



PĀRSKATS  
PAR PĒTĪJUMA 2023. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **MEŽA MĒSLOŠANAS IETEKMES MONITORINGS**

LĪGUMA NR. 5-5.5.1\_001j\_101\_23\_55

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS VADĪTĀJS: Andis Lazdiņš, LVMI Silava vadošais pētnieks

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

Salaspils, 2023

## ANOTĀCIJA

Pētījuma pirmajā etapā (līdz 2023. gada 30. decembrim) īstenoti pētnieciskie uzdevumi šādās aktivitātēs:

1. **Mēslojuma ilgtermiņa ietekmes uz vidi monitorings** – atjaunoti gruntsūdeņu novērojumu objekti 16 audzēs, kur gruntsūdens īpašību monitorings veikts pētījumu programmas “Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma” ietvaros 2016.-2020. gados. Gruntsūdeņu novērojumu objekti atjaunoti 16 objektos, kur slāpekļa un koksnes pelnu mēslojums ienests 2015.-2017. gados, tajā skaitā kontroles un mēslotajos objektos, kur izmantots slāpekļa mēslojums, koksnes pelni un slāpekļa un koksnes pelnu mēslojums. 2023. gadā ievāktas septembra, oktobra un novembra paraugu sērijas.
2. **Ietekmes uz klimata pārmaiņām novērtējums** – augsnes heterotrofās elpošanas parauglaurumi ierīkoti 8 audzēs un izcirtumos kūdreņos, kur izklīdēti koksnes pelni. Arī šajos objektos 2023. gada oktobrī uzsākts gruntsūdeņu īpašību monitorings. Katrā objektā aprīkoti 2 parauglaurumi gāzu apmaiņas monitoringam, tajā skaitā 1 parauglaurums kontroles un 1 parauglaurums mēslotajās platībās (kopā 16 parauglaurumi). Katrā parauglaurumā ierīkoti 5 heterotrofās elpošanas mērīšanas punkti un 5 gāzu apmaiņas paraugu ievākšanas punkti (kopā 80 heterotrofās elpošanas un 80 gāzu apmaiņas mērīšanas punkti). Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada ziemā.
3. **Attālinātas izpētes algoritmu pilnveidošana mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai** – veikta visu 2013.-2017. gadā ierīkoto meža mēslošanas parauglaurumu apsekošana, klasificēšana, atzīmējot izcirtumus, stipri mizgraužu vai vēja bojātās platības un veselīgas audzes. Atjaunots parauglaurumu centra marķējums. Izstrādāta metodika 2018. gadā izveidoto attālinātas izpētes risinājumu pilnveidošanai mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai.

Pētījums īstenots Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” (LVMI Silava) un AS “Latvijas valsts meži” (LVM) 2021. gada 13. septembra sadarbības līguma ietvaros un saskaņā ar LVMI Silava un LVM līgumu Nr. 5-5.5.1\_001j\_101\_23\_55 par pētījumu programmas “Meža mēslošanas ietekmes monitorings” īstenošanu.

## SUMMARY

During the implementation of the first stage of the project (till December 30, 2023), the following tasks were implemented:

1. **Monitoring of the long-term impact of fertilizer on the environment** – groundwater observation facilities were renewed in 16 stands, where the chemical composition was monitored between 2016 and 2020. Groundwater observation facilities have been restored in 16 facilities where nitrogen and wood ash fertilizers were brought in in 2015-2017. Years, including control and fertilized objects, where nitrogen fertilizer, wood ash and nitrogen and wood ash fertilizer were used.
2. **Climate change impact assessment.** Sample plots of soil heterotrophic respiration and GHG fluxes were established in eight stands and salvage logging sites in peatlands, where wood ash was spread, monitoring of groundwater properties was started in October 2023. Each object is equipped with two plots for gas exchange monitoring, including one control plot and one plot in fertilized areas (16 plots in total). At each facility, five heterotrophic respiration measurement points and 5 GHG exchange sampling points were installed (total of 80 heterotrophic respiration and 80 gas exchange measurement points). We will start gas exchange measurements in the spring of 2024.
3. **Improvement of remote sensing algorithms for assessing the need and effect of fertilizers** – in 2013-2017 Surveying and classification of the forest fertilization plots established in the plot centre marks has been renewed. The methodology for updating I remote sensing solution for assessing the need and effect of fertilizers elaborated in 2018 was updated.

The research is being implemented within the scope of the collaboration agreement from September 13, 2021 between the Latvian State Forest Research Institute “Silava” (LSFRI Silava) and Joint stock company “Latvia’s state forests” (LVM) and according to the agreement between LSFRI Silava and LVM No. 5-5.5.1\_001j\_101\_23\_55 on implementation of the research program “Monitoring of effect of forest fertilization”.

## SATURS

<b>1. Mēslojuma ilgtermiņa ietekmes uz vidi monitorings .....</b>	<b>10</b>
1.1. Ietekmes uz gruntsūdeņu kvalitāti novērtēšana .....	10
1.2. Uzdevumi 2024. gadā .....	13
<b>2. Ietekmes uz klimata pārmaiņām novērtējums .....</b>	<b>14</b>
2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas novērtējums kūdras augsnēs .....	14
2.2. Uzdevumi 2024. gadā .....	17
<b>3. Attālinātas izpētes algoritmu pilnveidošana mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai....</b>	<b>18</b>
3.1. Attālinātas izpētes algoritmu pilnveidošana mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai .....	18
3.2. Uzdevumi 2024. gadā .....	22
<b>4. Papildus 2023. gadā veiktie darbi.....</b>	<b>23</b>

## Attēli

Attēls 2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas parauglaukuma ierīkošana, izzāgējot joslu sakņu augšanu ierobežojošas membrānas ievietošanai .....	15
Attēls 2.2. Gredzeni un gruntsūdens līmeņa noteikšanas aka gāzu apmaiņas paraugu ievākšanas vietā .....	16
Attēls 2.3. Augsnes heterotrofās elpošanas noteikšanas apgabals izpētes objektā.....	16
Attēls 2.4. Uzstādītās laipas izpētes objektu sasniegšanai .....	17
Attēls 3.1. Parauglaukumu, individuālu koku un NDVI kartes piemērs. N norāda uz mēslojuma pielietošanu, bet K – kontroles parauglaukumu.....	19

## Tabulas

Tab. 1.1 Atjaunoto gruntsūdens novērojumu objektu saraksts.....	11
Tab. 1.2. Ūdens analīžu noteikšanas metodes un aprīkojums .....	12
Tab. 2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas novērojumiem izvēlētie izpētes objekti.....	14
Tab. 3.1. Pārskata sagatavošanas brīdī apsekoto nogabalu saraksts.....	20
Tabula 4.1. 2023. gadā uzmērītās mežaudzes .....	23

## LIETOTO APZĪMĒJUMU SARAKSTS

LiDAR – atrašana un attāluma noteikšana ar gaismu (*Light Detection and Ranging*);

LLI – lapu laukuma indekss;

NIR – tuvais infrasarkanais spektrs (*Near infrared*);

NDVI – normalizētais veģetācijas indekss (*Normalized Difference Vegetation Index*);

NDRE – normalizētais sarkanās malas indekss (*Normalized Difference Red-edge Index*);

NGRDI – normalizētais zaļās un sarkanās gaismas indekss (*Normalized Green-Red Difference Index*);

MCARI – modificētais hlorofila absorbcijas indekss (*Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index*);

EVI – uzlabotais veģetācijas indekss (*Enhanced vegetation index*);

PSRI – augu novecošanās indekss (*Plant Senescence Reflectance Index*);

Clred-Edge – hlorofila sarkanās malas indekss (*Chloropyll Red-Edge*);

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

CO<sub>2</sub> – oglekļa dioksīds;

CH<sub>4</sub> – metāns;

N<sub>2</sub>O – dislāpekļa oksīds;

CO<sub>2</sub> ekv. – siltumnīcefekta gāzes izteiktas oglekļa dioksīda ekvivalentos;

ZIZIMM – zemes izmantošana, zemes izmantošanas maiņa un mežsaimniecība;

FTIR DRIFTS – difūzi reflektīvā Furjē transformācijas infrasarkanā spektroskopija (*Diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy*).

