



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMU PROGRAMMAS
MEŽA DARBU MECHANIZĀCIJAS UN MEŽA BOKURINĀMĀ
PĒTĪJUMU PROGRAMMA
2020. GADA REZULTĀTIEM

Līguma Nr. 5-5.9_003v_101_16_47

Ziņojuma Nr. 2020_02.3

Ziņojuma veids Etapa pārskats

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

SALASPILS 2020

KOPSAVILKUMS

Pētījumu programmas ietvaros 2020. gadā turpināti pētījumi par meža darbu mehanizācija platībās ar mazu grunts nestspēju, tajā skaitā veikti risu veidošanās mērierīču izmēģinājumi ražošanas apstākļos un novērtētas ģeoradara izmantošanas iespējas mežizstrādes un pievešanas apstākļu raksturošanai.

Turpinot pētījumus par mazās un nestandarta mežizstrādes tehnikas pielietošanu kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā, sagatavots literatūras apskats par harvesteru darba galvas papildmehānisma (Mense RT7) sīkkoku un krūmu griešanai izmantošanas lietderīgumu. Pētījumā secināts, ka šai iekārtai ir vairāki būtiski trūkumi, kas ierobežo tās pielietošanu kopšanas cirtēs, taču papildmehānisma izmantošana var būt lietderīga galvenajā cirtē un grāvju trašu apauguma novākšanā. Pētījumu programmas ietvaros uzsākta metodikas aprobācija mitruma satura izmaiņu izpētei mežizstrādes atliekās un daļēji atzarotā sīkkoksnē, un biokurināmā uzglabāšanas ietekmes uz siltumspēju un citiem kvalitātes rādītājiem likumsakarību raksturošana; kā arī šķeldu kravu piepildījuma izmaiņu monitorings un vienādojumu izstrādāšana kravu piepildījuma samazināšanās prognozēšanai; un uzsākta cietā biokurināmā uzglabāšanas ilguma un citu faktoru ietekmes uz sausas masas, siltumspējas un mitruma satura izmaiņām novērtēšana. Sadarbībā ar Tartu dzīvīgas zinātņu universitātes speciālistiem uzsākta mašīnmācības metožu pielietošanas iespēju izpēte apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai, izmantojot harvesteru produkcijas failos pieejamos datus un citas datu kopas. 2020. gadā pabeigta pašizmaksas modeļa izstrādāšana harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu un novērtētas biokurināmā sagatavošanas iespējas krājas kopšanas cirtēs no mežizstrādes atliekām Sl, Mr, Mrs, Ln un Dm meža tipos. Pētījuma ietvaros sagatavota degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē, balstoties uz harvesteru produkcijas failu datiem; kā arī uzsākts pētījums par StanForD 2010 standartam atbilstošu harvesteru produkcijas datu izmantošana meža inventarizācijas datu aktualizēšanai pēc kopšanas cirtes. Pētījuma rezultāti, kas saistīti ar mežsaimniecībai nozīmīgu attālās izpētes risinājumu izstrādāšanu, aprobēti pilotizmēģinājumu ietvaros, izveidojot pārmitro ieplaku karti Ogres meža iecirknim un platībā ar renovējamu meliorācijas sistēmu novērtējot ievalku izvietojuma plānošanas metodikas efektivitāti. 2020. gadā pabeigtas darbības, kas saistītas ar mežaudžu augšanas gaitas monitoringu 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs. Pētījumā secināts, ka izmantotajām mežizstrādes metodēm vairumā gadījumu bijusi pozitīva ietekme uz atstājamo koku augšanas gaitu, taču pozitīvā ietekme mazinās, pieaugot koku dimensijām.

Etapa starpziņojumā apkopoti galvenie rezultāti, bet pielikumā pievienoti iepriekš sagatavotie pārskati.

