sastopamās sugas bija lapu sūnas. Lielākais skaits sugu (gan sūnu sugas, gan ķērpju sugas) konstatēts celmu diametra klasē no 30 līdz 50 cm. Analizējot sugu skaitu dažādās substrāta sadalīšanās pakāpēs, novērots, ka lielāka ķērpju daudzveidība apsekotajās audzēs bija uz celmiem 2. sadalīšanās pakāpē, savukārt vairāk sūnu sugu konstatēts uz celmiem 3. sadalīšanās pakāpē (Attēls 28).



Attēls 28. Uz celmiem uzskaitīto sūnu un ķērpju sugu skaits pa celmu diametra klasēm un sadalīšanās pakāpēm

Pētījuma objektos jaunaudzēs, kurās pirms sešiem gadiem veikta vienlaidus atjaunošanas cirte, pārsvarā dominē egļu celmi lielākoties 2. un 3. sadalīšanās pakāpē no 30 līdz 50 cm diametrā, kas daļēji skaidro lielo epiksīlo sugu skaitu uz tiem. Analizējot sugu sastāvu uz celmiem, redzams, ka lielākā daļa no konstatētajām sūnu sugām ir ar plašu ekoloģisko amplitūdu, proti, tās var augt ne tikai uz mirušas koksnes, bet arī uz citiem substrātiem (uz augsnes, uz dzīva koka mizas). Celmi veido maza izmēra atmirušo koksni, kas atrodas tuvu zemsedzei un var tikt kolonizēta ar ātri augošām zemsedzes sūnu sugām. Aptuveni 12% no visām noteiktajām sūnaugu sugām bija aknu sūnas, kurām mirusī koksne ir nozīmīgs substrāts to izplatībai. Viena no noteiktajām aknu sūnu sugām iekļauta reto un aizsargājamo sugu sarakstā. Tātad noteiktos apkārtējās vides apstākļos – pie noteikta gaisa, augsnes mitruma, noēnojuma, noturīga mikroklimata – celmi var būt nozīmīgs substrāts arī sūnu sugām ar šauru ekoloģisko nišu. Ķērpju sugu skaits salīdzinājumā ar noteikto sūnu sugu skaitu bija neliels, turklāt neviena no ķērpju sugām nebija

obligātais epiksīls, kas varētu būt saistīts ar sūnu un ķērpju savstarpējo konkurenci, kurā sūnu sugu segums negatīvi ietekmējis ķērpju sugu skaitu.

Sēņu sastopamība un daudzveidība

Pamatojums

Sakņu trupe ir viena no nozīmīgākajām skuju koku slimībām Ziemeļu puslodes mežos, tai skaitā arī Latvijā. Mūs iepriekšējie pētījumi parāda, ka Latvijā audzēs, kur egle ir galvenā kokaugu suga, 22% egļu ir trupējušas, turklāt visbiežāk sakņu un stumbra trupī izraisa sakņu piepe *Heterobasidion* spp. (Arhipova et al. 2011). Par vienu no efektīvākajiem sakņu piepes ierobežošanas veidiem tiek uzskatīta celmu izstrāde. Šobrīd tā ir finansiāli neizdevīga, tādēļ Latvijā netiek praktizēta, tomēr perspektīvā izmantojama ne tikai trupī izraisošo sēņu ierobežošanai, bet arī biokurināmā ieguvei. Pirms jaunu mežaudžu apsaimniekošanas veidu ieviešanas ir svarīgi jau iepriekš izvērtēt pielietotās metodes ietekmi gan uz trupī izraisošo, gan citu koksni kolonizējošo sēņu sastopamību. Pētījums par sēņu sugu sastopamību un daudzveidību celmu izstrādes parauglaukumos uzsākts ar mērķi, novērtēt, kādu dimensiju saknes paliek augsnē pēc celmu izstrādes audzēs ar augstu *Heterobasidion* izplatību, cik ilgi un kāda tilpuma saknēs *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. micēlijs saglabājas pēc platību atcelmošanas, un kā celmu izstrāde ietekmē dažādu celmus kolonizējošo sēņu sugu daudzveidību.

Metodika

2011. gadā ģeogrāfiski dažādās vietās izvēlēti pieci pētījumu objekti, kur pēc galvenās cirtes katrā ierīkoti divi parauglaukumi: atcelmošanas un kontroles (iepriekš aprakstītie celmu izstrādes parauglaukumi). Laika posmā no 2011. līdz 2012. gadam visos parauglaukumos veikta celmu kartēšana, uzmērīšana un koksnes paraugu ievākšana. *Armillaria* spp. rizomorfu sastopamība novērtēta vizuāli. Savukārt *Heterobasidion* spp. infekcijas novērtēšanai ievākti koksnes paraugi no visiem parauglaukumos esošajiem priežu un egļu celmiem, kuru diametrs pārsniedza 10 cm. Kopā 2011. un 2012. gadā no 1208 celmiem ievākti 4832 koksnes paraugi. Sakņu piepe konstatēta 167 celmos, savukārt *Armillaria* rizomorfus uz 234 celmiem.

Parauglaukumu atcelmošana veikta 2012. gada novembrī un decembrī. Uzreiz pēc atcelmošanas no 20 veselīgiem un 20 trupējušiem celmiem katrā atcelmošanas parauglaukumā paņemti sakņu fragmenti no 5 resnākajām saknēm (kopā 1003 paraugi). *H. parviporum* izdalīts no 10,8% trupējušo un 2% veselo celmu saknēm, savukārt *Armillaria* spp. konstatēta 26,7% trupējušo un 29,9% veselo celmu sakņu paraugos. Izvērtējot pieejamo literatūru un sakņu piepes bioloģiju, nolemts paraugus visos parauglaukumos ievākt 5-6 gadus pēc celmu izvākšanas, lai kvalitatīvi novērtētu *Heterobasidion* saglabāšanās ilgumu sakņu fragmentos. Pusotru gadu pēc celmu izstrādes (2014. gadā) ievākti 45 sakņu paraugi Rembates parauglaukumā, lai piloteksperimentā noteiktu sakņu piepes micēlija saglabāšanos sakņu fragmentos. *H. parviporum* atrasts vienā analizētajā paraugā.

Sakņu paraugi *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. sastopamības novērtējumam atkārtoti ievākti 2017. gadā (162 sakņu fragmenti; 31-35 paraugi no viena objekta) un 2018. gadā (182 sakņu fragmenti; 37-41 paraugi no viena objekta) jeb attiecīgi 5 un 6 gadus pēc atcelmošanas. Tie ievākti visos

piecos pētījumu objektos no parauglaukumiem, kur veikta celmu izstrāde. Mūsu iepriekšējie pētījumi liecina, ka egļu celmos *Heterobasidion* spp. spēj saglabāties pat 45 gadus (Gaitnieks et al 2020, *in press*), tādēļ paraugus kontroles parauglaukumos neievāca.

No katra sakņu fragmenta vidusdaļas ar cirvi izcirsti koksnes paraugi, sterilizēti liesmā un ielikti Petri traukā uz Hagemā agara barotnes. Petri plātes glabātas istabas temperatūrā un regulāri pārbaudītas zem mikroskopa. No koksnes paraugiem izaugušais sēnes micēlijs izgriezts kopā ar agara bloku un pārlikts atsevišķā Petri plāvē ar Hagemā agara barotni. Visas iegūtās sēņu tīrkultūras apsekotas zem mikroskopa un sadalītas morfotipos pēc kultūru morfoloģiskām pazīmēm. *Heterobasidion* un *Armillaria* sastopamība novērtēta gan 2017., gan 2018. gadā, bet citu celmus kolonizējošo sēņu daudzveidība – 2018. gadā. Sēņu sugu noteikšanai izmantotas morfoloģiskās un molekulārās metodes. Sēņu morfoloģiskai noteikšanai izmantoti noteicēji: sēņu augļķermeņu noteikšanai (Breitenbach and Kränzlin, 1986; Lesoe, 1998) un sēņu tīrkultūru noteikšanai vismaz līdz ģints līmenim (Watanabe 2002; Robert et al., 2013). Izdalīto sēņu sugu noteikšanai līdz sugu līmenim izmantotas molekulārās metodes pēc protokola, kas aprakstīts Arhipova et al. (2012).

Rezultāti

2017. gadā ievāktajiem paraugiem visbiežāk sakņu piepe atrasta Nītaures parauglaukumā – trīs sakņu fragmentos. Patogēnā sēne netika atrasta Stendes un Jaunpils parauglaukumos. Turklāt uz diviem sakņu paraugiem atrasti arī *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. Sakņu fragmentu vidējais diametrs, kuros konstatēts *Heterobasidion* spp., bija no 4,5 cm līdz 10 cm. Savukārt, no 2018. gadā ievāktajiem paraugiem *Heterobasidion* izdalīts tikai no diviem sakņu fragmentiem: Jaunpils parauglaukumā (no sakņu fragmenta ar diametru 4,9 cm) un Nītaures (no sakņu fragmenta ar diametru 5,8 cm) parauglaukumā. Tas liecina, ka *Heterobasidion* ilgāk saglabājas sakņu fragmentos ar diametru, lielāku par 4 cm.

Celmene *Armillaria* spp. 2017. gadā konstatēta 15,4% paraugu. Ar *Armillaria* spp. inficētu sakņu fragmentu vidējais diametrs variēja no 4,5 cm līdz 16 cm. 2018. gadā *Armillaria* spp. rizomorfas konstatētas uz 8% ievāktu sakņu fragmentu (diametrs svārstījās no 3,0 cm līdz 7,5 cm), bet micēlijs izdalīts vēl no 3% sakņu fragmentu bez vizuāli novērotām rizomorfām (ar diametru no 2,6 līdz 6,4 cm). No koksnes izdalītie *Armillaria* izolāti identificēti kā bumbuļķāta celmene *Armillaria cepistipes* (7,4% no visiem sakņu paraugiem) un ziemeļu celmene *Armillaria borealis* (3,4% no visiem sakņu paraugiem).

Tabula 3. 2017. gadā ievāktajos sakņu fragmentos konstatēto patogēno sēņu skaits

Parauglaukums	<i>Heterobasidion</i> spp.	<i>Armillaria</i> spp.
Rembate	1	5
Nītaure	3	1
Stende	0	8
Jaunpils	0	9
Dursupe	1	2
Kopā:	5	25

Sakņu paraugos novērota samērā liela sēņu daudzveidība. No sakņu fragmentiem izdalīti 104 dažādi morfortipi, kas identificēti kā 73 sēņu sugas – izdalītas 18 bazīdijsēņu sugas, 48 askusēņu un nepilnīgi pazīstamo sēņu sugas, un 7 zigomicētu sugas. Lielākā daļa no izdalītajām sēņu tīrkultūrām ir askusēnes un nepilnīgi pazīstamās sēnes, tādas kā *Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., *Phialocephala* spp. Šīs sēnes bieži sastopamas augsnē un trupējušā koksnē. Izdalīto bazīdijsēņu skaits varētu būt augstāks, bet sakņu fragmenti 6 gadus pēc celmu izstrādes bija jau stipri sadalījušies, kas apgrūtināja lēnāk augošo sēņu izdalīšanu, jo to augšanu inhibēja *Trichoderma* spp. (izdalītas 7 dažādas sugas), kas ir ātri augošas un bieži sastopamas trupējušā koksnē. No sakņu fragmentiem izdalītas arī trīs reti sastopamas sēņu sugas – divas ir ļoti reti sastopamas Latvijā: sārtā mīkstpiepe *Postia placenta* (izdalīta Nītaures parauglaukumā), un pūkainā mīkstpiepe *Postia ptychogaster* (izdalīta Stendes parauglaukuma), turpretī sēntiņu suga *Mycena alnetorum* Latvijā iepriekš nav aprakstīta. Tomēr neviena no šīm sugām nav iekļauta Latvijas īpaši aizsargājamo sugu sarakstā.



Attēls 29. Sakņu fragments ar brūnās pagrabsēnes *Coniophora puteana* augļķermeņi

Kukaiņu daudzveidība

Pamatojums

Trūdoša koksne meža ekosistēmās ir viens no bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas nosacījumiem, jo tieši tajā attīstās saproksilofīto sugu komplekss, kas ir visvairāk apdraudēts mūsdienu mežsaimniecības rezultātā. Savukārt viens no mūsdienu mežsaimniecības izaicinājumiem ir maksimāli efektīva un pilnīga koksnes resursu izmantošana cirmās. Meža bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas un intensīvas koksnes izmantošanas sabalansēšana ir viens no mežzinātnes un dabas aizsardzības izaicinājumiem. Zari, celmi, miza agrākos gados netika pilnībā izmantoti. Pēdējos gadu desmitos pasaulē aizvien intensīvāk cilvēki sāk izmantot tādu koksnes resursu kā celmi, kas agrāk cirmās palika dabiskai trūdēšanai. Celmu izmantošana ir aktuāla bioenerģētikā. Iegūtie produkti palīdz aizvietot fosilo kurināmo, tādējādi veicinot CO₂ izmešu samazināšanu. Neskatoties uz to, ka šie jautājumi arvien intensīvāk tiek pētīti, joprojām ir samērā maz pētījumu par to, kā celmu izvākšana ietekmē meža bioloģisko daudzveidību, mežu augsnes, vielu dabiskās aprites procesus un turpmāko meža produktivitāti. Arī Latvijas apstākļos ārpus šīs pētījumu programmas līdz šim šādi pētījumi nav veikti.



Attēls 30. Pēc mežizstrādes cirmās atstātie celmi ir nozīmīgs substrāts saproksilofīto sugu attīstībai

Pētījuma mērķis bija noskaidrot, kāda ir atcelmošanas ietekme uz vaboļu daudzveidību meža ekosistēmā. Lai to paveiktu, tika sagatavots literatūras apskats par šo tēmu, kā arī veikts lauka pētījums celmu izstrādes objektos. Pētījumu veica Daugavpils Universitāte Dr.biol. Arvīda Barševska vadībā.