## IEVADS

Meža mēslošana ir viens no efektīvākajiem risinājumiem CO<sub>2</sub> piesaistes un mežaudžu vitalitātes palielināšanai, kas var nodrošināt īpaši lielu krājas pieauguma palielinājumu boreālās un hemi-boreālās klimatiskās joslas mežos. Meža mēslošanas būtiska priekšrocība, salīdzinot ar citiem koku augšanas apstākļu uzlabošanas paņēmieniem, ir strauja iedarbība – tūlīt pēc mēslošanas krājas papildpieaugums sasniedz maksimumu (Saarsalmi & Mälkönen, 2001).

Meža mēslošana var sniegt būtisku ieguldījumu Valsts klimata mērķu sasniegšanā 2030. gadā un līdz 2050. gadam (vismaz 50% no nepieciešamā SEG emisiju samazinājuma 2030. gadā, paredzot mēslojuma ienesi pēc kopšanas cirtēm visās II-V bonitātes audzēs sausieņos un āreņos). Tāpēc minerālmēslojuma un koksnes pelnu izmantošana mežā iekļauta 2023. gadā izstrādes stadijā esošajā (izstrādā Klimata un enerģētikas ministrija sadarbībā ar Zemkopības ministriju) Latvijas informatīvajā ziņojumā par zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektora (ZIZIMM) virzību uz klimatneitralitāti kā darbības, kas īstenojamas īstermiņa (līdz 2030. gadam) un ilgtermiņa (līdz 2050. gadam) mērķu sasniegšanai. Līdz 2050. gadam ZIZIMM sektoram jānodrošina SEG emisiju samazinājums par vidēji 7 milj. tonnu CO<sub>2</sub> ekv. gadā, kas ietver SEG emisiju samazinājumu pašā ZIZIMM sektorā, lauksaimniecības sektora radīto emisiju aizstāšanu un līdz 10% no pašreizējām pārējo tautsaimniecības sektoru radītajām SEG emisijām. Meža mēslošana, tajā skaitā ar koksnes pelniem, veicot to visās audzēs, kurās notiek saimnieciskā darbība, var samazināt SEG emisijas par līdz pat 5 milj. tonnām CO<sub>2</sub> ekv. gadā, kas atbilst 70% no Latvijai noteiktajiem SEG emisiju samazināšanas mērķiem, protams, ja vienlaicīgi šajās platībās ir nodrošināta savlaicīga kopšana, atjaunošana, meliorācijas sistēmu uzturēšana un nesamazinās koksnes izmantošanas efektivitāte (Kārklīņa et al., 2021). Dabas atjaunošanas regulas prasību ieviešana (saimnieciskās darbības pārtraukšana 10% mežaudžu, tajā skaitā platībās, kur šobrīd ir aizliegta saimnieciskā darbība, un būtiska ierobežošana vēl 20% mežaudžu) var samazināt meža mēslošanai pieejamās platības, taču galvenais rādītājs, kas raksturo meža mēslošanas potenciālu, ir kopšanas ciršu platība, attiecīgi, saimniecisko mežu kopplatības samazināšanās var neietekmēt mēslošanai pieejamo platību.

Neskatoties uz zināšanu bāzi, kas kopš pagājušā gadsimta 60-jiem gadiem veidota gan Latvijā, gan citās Baltijas un Ziemeļvalstīs par mēslojuma pielietošanu mežsaimniecībā, atsevišķās jomās zināšanas vēl arvien pietrūkst. Tas saistīts ar meža apsaimniekošanas prioritāšu maiņu, ar stingrākām prasībām mežsaimnieciskās darbības ietekmes uz vidi mazināšanā, kā arī ar jaunām iespējām, ko nodrošina mūsdienu tehnoloģiju vielu veidošanā. Bezpilota lidaparātu un satelīttehnoloģiju pielietošana ļauj identificēt tās audzes pielietošana meža apsaimniekošanas plānošanā. Piemēram, mēslojuma ietekme uz siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijām jānovērtē ar nacionālā līmenī verificētām metodēm un mēslojuma efekta uzskaitē jānodrošina telpisko vienību (nogabalu vai statistiski reprezentatīvu monitoringa punktu) līmenī. Bet, lai samazinātu iespējamo kaitējumu videi, it īpaši, pielietojot mēslojumu mežā atkārtoti, nepieciešami ilgtermiņa novērojumi par mēslojuma ietekmi uz ūdens kvalitāti un zemesdzīves veģetāciju, tajā skaitā pēc galvenās cirtes, kad barības vielu atbrīvošanos, sadaloties organiskajām vielām, nekompensē to patēriņš jaunu organisko, kur mēslojums ir nepieciešams, kā arī monitorēt mēslojuma ietekmi uz kokaudzi, papildinot ar tradicionālajām metodēm (augšnes un lapotnes analīzes) iegūstamo informāciju. Sanitārajās cirtēs izstrādātajās platībās var novērtēt to, vai mēslotajās platībās nepieaug barības vielu izskalošanās vai lielākas SEG emisijas no augšnes. Saimniecisko ieguvumu prognozēšanai un atkārtotas mēslojuma izmantošanas plānošanai nepieciešami dati par krājas papildpieauguma veidošanās dinamiku. Kopšanas ciršu plānošanai nepieciešamas rekomendācijas starpcirtē saglabājamo koku šķērslaukumam, kas vienlaicīgi nepalielinātu dabisko traucējumu risku un nodrošinātu pietiekoši lielu augšanas telpu mērķa kokiem.

Pētījuma īstenošana notiek saskaņā ar AS "Latvijas valsts meži" definētiem pētnieciskajiem uzdevumiem. Pētījumā izmantoti 2013.-2017. gadā ierīkotie izpētes objekti, kuros izmantots slāpekļa minerālmēslojums, koksnes pelni un kombinēts slāpekļa un koksnes pelnu mēslojums. Visos izpētes objektos 2023. gadā atjaunots marķējums, 16 objektos uzstādīti lizimetri augsnes ūdens paraugu ievākšanai, lai raksturotu mēslojuma ilgtermiņa ietekmi uz noteces ūdeņu kvalitāti, un 8 objektos kūdreņos, kur izmantoti koksnes pelni, ierīkoti augsnes heterotrofās elpošanas mērīšanas un gāzu paraugu ievākšanas parauglaukumi, lai novērtētu koksnes pelnu izmantošanas, krājas papildpieauguma, augsnes oglekļa aprites un SEG emisiju no augsnes sakarības. Pārējās monitoringa programmas, atbilstoši pētījuma laika grafikam, uzsāksim 2024. un 2025. gadā, tajā skaitā veiksīm atkārtotu zemsedzes veģetācijas raksturošanu, lai noskaidrotu to, kā mēslojums ietekmējis zemsedzes augu sugu sastāvu un projektīvo segumu, kā arī novērtētu iespējamus riskus; noteiksīm kokaudzes taksācijas rādītājus ietekmes uz meža veselību un koku augšanas gaitu raksturošanai; ievāksīm pieauguma urbuma skaidas un veiksīm radiālā pieauguma analīzi krājas papildpieauguma veidošanās dinamikas un ietekmējošo faktoru analīzei un novērtēsim meža mēslošanas ietekmi uz zemsedzes biomasu augsnes oglekļa aprites vienādojumu pilnveidošanai.