Pētījums tiek veikts pēc AS “Latvijas valsts meži” (LVM) pasūtījuma, kuru īsteno Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”. Empīrisko datu iegūvi, analīzi un starpziņojuma sagatavošanu nodrošināja LVMI Silava darbinieki A. Zimelis, S. Kalēja, J. Ivanovs, R. Meļņiks, A. Lazdiņš.

SUMMARY

Within the scope of the research program, in 2020 research on mechanization of forest operations in areas with low ground load-bearing capacity was continued, including tests of ruts measurement unit under production conditions and assessment of the possibilities of using georadar to characterize logging and delivery conditions.

Continuing the research on the application of non-standard logging techniques in thinning and overgrowth harvesting, a literature review has been prepared on the usefulness of using the harvester head auxiliary mechanism (Mense RT7) for cutting small trees and shrubs. The study concludes that this equipment has a number of shortcomings that limit its use in thinning, but it can be useful in the main felling and removal of ditches overgrowth. Within the framework of the research program, approbation of the methodology for the study of changes in moisture content in logging residues and partially delimbed small wood, and characterization of the regularities of the impact of biofuel storage on calorific value and other quality indicators has been started; as well as monitoring of changes in chip load and development of equations for forecasting cargo load reduction and assessment of the effect of storage time of solid biofuels and other factors on changes in the dry matter mass, calorific value and moisture content of solid biofuels. In co-operation with the specialists of Tartu University of Life Sciences, the research of the application of machine learning methods for forecasting the output of round timber using the data available in the harvester production files and other data sets has been started. In 2020, the development of a cost model for a harvester with a Bracke C.16 working head was completed and the possibilities of biofuel preparation in stockpile felling from logging residues in SI, Mr, Mrs, Ln and Dm forest types were evaluated. Within the framework of the research, an analysis of fuel consumption reduction possibilities in logging has been prepared, based on the data of harvester production files; as well as a study on the use of StanForD 2010 standard harvester production data for updating forest inventory data after maintenance felling has been launched. The results of the research related to the development of remote sensing solutions were adopted within the framework of pilot trials, creating a wet depression map for the Ogre forest district and evaluating the efficiency of the furrow planning methodology in the area with a repaired drainage system. In 2020, activities related to monitoring the growth of forest stands thinned in 2012-2015 were completed. The study concludes that the logging methods used in the most cases have had a positive effect on the growth of remaining trees, but the positive effect decreases with increase of tree dimensions.

The interim report summarizes the main results, the previously prepared reports are attached.

Research is being conducted by Latvian State Forest Research Institute "Silava" in cooperation with Joint stock company "Latvia state forests". Empirical data collection, analysis and preparation of the interim report were provided by LSFRI Silava employees A. Zimelis, S. Kalēja, J. Ivanovs, R. Meļņiks, A. Lazdiņš.

Saturs

Kopsavilkums	2
Summary	3
Darba uzdevumi 2020. gadā	7
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju	11
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi	11
Metodikas aprobācija ģeoradara, augsnes virskārtas mitruma mērījumu, griezes pretestības mērierīces un penetrolōģera pielietošanai grunts nestspēju raksturojošu datu ieguvei un augsnes nestspējas prognozēšanas tabulu izstrādāšanai.....	12
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā .	14
Dažādu mašīnizētas pameža zāģēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana galvenajā un kopšanas cirtē	14
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs	16
Metodikas aprobācija mitruma satura izmaiņu izpētei mežizstrādes atliekās un daļēji atzarotā sīkkoksnē, un biokurināmā uzglabāšanas ietekmes uz siltumspēju un citiem kvalitātes rādītājiem likumsakarību raksturošana.....	16
Cietā biokurināmā uzglabāšanas ilguma un citu faktoru ietekme uz cietā biokurināmā sausnas masas, siltumspējas un mitruma satura izmaiņām	20
Mašīnmācības metožu pielietošanas iespēju izpēte apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai, izmantojot harvesteru produkcijas failos pieejamos datus un citas datu kopas	21
Šķeldu kravu papildījuma izmaiņu monitorings un vienādojumu izstrādāšana kravu papildījuma samazināšanās prognozēšanai	26
Pašizmaksas modeļa izstrādāšana harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu	31
Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs no mežizstrādes atliekām Sl, Mr, Mrs, Ln un Dm meža tipos.....	33
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos	36
Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē	36
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai	48
Harvesteru produkcijas datu (StanForD2010 standarts) izmantošana meža inventarizācijas datu ievākšanai.....	48
Pārmitro ieplaku karšu veidošanas algoritmu aprobēšana iecirkņa mēroga pilotteritorijā.	51
Ievalku izvietojuma plānošanas metodikas aprobācija	54
Mežaudžu augšanas gaitas monitorings 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs	57
Iepazīstināt LVM darbiniekus un pakalpojumu sniedzējus ar pētījumu rezultātiem un atziņām	68
Semināru organizēšana LVM darbiniekiem pētījuma rezultātu prezentēšanai	68
Izmantotā literatūra	69