Metodika

Lauka pētījums tika īstenots trijos no iepriekš aprakstītajiem celmu izstrādes objektiem – Nītaurē, Rembatē un Stendē. Katrā objektā tika izveidoti divi mikroparauglaukumi, kuros katrā tika izvietotas 5 logu lamatas (barjerslazdi): viens mikroparauglaukums pie egļu celmiem, viens kontroles mikroparauglaukums cirsmā, kur nav celmu. Pētījumā tika izmantotas pašizgatavotas logu lamatas, kas sastāv no 50 x 60 cm lielas caurspīdīga organiskā stikla plāksnes un 60 cm garas plastmasas vanniņas, kas kustīgi nostiprināta zem organiskā stikla plāksnes. Plastmasas vanniņā tika iepildīts tosols, kas tika izmantots kā konservants iekritušo kukaiņu fiksācijai.

Lamatas tika izvietotas maksimāli tuvu celmam un augsnei starp diviem vertikāliem augsnē iedzītiem mietiem. Lamatu izvietošanai pie celma ir svarīgi ņemt vērā to, ka organiskā stikla barjerai pēc iespējas lielākā posmā un pēc iespējas ciešāk jāpieguļ celmam. Lamatu izvietošanai atkarībā no debess puses nav nozīmes, jo lielākā daļa saproksilofīto kukaiņu aktīvi ir naktī, kad lidinās gar celmu.

Materiāls no lamatām tika izņemts reizi divās nedēļās, nogādāts uz DU Koleopteroloģisko pētījumu centru „Ilgas”, kur tas tika ievietots saldētavās un uzglabāts līdz materiāla laboratorijas apstrādei, kas veikta 2017. gada novembrī – decembrī. Apstrādes laikā visas lamatās iekritušās vaboles tika novietotas vienkopus uz vates matracīšiem, noteiktas sugas un uzskaitīti visi katras sugas īpatņi.

Rezultāti

Kopā visos parauglaukumos logu lamatās tika ievākti 1864 vaboļu īpatņi. Vislielākais īpatņu un taksonu skaits ir ievākts Stendes parauglaukumā (880 īpatņi, kuri pieder 104 sugas vai ģints līmeņa taksoniem, kas ietilpst 27 dzimtās). Otrajā vietā pēc īpatņu un taksonu skaita ir Nītaures parauglaukums (593 īpatņi, kuri pieder 89 taksoniem un ietilpst 21 dzimtā.). Mazākais konstatēto īpatņu un taksonu skaits ir Rembates parauglaukumā (391 īpatnis, kas pieder 86 taksoniem un ietilpst 23 dzimtās), kas visticamāk izskaidrojams ar pietiekami augsto augāju ap celmiem, kur bija izvietotas logu lamatas. Tas traucēja vaboļu pārlidojumus ap celmiem, kā rezultātā lamatās nonāca mazāks īpatņu skaits. Ievākto īpatņu skaits ir salīdzinoši pietiekams, lai veiktu secinājumus par to faunistisko sastāvu.

Daudzskaitlīgākās vaboļu dzimtas ir sprakšķi (Elateridae) – 522 īpatņi, koksngrauži (Cerambycidae) – 499 īpatņi un Plākšņtaustekļaini jeb skarabeīdi (Scarabaeidae) – 117 īpatņi. Neskatoties uz to, ka



Attēls 31. Dzeltēnmelnais sprakšķis *Ampedus tristis* - viena no pētījumā konstatētajām Latvijā retāk sastopamajām sprakšķu sugām

bija visdaudzskaitlīgākā tikai Rembates parauglaukumā, kopumā tā izrādījās visdaudzskaitlīgākā vaboļu dzimta, kas konstatēta pie egles celmiem šajā pētījumā. Tas izskaidrojams ar to, ka celmu koksne ir vairāk satrūdējusi nekā tas bija pirms pāris gadiem, un tā ir vairāk piemērota sausā koksne dzīvojošo sugu attīstībai. Kā zināms, atsevišķu ģinšu (*Ampedus* u.c.) sprakšķu kāpuri – drātstārpi - ir plēsīgi un trūdošā koksne aktīvi medī citas bezmugurkaulnieku sugas. Vairākas no šīs ģints sugām Latvijā ir reti sastopamas. Starp tām *Ampedus tristis*, *Ampedus nigroflavus*, *Ampedus elongatulus* u.c. Vecāki (mazliet satrūdējuši) egļu un priežu celmi ir nozīmīgi šo sugu attīstībai. Tā kā pētījums nav

noticis katru gadu, pašlaik grūti izsecināt, kurā gadā pēc ciršanas pie celmiem palielinās *Ampedus* sugu daudzveidība. Tam nepieciešams nepārtraukts pētījums vismaz 7 gadu garumā. Savukārt koksngrauži, iespējams, turpina izlidot no celmiem vai vēl joprojām aktīvi lido ap tiem.

Sugu ziņā kopumā arī daudzveidīgākās izrādījās sprakšķu (Elateridae) un koksngraužu (Cerambycidae) dzimtas. Vislielākais sugu skaits no šīm dzimtām tika konstatēts Stendes parauglaukumā, kur konstatētas 22 sprakšķu dzimtas (Elateridae) un 17 koksngraužu dzimtas (Cerambycidae) sugas. Nītaures parauglaukumā konstatētas 18 sprakšķu dzimtas (Elateridae) un 16 koksngraužu dzimtas (Cerambycidae) sugas. Rembates parauglaukumā konstatētas 15 sprakšķu dzimtas (Elateridae) un 14 koksngraužu dzimtas (Cerambycidae) sugas. Tas vēlreiz apliecina egļu celmu nozīmi šo dzimtu sugu bioloģijā.

Īpatņu ziņā daudzskaitlīgākā suga pētījumā ir *Stictoleptura rubra* no koksngraužu dzimtas (Cerambycidae). Kopā ievākts 231 īpatnis. Tā ir viena no masveidīgākajām priežu un jauktu mežu sugām, kas attīstās priežu un egļu celmos.

Šajā pētījumā atšķirībā no iepriekšējiem gadiem palielinājies atsevišķu atklātu vietu sugu un indivīdu skaits. Starp tām pirmkārt ir minamas skrejvaboļu dzimtas (Carabidae) ģints *Amara* sugas, kas iepriekšējos pētījumos parauglaukumos bija pārstāvētas tikai atsevišķu nejausi ieklīdušu īpatņu veidā. Tas parāda, ka izcirtums vienlaicīgi kalpo kā vieta, kuru pakāpeniski kolonizē atklātu vietu sugas.

No nozīmīgākajām saproksilofitajām sugām, kuru attīstībai celmiem ir būtiska nozīme pētījumā tika konstatētas: *Calopus serraticornis*, *Glyschrochilus quadripunctatus*, *Platycerus caraboides*,



Attēls 32. Parauglaukumos visbiežāk sastopamā vaboļu suga - skujkoku sarkanais koksngrauzis *Stictoleptura rubra*

Dircaea quadriguttata, *Platystomus albinus*, *Mycetina cruciata*, *Mycetophagus sp.*, *Mordella sp.*, daudzas sprakšķu un koksngraužu sugas u.c. No tām *Dircaea quadriguttata* un *Mycetina cruciata* Latvijā ir reti sastopama suga.

Ir konstatētas vairākas ar piepēm un citām sēnēm saistītas sugas. Starp tām: *Thalycra fervida*, *Glischrochilus hortensis*, *Anisotoma humeralis* u.c. Uz piepēm dzīvojošajām sugām ir liela nozīme meža ekosistēmās koksnes sadalīšanās procesos. Daudzas no šīs ekoloģiskās grupas sugām ir reti sastopamas un izmantojamas kā dabisko meža biotopu indikatori, tomēr šajā pētījumā konstatētās sugas ir Latvijā plaši izplatītas.

Daļa no konstatētajām sugām ir nekrofāgi. Starp tām minamas visas konstatētās Silphidae sugas u.c. Tas izskaidrojams ar to, ka lamatās vairākkārt iekrita ciršļi. Šīs vaboles lidoja uz iekritušo zīdītāju smaku. Šajā pētījumā konstatētās nekrofāgās un nekrofilās sugas ir Latvijā plaši izplatītas un bieži sastopamas.

Ilgtermiņa ietekme

Pamatojums

Gandrīz visi līdzšinējie visas biomasas izvākšanas pētījumi ir par tās īstermiņa ietekmi uz mežaudzi, galvenokārt vērtējot tiešo ietekmi uz augsnes ķīmiskā sastāva izmaiņām, kā arī zemsedzes veģētāciju, kokaudzi un augsnē dzīvojošajiem bezmugurkaulniekiem. Tomēr īsā laika posmā, piemēram, pēc dabiskā traucējuma, audzē tāpat notiek nozīmīgas pārmaiņas un, ņemot vērā garo koku dzīves ciklu un aprites ciklu saimnieciskajos mežos, svarīgi vērtēt nevis tikai šādas īstermiņa, bet arī ilgtermiņa ietekmes.

Pētījuma **mērķis** bija novērtēt visas koku biomasas izmantošanas ilgtermiņa ietekmi uz meža ekosistēmu, kā indikatoru izmantojot zemsedzes veģētāciju. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. raksturot zemsedzes veģētāciju priedes un egles audzēs pēc visa koku biomasas izmantošanas;
2. novērtēt zemsedzes veģētācijas telpisko izvietojumu un kokaudzes, apgaismojuma režīma atšķirību ietekmi uz to.

Metodika

Pētījums veikts četrās teritorijās Latvijā: priedei – mētrājā Ķeguma novadā, Tomes pagastā (2015. gadā) un lānā Ventpils novadā, Ugāles un Puzes pagastā (2016. gadā), kā arī šaurlapju ārenī Nīcas novadā un Grobiņas novadā, Otaņķu un Grobiņas pagastā (2017. gadā); eglei – šaurlapju ārenī, damaksnī un slapjajā damaksnī Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novadā 2016.-2020. gadā. Pētījuma teritoriju izvietojums un objektu ierīkošanas laiks bija atkarīgi no tā, kad izdevās identificēt platības, kur vēsturiski tikusi veikta visas biomasas izvākšana, celmus nostumjot kopā ar augsnes virskārtu (Attēls 33).

Parauglaukumi zemsedzes veģetācijas un kokaudzes uzmērīšanai ierīkoti platībās, kur visas biomasas izvākšana veikta vidēji pirms 50 gadiem, kā arī netālu esošās tā paša meža tipa audzēs: jaunaudzēs (10-20 gadi), kontroles audzēs ar tādu pašu vecumu kā ietekmētās platības, cirtmeta vecuma audzēs un vecās audzēs (>130 gadi). Visās audzēs uz 50 m garām lineārām transektēm, izvietoti 1m² lieli veģetācijas uzskaites parauglaukumi, kuru skaits audzē atkarīgs no audzes konfigurācijas un heterogenitātes. Kopumā Mr izvietotas 13 transektes, Ln 15, As 32 (15 priedes audzēs, 17 egles audzēs), Dm 8 un Dms audzēs 10 transektes. Kopumā ierīkotas 78 transektes un 1326 parauglaukumi. Tāpat katrā ietekmētajā audzē un kontrolēs audzē saskaņā ar Meža statistiskās inventarizācijas metodiku izvietoti 2-4 kokaudzes uzmērīšanas parauglaukumi.



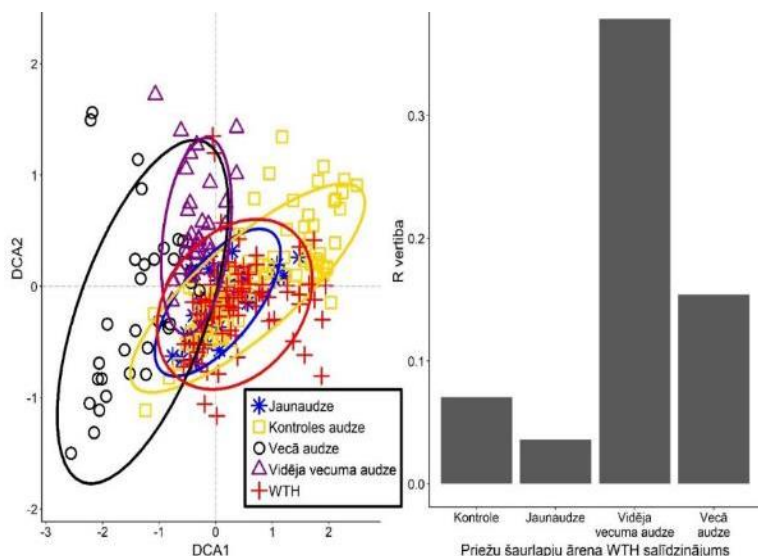
Attēls 33. Pētījuma objektu izvietojums Latvijā un zemes virsmas reljefs vienā no pētījuma objektiem, kur skaidri saskatāmas ar buldozeru sastumtās celmu joslas

Rezultāti

Visos meža tipos ietekmētajās audzēs un atbilstošajās kontroles audzēs bija līdzīgs zemsedzes veģetācijas sugu skaits, vairākumā gadījumu tam esot lielākam platībās, kur biomasā tikusi izvākta. Sakarība saglabājās, absolūtajiem skaitļiem palielinoties reizē ar augsnes auglības un apgaismojuma intensitātes pieaugumu. Tāpat zemsedzes veģetācijas sugu daudzveidība, raksturota ar Šenona-Vīnera un

Simpsona indeksiem, ietekmētajās bija tāda pati vai augstāka nekā kontroles audzēs.