Pētījuma rezultātā iegūsim datu kopu kompleksai meža mēslošanas ietekmes uz vidi un sagaidāmā saimnieciskā efekta raksturošanai. Pētījuma rezultāti ļaus pilnveidot izpratni par meža mēslošanas ilgtermiņa ietekmi uz vidi, skaidrojot mēslojuma un audzes attīstības procesu sakarības laika posmā starp kopšanas cirtēm, pirms galvenās cirtes un pēc mežizstrādes (platībās, kas nozāģētas sanitārajā cirtē). Pētījumā veiksīm ietekmes uz augsnes oglekļa apriti un SEG emisijām novērojumus, pielietojot iepriekš Latvijā verificētas paraugu ievākšanas un analīžu metodes (Jauhainen et al., 2023), kas padarīs iegūtos rezultātus salīdzināmus ar citiem Latvijā un kaimiņvalstīs veiktu pētījumu rezultātiem un vienkāršos iegūto rezultātu integrēšanu nacionālajā SEG inventarizācijas sistēmā. Ar bezpilota lidaparātiem iegūstamo multispektrālo rasta datu analīze ļaus pilnveidot iepriekš izstrādātos algoritmus meža mēslojuma nepieciešamības prognozēšanai un efektivitātes novērtēšanai, izmantojot tehniskos risinājumus, kas nebija pieejami "Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programmas" īstenošanas laikā.

Egļu astonezību mizgrauža un vēja bojājumi, kas skāra atsevišķus iepriekš ierīkotos izpētes objektus, sniedz vērtīgu informāciju par mēslojuma ietekmi uz zemsedzes veģetāciju, SEG emisijām un augsnes ūdens īpašībām pēc galvenās cirtes, tāpēc nozāģētajos objektos turpināsim monitoringa programmā iekļauto parametru novērojumus. Iegūtos rezultātus izmantosīm oglekļa aprites un SEG emisiju aprēķinu vienādojumus, kā arī, raksturojot mēslojuma ietekmi uz zemsedzes veģetāciju atjaunotajās platībās, bet ilgtermiņā šos objektus izmantosīm meža atjaunošanas gaitas novērtēšanai. Plānotā novērojumu daudzuma nodrošināšanai vidēja vecuma un pieaugušās audzēs ierīkosīm papildu parauglaukumus izpētes objektos, kas nav cietuši no dabiskajiem traucējumiem, bet parauglaukumus izstrādātajās platībās izmantosīm mežizstrādes ietekmes uz vērtētajiem vides parametriem raksturošanai.

## PĒTNIECISKO UZDEVUMU IZPILDES STATUSS

Pētniecisko uzdevumu izpildes kopsavilkums dots tab. 1. Plašāka informācija par pētījuma izpildes gaitu dota turpmākajās nodaļās.

**Tab. 1. 2023. gada darba uzdevumu izpildes statuss**

Pētījumi, uzdevumi	Darbības, nodevumi	Izpildes termiņš	Statuss uz 30.12.2023
<b>1. Mēslojuma ilgtermiņa ietekmes uz vidi monitorings</b>			
1.1. Ietekmes uz gruntsūdeņu kvalitāti novērtēšana	<p><b>Darba uzdevums:</b> gruntsūdeņu novērojumu objektu atjaunošana platībās, kur slāpekļa un koksnes pelnu mēslojums ienests 2015.-2017. gados 16 audzēs, kur gruntsūdens ķīmiskā sastāva monitorings veikts līdz 2020. gadam, to ieskaitot, tajā skaitā kontroles un mēslotajos objektos, kur izmantots slāpekļa mēslojums, koksnes pelni un slāpekļa un koksnes pelnu mēslojums.</p> <p><b>Nodevums:</b> atjaunoti gruntsūdeņu novērojumu objekti 16 audzēs, kur ķīmiskā sastāva monitorings veikts līdz 2020. gadam (ieskaitot); starpziņojums par pētījumu progresu.</p>	01.12.2023	Atjaunoti gruntsūdeņu novērojumu objekti 16 audzēs, kur ķīmiskā sastāva monitorings veikts līdz 2020. gadam. Ūdens paraugu ievākšana ķīmiskajām analīzēm uzsākta 2023. gada 4. ceturksnī. 2023. gadā ievākti 192 ūdens paraugi (septembris, oktobris, novembris). Šobrīd turpinās paraugu analīzes laboratorijā.
<b>2. Ietekmes uz klimata pārmaiņām novērtējums</b>			
2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas novērojumi kūdras augsnēs	<p><b>Darba uzdevums:</b> augsnes heterotrofās elpošanas parauglaukumu ierīkošana 8 audzēs kūdreņos, kur izklīdēti koksnes pelni, turpinās zemsedzes veģetācijas un gruntsūdeņu īpašību monitorings. Katrā platībā aprīkojami 2 parauglaukumi gāzu apmaiņas monitoringam, tajā skaitā 1 parauglaukums kontroles un 1 parauglaukums mēslotajās platībās (kopā 16 parauglaukumi). Katrā parauglaukumā ierīkojami 5 heterotrofās elpošanas punkti un 5 gāzu apmaiņas mērījumu punkti ar neskartu veģetāciju, lai iegūtu CO<sub>2</sub> emisiju datus ziemas sezonā (kopā 80 heterotrofās elpošanas un 80 gāzu apmaiņas mērīšanas punkti). Gāzu apmaiņas mērījumus var uzsākt vismaz 6 mēnešus pēc heterotrofās elpošanas parauglaukumu ierīkošanas.</p> <p><b>Nodevums:</b> etapa ziņojums par pētījumu progresu.</p>	01.09.2023	Astoņās audzēs, tajā skaitā sanitāro ciršu izcirtumos, ierīkoti augsnes heterotrofās elpošanas mērījumu parauglaukumi, lai raksturotu koksnes pelnu ieneses ietekmi uz CO <sub>2</sub> un citu SEG emisijām no augsnes. Pētījumā izmantoti LIFE OrgBalt protokoli izpētes objektu ierīkošanai un gāzu mērījumiem. Gāzu mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī.
<b>3. Attālinātas izpētes algoritmu pilnveidošana mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai</b>			



Meža mēslošanas ietekmes monitorings

Pētījumi, uzdevumi	Darbības, nodevumi	Izpildes termiņš	Statuss uz 30.12.2023
3.1. Attālinātas izpētes algoritmu pilnveidošana mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai	<p><b>Darba nolūks:</b> metodikas izstrādāšana un datu ieguves plānojuma sagatavošana; parauglaukumu marķējumu atjaunošana.</p> <p><b>Nodevums:</b> etapa ziņojums par pētījumu progresu.</p>	01.12.2023	Pilnveidota metodika – prasības datu ieguvei ar bezpilota lidaparātu. Etapa pārskata sagatavošanas brīdī atjaunoti apzīmējumi un novērtēts stāvoklis visos iepriekš ierīkotajos parauglaukumos.

# 1. MĒSLOJUMA ILGTERMIŅA IETEKMES UZ VIDI MONITORINGS

## 1.1. Ietekmes uz gruntsūdeņu kvalitāti novērtēšana

Saskaņā ar darba uzdevumu (tab. 1.) pētījuma ietvaros 2023. gadā atjaunoti gruntsūdens novērojumu objekti 16 audzēs (parauglaukumu piemēri doti att. 1.1. un 1.2.), kur ķīmiskā sastāva monitorings veikts līdz 2020. gadam (to ieskaitot). Att. 1.1. un 1.2. norādīts objekta identifikators (Kv. apg.- Kv.- nog.), kā arī papildus informācija, piemēram, lizimetru esamība, konstatētie kokaudzes bojājumi un cita informācija. Atkarībā no pielietotā mēslojuma veida, uz att. 1.1. un 1.2. redzamajiem centra mietiņiem uzkrāsots atšķirīgs marķējums – viena, divas vai trīs striņas (attiecīgi: (1) pelni; (2) pelni/slāpekļi; (3) slāpekļi). Kontroles parauglaukumi apzīmēti ar oranžu krāsu bez striņām. Lizimetri ievietoti tajās pašās vietās, kur tie atradās iepriekšējā periodā, ja vien teritorijā nav vērojami būtiski augsnes vai veģetācijas bojājumi. Tādos gadījumos ūdeņu monitoringa parauglaukumi tiktu pārvietoti uz līdzīgu platību vismaz 5 m no bojājuma vietas, taču līdz šim ūdeņu monitoringa objektu pārvietošana nav bijusi nepieciešama.