Attēli

Att. 1: Krūmgriezis MenSe RT7.....	14
Att. 2: Iekārta mitruma satura izmaiņu, biogēno elementu izskalošanās un biomasas mineralizācijas novērtēšanai.....	17
Att. 3: Svēršanas platformas ar mežizstrādes atliekām.....	18
Att. 4: Masas un temperatūras izmaiņas uzglabāšanas laikā.....	19
Att. 5: Masas un nokrišņu izmaiņas uzglabāšanas laikā.....	19
Att. 6: Nozāģēto koku tipu datu struktūra *.hpr failos.....	24
Att. 7: Kokmateriālu veidu saraksts.....	25
Att. 8: Šķeldu kravas telpiskais modelis pēc datu apstrādes.....	27
Att. 9: Neveiksmīgs šķeldu kravas telpiskais modelis pēc datu apstrādes.....	28
Att. 10: Tilpumblīvuma izmaiņas (starprezultāts).....	28
Att. 11: Tilpumblīvuma atšķirības konteinervedējam (starprezultāts).....	29
Att. 12: Tilpumblīvuma atšķirības puspiekabei (starprezultāts).....	29
Att. 13: Šķeldu sablīvēšanās, atkarībā no transportēšanas attāluma (starprezultāts).....	30
Att. 14: Sablīvēšanas šķeldu pārvadāšanā (starprezultāts).....	31
Att. 15: Degvielas patēriņa izmaiņas krājas kopšanas cirtē, atkarībā no vidējā nozāģētā koka tilpuma.....	37
Att. 16: Degvielas patēriņa izmaiņas galvenajā cirtē, atkarībā no vidējā nozāģētā koka tilpuma.....	37
Att. 17: Degvielas patēriņa izmaiņas sadalījumā pa sezonām galvenajā cirtē.....	39
Att. 18: Degvielas patēriņa izmaiņas sadalījumā pa sezonām krājas kopšanas cirtē.....	39
Att. 19: Degvielas patēriņa izmaiņas sadalījumā pa mežu mašīnu operatoriem galvenajā cirtē.....	40
Att. 20: Ražīguma rādītāji pirms un pēc apmācībām, zāģējot vienādu dimensiju kokus.....	41
Att. 21: Degvielas patēriņš, atkarībā no sagatavojamo kokmateriālu veidu skaita.....	42
Att. 22: Pētījuma objekts (25,12931; 56,69734).....	43
Att. 23: Degvielas patēriņš Ponsse Wisent pie maksimālās kravas piepildījuma (100%).....	44
Att. 24: Degvielas patēriņš Ponsse Wisent pie 50% kravas piepildījuma.....	44
Att. 25: Degvielas patēriņš Ponsse Bufallo ar maksimālo kravas piepildījumu.....	45
Att. 26: Degvielas patēriņš Ponsse Bufallo ar 50% kravas piepildījumu.....	45
Att. 27: Ekrāndruka no programmas QGIS ar atspoguļotiem koku augstumiem.....	48
Att. 28: Izkopta audze pēc krājas kopšanas cirtes.....	49
Att. 29: Augstuma izkliedes rādītāji.....	50
Att. 30: Vidējā caurmēra izkliedes rādītāji.....	50
Att. 31: Pētījuma paraugteritorija.....	52
Att. 32: Lauka darbos apsektie punkti.....	53
Att. 33: Pētījuma teritorija.....	54
Att. 34: Ievalku modelēšanas aprobācijas teritorija.....	55
Att. 35: Ievalku izvietojums modeļa aprobācijas teritorijā.....	55
Att. 36: Piemērs ar nogabalu, kurā dešifrēts koku izvietojums parauglaukumos.....	59
Att. 37: Krājas pieauguma palielinājuma pēc kopšanas cirtes un attāluma starp tuvākajiem kokiem sakarība.....	62
Att. 38: Sakarība starp <u>bērza</u> krājas pieauguma izmaiņām pēc kopšanas cirtes un attālumu starp kokiem, atkarībā no koka caurmēra.....	63
Att. 39: Sakarība starp <u>egles</u> krājas pieauguma izmaiņām pēc kopšanas cirtes un attālu starp kokiem, atkarībā no koka caurmēra.....	64
Att. 40: Sakarība starp <u>priedes</u> krājas pieauguma izmaiņām pēc kopšanas cirtes un attālu starp kokiem, atkarībā no koka caurmēra.....	64
Att. 41: Vidējie rādītāji, kas raksturo bērza, egles un priedes krājas pieauguma izmaiņas pēc kopšanas cirtes un koku caurmēru.....	65
Att. 42: Sakarība starp koku caurmēru un attālumu starp tuvākajiem kokiem.....	66