Detrendētajā korespondences analīzē (DCA) parauglaukumi grupējās pa meža tiem, un vecuma grupām (parasti atšķirīgākajai situācijai esot tieši jaunaudzēs (1. vecumklase) vecumā, bet ne atbilstoši iepriekš veiktajai saimnieciskajai darbībai (visas biomasas izvākšana un kontrole; Attēls 34).



Attēls 34. Pētāmo teritoriju DCA analīzes ordinācijas rezultāti egles šaurlapju ārenī (pa kreisi) un ANOSIM analīzes R vērtības starp WTH audzi un pārējiem

DCA analīzē vairākumā pētījumu objektu asis saistītas ar augsnes auglību (gradients atbilstoši

zemsedzes veģetācijas sugu prasībām pēc barības vielām) un ar gaismas pieejamību (gradients atbilstoši sugu gaismas prasībām). Saskaņā ar ANOSIM rezultātiem zemsedzes veģetācija līdzīgākā ietekmētajās un kontroles audzēs bija Mr, Ln un As, taču atšķirīgākas audzes ar daļēju vērtību pārklāšanos bija Dm un Dms.

Vērtējot audzes ar līdzīgu biežumu meža tipa ietvaros, vairākumā gadījumu nav konstatējama statistiski būtiska celmu izstrādes ilgtermiņa ietekme uz koku vidējo augstumu un caurmēru.

Oglekļa uzkrājums zemsegā un augsnē, kā arī slāpekļa apjoms augsnē nozīmīgi atšķiras gan starp paraugu ņemšanas vietām vienas audzes ietvaros, gan starp audzēm. Piemēram, egles audzē šaurlapju ārenī, kur veikta visas biomasas izvākšana, konstatēts neliels oglekļa uzkrājums gan zemsegā, gan augsnē, salīdzinot ar kontroles audzēm, savukārt priedes audzēs sakarībā ir pretēja. Tomēr ne vienā, ne otrā gadījumā konstatētās atšķirības nav statistiski būtiskas. Šis secinājums ir vispārīgāks: arī kopumā ietekmētajās un kontroles platībās oglekļa uzkrājums būtiski neatšķiras.

2.3. Kompakti izvietota mežizstrāde

Pamatojums

Liela izmēra izcirtumi, kādi Latvijā veidojas, izstrādājot vējgāžu, ugunsgrēku, retāk arī biotisko faktoru (piemēram, kaitēkļu vai slimību) ietekmē, atstāj ietekmi uz meža ekosistēmu. Klimata pārmaiņu rezultātā paredzams, ka liela mēroga traucējumi varētu atkārtoties biežāk, tāpēc ir nozīmīgi novērtēt, kādu ietekmi šie potenciālie traucējumi var atstāt uz meža ekosistēmu. Zemsedzes veģetācija un augu sabiedrības ir viens no indikatoriem, kas atspoguļo ekosistēmas stāvokli un ļauj novērtēt tās sukcesiju. Lai novērtētu šāda veida izmaiņas, nepieciešams veikt virszemes veģetācijas monitoringu dažādu traucējumu rezultātā, novērtējot tās apjomu un saglabāšanās ilgumu laikā.

Pētījuma **mērķis** bija novērtēt kompakti izvietotas mežizstrādes ilgtermiņa ietekmi uz meža ekosistēmu, kā indikatoru izmantojot zemsedzes veģetāciju. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

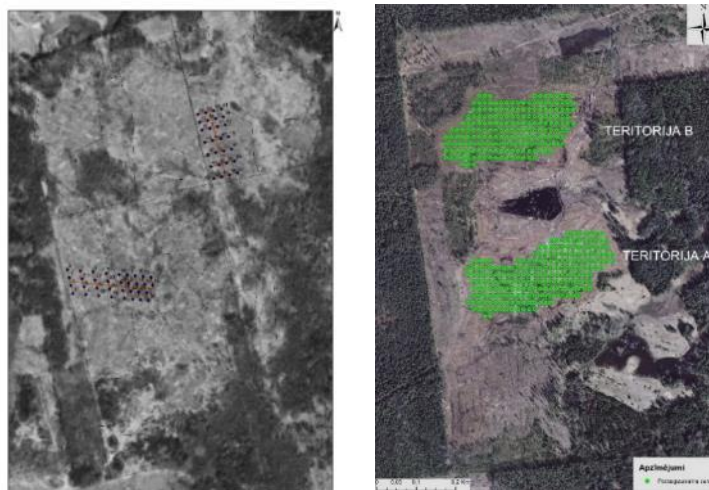
1. raksturot zemsedzes veģetāciju liela mēroga vienlaidus sanitārajās cirtēs pēc dabiskajiem traucējumiem;
2. novērtēt zemsedzes veģetācijas telpisko izvietojumu, kā arī kokaudzes un apgaismojuma režīma atšķirību ietekmi uz to.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 1. etapa, 2. etapa, 3. etapa un 4. etapa pārskatos.

Metodika

Liela izmēru sanitārās vienlaidus cirtes pēc dabiskajiem traucējumiem analizētas vairākās vietās. Latvijas rietumu daļā netālu no Popes (4 objekti) un Priedaines (1 objekts) pētījuma materiāls ievākts mežaudzēs, kurās 1967. gadā bijusi vējgāze, pēc kuras veiktas 200-400 metrus platas sanitārās vienlaidus cirtes. Vēl viens vētras ietekmētais objekts atrodas Jaunjelgavas novadā, kur 1967. gadā vētras dēļ nolauzti un izgāzti 1,0 milj. m³ koksnes. Liela mēroga atjaunošanas cirtes ietekmes novērtēšanai ierīkots objekts Kuldīgas novadā pie Ozoliem, kur mežaudzē 2014. gadā veikta kailcirte 31 ha platībā. Liela mēroga ugunsgrēku ietekme pētīta Slīteres Nacionālā parka (SNP) Bažu purvā un tam blakus esošajos mežos, kur 1992. gada vasarā izcēlās ugunsgrēks, kā rezultātā nodega aptuveni 3200 ha liela teritorija.

Popes un Priedaines objektos 2015.gadā veikta veģetācijas projektīvo segumu uzskaitē. Parauglaukumi ierīkoti uz transekta perpendikulāri bijušās kailcirtes robežai ar vētras mazietekmēto blakus audzi. Uz transekta ik pēc 30 m ierīkoti četri 1x1 m kvadrāta formas veģetācijas uzskaites parauglaukumi 6 m attālumā viens no otra. Dominējošais meža tips šajos objektos - šaurlapju ārenis (*Myrtillosa mel.*). Tāpat transektos ierīkoti parauglaukumi ar platību 500m² un uzmērīta kokaudze. Pētītajās audzēs šobrīd dominē parastā egle *Picea abies* (L.) H. Karst. un kārpainais bērzs *Betula pendula* Roth. (kopā 85-90% no koku skaita parauglaukumos) ar parastās priedes *Pinus sylvestris* L. un parastās apses *Populus tremula* L. piemistojumu. Atkārtota veģetācijas uzskaitē veikta 2020. gada veģetācijas sezonā. Šajā objektā 2018. gadā veikti arī papildu mērījumi vainagu atvēruma – gaismas – raksturojumam. Iegūtie dati salīdzināti ar iepriekšējo inventarizāciju (1977., 1997., 2014. gada) datiem vai rezultātiem.



Attēls 35. parauglaukumu izvietojums Jaunjelgavas objektā (Corona satelītattēls pēc 1967. gada vētras) un Ozolu objektā (2016. gada ortofoto)

Jaunjelgavas objektā pētījums veikts damakšņa meža tipā, kur teritorija ir veiksmīgi atjaunojusies ar egli, un tās vidējais vecums ir 42 gadi ar vidējo caurmēru 21 cm un augstumu 20.3 m, laika gaitā mežaudzē iesējušies arī bērzi, kuru vidējais vecums pašlaik ir 36 gadi. Savukārt 2013.gadā teritorijā veikta krājas kopšanas cirte. 2018. gadā veikta veģetācijas projektīvo segumu un sugu sastāva uzskaitē, lai novērtētu malas ietekmi parauglaukumos. Kopumā ierīkoja 462 parauglaukumus uz 10 transektēm.

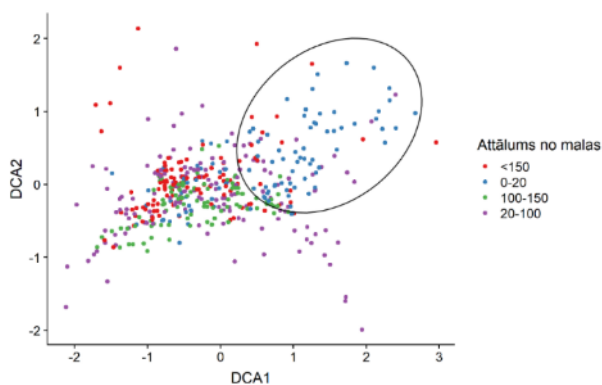
Ozolu objektā pēc liela mēroga atjaunošanas cirtes, kas veikta 2014. gadā, dominējošais meža tips teritorijā bija damakšnis (aizņem 80% no kailcirtes platības), pirms izstrādes audzēs dominējošā koku suga ir bijusi priede; 2016. gadā augsnes sagatavota joslās un iestādīta egle. 2017. gadā veikta veģetācijas projektīvā seguma un sugu sastāva noteikšana, ierīkojot 200 apļveida parauglaukumus, lai novērtētu blakus esošā meža ietekmi. Ņemot vērā reljefa īpatnības, objekts sadalīts divos nogabalos, kuri analizēti atsevišķi (Attēls 35), katrā nogabalā parauglaukumi iedalīti piecās grupās atkarībā no attāluma līdz tuvākajam mežam. Atkārtota veģetācijas uzskaitē veikta arī 2020. gada veģetācijas sezonā.

SNP deguma teritorijā dati ievākti 2017. un 2018. gada vasarā, kopā tika ierīkoti 480 parauglaukumi četros meža tipos (silā, mētrājā, slapjajā damakšnī un purvājā). Pēc nejaušības principa izvēlētajos meža tipa nogabalos katrā no trim apsaimniekošanas kategorijām (dabiskā atjaunošanās pēc sanitārās vienlaidus cirtes, dabiskā atjaunošanās, stādīts pēc sanitārās vienlaidus cirtes) sistemātiskā tīklā tika izvietoti desmit punkti un katrā no tiem ierīkoti četri 1x1m lieli veģetācijas parauglaukumi. 2018. gada vasarā iepriekš uzskaitītās veģetācijas parauglaukumu centros uzņemtas kokaudzes vainagu atvērumu fotogrāfijas gaismas apstākļu raksturošanai. Tāpat veikta kokaudzes uzmērīšana, papildinot iepriekšējo inventarizāciju (2001. un 2015. gads) datu rindu.

Rezultāti

Apvienojot visu Popes un Priedaines objektu parauglaukumu informāciju un analizējot to atkarībā no parauglaukuma attāluma līdz vējgāzes (sanitārās vienlaidus cirtes) malai, pašlaik iegūtie dati un to analīze neuzrāda statistiski būtiskas tendences attiecībā uz zemsedzes veģetācijas sastāvu, sugu skaitu vai citiem parametriem (Ellenberg indeksu un Šenona-Vīnera indeksa vērtībām). Vidējā svērtā zemsedzes augu mitruma prasību grupa, tāpat kā iepriekšējās inventarizācijās, bijušo izcirtumu vidus daļā ir nedaudz zemāka nekā malās, noraidot jebkādas indikācijas par iespējamu pārpurvošanos. Nedz pēdējā, nedz iepriekšējās uzmērīšanas reizēs attālumam no bijušās izcirtuma malas nav konstatēta statistiski būtiska ietekme uz kokaudzes sastāvu, augstumu vai citiem parametriem. 2020. gada uzskaites laikā konstatēts, ka objektos Pope II, Pope III un Pope VI veiktas kopšanas cirtes, kas neļāva uzskaitīt veģetācijas projektīvo segumu un sugu sastāvu. Kad veģetācija šajos objektos pēc kopšanas būs atjaunojusies, jāveic atkārtota tās uzskaitē, lai palielinātu gan salīdzināmo parauglaukumu, gan objektu skaitu.

Iegūtie rezultāti par Jaunjelgavas objektiem liecina, ka malas efektam ir būtiska ietekme uz veģetācijas procentuālo segumu ($p < 0,001$), kas saistīta ar blakus audzes ietekmi pirmajos 20 m. Teritorijas

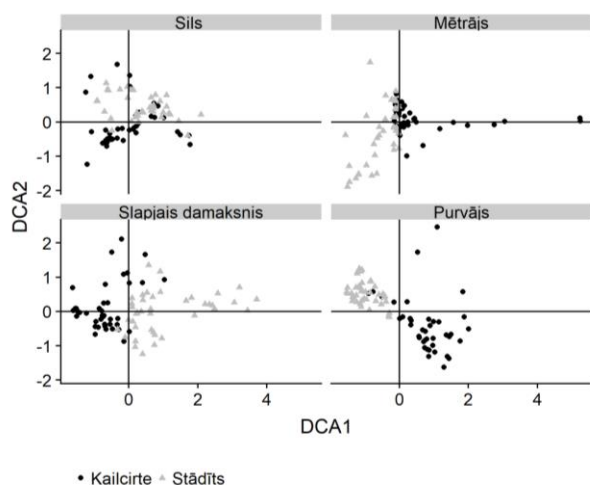


Attēls 36. Sugu grupēšanās Jaunjelgavas objektā (DCA rezultāti)

kopējais veģetācijas segums ir 127%, vidēji lielāks segums ir sūnām 82%, kamēr lakstaugu vidējais segums ir 45%. Atbilstoši Simpsona (0.09) un Šenona-Vīnera (3.20) daudzveidības indeksiem, teritorija ir sugām bagāta ar vienmērīgi izplatījušos veģetāciju. Ir konstatēta sugu grupēšanās joslā, kas ir 0 līdz 20 m no bijušajām izcirtumiem blakus esošā meža malas, to uzrāda arī detrendētā korespondences analīzes (DCA) rezultāti (Attēls 36). Tomēr starp laukumiem citās attāluma grupās (kamēr punkti 20-250m) grupēšanās nav novērota.