Katrā novērojumu punktā 2023. gada aprīlī uzstādīti trīs 60 cm dziļumā un trīs 30 cm dziļumā ierakti vakuuma lizimetri. Pētījuma uzsākšanas etapā lizimetri 2 reizes skaloti ar destilētu ūdeni un atkārtoti iztukšoti pēc katras skalošanas. Vienu mēnesi pirms paraugu ievākšanas (augusts) lizimetri izsūkņēti ar vakuumsūkni. Ūdens paraugu ievākšana uzsākta 2023. gada septembrī un ievāktas 3 paraugu sērijas (192 paraugi). Novembrī veikta lizimetru skalošana un ieziemošana.



Attēls 1.1. 2023. gada augustā veiktā lizimetru un parauglaukumu marķējuma atjaunošana vietā, kur iepriekš īstenota slāpekļa ienese



**Attēls 1.2. 2023. gada augustā veiktā lizimetru un parauglaukumu marķējuma atjaunošana vienā no kontroles parauglaukumiem**

Visu atjaunoto gruntsūdens novērojumu objektu saraksts un mežaudzes veselības stāvoklis parādīts tab. 1.1.

**Tab. 1.1 Atjaunoto gruntsūdens novērojumu objektu saraksts**

N.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	Objekta statuss	Paraugu ņemšanas parauglaukumi (PL) <sup>1</sup>
1.	11-18-5	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (K), 2 (N)
2.	11-187-16 (11-187-34)	Mizgrauža bojājumi visā nogabala platībā	1 (P/N), 2 (K)
3.	11-210-5	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (N), 2 (K)
4.	21-10-4	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (N), 2 (K)
5.	21-32-13	Nav nozīmīgu bojājumu	2 (K), 4 (P/N)
6.	21-49-14	Nav nozīmīgu bojājumu	2 (K), 3 (N)
7.	301-209-13	Nav nozīmīgu bojājumu	2 (P), 4 (K)
8.	301-221-17	Mizgrauža bojājumi pie 1 un 2 PL	1 (K), 2 (P)
9.	301-228-5	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (K), 2 (P)
10.	301-231-12	Mizgrauža bojājumi visā nogabala platībā	1 (P), 3 (K)
11.	508-230-34,35,36,37; 508-231-25,30	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (N), 6 (K)
12.	608-19-21	Nav nozīmīgu bojājumu	2 (P/N), 3 (K)

<sup>1</sup> Numurs parauglaukuma apzīmējumā ir parauglaukuma kārtas numurs objektā.

N.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	Objekta statuss	Paraugu ņemšanas parauglaukumi (PL) <sup>1</sup>
13.	608-29-4	Nav nozīmīgu bojājumu	3 (P/N), 5 (K)
14.	609-29-33	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (P/N), 4 (K)
15.	609-34-24	Nav nozīmīgu bojājumu	3 (K), 5 (P/N)
16.	405-421-3	Nav nozīmīgu bojājumu	1 (P), 6 (K)

Ūdens paraugu ievākšanu atsāksim 2024. gada martā, lai pētījuma īstenošanas gaitā iegūtu paraugu sērijas, kas raksturo ūdens īpašību izmaiņas divu veģetācijas sezonu laikā. Ūdens paraugiem laboratorijā noteiksim ūdens fizikāli-kīmiskās īpašības (pH, elektrovadītspēja, N, P, K, Ca, Mg, smago metālu saturs, izšķīdušais organiskais ogleklis). Pētījumā izmantojamās analīžu metodes parādītas tab. 1.2. 2023. gadā ievākto paraugu analīzes pabeigsim 2024. gadā un iekļausim 2024. gada etapa ziņojumā.

**Tab. 1.2. Ūdens analīžu noteikšanas metodes un aprīkojums**

Nosakāmais rādītājs	Testēšanas metodes		
	Nosaukums	Metodika	Analītiskais Instruments
Paraugu sagatavošana	Filtrēšana	Stikla šķiedras filtrs	-
pH <sup>2</sup>	pH noteikšana	LVS ISO 10523:2012	Adrona AM 1605
EVS	Elektrovadītspējas noteikšana	LVS EN 27888:1993	Jenway 470
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Amonija jonu noteikšana	LVS ISO 7150-1:1984	Shimadzu UV - 1900
Anjoni (F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , NO <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ; PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Anjonu noteikšana ar jonu hromatogrāfu	ISO 10304-1:2007	Thermo Scientific Dionex Integrion
TN, DOC	Kopējā slāpekļa un izšķīdušā organiskā oglekļa noteikšana (filtrēts paraugs)	LVS EN 12260:2004 LVS EN 1484:2000	Elementar Vario TOC Cube
HNO <sub>3</sub> ekstrahējamie K, Mg, Ca, Fe, Zn, Cr, Cd, Mn, Ni, P, Cu, Pb, Co, B, Al, S	Atsevišķu elementu noteikšana ar ICP – OES.	LVS EN ISO 11885:2007	Thermo Fisher Scientific iCAP 7200 Duo

2026. gadā veiksime iegūto datu analīzi un likumsakarību izpēti, raksturojot meža mēslošanas ietekmi uz gruntsūdeņu īpašībām, tajā skaitā platībās, kur veikta mežizstrāde.

<sup>2</sup> Akreditētas analīžu metodes.

## 1.2. Uzdevumi 2024. gadā

Uzdevuma “Ietekmes uz gruntsūdeņu kvalitāti novērtēšana” ietvaros 2024. gadā reizi mēnesī noņemsim un izanalizēsim ūdens paraugus, lai turpmākajos pētījuma etapos vērtētu mēslojuma ietekmi uz gruntsūdens kvalitāti 16 objektos, kuros iepriekš ierīkoti gruntsūdeņu kvalitātes novērojumu parauglaukumi.

Uzdevuma “Zemsedzes veģētācijas raksturošana” uzsāksim datu ievākšanu zemsedzes veģētācijas projektīvā seguma raksturošanai mēslotajos un kontroles parauglaukumos mēslotajās audzēs, kur 2013. un 2020. gados veikts veģētācijas raksturojums (kopā 39 objekti un 184 parauglaukumi), veicot augu sugu sastāva analīzi augu sugu funkcionālo grupu griezumā (sūnas un sfagni, zālaugi, papardes un citi daudzgadīgie augi), kā arī vērtējot atsevišķu indikatoru izplatību. 2024. gadā apsekosim 50% no kopējā parauglaukumu skaita.

Uzdevuma “Radiālā pieauguma urbuma skaidu iegūšana un radiālā pieauguma analīze” ietvaros turpināsim 2023. gadā uzsākto parauglaukumu uzmērīšanu un pieauguma urbuma skaidu paraugu ievākšanu (10 skaidas katrā parauglaukumā, no 3 valdaudzes garākajiem, 3 valdaudzes mazākajiem un 4 valdaudzes vidējiem kokiem, kuriem uzmērīts arī caurmērs un augstums), paredzot līdz 2025. gada beigām iegūt pieauguma urbumu skaidas visos parauglaukumos izpētes objektos, kur veikts zemsedzes veģētācijas raksturojums. t.i. kopā 184 parauglaukumi un vismaz 1840 urbumu skaidas. Urbuma skaidas ievāksim veģētācijas sezonas beigās (no septembra sākuma līdz novembra beigām), rietumu – austrumu virzienā, katrā paraugā nodrošinot vismaz 20 gadskārtas.

## 2. IETEKMES UZ KLIMATA PĀRMAIŅĀM NOVĒRTĒJUMS

### 2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas novērtējums kūdras augsnēs

Atbilstoši līguma pielikuma Nr. 1 apakšpunktam 2.2. (tab. 1.), pētījuma ietvaros apsekoti izpētes objekti, kuros izmantots koksnes pelnu mēslojums, un 8 objektos ierīkoti augsnes heterotrofās elpošanas un gāzu apmaiņas mērījumu parauglaukumi. Katrā no izraudzītajām platībām ierīkoti 2 gāzu apmaiņas mērīšanas parauglaukumi – viens mēslotajā un otrs kontroles platībā. Katrā parauglaukumā ierīkoti 5 punkti augsnes heterotrofās elpošanas mērījumiem un 5 punkti gaisa paraugu ievākšanai metāna (CH<sub>4</sub>) un dislāpekļa oksīda (N<sub>2</sub>O) analīzēm. Pētījumam izraudzīti parauglaukumi, kuros kūdras slāņa biezums ir vismaz 30 cm. Kopā augsnes heterotrofās elpošanas un SEG emisiju novērtēšanai ierīkoti 16 parauglaukumi 8 objektos, kas uzskaitīti tab. 2.1.