Tabulas

Tab. 1: Darba plāns 2020. gadam	7
Tab. 2: Materiālu sadalījums pa sezonām (sākotnēji plānotais)	20
Tab. 3: Masas un tilpuma izmaiņas	21
Tab. 4: Apaļo kokmateriālu dabiski mitras koksnes blīvuma izmaiņas	21
Tab. 5: Rādītāju izmaiņas atkarībā no cirtes veida un sezonas	38
Tab. 6: Vilkmes režīmu sadalījums	43
Tab. 7: Taksācijas rādītāju raksturojums izmēģinājumu objektos	57
Tab. 8: Radiālā pieauguma datu kopsavilkums nogabalu griezumā	60
Tab. 9: Radiālā pieauguma datu kopsavilkums atbilstoši valdošajai koku sugai	61
Tab. 10: Taksācijas rādītāji ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos	72
Tab. 11: Radiālā pieauguma mērījumu datu kopsavilkums ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos	79

DARBA UZDEVUMI 2020. GADĀ

Šajā gadā turpināti iepriekš uzsāktie darbi, t.sk. vides parametru monitorings platībās, kur izmantoti koku augšanas apstākļu uzlabošanas darbi, kā arī īstenoti jauni darba uzdevumi. Veicamo darbu kopsavilkums darba uzdevumu griezumā dots Tab. 1.