Ozolu objektos, salīdzinot Šenona-Vīnera daudzveidības indeksus 2017. un 2020. gada veģetācijas datiem, konstatēta statistiski būtiska virszemes veģetācijas daudzveidības samazināšanās ($p < 0,001$). Indeksu samazināšanās norāda uz succesiju, jo iepriekš bieži sastopamās saulmīļu sugas nomaina ēnmīļu sugas, parādās arī vairāk mežam (mētrājam un lānam) raksturīgas vaskulāro augu un sūnaugu sugas. DCA analīzes rezultāti nenorāda uz attāluma no tuvākās mežmalas malas ietekmi uz virszemes veģetāciju; sugu grupēšanās nav izteikta. Aprēķinot Ellenberga indeksus grupām, kas sadalītas atkarībā no attāluma līdz mežam, konstatēts, ka objekta vidusdaļā ir atšķirīgs mikroklimats no malām, kas ietekmē temperatūras, kontinentalitātes un mitruma indeksus, jo izcirtuma malā mikroklimatu ietekmē blakus esošais mežs – sakarības līdzīgas kā jau aprakstītās Jaunjelgavas objektā.

Adonis2 un DCA ordinācija uzrādīja statistiski būtiskas veģetācijas procentuālo segumu atšķirības



Attēls 37. Sugu (%) seguma grupēšanās pēc sanitārās vienlaidus cirtes ar sekojošu dabisko atjaunošanos (kailcirte) un stādīšanu (stādīts) 1992. gada deguma teritorijā (DCA analīze)

nekā dabiski atjaunojušas platībās bez veiktas cirtes. Lielākās priedes dimensijas bija platībās, kas atjaunotas stādīt. Meža tipa ietvaros nav konstatētas koku dimensiju atšķirības saistībā ar attālumu no vienlaidus sanitārās cirtes (ap 200 ha, saimnieciskajos mežos) malas.

starp apsaimniekošanas veidiem Sīteres Nacionālā parka un blakus esošajā teritorijā. Sausieņu mežu tipos ir raksturīga mozaikveida veģetācija, tomēr abos meža tipos pēc dabiskās atjaunošanās sugu daudzveidība ir lielāka nekā pēc sanitārās vienlaidus cirtes (neatkarīgi no tai sekojošā atjaunošanas veida). Savukārt slapjajos meža tipos sugu izvietojums ir vienmērīgs, uz ko arī norāda Šenona-Vīnera un Simpsona indeksi, tomēr pēc dabiskā traucējuma un mežsaimniecības ietekmes slapjais damaksnis pēc dabiskās atjaunošanās un stādīšanas ir sugām bagātāks, bet purvājā lielākā sugu daudzveidība ir pēc kailcirtes.

Sanitārās vienlaidus cirtes veikšanai ir statistiski būtiska pozitīva ietekme uz priedes augstumu un caurmēru – šajās teritorijās tas ir būtiski lielāks

2.4. Galvenās atziņas

Ciršanas atlieku izvērtēšana

- Salīdzinot ar kontroles mežaudzi, izcirtumos otrajā un trešajā gadā pēc mežizstrādes novērojama neliela augsnes ūdens paskābināšanās, kā arī atsevišķu ķīmisko elementu koncentrācijas palielināšanās ciršanas atlieku mineralizācijas rezultātā. Pēc tam šie rādītāji atgriežas references perioda līmenī. Gruntsūdenī un virszemes ūdeņos (blakus esošajā grāvī un strautā) ķīmisko elementu koncentrācijas palielināšanās pēc vienlaidu atjaunošanas cirtes nav konstatēta. Sestajā un septītajā gadā novērotā elementu koncentrācijas palielināšanās augsnes ūdenī un gruntsūdenī vērojama gan mežaudzē, gan izcirtumā, un nav tieši saistāma ar platībā veikto mežsaimniecisko darbību. Pētījuma rezultāti liecina, ka mežizstrāde sausieņu mežos, kur gruntsūdens atrodas dziļi zem zemes virsmas un kuri nav hidroloģiski tieši savienoti ar ūdenstecēm (mūsu objektos ir aizsargjosla) rada nelielu un lokālu ietekmi uz ūdens kvalitāti.
- Barības vielām nabadzīgā sausieņu mežā (Ln) pirmajos jaunaudzes attīstības gados koki ir īsāki platībā, kur izvēkta visa virszemes biomasa, teorētiski norādot uz to, ka ciršanas atliekas šādos apstākļos var būt nozīmīgs barības vielu avots jaunajiem kokiem. Tomēr nākamajos gados atšķirības augšanas gaitā starp variantiem samazinās, tādēļ šis secinājums pagaidām nav vispārināms, bet jaunaudzes augšanas gaitai jāturpina sekot arī turpmāk.
- Visvairāk sakņu piepes augļķermeņu uz trupējušām egles koksnes mežizstrādes atliekām veidojas otrajā (Kp meža tipā) un trešajā (Dm meža tipā) gadā, pārsniedzot 1000 cm²/m³. Turpmākajos gados izveidojušos *H. parviporum* augļķermeņu daudzums uz m³ ir 2-5 reizes mazāks. Uz atliekām ar mizas

bojājumiem veidojas vidēji divas reizes vairāk *Heterobasidion* augļķermeņu nekā uz atliekām bez mizas bojājumiem.

- Uz trupējušām mežizstrādes atliekām un celmiem desmit gadus pēc mežizstrādes veidojas jauni, aktīvi sporulējoši *H. parviporum* augļķermeņi. Ar sakņu piepi inficētas lielu dimensiju egles mežizstrādes atliekas veicina *Heterobasidion* primāro izplatību ar sporām. Tāpēc meža tipos ar spēcīgi attīstītu veģetāciju, kas veicina sakņu piepes augļķermeņu attīstību, nav pieļaujama trupējušas koksnes atstāšana mežā. *Phlebiopsis gigantea* augļķermeņi uz lielu dimensiju skuju koku mežizstrādes atliekām intensīvi veidojas pirmajos divos-trīs gados, bet pēc 4 gadiem augļķermeņi praktiski vairs nav sastopami. Mežizstrādes atliekas, uz kurām attīstījušies *P. gigantea* augļķermeņi, nodrošina paaugstinātu sporu fonu un veģetācijas perioda laikā veicina svaigi zāgētu skuju koku celmu aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju.
- Uz mazu dimensiju egles koksnes ciršanas atliekām ir konstatēta samērā augsta sēņu daudzveidība (76 sugas) un lielākā daļa no tām ir bazīdijsēnes (69 sugas). Sēņu sugu skaits uz mežizstrādes atliekas pozitīvi korelē ar tās diametru. Uz mazu dimensiju ciršanas atliekām ir atrastas sēnes no četrām dažādām trofiskajām grupām: mikorizu veidojošas sēnes, koku patogēni, koksnes saprofīti un zemsedzes saprofīti. Gandrīz visas noteiktās sēņu sugas ir bieži sastopamas Latvijā, izņemot divas sugas, kas Latvijā sastopamas samērā reti: *Mycena stylobates* un *Otidea leporina*. Abas sēnes nav iekļautas Latvijas īpaši aizsargājamo sugu sarakstā. Vairāku klājenisko sēņu sugu izplatība Latvijā nav zināma.
- Uz mazu dimensiju egles koksnes mežizstrādes atliekām veidojas mazāk *Heterobasidion* augļķermeņu nekā uz lielu dimensiju mežizstrādes atliekām, tādēļ to izvākšana nav nepieciešama. Ir maza varbūtība, ka šādu dimensiju (3 – 16,5 cm diametrā) egles koksnes atlieku izvākšana no meža apdraudēs koksni kolonizējošo sēņu bioloģisko daudzveidību.

Celmu izvākšana

- Gan objektos, kur veikta visas biomasas izvākšana, gan objektos, kur papildus tam veikta arī celmu izstrāde, pētījuma gaitā ir vērojama tendence paskābināties augsnes ūdenim. Būtiskas atšķirības starp variantiem netika konstatētas, tātad nevar uzskatīt, ka celmu izstrāde rada papildu riskus. Turklāt augsnē paskābināšanās procesi netika novēroti. Vienotas vielu koncentrāciju atšķirību tendences trūkums starp variantiem norāda uz nozīmīgu virszemes biomasas izstrādes un mērķtiecīgas meža atjaunošanas potenciālo ietekmi un vietai specifisku faktoru kombinētu ietekmi uz biogēno elementu un citu savienojumu saturu un izmaiņām augsnes ūdenī. Sevišķi izteikta ir augsnes tipa ietekme uz biogēno elementu apriti.
- Jaunaudžu uzskaites rezultāti norāda uz straujāku koku augšanu garumā parauglaukumos, kur celmi nav rauti, bet veikta tikai visas virszemes biomasas izvākšana un augsnes sagatavošana. Nepieciešams tālāks augšanas gaitas monitorings, lai noskaidrotu, vai atšķirības laika gaitā izlīdzinās (līdzīgi kā iepriekš aprakstītajos pētījuma objektos MPS Kalsnavas meža novadā). Dabiskai atjaunošanai apstākļi ir līdzīgi gan atcelmotajos, gan neatcelmotajos parauglaukumos, uz ko norāda līdzīgais dabiski izaugušo koku skaits.
- Sakņu fragmentos var attīstīties un producēt augļķermeņus vairākas sēņu sugas, kas ir bieži sastopamas arī uz celmiem un mežizstrādes atliekām, tai skaitā arī sakņu piepe *Heterobasidion* spp.

Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. micēlijs sastopams 4,5-10 cm lielos egļu sakņu fragmentos piecus - sešus gadus pēc celmu raušanas. Tomēr mūsu iegūtie dati liecina, ka augsnē palikušie ar *Heterobasidion* inficētie sakņu fragmenti nerada būtisku apdraudējumu nākamajām koku paaudzēm. Infekcijas risks saistīts ar *Armillaria* inficēto koksni. Mūsu pētījumā izdalītās *Armillaria* sugas raksturotas kā vāji patogēni. Turpmākajā darbā būtu jānoskaidro stipri patogēno *Armillaria* sugu micēlija saglabāšanās sakņu fragmentos pēc celmu izstrādes.

- Lielākā daļa konstatēto sēņu sugu ir bieži sastopamas celmos un mežizstrādes atliekās, turklāt uz sakņu fragmentiem daudzas sugas spēj veidot arī augļķermeņus. Celmu raušana vismaz īstermiņā būtiski neietekmē sēņu daudzveidību.
- Veicot sūnu un ķērpju daudzveidības novērtējumu, konstatēts, ka jaunajos apsaimniekotos mežos uz egļu celmiem lielākoties aug bieži sastopamas sūnu un ķērpju sugas, kuras nav specifiski saistītas tikai ar mirušo koksni, taču atsevišķos gadījumos celmi var būt nozīmīgs substrāts arī sūnu sugām ar šauru ekoloģisko nišu. Lielāks ir sūnaugu sugu skaits, savukārt ķērpju sugu skaits uz celmiem ir neliels. Lai varētu veikt precīzākus secinājumus par to, cik nozīmīgi ir celmi kā trupējošas koksnes sastāvdaļa ķērpju un sūnu sugu daudzveidības saglabāšanā, nepieciešams veikt plašākus pētījumus, kas ietvertu lielāku meža tipu, audžu vecuma, substrātu (dabiski vai mežizstrādes laikā veidojušies celmi), mikroklimatu daudzveidību.
- Atbilstoši zinātniskās literatūras analīzei, atcelmošanas ietekmes uz bezmugurkaulnieku bioloģisko daudzveidību pētījumos vaboles (Coleoptera) ir pateicīgākā un objektīvākā grupa, kas var indicēt par notiekošajām izmaiņām. Lauka pētījums parādīja, ka neatcelmotajās platībās egļu celmi piesaista saproksilofītās sugas arī 5 un vairāk gadus pēc ciršanas. Lai arī netika konstatēta liela saproksilofīto vaboļu daudzveidība, var secināt, ka atsevišķu taksonu indivīdu skaits pie celmiem izvietotajās lamatās ir pieaudzis. To uzrāda piem. *Ampedus* ģints sprakšķi. Ņemot vērā to, ka šī ģints ir nozīmīga meža biodaudzveidības uzturēšanā (kāpuri ir trūdošā koksne dzīvojoši zoofāgi) un daudzas šīs ģints sugas ir ļoti reti vai reti sastopamas, jāsecina, ka egļu celmiem ir nozīme šo sugu attīstībā arī piecus gadus pēc koku ciršanas un, iespējams, arī ilgāk. Plānojot egļu celmu izvākšanu, ieteicams daļu no atstājamajiem celmiem izvēlēties cirsmas sausākajās vietās, lai nodrošinātu labvēlīgākus apstākļus bezmugurkaulnieku daudzveidības saglabāšanai.
- Kopumā ar egļu celmiem saistīto vaboļu fauna visos apsekotajos objektos ir diezgan vienvēidīga un pamatā to veido Latvijas mežos plaši izplatītas un bieži sastopamas sugas. Tikai atsevišķos gadījumos tika konstatētas Latvijā retas sugas. Netika konstatētas aizsargājamas sugas. Šis pētījums neuzrādīja, ka atcelmošana esošo izcirtumu platībās, kādās tā veikta, būtu būtiski ietekmējusi vaboļu faunas daudzveidību, tomēr patlaban esošais zināšanu daudzums par atcelmošanas ietekmi uz vaboļu faunas daudzveidību nav pietiekams, lai šādu secinājumu vispārinātu. Tā kā pētījuma gaitā ir konstatēti būtiski zināšanu robeži attiecībā uz celmu izstrādes ietekmi uz bezmugurkaulniekiem, ieteicams veikt vismaz 7 gadus ilgu nepārtrauktu pētījumu, lai noskaidrotu, kāda ir cirsmas lieluma un mežu fragmentācijas ietekme uz vaboļu sugu daudzveidību, kāds ir optimālais atstājamo celmu skaits uz vienu cirsmas hektāru, kurā gadā pēc izstrādes palielinās atsevišķu bezmugurkaulnieku sugu daudzveidība un kāda ir celmu nozīme bezmugurkaulnieku ziemošanā.
- Koku biomasas ieguve analizētajos meža tipos veicama atbilstoši saimnieciskajam aprēķinam, ņemot vērā, ka tā neatstāj ilgtermiņa negatīvu ietekmi uz meža ekosistēmu: skujkoku audzes, kurās veikta

visa koku biomasas ieguve (izvākšana no platības), pēc zemsedzes veģetāciju raksturojošajām vērtībām līdzīgas tādām, kurā veikta tika stumbra biomasas ieguve.