Tab. 2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas novērojumiem izvēlētie izpētes objekti

N.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	PL Nr., Kontrole	PL Nr., mēslojums	Plānotās darbības un rekomendācijas
1.	11-129-18 (11-129-28; 11-129-27)	2	1	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Papildus nosacījumi saimnieciskajai darbībai nav.
2.	11-187-16 (11-187-34)	2	1	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Nepieciešams plānot sanitāro cirti visā nogabala platībā, sadarbībā ar MPS speciālistiem. Gāzu apmaiņas mērījumus atsāksim uzreiz pēc mežizstrādes, ko vēlams veikt ziemā.
3.	301-209-13	3	1	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Papildus nosacījumi saimnieciskajai darbībai nav.
4.	301-231-12	3	1	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Gāzu apmaiņas mērījumus atsāksim tūlīt pēc mežizstrādes.
5.	405-421-3	6	5	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Papildus nosacījumi saimnieciskajai darbībai nav.
6.	608-44-8	2	1	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Papildus nosacījumi saimnieciskajai darbībai nav.
7.	609-18-1	2	1	Pašlaik nocirsta nogabala dienvidu daļa, kas skar arī 10. PL (K). Kalstošas egles ir pie 8. PL (K), 9. PL (P/N), kā arī audzes ziemeļu daļā, kur atrodas pārējie PL, t. sk. arī SEG mērījumu punkti. Rekomendējams plānot sanitāro cirti visā nogabala platībā, vai izvērtēt atsevišķu nogabala daļu izstrādi sadarbībā ar LVM speciālistiem. Gāzu apmaiņas mērījumus atsāksim uzreiz pēc mežizstrādes.
8.	012-203-1	2	1	Gāzu apmaiņas mērījumus uzsāksim 2024. gada I ceturksnī. Papildus nosacījumi saimnieciskajai darbībai nav.

Augsnes heterotrofās elpošanas mērījumus un gāzu paraugu ievākšanu uzsāksim 2024. gada I ceturksnī, vismaz 6 mēnešus pēc augsnes heterotrofās elpošanas mērīšanas parauglaukumu ierīkošanas. Platībās, ko nozāgēs sanitārajā cirtē, mērījumus atsāksim tūlīt pēc aprīkojuma atgriešanas vietā (mežizstrādes laikā no parauglaukumiem izņemsim kameru pamatnes gredzenus CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O mērījumu vietās un gruntsūdens līmeņa mērījumu akas, att. 2.2.). Gāzu (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) saturu analizēsime ar gāzu hromatogrāfu LVMI Silava Meža vides laboratorijā. Paraugus ievāksime ar slēgtu kameru metodi, izmantojot 60 L kameras ar pasīvu ventilāciju. Šādu lielu kameru izmantošana nodrošina to, ka nenotiek gaisa piesātinājums ar CO<sub>2</sub>, kā arī nenotiek piespiedu ventilācijas izraisīta pastiprināta gāzu difūzija no augsnes. Pētījumā izmantosime iepriekš Latvijā verificētas paraugu ievākšanas un analīžu metodes (Butlers et al., 2023). Augsnes heterotrofo elpošanu mērīsim trīs minūšu intervālā katrā punktā (kopā 5 mērījumu punkti katrā parauglaukumā). Augsnes heterotrofās elpošanas mērījumu vietās ir noņemta veģetācija un ierīkotas ģeotekstīliju barjeras, lai nenotiktu augu sakņu ieaugšana parauglaukumā (att. 2.1.). Mērījumu starplaikos heterotrofās elpošanas parauglaukums ir apsegts ar ūdenscaurlaidīgu gaišu ģeotekstīliju. Gāzu paraugu ievākšanas punktos veģetācija ir neskarta. Tas ir būtiski objektīvai CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisiju novērtēšanai. Gaisa paraugus SEG gāzu apmaiņas raksturošanai ievāksime ik pēc 10 min. 30 min. intervālā, attiecīgi, kopā 4 paraugus katrā mērījumu punktā un katrā mērījumu ciklā. Gāzu paraugu ievākšanu turpināsim visu gadu, ievācot paraugus vidēji reizi mēnesī (veģetācijas sezonas laikā reizi 3 nedēļās un ziemā reizi 7 nedēļās). Paralēli noteiksime gruntsūdens līmeni.



**Attēls 2.1. Augsnes heterotrofās elpošanas parauglaukuma ierīkošana, izzāģējot joslu sakņu augšanu ierobežojošas membrānas ievietošanai**

Izpētes objektu ierīkošanas laikā veikta fotofiksācija. Attēlos redzami attiecīgie gāzu apmaiņas mērījumu punkti no neskartas veģetācijas (att. 2.2.), kā arī augsnes heterotrofās elpošanas noteikšanas laukums (att. 2.3.). SEG apmaiņas novērtēšanai ievērojam nemainīgu secību, kas katrā izpētes objektā atzīmēta ar numurētiem, krāsotiem mietiņiem (atzīmējot ar kārtas skaitli no 1 līdz 10).



**Attēls 2.2. Gredzeni un gruntsūdens līmeņa noteikšanas aka gāzu apmaiņas paraugu ievākšanas vietā**



**Attēls 2.3. Augsnes heterotrofās elpošanas noteikšanas apgabals izpētes objektā**

Izpētes objektos uz laiku uzstādītas laipas platāko meliorācijas grāvju šķērsošanai SEG un gruntsūdens īpašību izmaiņu novērojumu objektos (att. 2.4.). Tas nodrošinās ērtāku piekļuvi gāzu apmaiņas paraugu ievākšanas punktiem un citu darbu veikšanai. Pēc projekta uzdevumu izpildes laipas demontēsīm.





Attēls 2.4. Uzstādītās laipas izpētes objektu sasniegšanai

## 2.2. Uzdevumi 2024. gadā

Uzdevuma “Augsnes elpošanas novērojums kūdras augsnēs” ietvaros 2024. gada I ceturksnī uzsāksim augsnēs heterotrofās elpošanas mērījumus un ievāksim gāzu paraugus koksnes pelnu ieneses ietekmes uz SEG emisijām raksturošanai. Astoņos objektos, 16 parauglaukumos un 160 punktos (80 heterotrofās elpošanas punkti un 80 gāzu paraugu ievākšanas punkti) ievāksim gāzu apmaiņas paraugus un raksturosim emisijas ietekmējošos vides parametrus (gaisa un augsnes temperatūra, mitruma saturs u.c.). Heterotrofo elpošanu mērīsim uz lauka ar EGM-5 iekārtu, bet ievāktos gāzu apmaiņas paraugu analīzes veiksime ar gāzu hromatogrāfu, nosakot CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O satura izmaiņas. Mērījumus un paraugu ievākšanu veiksime vidēji reizi mēnesī – veģetācijas sezonas laikā reizi 3 nedēļās un ziemā reizi 7 nedēļās. Datu analīzi veiksime pēc 24 paraugu sēriju ievākšanas.

2024. gada II ceturksnī uzdevuma “Meža mēslošanas ietekmes uz zemsedzes biomasu novērtējums” ievāksime zemsedzes biomasas paraugi 16 objektos, kur turpināsim ietekmes uz gruntsūdeņu kvalitāti vērtējums, un 2024. un 2025. gadā veiksime veģetācijas analīzi (kopā 79 parauglaukumi), t.sk. parauglaukumos, kuros veiksime gāzu apmaiņas monitoringu. Zemsedzes veģetācijas paraugus ievāksime atbilstoši augu sugu funkcionālajām grupām, kas pārstāvētas attiecīgajā parauglaukumā ar vismaz 10% projektīvā seguma, atsevišķi ievācot virszemes un pazemes biomasu, līdz 12 paraugi (atkarībā no augu sugu funkcionālo grupu pārstāvniecības) 3 atkārtojums no 25 x 25 cm laukuma katrā parauglaukumā (atsevišķi virszemes un pazemes biomasu). Paraugus ievāksime 2024. gada II ceturksņa beigās un III ceturksņa sākumā, kad viengadīgo augu oglekļa uzkrājums sasniedz maksimumu.

### 3. ATTĀLINĀTAS IZPĒTES ALGORITMU PILNVEIDOŠANA MĒSLOJUMA NEPIECIEŠAMĪBAS UN EFEKTA NOVĒRTĒŠANAI

#### 3.1. Attālinātas izpētes algoritmu pilnveidošana mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai

Salīdzinot ar 2023. gada septembrī iesniegto starpziņojumu, nodaļā veikti precizējumi metodikas aprakstā, kā arī pievienots 2024. gadā veicamo darbu apraksts.

Lāzerskenēšanas un multispektrālo rastra datu iegūšana plānota vienu reizi pētījuma īstenošanas laikā, vismaz piecus gadus pēc izmēģinājuma ierīkošanas, tajā skaitā lāzerskenēšanu plānojam veikt vienlaicīgi ar radiālā pieauguma paraugu ievākšanu un taksācijas rādītāju noteikšanu, izmantojot parauglaukumu metodi. Multispektrālo rastra datu iegūšanas laiks plānots atbilstoši rekomendācijām pētījumā vērtējamo veģetācijas un nodrošinājuma ar barības vielām indeksu izstrādāšanai. Atkārtota attālās izpētes datu iegūšana plānota gadījumos, kad iegūtajos attālās izpētes datos konstatēsim neizskaidrojamas anomālijas, kā arī tajos gadījumos, kad dažādos avotos atšķirsies rekomendācijas viena un tā paša indeksa aprēķināšanai nepieciešamo rastra datu iegūšanai vai dažādiem indeksiem rekomendēta datu ieguve dažādos fenoloģiskajos periodos. Katrā objektā plānots iegūt multispektrālos datus ne vairāk kā trīs reizes izpētes laikā. Atkārtoti mērījumi var būt nepieciešami anomālu datu pārbaudei, kā arī gadījumos kad dažādiem veģetācijas indeksiem rekomendēta datu ieguve dažādos fenoloģiskajos periodos, vai arī vienam indeksam dažādi autori (Jin & Eklundh, 2014; Jönsson et al., 2010; Yang et al., 2022) rekomendē atšķirīgus datu ieguves periodus.

Visās pētījumā iekļautajās audzēs, sākot ar 2024. gadu, veiksīm lidojumus, izmantojot DJI Phantom Multispectral kameru, lai iegūtu multispektrālos attēlus. Lāzerskenēšanu veiksīm, izmantojot DJI Matrice 300 dronu, kurš aprīkots ar Zenmuse L1 lāzerskeneri. Šajā pētījumā izpētes vajadzībām pielietosim datus ar blīvumu 140 punkti m<sup>-2</sup>. Pētījumā izmantosim individuālu koku identificēšanas un raksturošanas metodiku, kas publicēta rakstā “Evaluation of tree height and number of trees using LiDAR data” (Ivanovs & Lazdiņš, 2018). Multispektrālo datu pirmapstrādi veiksīm izmantojot Agisoft Metashape Pro programmu, bet lāzerskenēšanas datu pirmapstrādi – Global Mapper un CloudCompare programmās.

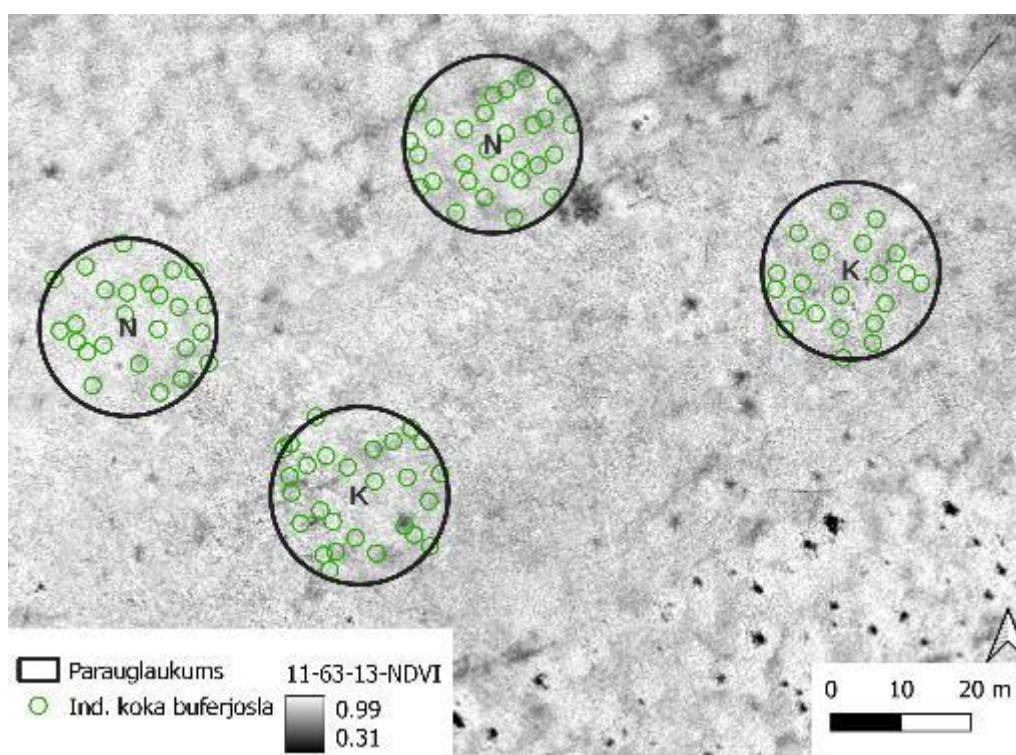
Analīzei izmantosim RGB, NIR un RedEdge spektra attēlus aprēķinot indeksus, kas iepriekšējos izpētes etapos uzrādīja ciešāko korelāciju ar krājas papildpieaugumu:

- $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ ;
- $EVI = 2,5 * ((NIR - Red) / (NIR + 6 * Red - 7,5 * Blue + 1))$ ;
- $NDRE = (NIR - Red\ Edge) / (NIR + Red\ Edge)$ ;
- $CI_{red-edge} = NIR / Red\ Edge - 1$ ;
- $MCARI = ((2,5 * (NIR - Red) - 1,3 * (NIR - Green)) * (NIR / Red)) - (1,5 * (NIR - Blue))$ ;
- $NGRDI = (Green - Red) / (Green + Red)$ ;
- $PSRI = (Red - Red\ Edge) / NIR$ .

Šos indeksus izmanto veģetācijas pētījumos (Deepak et al., 2020; Hagberg & Holmgren, 2008; Hardenbol et al., 2021), jo dažādas virsmas gaismu atstaro atšķirīgi, piemēram, veselīga veģetācija absorbē lielāko daļu no redzamās gaismas spektriem, bet daļu no infrasarkanā spektra

gaismas viļņiem tā atstaro. Savukārt veģetācija, kas ir neveselīga vai arī reta, atstaro vairumu no redzamās gaismas spektra viļņiem un absorbē infrasarkanā gaismu. Tāpat, arī dažādu sugu koku vainagi ar atšķirīgām īpašībām dažādos gadalaikos gaismas viļņus atstaro atšķirīgi. Šo īpašību izmanto, lai identificētu potenciāli novājinātas mežaudzes, kā arī mežaudžu veselības stāvokļa uzlabošanu, pieaugot atstarotās infrasarkanās gaismas un absorbētās redzamās gaismas īpatsvaram. Vairāku indeksu un vides parametru izmantošana analizē ļauj palielināt novērtējuma precizitāti un sniedz priekšstatu par iespējamajiem mežaudžu novājināšanās iemesliem, tajā skaitā barības vielu trūkumu.