- Visa koku biomasas izmantošana nav pretrunā ar mērķi veicināt oglekļa uzkrājumu mežā, jo šī elementa uzkrājums zemsegā un augsnē, kā arī koku virszemes daļas parametri (un līdz ar to arī oglekļa uzkrājums šajā komponentē) šajās audzēs būtiski neatšķiras no kontroles audzēs konstatētā.
- Noslēgtā pētījuma dizains nenodrošina atbildi, vai atkārtotai visas biomasas izvākšanai vienā un tajā pašā teritorijā varētu būt paliekoša negatīva ietekme uz augsnes auglību.

Kompakti izvietota mežizstrāde

- Izcirtuma platību vērtētajos meža tipos lietderīgi noteikt saskaņā ar dabas aizsardzības un saimnieciskiem apsvērumiem, t.sk. vērtējot iespējamus dabiskos traucējumus nākotnē, jo tai nav tiešas ilgtermiņa ietekmes uz zemsedzes veģetāciju un kokaudzi. Nav konstatēta liela mēroga izcirtumu pārpurvošanās. Veiktajai atjaunošanai pēc liela mēroga traucējuma (ugunsgrēka vai vētras) nosakot kokaudzes sugu sastāvu un biežumu, ir būtiska ietekme uz gaismas apstākļiem zemsedzes veģetācijai un šī ietekme ir ievērojami nozīmīgāka, nekā ietekme attālumam no dabiskā traucējuma dēļ izveidojušās vai izveidotā atvēruma malas.
- Sanitārā vienlaidus cirte pēc liela mēroga dabiskajiem traucējumiem ir rekomendējama, jo veicina priedes dabisko atjaunošanos un arī lielai tās platībai nav konstatēta negatīva ietekme uz kokaudzi. Saimnieciskajos mežos rekomendējama atjaunošana stādot, kas nodrošina lielāku mērķa sugas pieaugumu nekā dabiskā atjaunošanās (ar vai bez vienlaidus sanitārās cirtes).
- Lai arī liela daļa rezultātu neuzrāda statistiski būtiskas izmaiņas malas ietekmei no bijušās izcirtuma malas uz kokaudzes sastāvu vai citiem parametriem, tomēr ekoloģisko procesu izpratnei īpaši būtiski ir ilglaicīgi pētījumi, tāpēc tos nepieciešams turpināt, ietverot arī līdz šim nevērtētos meža tipus, piemēram, uz nosusinātām kūdras augsnēm.

3. Mežsaimniecības un nodrošinošo meža ekosistēmu pakalpojumu mijiedarbība – meža nekoksnes produkti

3.1. Nozīmīgākie nekoksnes produkti un to ieguves paradumi

Pamatojums

Ziemeļeiropā, tajā skaitā Latvijā, nekoksnes produktu ieguvei un izmantošanai ir senas un noturīgas tradīcijas. Meža veltes tiek vāktas gan pašpatēriņam, gan arī pārdošanai, lai papildinātu ģimenes budžetu. Nozīmīgai iedzīvotāju daļai ogošana un sēņošana ir arī svarīgs aktīvās atpūtas veids, iespēja pavadīt laiku dabā.

Nekoksnes produktu ieguves iespēju nodrošināšana ir nozīmīgs daudzērķu mežsaimniecības aspekts. Plānošanas vajadzībām ir nepieciešama informācija gan par piedāvājuma, gan par pieprasījuma pusi. Piedāvājuma puse šajā kontekstā saistīta ar iespējām prognozēt meža nekoksnes produktu apjomus dažādās mežaudzēs un atkarībā no dažādiem meža apsaimniekošanas scenārijiem. Pieprasījuma puse savukārt attiecas uz zināšanām par populārākajiem meža nekoksnes produktiem, to ieguves motivāciju un apjomu. Tradicionāli nozīmīgākie meža nekoksnes produkti Latvijā ir meža sēnes un ogas. Nozīmīgas ir

arī medības, gan kā rekreācijas aktivitāte, gan kā iespēja dažādot ēdienkarti. Meža ekosistēmas ir nozīmīgas biškopībai, jo, pieaugot intensīvas lauksaimniecības apjomam, samazinās biškopībai labvēlīgās platības.

Pētījuma aktivitātes **mērķis** ir novērtēt pieprasījumu pēc meža nekoksnes produktiem Latvijā. Mērķa sasniegšanai izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Iegūt informāciju par sabiedrībai nozīmīgākajiem meža nekoksnes produktiem un to ieguves paradumiem, veicot iedzīvotāju aptauju;
2. Iegūt informāciju par medījamo dzīvnieku ieguvi, veicot mednieku un medību kolektīvu aptauju;
3. Iegūt informāciju par biškopību kontekstā ar meža ekosistēmām, analizējot biškopju aptaujas rezultātus.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 1. etapa, 2. etapa un 4. etapa pārskatos.

Metodika

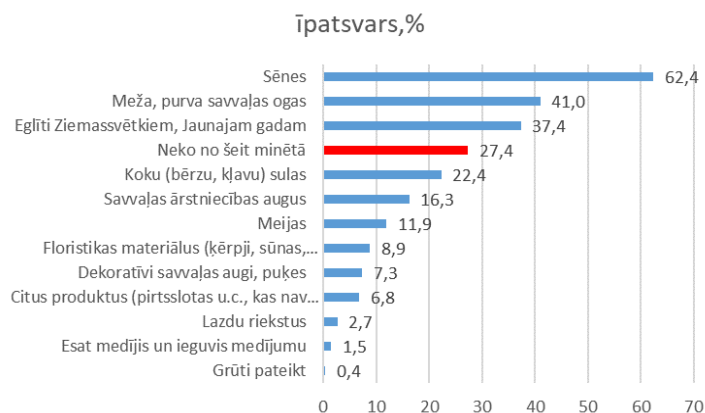
Lai iegūtu informāciju par Latvijā nozīmīgākajiem meža nekoksnes produktiem, to ieguves paradumiem, apjomu un vērtību, 2017. gada rudenī pētījumu centram SKDS tika pasūtīta reprezentatīva Latvijas iedzīvotāju aptauja, uzdodot jautājumus sekojošos blokos: Kādas meža veltes un cik daudz ievāca? Kāds ir iegūto meža velšu ekonomiskais vērtējums? Cik tālu devās un kā nokļuva līdz meža velšu ieguves vietai? Kādas meža veltes iegādātas un cik par tām samaksāts? Ar meža veltēm šī pētījuma kontekstā tiek saprastas, savvaļas ogas, sēnes, citi nekoksnes materiāli, kas iegūstami meža zemēs (mežos, izcirtumos, tiem pieguļošajos purvos). Pavisam kopā tika aptaujāti 1038 respondenti. Jautājumi par meža nekoksnes produktu ieguvi, tās motivāciju un ekonomiskajiem aspektiem tika iekļauti arī 2019. gadā TNS KANTAR īstenotajā kombinētajā aptaujā par atpūtu dabā. Šajā aptaujā tika iekļauti 1062 respondenti.

Informācija par medījamo dzīvnieku ieguvi, ar medībām saistītajām izmaksām, laika ieguldījumu un medījuma gaļas realizāciju tika iegūta no 2017. gadā īstenotās medību kolektīvu un individuālu mednieku aptaujas. Mednieku kolektīvu aptaujā piedalījās 78 mednieku formējumi, kas apvieno pavisam kopā 1821 mednieku, bet individuālajā aptaujā datu apstrādē izmantojamas anketas tika saņemtas no 172 medniekiem. Dati papildināti ar informāciju no Valsts meža dienesta par nomedīto dzīvnieku skaitu valstī.

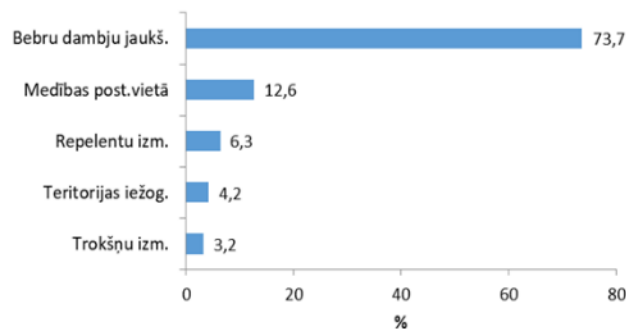
Biškopības nozares izvērtējumam saistībā ar meža ekosistēmām tika izmantoti Biškopības biedrības 2016. gada aptaujas rezultāti, iegūstot informāciju 503 respondentiem gan par biškopības nozari kopumā, gan par specifiska medus, tajā skaitā viršu medus, ieguvi.

Rezultāti

2017. gada aptaujas rezultāti liecināja, ka pēdējā gada laikā kaut viena veida meža veltes pēdējo 12 mēnešu laikā bija ieguvuši 72.6 ±1.4% respondentu. Visbiežāk iegūtās meža veltes ir sēnes (ieguvuši 62% respondentu) un savvaļas ogas (ieguvuši 41% respondentu). Populārākās sēnes ir gailenes un baravikas, bet populārākās ogas – mellenes. Galvenā motivācija meža velšu ieguvei ir tūlītējs patēriņš un atpūta, kā arī vēlēšanās papildināt ziemas krājumus (kā attiecīgi norādījuši 44.5%, 43.1% un 40.1% respondentu). Divas trešdaļas no respondentiem meža nekoksnes produktus ievāc netālu no mājām, līdz 10 km attālumā. Atbilstoši aptaujas rezultātiem 2017.gadā Latvijā kopumā ievāktas 15.1 ±1.6 tūkst. tonnas savvaļas ogu, 14.3 ±0.7 tūkst. tonnas sēņu, 636.7 ±65.1 tonnas ārstniecības augu drogas, 12.3 ±1.4 tūkst. tonnas bērzu sulu un 617 tūkst. Ziemassvētku eglīšu. Iegūto meža velšu ieguldījums / ietaupījums Latvijas mājsaimniecību budžetā pēc pašnovērtējuma ir 55.3 ±4.5 milj.€. Meža veltes iegādājušies 39% respondentu. Visbiežāk pirktas savvaļas ogas (24% respondentu), Ziemassvētku eglītes (10% respondentu) un gailenes (9% respondentu). Kopumā nekoksnes produktu iegādei Latvijā iztērēti 11.6 ±0.5 mlj. €. Iedzīvotāju atbildes uz 2019. gada aptaujas jautājumiem liecināja par to, ka meža nekoksnes produktu ieguves paradumi divu gadu laikā nedaudz mainījušies – sēnotāju īpatsvars no kopējā aptaujāto skaita saglabājies līdzīgs, bet palielinājies ogotāju īpatsvars (līdz 59%), kā arī to cilvēku īpatsvars, kas lasījuši riekstus (26% no aptaujātajiem). 2019. gadā pieaudzis gan to respondentu īpatsvars, kam meža nekoksnes produktu ieguve ir atpūta (ar 67.8% kļūstot par galveno motivāciju), gan to iedzīvotāju īpatsvars, kas meža veltes ieguvuši tūlītējai patērēšanai (50.6%). Ekonomiski apsvērumi (ievākšana pārdošanai) 2019.gadā bijusi galvenā motivācija mazākam respondentu īpatsvaram nekā pirms diviem gadiem (attiecīgi 8.7% un 13.7% respondentu). 2019.gada aptaujas rezultāti liecina, ka respondenti uzskata – meža nekoksnes produktu ieguve mājsaimniecības budžetā vidēji jāvusi ietaupīt 58.6 eiro.



Attēls 38. Visbiežāk ievākto meža nekoksnes produktu veidi (atbilstoši 2017.gada aptaujas rezultātiem)



Attēls 39. Veiktie pasākumi medijamo dzīvnieku postījumu novēršanai

Medību kolektīvu un mednieku aptauju rezultāti un VMD dati (par 2016./2017.gada sezonu) liecina, ka biežāk medītie dzīvnieki ir mežacūkas, bebri, stirnas, pīles un staltbrieži. Ceturtā daļa no aptaujātajiem medniekiem medījuma gaļu ir pārdevuši, bet pārdots tiek ļoti neliels gaļas daudzums, vairāk nekā 95% atstājot pašpatēriņam. Mednieki veic medijamo dzīvnieku piebarošanu (89% respondentu), kā arī pasākumus medijamo dzīvnieku postījumu novēršanai. Trīs ceturtdaļas aptaujāto mednieku medī viena medību formējuma ietvaros, 17% ir

aktīvi mednieki divos kolektīvos, bet 6% - trijos kolektīvos. Visvairāk līdzekļu tiek tērēts medību inventāra iegādei, degvielai un ikgadējām iemaksām kolektīva budžetā.

Biškopju aptaujas rezultātu analīze parādīja, ka piektā daļa respondentu izved bites ganībās, un viršu medus ir starp trim populārākajām monoflorā medus šķirnēm (34%, aiz griķu un rapša medus). Medus ražas pa gadiem ir atšķirīgas. Meža koki un meža augi ir nozīmīgs nektāra avots, līdz Jāņiem tās ir lazdas, kārkli, ievas, ozoli, kļavas, pienenes, krūklī, avenes, mellenes, dzērvenes, bet pēc Jāņiem - liepas, šaurlapu ugunspuķes, virši un biškrēsliņi. Kopumā secināts, ka meža ekosistēmas ir nozīmīgas biškopības nozarei.

3.2. Nekoksnes produktu apjoms un tā prognozēšana

Pamatojums

Kā jau rakstīts iepriekšējā nodaļā, nekoksnes produktu ieguves iespēju nodrošināšana ir nozīmīgs daudzvērtīgu mežsaimniecības aspekts. Plānošanas vajadzībām ir nepieciešama informācija gan par piedāvājuma, gan par pieprasījuma pusi. Piedāvājuma puse šajā kontekstā saistīta ar iespējām prognozēt meža nekoksnes produktu apjomus dažādās mežaudzēs un atkarībā no dažādiem meža apsaimniekošanas scenārijiem.

Pētījuma virziena **mērķis** bija noskaidrot dažādu meža nekoksnes produktu sastopamību un potenciālo ražu Latvijā, kā arī tās izmaiņas saimnieciskās darbības rezultātā. Šī mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Iegūt reprezentatīvu informāciju par meža nekoksnes produktu sastopamību un potenciālo ražu dažādos meža tipos Latvijā, izmantojot Meža statistiskās inventarizācijas datus;
2. Novērtēt ogu un sēņu bioloģisko ražu testa teritorijās;
3. Novērtēt meža ogu bioloģiskās ražas izmaiņas kopšanas ciršu ietekmē.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 4. etapa un 5. etapa pārskatos.

Metodika

Lai iegūtu reprezentatīvu informāciju par nekoksnes resursiem - ogulāju, dekoratīvo materiālu un nektāraugu sastopamību un potenciālo ražu dažādos meža tipos Latvijā, pastāvīgajos Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumos 2017., 2018. un 2019. gadā ierīkoti parauglaukumi nekoksnes resursu datu ieguvei.

MSI parauglaukuma C uzskaites laukumā (ja vien tas netiek dalīts sektoros), ierīkots viens 9 m² liels kvadrātveida (3x3m) uzskaites laukums. Triju gadu laikā pavisam kopā 4217 MSI parauglaukumos novērtēti sekojošu sugu projektīvais segums: brūklenes (*Vaccinium vitis-idaea*), mellenes



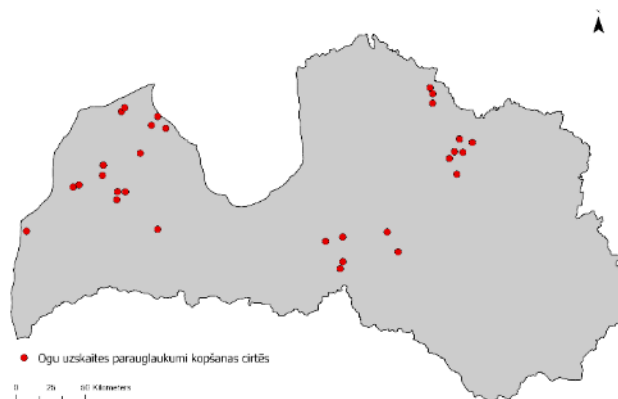
Attēls 40. Testa teritoriju un krājas kopšanas ciršu parauglaukumi dažādos meža grupās ogulāju novērtēšanai

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

Ogu bioloģiskās ražas ilglaicīgai novērtēšanai ierīkoti 100 pastāvīgie parauglaukumi testa teritorijās Ugālē un Zalvītē, kā arī 219 parauglaukumi 33 krājas kopšanas ciršu objektos. Parauglaukumi ierīkoti dažādos meža tipos, gan auglīgajos meža tipos, kur nereti sīkrūmi nav sastopami, gan tādos, kur to projektīvais segums kopsummā sastāda gandrīz 100 %.

Sēņu raža 2017., 2018. un 2019. gadā vērtēta 98 pastāvīgos parauglaukumos testa teritorijās Ugālē un Zalvītē, katrā parauglaukumā (12.62 m rādiusā ap centru), rūpīgi to apsekojot, ievākti visu sēņu augļķermeņi sekojošām

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

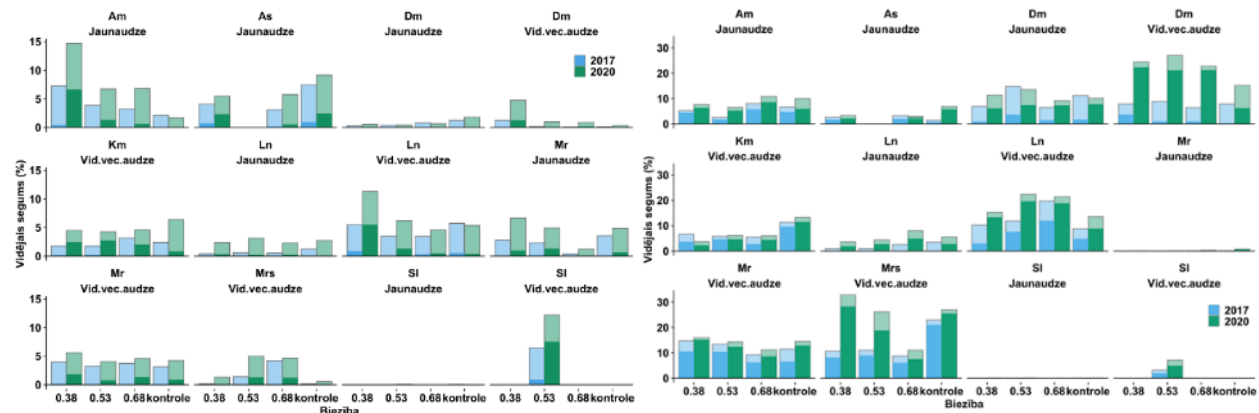


Attēls 41. Ogu bioloģiskās ražas novērtēšanas objekti krājas kopšanas ciršu laukumos

Rezultāti

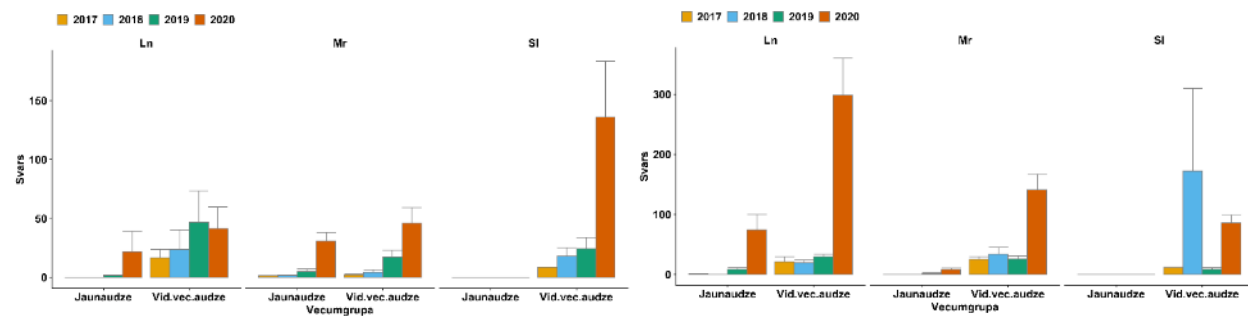
Visbiežāk sastopamie ogulāji MSI uzskaites laukumos ir mellenāji – tie sastopami 38% laukumu, brūklenāji 36%, bet meža avenes sastopamas 12% laukumu. Brūkleņu un melleņu sastopamība lielā mērā saistīta ar sugas ekoloģiju. Brūklenes biežāk sastopamas nabadzīgākos augšanas apstākļos, bet mellenes - auglīgākos. Pašreiz pieejamie dati par potenciālo brūkleņu sastopamību dažādos meža tipos no 2017. līdz 2019. gada sezonai apstiprina saistību – Sl, Mr, Mrs, Av, vērojama vislielākā sastopamība (>80%) kā arī projektīvais segums. Lielākajai daļai ogulāju visos meža tipos, kur ogulājiem seguma vērtība ir lielāka, pastāv lielāka iespējamība, ka ogulāji ziedēs un būs raža. No rezultātiem var secināt, ja seguma procentuālās vērtības ir zemas, tad ogulājiem visticamāk nebūs ziedu/ogu.

Salīdzinot projektīvā seguma izmaiņas četru gadu laikā (no 2017. līdz 2020.gadam) kopšanas ciršu parauglaukumos, konstatēts, ka gan ogulāju, gan produktīvo ogulāju projektīvā seguma vērtības pēc kopšanas cirtes ir palielinājušās (Attēls 42).



Attēls 42. Brūklenes (pa kreisi) un mellenes (pa labi) vidējais projektīvais segums un produktīvo mētru īpatsvars krājas kopšanas ciršu laukumos pirms (2017. gads) un pēc kopšanas (2020. gads)

Ogu potenciālā raža brūklenēm un mellenēm starp gadiem variē, nepastāvot vienotai tendencei dažādos meža tipos, vecumgrupās, bet, ja ogu potenciālā raža 2018. un 2019. gadā vairumā meža tipos bija samazinājusies, salīdzinot ar parauglaukumu ierīkošanas gadu, tad 2020. gadā ogu apjoms, kas novērtēts katrā no meža tipa grupām, palielinājies. Sausieņu meža tipos brūklenēm lielākā potenciālā ogu raža vērojama 2020. gadā, bet mellenēm vērojami atšķirīgas tendences katrā no meža tipiēm, bet augstākās potenciālā ogu ražas vērtība konstatētas 2018. un 2020. gadā (Attēls 43)



Attēls 43. Brūklenes (pa kreisi) un mellenes (pa labi) potenciālā ogu raža $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ sausieņu meža tipos dažādās vecumgrupās kopšanas ciršu laukumos

Lielākā potenciālā brūkleņu raža pie 100% ogulāju seguma novērota 2020. gada Zalvītes testa teritorijā briestaudzes Mr - $652.5\pm 153.9 \text{ kg ha}^{-1}$, bet mellenēm maksimālā potenciālā raža novērota 2017. gadā vidēja vecuma Nd – $1114.7 \text{ kg ha}^{-1}$, bet 2020. gadā – Dms biestaudzē - 708 kg ha^{-1} .

3.3. Galvenās atziņas

- Visos meža tipos, kur ogulājiem seguma procentuālās vērtības ir lielas, pastāv lielāka varbūtība, ka ogulāji ziedēs un būs ogas.

- Mežsaimnieciskās darbības ietekmes vērtēšanai uz ogulāju sastopamību un projektīvā seguma izmaiņām ierīkotajos krājas kopšanas ciršu laukumos ar BACI tipa eksperimenta dizainu (*Before-After-Control-Impact*), ka neatkarīgi no kalendārā gada, kad ierīkots parauglaukums, trīs, divus un pat vienu gadu pēc ciršanas novērotas statistiski būtiskas pozitīvas izmaiņas brūkļu segumā. Visticamāk, būtiskākas izmaiņas krājas kopšanas ciršu parauglaukumos tiks novērotas turpmākajās veģetācijas sezonās.
- Pašreiz salīdzinot datus par potenciālo brūkļu un melleņu ogu ražu pie 100 % ogulāju seguma (kg ha^{-1}) dažādos meža tipos, vērojama pat desmit reizes liela atšķirība. Šādas atšķirības viena tipa ietvaros vērojamas arī starp dažādām veģetācijas sezonām, norādot – lai iegūtu reprezentatīvus rezultātus par potenciālo ražu katrā no meža tipiemi, nepieciešams gan pietiekami liels paraugkopas apjoms, gan ilglaicīga ražas novērtēšana.
- Ogu potenciālās ražas vērtības būtiski ietekmē reģionālās klimata atšķirības, uz ko norāda atšķirīgās ražas tendences Ziemeļrietumu un Vidzemes modeļteritorijās. .
- Ierīkoto parauglaukumu skaits ir pietiekams, lai varētu raksturot sabiedriski nozīmīgāko (melleņu, brūkļu, dzērveņu un avenju) ogulāju sastopamību un projektīvo segumu plašāk izplatītajos meža tipos un atbilstoši arī situācijai valstī kopumā, bet retāk pārstāvētos meža tipos – SI, Gs, Grs, Lk, Av, Kv – būtu nepieciešams ierīkot papildus parauglaukumus ogulāju projektīvā seguma novērtēšanai.
- Ēdamo sēņu (gailēņu, baravīku, beku, bērslapju un pienaiņu) uzskaites rezultāti divās testa teritorijās no 2017. līdz 2019. gadam liecina par ļoti lielām ražas svārstībām pa gadiem. Indikatīvi lielākās sēņu ražas ir fikētas vidēji auglīgos sausieņu mežos, taču pašreizējie rezultāti liecina par ļoti lielu sēņu ražas variāciju gan pa meža tipiemi, gan pa gadiem atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Datu apjoms pašlaik nav pietiekams prognožu vienādojumu sastādīšanai, turklāt pētījuma gaitā tika konstatēts, ka Latvijas apstākļos sēņu uzskaitē piemērotāki būs lineāri maršruti. Datu rindas par sēņu ražām plānots papildināt turpmākajos gados, ievācot pietiekamu apjomu materiāla prognozēšanas vienādojumu sastādīšanai.
- Pētījuma ietvaros ir izstrādāti jauni vienādojumi ogulāju projektīvā seguma aprēķināšanai atkarībā no meža tipa, valdošās koku sugas, audzes biežības un vecuma grupas. Šie vienādojumi kopā ar ogu ražas prognožu modeļiem ir izmantojami resursu apjoma prognozēšanai stratēģiskā līmenī LVM. Indikatīvi tie izmantojami atsevišķu LVM reģionu līmenī, kā arī kvartāla apgabala līmenī. Savukārt atsevišķa nogabala līmenī resursu novērtējums, ja tāds ir vajadzīgs, veicams, apsekojot konkrētos nogabalus, vai novērtējumu veicot reizē ar meža atkārtotu meža inventarizāciju.