Iegūtos rastra attēlus, kuri satur pētījuma audžu multispektrālo indeksu vērtības, analizēsīm gan parauglaukumu, gan arī to ietvaros esošu individuālu koku vidējo vērtību līmeni, izmantojot QGIS *Zonal statistics* rīku. Tālāko analīzi veiksīm, izmantojot šo parauglaukumu vidējās vērtības (att. 3.1.).



**Attēls 3.1. Parauglaukumu, individuālu koku un NDVI kartes piemērs. N norāda uz mēslojuma pielietojumu, bet K – kontroles parauglaukumu**

Pētījumā iegūsim lapu laukuma indeksa (LLI) vērtības un vērtēsīm multispektrālo indeksu saistību ar LLI atšķirībām mēslojuma nepieciešamības un iegūtā efekta novērtēšanai, lai ar attālinātās izpētes metodēm iegūtu datus par mežaudzēm, kur ieteicama mēslojuma pielietošana, kā arī novērtētu to, vai mēslojums ir devis sagaidāmo efektu. LLI šajā gadījumā izraudzīts kā rādītājs, kas visstraujāk reaģē uz augšanas apstākļu izmaiņām. Vienlaicīgi ar LLI visos parauglaukumos noteiksīm arī kokaudžu taksācijas rādītājus. Nepieciešamības gadījumā, ja dabisko traucējumu rezultātā samazināsies izpētes objektu skaits, palielināsim parauglaukumu skaitu līdz sākotnēji plānotajam, ierīkojot jaunus parauglaukumus tajās platībās, ko nebūs ietekmējuši dabiskie traucējumi.

LLI raksturo arī to, vai kokaudzē ir pietiekoši liela augšanas telpa, lai varētu palielināties fotosintezējošais lapu virsmas laukums un izpaustos mēslojuma efekts, tādēļ LLI izmaiņu

novērtējums palīdzēs izskaidrot situācijas, kad pēc mēslojuma ieneses neveidojas krājas papildpieaugums, vai krājas papildpieauguma veidošanās periods, saīsinās, ja to ierobežo nepietiekoša augšanas telpa.

Atbilstoši līguma pielikuma Nr. 1 apakšpunktam 3.1. (tab. 1.), līdz 1. decembrim apsekoti visi “Koku augšanas apstākļu pētījumu programmas 2016.-2021. gadam” pētījumā ierīkoti parauglaukumi. Apmeklējuma laikā atjaunots parauglaukuma centra marķējums, tajā skaitā izcirtumos centra mieti atjaunoti iespējami tuvu to sākotnējai atrašanās vietai. Visos parauglaukumos apkopota informācija par saimniecisko darbību novērojumu starplaikā (sanitārā cirtē, kopšanas cirtē, dabiskie traucējumi, atjaunošana). Nogabalu saraksts dots tab. 3.1.

**Tab. 3.1. Pārskata sagatavošanas brīdī apsekoto nogabalu saraksts**

Nr.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	Statuss
1.	11-106-8 (11-106-8;11-106-7)	Nav būtisku bojājumu
2.	11-125-10	Nav būtisku bojājumu
3.	11-125-5	Nav būtisku bojājumu
4.	11-129-18 (11-129-28;11-129-27)	Nav būtisku bojājumu
5.	11-134-8	Lokāli mizgrauža bojājumi, iespējams, ka audzi nozāgēs sanitārajā cirtē
6.	11-147-1 (11-147-11;11-147-10)	Kopumā nav būtisku bojājumu, bet 8. PL mizgrauža bojājumi
7.	11-174-6	Nozāgēts sanitārajā cirtē
8.	11-18-5	Nav būtisku bojājumu
9.	11-187-16 (11-187-34)	Būtiski mizgrauža bojājumi, audze jānozāgē sanitārajā cirtē
10.	11-210-5	Nav būtisku bojājumu
11.	11-224-17	Nav būtisku bojājumu
12.	11-232-22	Nav būtisku bojājumu
13.	11-279-18	Nav būtisku bojājumu
14.	11-59-17	Nav būtisku bojājumu
15.	11-61-13	Nav būtisku bojājumu
16.	11-64-3	Nav būtisku bojājumu
17.	12-196-7	Lokāli vējlauzes un vējgāzes bojājumi, kā arī mizgrauža bojājumi, iespējams, ka platība būs jānozāgē sanitārajā cirtē
35.	31-165-20	Būtiski vēja bojājumi, daudz lauztu, izgāztu un saliektu koku, iespējams, ka platība būs jānozāgē sanitārajā cirtē
36.	31-87-13	Nav būtisku bojājumu
37.	31-89-1 (31-89-1; 31-88-4)	Nav būtisku bojājumu
38.	31-89-25 (31-89-25; 31-90-27)	Nav būtisku bojājumu
39.	31-91-29	Kopumā nav būtisku bojājumu, tomēr 2. PL bojāts vējgāzē, atsevišķi mizgrauža bojājumi netālu no 4. PL, iespējams, ka platība būs jānozāgē sanitārajā cirtē
40.	405-421-3	Nav būtisku bojājumu

Meža mēslošanas ietekmes monitorings

Nr.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	Statuss
41.	409-537-4	Visā nogabalā daudz vēja izgāztu egļu, iespējams, ka platība būs jānozāģē sanitārajā cirtē
42.	409-537-8	Būtiski mizgrauža bojājumi audzes stūrī, kas neskar izpētes objektus, taču bojātā teritorija ir palielinājusies, un pastāv risks, kas bojājumi 2024. gadā var sasniegt izpētes objektus.
43.	503-481-11	Nav būtisku bojājumu
44.	506-30-32	Nav būtisku bojājumu
45.	508-196-14	Nav būtisku bojājumu
46.	508-230; 231-0 (508-230-34;35;36;37; 231-25;30)	Nav būtisku bojājumu
47.	11-127-10	Nav būtisku bojājumu
48.	31-30-12	Nav būtisku bojājumu
49.	503-300-12	Kopumā nav būtisku bojājumu, vietām konstatēti mizgrauža bojājumi
18.	12-208-16	Būtiski vēja bojājumi visā nogabalā, iespējams, ka platība būs jānozāģē sanitārajā cirtē
19.	12-209-10	Nav būtisku bojājumu, atsevišķi bojāti koki 1.-3. PL
20.	12-79-16	Nav būtisku bojājumu
21.	12-87-9	Nav būtisku bojājumu
22.	21-10-1 (21-10-12; 21-10-2)	Nav būtisku bojājumu
23.	21-10-4	Nav būtisku bojājumu
24.	21-32-13	Nav būtisku bojājumu
25.	21-34-2	Nav būtisku bojājumu
26.	21-34-4	Nav būtisku bojājumu
27.	21-4-25	Nav būtisku bojājumu
28.	21-49-14	Nav būtisku bojājumu
29.	21-53-7	Nav būtisku bojājumu
30.	21-60-7	Audze daļēji nozāģēta sanitārajā cirtē, skarot 1. PL, pārējā platība ir bez būtiskiem bojājumiem
31.	301-209-13	Nav būtisku bojājumu
32.	301-221-17	Lielākajā daļā parauglaukumu nav bojājumu, izņemot mizgrauža bojājumus 1. un 2. PL, iespējams, ka platība būs jānozāģē sanitārajā cirtē
33.	301-228-5	Nav būtisku bojājumu
34.	301-231-12	Daudz mizgrauža bojājumu visā nogabalā, iespējams, ka platība būs jānozāģē sanitārajā cirtē
50.	503-312-1	Nav būtisku bojājumu
51.	604-281-19 (604-281-30)	Nav būtisku bojājumu
52.	608-108-4	Nav būtisku bojājumu
53.	608-19-21	Nav būtisku bojājumu
54.	608-29-4	Nav būtisku bojājumu
55.	608-44-4	Nav būtisku bojājumu
56.	608-44-8	Nav būtisku bojājumu
57.	609-18-1	Vecās egles ar lokāliem mizgrauža bojājumiem (4., 5., 6., 7. PL), pie 8., 9., 10. PL mežaudze ir nozāģēta sanitārajā cirtē un no 10.