4. Mežsaimniecības un meža estētisko un rekreācijas pakalpojumu mijiedarbība

4.1. Meža rekreācijas preferences Latvijā un meža piemērotība atpūtai

Pamatojums

Atpūtas iespējas ir viens no nozīmīgākajiem meža ekosistēmu nodrošinātajiem kultūras pakalpojumiem. Pieaugošās urbanizācijas tendences un ieguvumi veselībai, ko nodrošina aktīvs dzīvesveids, rada stabilu pieprasījumu pēc atpūtas iespējām dabā. Šim meža ekosistēmu pakalpojumam ir visai plašs spektrs, sākot no vienkāršas pastaigas līdz dažādiem aktīvās atpūtas veidiem, piemēram, skriešanai, slēpošanai, kalnu riteņbraukšanai u.c. Latvijā nozīmīgs atpūtas veids mežā ir sēņošana un ogošana, kā arī medības.

Līdzīgi kā nekoksnes produktu ieguves gadījumā, lai varētu plānot atbilstošus apsaimniekošanas pasākumus, ir nepieciešama informācija gan par piedāvājuma, gan par pieprasījuma aspektiem, respektīvi, ir jāzina, gan ar kādiem atpūtas veidiem cilvēki labprātāk nodarbojas, gan kādas teritorijas atpūtai ir piemērotākās. Rekreācijai nozīmīgu platību apsaimniekošanas aspektā nozīmīga ir arī teritorijas noturība pret rekreācijas slodzēm.

Pētījuma virziena **mērķi** bija Latvijas sabiedrības rekreācijas preferenču izpēte meža ekosistēmās un praktiski pielietojamas metodes izstrādāšana, lai veiktu meža piemērotības rekreācijai novērtējumu. Šī mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Noskaidrot, kādiem rekreācijas veidiem dabā un mežā sabiedrība dod priekšroku dažādos gadalaikos;
2. Izstrādāt metodi meža piemērotības rekreācijai novērtēšanai (tajā skaitā teritorijas noturību pret rekreācijas slodzēm).

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 3. etapa, 4. etapa un 5. etapa pārskatos.

Metodika

Lai noskaidrotu, kādas ir Latvijas iedzīvotāju rekreācijas preferences meža ekosistēmās dažādos gadalaikos, 2017. gada jūnijā, septembrī un decembrī, kā arī 2018. gada martā tika veikta reprezentatīva aptauja (aptauju veica pētījumu centrs SKDS). Jautājumu bloki bija sekojoši: Cik bieži apmeklē mežu darba dienās, nedēļas nogalēs un atvaļinājuma/ brīvlaika laikā? Cik ilgi uzturas mežā? Cik tālu no pastāvīgās dzīves vietas dodas uz mežu? Kā nokļūst līdz mežam? Kā pavada brīvo laiku mežā (ko dara)? Kādā sabiedrībā atpūšas mežā? Vai apmeklē meža teritorijas, kur par rekreāciju jāmaksā? Cik daudz tiek maksāts par apmeklējumu? Kādas ir vēlamā meža ainava atpūtai? Kāds ir vēlamais labiekārtojuma līmenis? Vai piekrīt, ka tiek maksāta kompensācija meža īpašniekiem? Pavisam kopā tika aptaujāti 1043 respondenti.

Lai arī Latvijā meži aizņem 52% no Latvijas teritorijas, tomēr ir arī citas antropogēni relatīvi mazizmainītas teritorijas – purvi, ezeri, upes u.c.. Tādēļ, lai noskaidrotu Latvijas iedzīvotāju atpūtas paradumus ne vien mežā, bet brīvā dabā kopumā, 2019. g. tika veikta vēl viena socioloģiskā aptauja (to veica TNS-KANTAR). Lai arī lielākā daļa Latvijas mežu, pļavu un virsāju ir cilvēku veidoti, atpūta brīvā dabā šī pētījuma kontekstā attiecas uz brīvā laika aktivitātēm, kas notiek ārpus mājas un tās tiešas apkārtnes (dārza vai pagalma) - mežos, pļavās, purvu teritorijās, pie un uz ūdeņiem. Šīs aktivitātes ietver pastaigas un citus veidus, kā pavadīt brīvo laiku, uzturoties dabā un vācot dabas produktus. Jautājumi tika uzdoti sekojošās kategorijās: atpūtas biežums un ilgums, brīvā dabā veiktās aktivitātes, dažāda veida dabas teritoriju nozīmīgums un piemērotība rekreācijai, motivācija doties brīvā dabā, motivācija iegūt meža veltes, to veidi un finansiālais nozīmīgums.

Meža noturības pret rekreācijas slodzēm raksturošanai par pamatu izmantota metodika, kas balstīta uz I. Emša izstrādāto klasifikāciju. Mežaudžu noturību pret rekreācijas slodzēm raksturo meža tips, audzes valdošā suga, vecums, reljefa apstākļi. Objektu noturību novērtē atbilstoši meža valsts reģistra datiem (vai inventarizācijas datiem) un modificētiem norādījumiem detalizētai inventarizācijai zaļo zonu meža parkos Meža nogabala rekreatīvās vērtības nozīmīguma novērtējums balstīts uz E. Riepiņas izstrādāto metodiku Lietuvai, kas pielāgota Latvijas apstākļiem un pieejamo datu struktūrai.

Rezultāti

Atbildes par atpūtu brīvā dabā kopumā liecina, ka lielākā daļa cilvēku brīvā dabā atpūšas 1-2 reizes nedēļā, un nozīmīgākās teritorijas atpūtai ir upes un ezeri, ka arī meži upju un ezeru krastos, kam seko jūra un pludmale, kā arī pilsētu un piepilsētu meži. Nozīmīgākās atpūtas aktivitātes dabā ir pastaigas, peldēšanās un sēņošana. Par nozīmīgākajām teritorijām tiek uzskatītas dabiskas teritorijas ar ceļiem.

Tabula 4. Dažādu biotopu nozīmīgums atpūtai dabā

Biotops	Nozīmīgums					Nozīmīguma kods
	Noteikti nav	Drīzāk nav	Drīzāk ir	Noteikti ir	Nav atbildes	
Upes, ezeri	3.3	6.7	25.9	56.9	7.2	1.361
Meži upju, ezeru krastos	3.5	8.6	32.0	48.6	7.3	1.224
Jūra	7.2	11.1	23.2	51.2	7.4	1.077
Pludmale	7.8	11.7	26.6	46.6	7.4	0.994
Pilsētu un piepilsētu meži	10.9	17.8	31.6	32.2	7.5	0.606
Meži īpaši aizsargājamās dabas teritorijās	13.9	19.0	28.6	30.3	8.2	0.457
Pļavas (zālāji)	14.0	21.6	30.7	26.4	7.3	0.364
Smiltāji	21.3	29.3	24.6	16.4	8.4	-0.156
Saimnieciskie meži	24.1	27.9	22.4	15.8	9.7	-0.237
Viršāji	25.4	28.6	21.5	11.5	13.0	-0.376
Purvi	33.6	25.4	21.6	12.3	7.2	-0.501
Krūmāji	31.9	37.4	15.1	7.9	7.8	-0.756

Mežu atpūtas nolūkā darba dienās atkarībā no sezonas apmeklē 35-53% respondentu. Visvairāk iedzīvotāju mežu apmeklē vasarā. Nedēļas nogalēs vasarā kaut vienu reizi mežā ir bijuši 69% respondentu, bet vidēji Latvijas iedzīvotājs mežu apmeklē 7 reizes sezonā. Mežā gan darba dienās, gan nedēļas nogalēs iedzīvotāji vidēji uzturas 1.5 līdz 2 stundas. Atpūsties uz mežu darba dienās iedzīvotāji dodas vidēji līdz 9km attālumā no pastāvīgās dzīves vietas, bet ~50% no atpūtniekiem dodas ne tālāk par 2km. Nedēļas nogalēs tālāk, 15 km attālumā no pastāvīgās dzīves vietas, bet 50% dodas ne tālāk par 5 km. Atvaļinājuma/brīvlaika laikā iedzīvotāji atpūsties uz mežu vidēji dodas tālāk par 21 km, bet ~50% no atpūtniekiem ne tālāk par 5km. Nedēļas nogalēs un atvaļinājuma laikā iedzīvotāji uz mežu visbiežāk dodas ar automašīnu - 40-50% gadījumu, savukārt darba dienās - kājām (37-67%), tajā pašā laikā otrs populārākais pārvietošanās veids ir ar automašīnu – 26-43%.

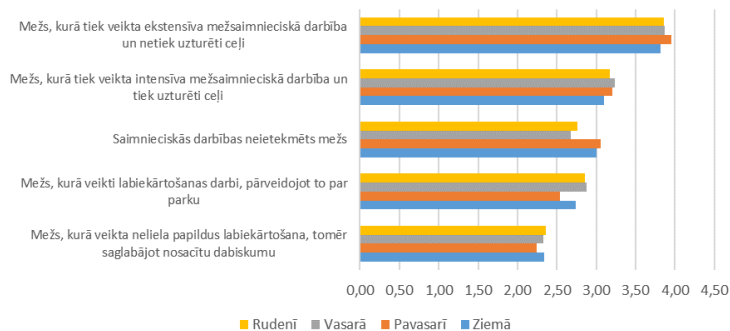
Ziemā, pavasarī un rudenī galvenā atpūtas aktivitāte mežā ir pastaigas, savukārt vasarā tā ir sēņošana un ogošana (40-50%). Neatkarīgi no sezonas un nedēļas dienas iedzīvotāji mežā parasti atpūšas kopā ar citiem ģimenes locekļiem.

Rezultāti liecina, ka par piemērotāko atpūtas vajadzībām tiek uzskatīts mežs, kurā veikta neliela papildus labiekārtošana, tomēr saglabājot nosacītu dabiskumu. Otra piemērotākā alternatīva ir mežs, kurā veikti labiekārtošanas darbi, pārveidojot to par parku, bet trešā piemērotākā - saimnieciskās darbības neietekmēts mežs. Savukārt



Attēls 44. Atpūtai dabā nozīmīgas teritorijas ir meži ūdensobjektu krastos

pēdējās vietas piemērotības ziņā ieņem mežs, kurā tiek veikta intensīva mežsaimnieciskā darbība un tiek uzturēti ceļi, un mežs, kurā tiek veikta ekstensīva mežsaimnieciskā darbība un netiek uzturēti ceļi. Izvērtējot vietas piemērotību respondentu atpūtas vēlmēm, kā vispiemērotākais visās sezonās novērtēts mežs, kuru veido skrajās (caurredzamas) audzes. Savukārt par visnepiemērotāko atpūtai tiek uzskatīts mežs, kuru veido biezas (necaurredzamas) audzes. Savukārt mežs, kurā mijas skrajās audzes ar biežām audzēm tiek uzskatītas par tikpat piemērotu kā tāds mežs, kurā mežaudzes mijas ar izcirtumiem, saņemot relatīvi līdzīgu vērtējumu.



Attēls 45. Meža piemērotība atpūtai atkarībā no apsaimniekošanas veida

- Atbilstoši noturībai pret rekreācijas slodzēm meža zemes iedalās sekojoši:
- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. noturības klase (visnenoturīgākās) | Sl, Pv un purvi, smiltāji, virsāji; |
| 2. noturības klase | Gs, Nd, Db, Kv, Km; |
| 3. noturības klase | Mrs, Lk, Dms, Ks, Kp, Av, Am; |
| 4. noturības klase | Mr, Ln, Vrs, Grs, As, Ap; |
| 5. noturības klase (visnoturīgākās) | Dm, Vr, Gr. |

Noturības klase tiek koriģēta ar papildfaktoriem, kas atkarīgi no kokaudzes vecuma (jo vecāka audze, jo lielāka noturība), valdošās sugas un reljefa. Sīkāks metodes izklāsts atrodams pētījumu programmas ceturtā un piektā perioda pārskatā.

Pētījuma gaitā tika izstrādāts vienādojums meža rekreācijas vērtības aprēķināšanai katram meža nogabalam:

$$V_R = (V_S * k_W * k_S + V_A) * k_P * k_d, \text{ kur:}$$

- V_S - mežaudzes rekreatīvā vērtība;
- k_W – koeficients, kas atkarīgs no ūdens baseina tuvuma;
- k_S – koeficients, kas atkarīgs no pilsētu tuvuma;
- V_A - papildus vērtība, kas atkarīga no objekta pievilcības;
- k_P – koeficients, kas atkarīgs no vides piesārņojuma;
- k_d – koeficients, kas atkarīgs no pielūžņojuma.

Mežaudzes rekreatīvā vērtība pamatā ir atkarīga no meža tipa, valdošās koku sugas un audzes vecuma grupas. Koeficientu vērtības un sīkāks metodes izklāsts atrodams pētījumu programmas ceturtā un piektā perioda pārskatā.

4.2. Meža ainavas vizuālās kvalitātes preferences un meža vizuālā kvalitāte

Pamatojums

Lai arī meža vizuālā kvalitāte ir tieši saistīta ar meža izmantošanu rekreācijai, tomēr virknē gadījumu meži, kas netiek apmeklēti rekreācijas nolūkos, ir eksponēti lielākam vai mazākam iedzīvotāju skaitam, veidojot to dzīves vidi (apkaimi), vai arī kalpojot par vidi, kurā notiek pārvietošanās. Būtiski atgādināt, ka ainavas vizuālās kvalitātes novērtēšana ir tikai viens no aspektiem, kas tiek ņemts vērā ainavas plānošanā. Latvijā 2013. gadā tika izstrādātas Ainavu politikas pamatnostādnes (APP) – dokuments, kas ir balstīts uz Eiropas ainavu konvenciju. Prioritārie uzdevumi Latvijas ainavu ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai APP īstenošanas laikā tika definēti kā ainavu politikas integrēšana visu līmeņu teritorijas attīstības plānošanā, akcentējot ainavu plānošanu. Ministru kabineta Nr. 240 Vispārīgajos teritorijas plānošanas, izmantošanas un apbūves noteikumos (30.04.2013) ir izvērsti punkti par Ainavu aizsardzību un plānošanu. ainavu plāns ir plānošanas dokuments, kas ietver ainavu novērtējumu, kā arī ainavu dizaina plāna izstrādi. Ainavu plānos norāda potenciālo konflikta situāciju vietas, kā arī teritorijas, kurās nepieciešams veikt padziļinātu izpēti un izstrādāt detalizētākus vides atveseļošanas vai ainavu reģenerācijas plānus. Ainavu plānos ietver arī rekomendācijas ainaviski vērtīgo teritoriju attīstībai. Ainavu plānā nosaka:

- ģipāši vērtīgās ainavu telpas;
- galvenās vērtības;
- ainavu struktūras raksturīgos elementus;
- publiski pieejamus skatupunktus un perspektīvas;
- ainaviskos ceļus;
- objektus ar kultūrvēsturisko vērtību un citu nozīmīgu informāciju;
- ainavas vai tās vienību kvalitātes mērķus;
- ainavas kopšanas un uzturēšanas pasākumus, kas nepieciešami ainavas vai tās vienību kvalitātes mērķu sasniegšanai.

Tas nozīmē, ka LVM, plānojot savu saimniecisko darbību, attiecīgi jāņem vērā teritorijas attīstības plānos izveidotie tematiskie ainavu plāni, vai arī aktīvi jā piedalās šādu plānu izstrādē, pārstāvot savas intereses.

Pētījuma virziena **mērķis** bija izpētīt, kādas meža ainavas Latvijas iedzīvotājiem šķiet vizuāli pievilcīgākās un izstrādāt praktiski pielietojamu metodi meža vizuālās pievilcības novērtēšanai. Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Noskaidrot Latvijas iedzīvotāju vizuālās kvalitātes preferences saistībā ar meža ainavām, tajā skaitā apsaimniekošanas veidiem;
2. Izstrādāt meža ainavu vizuālās kvalitātes novērtēšanas metodi un ieteikumus tās pielietošanai plānošanā.

Sīkāks izklāsts atrodams pētījumu programmas 1. etapa, 2. etapa, 4. etapa un 5. etapa pārskatos.

Metodika

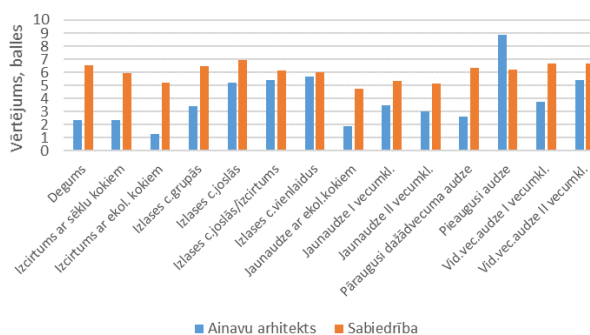
Meža ainavas vizuāli estētiskās kvalitātes novērtējums no ainavu arhitekta viedokļa dots 45 meža ainavām/skatiem (krāsu fotogrāfijas digitālā formātā). Sabiedrības vērtējuma iegūšanai šīs pašas fotogrāfijas tika izplatītas tiešsaistes aptaujā vietnē www.visidati.lv, lūdzot respondentus katrai no tām piešķirt vizuālās kvalitātes vērtējumu skalā no 0 līdz 10. Lai nodrošinātu reprezentativitāti, tika izmantots visidati.lv pakalpojums, kas piedāvā lietotāja sagatavotas aptaujas izplatīšanu reprezentatīvai paraugkopai. Aptaujas veikšanas laiks – no 2017.gada 20.decembra līdz 2018.gada 5.janvārim. Respondentu skaits – 400.

Otra metode meža ainavas vizuālās kvalitātes novērtēšanai izstrādāta, izmantojot socioloģiska pētījuma rezultātus, kura ietvaros respondenti veica vizuāli atšķirīgu meža nogabalu vizuālās kvalitātes novērtējumu. Pavisam kopā tika izmantoti 45 dažādi mežsaimnieciskās darbības vai traucējumu ietekmētu mežu attēli, un katram respondentam parādīti 9 pāri attēlu (katrs pāris apm. 200 cilvēkiem), lūdzot novērtēt sekojošā skalā: “patīk labāk”, “drīzāk patīk labāk”, “līdzīgi”. Nākamajā pētījuma fāzē šie attēli tika parādīti arī dažādu specialitāšu LLU studentiem (vides saimniecība, ūdens saimniecība, ainavu arhitektūra, mežsaimniecība un mežinženieri), kas attēlos redzamo mežu novērtēja pēc divām dažādām metodēm – 1) salīdzinājumā pārus, 2) individuālus attēlus, nosakot katra attēla vērtējumu no 1 (ļoti neglīts), līdz 10 (ļoti skaists), katrai ballei dodot vārdisku novērtējumu (Donis, Straupe, nepublicēti dati). Rezultātā katram attēlos redzamajam mežam tika piešķirts vidējais „vizuālās pievilcības rādītājs”. Pēc tam katrs attēls tika aprakstīts atbilstoši tajā redzamās mežaudzes taksācijas rādītājiem: valdošā suga, attīstības stadija (izcirtums, kāršaudze, vidēja vecuma audze, pieaugusi audze, pāraugusi audze), I stāva vidējā augstums, koku izvietojums (vienmērīgs vai grupās) un ainavas tips.

Rezultāti

Rekreācijas preferenču rezultāti iezīmēja visai nozīmīgas atšķirības starp ainavu arhitekta un sabiedrības sniegto meža ainavu/skatu vizuālās kvalitātes vērtējumu. Ainavu arhitekta vērtējums ir ievērojami zemāks, vidējā vērtība – 4.4 ± 0.06 balles (sabiedrības vērtējumam – 6.1 ± 0.02 balles).

Salīdzinot pēc koku sugām, visaugstāko vērtējumu ainavu arhitekta skatījumā ieguvušas mistraudzes, mistrojuma tipi: bērzs-priede, egle-bērzs un melnalksnis-apse-bērzs. Sabiedrībai vizuāli vispievilcīgākās ir šķītušas priežu-egļu-bērzu, egļu-bērzu un melnalkšņu-apšu-bērzu mistraudzes. Par vizuāli visnepievilcīgākajām ainavu arhitekts uzskatījis priežu-bērzu audzes un, pretēji sabiedrības viedoklim – arī priežu-egļu-bērzu mistraudzi un bērzu-egļu audzi. Sabiedrībai vizuāli visnepievilcīgākās savukārt šķītušas egļu-priežu, priežu-bērzu audzes, kā arī bērzu tīraudzes. Salīdzinot dažādus meža ainavu/skatu veidus, secināts, ka sabiedrībai vizuāli vispievilcīgākā šķītusi audze, kur veikta izlases cirte joslās, kā arī vidēja vecuma audzes. Īpatnēji, ka augsts novērtējums piešķirts arī degumam.



Attēls 46. Mežaudžu ainavu/skatu vizuālās kvalitātes vērtējums atkarībā no mežaudzes veida

Ainavu arhitekts savukārt par vizuāli vispievilcīgāko atzinis pieaugušu audzi, kā arī audzes, kur veiktas dažādu veidu izlases cirtes. Par vizuāli visnepievilcīgāko ainavu arhitekts atzinis izcirtumu un jaunaudzi ar ekoloģiskajiem kokiem, kas sabiedrības aptaujā izpelnījušies vidēji augstu novērtējumu, kaut arī salīdzinoši ar pārējiem mežaudžu veidiem – viszemāko. Atšķirības starp profesionāļu viedokli un parasta meža apmeklētāja viedokli ir zinātniskajā literatūrā diezgan plaši aprakstīts fenomens, jo eksperti ainavas biofizikālās īpašības pārveido formālos dizaina parametros, piemēram, forma, līnija, daudzveidība utt., bet vienkāršs apmeklētājs ainavas īpašības vērtē, pamatojoties uz sajūtām un emocijām.

Otrās vizuālās kvalitātes metodes izstrādes gaitā meža ainavas tipi tika sadalīti trijās kategorijās: 1) atklāta ainava (redzamība <100 m), pusatklāta ainava (redzamība > 100 m) un atklāta ainava jeb klaja platība ar atsevišķiem kokiem bez skatu aizsedzošas paaugas vai pameža. Atklātas ainavas sīkāk dalās ainavās ar horizontālu slēgumu (vienstāvu audzes bez skatu aizsedzošas paaugas vai pameža) un ainavās ar vertikālu slēgumu (audzes ar otro stāvu, paaugu, pamežu), savukārt pusatklātas ainavas – ainavās ar retinātu slēgumu (tāpat vienstāvu audzes bez skatu aizsedzošas paaugas vai pameža) un ainavās ar grupveida slēgumu (audzes ar otro stāvu, paaugu, pamežu grupās). Iegūtie rezultāti, pēc tam tika aproksimēti, izmantojot lineāro regresijas metodi, kvalitatīvajiem rādītājiem piešķirot fiktīvo mainīgo vērtības. Citi rādītāji, kas ietekmē meža ainavas vizuālo kvalitāti, ir valdošā koku suga, audzes vecumgrupa un pielūžņojums.

Automātiskai nogabala vizuālā pievilcības novērtēšanai ieteikta sekojoša sakarība:

$V_{\text{vizuāli}} = a_0 + a_1(\text{Vald. suga}) + a_2(\text{Vecumgrupa}) + a_3(\text{ainavas tips}) + a_4(\text{pielūžņojums})$, kur

a_0 – konstante (+4.80);
 a_1 - ja $K10 > 5$ & $S10 = P$, (+0.15); ja $K10 > 5$ & $S10 = E$, tad (-0.24); ja $K10 > 5$ & $S10 = \text{lapu koki}$; tad (0); citādi (-0.20);
 a_2 - ja izcirtums, tad (0); ja jaunaudze ($h > 1\text{m}$), tad (+1.16); ja vid. vecuma, tad (+1.66); citādi (+1.82);
 a_3 - ainavas tips: aizklāta ar horizontālu slēgumu (+0.40); ainava aizklāta ar vertikālu slēgumu (+0.06); ainava pusatklāta ar retinātu slēgumu (+0.85); ainava pusatklāta ar grupveida slēgumu (+0.72).

Vizuālo pievilcību izsaka ballēs.

Novērtējums ballēs	Kods	Novērtējums vārdiski
7.5<=	5	ļoti pievilcīgs;
7.1-7.5	4	pievilcīgs;
6.1-7	3	drīzāk, ka pievilcīgs;
5.1-6	2	drīzāk, ka nav pievilcīgs;
<=5	1	nav pievilcīgs.

Koeficientu vērtības un sīkāks metodes izklāsts atrodams pētījumu programmas ceturrtā un piektā perioda pārskatā.

4.3. Galvenās atziņas

- Vērtējot vienas un tās pašas meža ainavas/skatus fotogrāfijās, ainavu arhitekta profesionālais viedoklis atšķiras no aptaujā iegūtā sabiedrības vērtējuma. Ainavu arhitekta vērtējums lielākajai daļai dominējošo koku sugu mežaudžu un gandrīz visiem mežaudžu veidiem ir ievērojami zemāks nekā

sabiedrības aptaujā piešķirtais vērtējums. Precīzākus rezultātus par sabiedrības vizuālajām preferencēm būtu iespējams iegūt, organizējot fokusgrupu aptauju uz vietas dabā.

- Pēc viena no veiktajiem pētījumiem, mistrotas audzes tiek vērtētas augstāk nekā tīraudzes. Pievilcīgas šķiet mežaudzes, kur veiktas vienkāršas izlases cirtes, bet visnepievilcīgākās meža ainavas ir izcirtumi un jaunaudzes ar ekoloģiskajiem kokiem. Taču otrā pētījumā būtiski rādītāji izrādījās valdošā suga, vecums un ainavas tips, kā arī pielūzņojums. Tādēļ teritorijās ar lielu apmeklētāju plūsmu, kur izteikti būtiska nozīme ir rekreācijai, būtu ieteicams koksnes iegūvi plānot, izmantojot nekailciršu metodes un izvairoties no pielūzņojuma saglabāšanas.
- Izstrādāti vienādojumi, kas izmantojami mežaudžu/ mežsaimnieciskās darbības vizuālās kvalitātes novērtēšanai atsevišķa nogabala līmenī. Šī informācija būtu izmantojama stratēģiskā līmeņa plānošanā. Tomēr visos plānošanas līmeņos būtu jāņem vērā teritorijas attīstības plānos noteiktās:
 - īpaši vērtīgās ainavu telpas;
 - galvenās vērtības;
 - ainavu struktūras raksturīgie elementi;
 - publiski pieejami skatupunkti un perspektīvas;
 - ainaviskie ceļi;
 - objekti ar kultūrvēsturisko vērtību un citu nozīmīgu informāciju;
 - ainavas vai tās vienību kvalitātes mērķi.

Ainaviski īpaši vērtīgās teritorijās, plānojot mežsaimniecisko darbību, izmantojami ainavu dizaina principi.