Nr.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	Statuss
		PL uz dienvidiem, atjaunota stādot egles uz pacilām, iespējams, ka platība būs jānozāģē sanitārajā cirtē, ja pagaidām nenozāģētās platības veselības stāvoklis turpinās pasliktināties
58.	609-29-33	Nav būtisku bojājumu
59.	609-30-27	Nav būtisku bojājumu
60.	609-34-24	Nav būtisku bojājumu
61.	905-359-1	Nav būtisku bojājumu
62.	24-11-4	Nav būtisku bojājumu
63.	24-22-12	Nav būtisku bojājumu
64.	Ķeipene, kad. Nr. 74560010053	Objektā ierīkoti 40 parauglaukumi dažādu mēslojuma veidu ietekmes un koku sugu reakcijas raksturošanai kokaugu stādījumos. Kopumā nav būtisku bojājumu, bet izkrituši atsevišķi koki dažās parcelēs.

### 3.2. Uzdevumi 2024. gadā

Uzdevumā “Pilnveidot attālinātas izpētes algoritmus mēslojuma nepieciešamības un efekta novērtēšanai” ar multispektrālu (RGB+NIR) kameru un ALS sensoru iegūsim empīriskus datus 2013.-2017. gadā ierīkotajos izpētes objektos (kopā 337 parauglaukumi, tajā skaitā no jauna ierīkoti parauglaukumi sanitārajās cirtēs nozāģēto parauglaukumu aizstāšanai) mēslojuma ietekmes analīzei un augšanas gaitas sakarības skaidrojošu vienādojumu izstrādāšanai.

## 4. PAPILDUS 2023. GADĀ VEIKTIE DARBI

Vairākās pētījumā iekļautajās audzēs 2023. gadā konstatēti egļu astoņzobu mizgrauža un vēja bojājumi, kas būtiski pasliktinājuši sanitāro stāvokli šajās audzēs. Atsevišķās audzēs jau veikta vai iepļānota sanitārā cirte, vai pastāv iespēja, ka sanitārā cirte būs nepieciešama 2024. gadā. Lai iegūtu datus par augšanas gaitu mežaudzēs ar būtiskiem bojājumiem (tab. 4.1.) pirms sanitārās cirtes, 2023. gada rudenī, noteicām taksācijas rādītājus iepriekš ierīkotajos parauglaukumos atbilstoši līguma 1. pielikuma 1.3. punktam (*Taksācijas rādītāju izmaiņu noteikšana izpētes objektos*) un 1.4. punktam (*Radiālā pieauguma urbuma skaidu iegūšana un radiālā pieauguma analīze*). Radiālā pieauguma urbuma paraugus turpināsim ievākt 2024. un 2025. gadā. Katrā no šīm audzēm uzmērīts arī lapu laukuma indekss (LLI).

Tabula 4.1. 2023. gadā uzmērītās mežaudzes

N.p.k.	Objekta identifikācija (Kv. apg.-Kv.-Nog.)	Audzēs statuss
1.	11-134-8	Lokāli mizgrauža bojājumi
2.	11-147-1	Atsevišķi mizgrauža bojātie koki, jo īpaši ap 8. parauglaukumu
3.	11-187-16	Būtiski mizgrauža bojājumi
4.	12-196-7	Lokālas vējlauzes un vējgāzes, kā arī mizgrauža bojājumi
5.	12-208-16	Būtiski vēja bojājumi visā nogabalā
6.	12-209-10	Atsevišķi bojāti koki 1.-3. parauglaukumā
7.	503-300-12	Kopumā nav būtisku bojājumu, vietām konstatēti mizgrauža bojājumi
8.	31-91-29	Kopumā nav būtisku bojājumu, tomēr 2. parauglaukums bojāts vējgāzē, atsevišķi mizgrauža bojājumi netālu no 4. parauglaukuma
9.	301-221-17	Lielākajā daļā audzes nav būtisku bojājumu, izņemot mizgrauža bojājumus 1. un 2. parauglaukuma apvidū
10.	301-231-12	Būtiski mizgrauža bojājumi visā platībā
11.	409-537-4	Visā nogabalā daudz vēja izgāztu egļu
12.	409-537-8	Būtiski mizgrauža bojājumi audzes stūrī
13.	609-18-1	Audzē palikušas egles ar lokāliem mizgrauža bojājumiem (4., 5., 6., 7. PL), pie 8., 9., 10. PL mežaudze ir nozāģēta sanitārajā cirtē

## LITERATŪRA

- 1) Butlers, A., Lazdiņš, A., Kalēja, S., Purviņa, D., Spalva, G., Saule, G., & Bārdule, A. (2023). CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O Emissions of Undrained and Drained Nutrient-Rich Organic Forest Soil. *Forests*, 14(7), 1390. <https://doi.org/10.3390/F14071390/S1>
- 2) Deepak, M., Keski-Saari, S., Fauch, L., Granlund, L., Oksanen, E., & Keinänen, M. (2020). Spectral Reflectance in Silver Birch Genotypes from Three Provenances in Finland. *Remote Sensing 2020, Vol. 12, Page 2677*, 12(17), 2677. <https://doi.org/10.3390/RS12172677>
- 3) Hagberg, L., & Holmgren, K. (2008). *The climate impact of future energy peat production*. <http://www3.ivl.se/rapporter/pdf/B1796.pdf>
- 4) Hardenbol, A. A., Kuzmin, A., Korhonen, L., Korpelainen, P., Kumpula, T., Maltamo, M., & Kouki, J. (2021). Detection of aspen in conifer-dominated boreal forests with seasonal multispectral drone image point clouds. *Silva Fennica*, 55(4). <https://doi.org/10.14214/SF.10515>
- 5) Ivanovs, J., & Lazdiņš, A. (2018). Evaluation of tree height and number of trees using LiDAR data. *Engineering for Rural Development*, 1390–1394. <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N153>
- 6) Jauhiainen, J., Heikkinen, J., Clarke, N., He, H., Dalsgaard, L., Minkkinen, K., Ojanen, P., Vesterdal, L., Alm, J., Butlers, A., Callesen, I., Jordan, S., Lohila, A., Mander, Ü., Óskarsson, H., Sigurdsson, B. D., Søgaard, G., Soosaar, K., Kasimir, Å., ... Laiho, R. (2023). Reviews and syntheses: Greenhouse gas emissions from drained organic forest soils – synthesizing data for site-specific emission factors for boreal and cool temperate regions. *Biogeosciences*, 20(23), 4819–4839. <https://doi.org/10.5194/BG-20-4819-2023>
- 7) Jin, H., & Eklundh, L. (2014). A physically based vegetation index for improved monitoring of plant phenology. *Remote Sensing of Environment*, 152, 512–525. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2014.07.010>
- 8) Jönsson, A. M., Eklundh, L., Hellström, M., Barring, L., & Jönsson, P. (2010). Annual changes in MODIS vegetation indices of Swedish coniferous forests in relation to snow dynamics and tree phenology. *Remote Sensing of Environment*, 114(11), 2719–2730. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2010.06.005>
- 9) Kārklīņa, I., Petaja, G., Lazdiņa, D., Lazdiņš, A., Kēniņa, L., Matisons, R., & Jansons, Ā. (2021). Dažādu slāpekli saturošu augsnes ielabošanas līdzekļu devu saimnieciskā efekta un ietekmes uz vidi izpēti skujkoku un bērza jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs, paredzot atkārtotu augsnes ielabošanas līdzekļu ienešanu. LVMI Silava.
- 10) Saarsalmi, A., & Mälkönen, E. (2001). Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(6), 514–535. <https://doi.org/10.1080/02827580152699358>
- 11) Yang, Y., Chen, R., Yin, G., Wang, C., Liu, G., Verger, A., Descals, A., Filella, I., & Penuelas, J. (2022). Divergent Performances of Vegetation Indices in Extracting Photosynthetic Phenology for Northern Deciduous Broadleaf Forests. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2022.3182405>