Tab. 1: Darba plāns 2020. gadam

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju		
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi.	Veikt risu veidošanās monitoringu ražošanas apstākļos, izmantojot 2017. gadā izgatavoto risu veidošanās monitoru. Pētījumam jānotiek ražošanas apstākļos, uzstādot forvarderam datu logeri, kas uzkrāj GPS un risu mērījumu datus ietekmes uz augsni, izvesto kravu un citu parametru raksturošanai.	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, tajā ietverti un aprakstīti: <ul style="list-style-type: none"> vienādojumi degvielas patēriņa raksturošanai, rekomendācijas risu veidošanās monitoringa pielietošanai praksē.
Metodikas aprobācija ģeoradara, augsnes virskārtas mitruma mērījumu, griezes pretestības mērierīces un penetrolģera pielietošanai augsnes nestspēju raksturojošu datu ieguvei un augsnes nestspējas prognozēšanas tabulu izstrādāšanai.	Aprobēt ģeoradara, griezes pretestības mērierīces un penetrolģera pielietošanas iespējas lielu datu kopu ieguvei augsnes nestspējas raksturošanai, atkarībā no augsnes mitruma, sezonas un nogulumiežu tipa. Atkārtot pētījumu uz minerālaugsnēm (āreņos un slapjainos), izmēģinājumiem izraugoties saimnieciski nozīmīgāko koku sugu audzes uz dažādiem nogulumiežiem kā galvenās cirtes vecumā, tā kopšanas cirtēm (kūdreņos) raksturīgā vecumā. Iegūtos rezultātus integrēt ar LiDAR un Sentinel 1 datu analīzi, lai izstrādātu vienkāršu attālinātu pievešanas apstākļu prognozēšanas sistēmu.	Pētījuma atskaite, tajā ietverta un aprakstīta: <ul style="list-style-type: none"> ģeoradara praktiskās pielietošanas iespējas augsnes nestspējas prognozēšanas tabulu izstrādāšanai, metodika datu ieguvei un apstrādei augsnes nestspējas raksturošanai, atkarībā no valdošās sugas, mitruma režīma un nogulumu tipa, LiDAR, Sentinel 1 un ģeoradara datu integrēšanas iespēju apraksts.
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā		
Dažādu mašinizētas pameža zāģēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana galvenajā un kopšanas cirtē.	Darba uzdevums parejōšs no 2019. gada: Salīdzināt pameža zāģēšanu ar rokas motorinstrumentiem un harvesteru darba galvas papildmehānismu MenSe (www.mense.fi) sīkkoku zāģēšanai. Izmēģinājumi jāveic galvenajā cirtē. Ja ekonomiski izdevīgāk izrādās veikt izmēģinājumus Zviedrijā vai Somijā, pameža zāģēšanas darba laika uzskaitē jāveic šajās valstīs. Izmantojot 2019. un 2020. g. iegūtos empīriskos datus, izstrādāt vienādojumus, kas raksturo ražīgumu un izmaksas, tajā skaitā izmaksu robežvērtības mašinizācijas risinājumu pielietošanai praksē.	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, tajā ietvertas: <ul style="list-style-type: none"> rekomendācijas mašinizētu pameža zāģēšanas metožu pielietošanai un robežvērtībām audžu atlasei.
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs		
Metodikas aprobācija mitruma satura izmaiņu izpētei mežizstrādes atliekās un daļēji atzarotā sīkkoksnē, un biokurināmā uzglabāšanas ietekmes uz siltumspēju un citiem kvalitātes rādītājiem likumsakarību	Iegūt empīriskus datus grāvju apauguma mitruma un masas izmaiņas, atkarībā no metroloģiskiem apstākļiem, pārsedzamā materiāla izmantošanas (segts vai neseģts ar papīru). Pētījums veicams ierīkotā poligonā Ozolnieku novadā, atbilstoši 2019. gadā izstrādātajai metodikai.	Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem; tajā ietverta: <ul style="list-style-type: none"> analīze par meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz materiāla žūšanu, vienādojumi biokurināmā siltumspējas un mitruma satura izmaiņu raksturošanai, rekomendācijas enerģētiskās koksnes krautuvju apsaimniekošanai un piemērotākā šķeldošanas brīža noteikšanai.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi
raksturošana.		
Cietā biokurināmā uzglabāšanas ilguma un citu faktoru ietekme uz cietā biokurināmā sausnas masas, siltumspējas un mitruma satura izmaiņām	Iegūt empīriskus datus par skujkoku un bērza apaļo kokmateriālu nogriežņu masas un siltumspējas izmaiņām uzglabāšanas periodā. Pētījumi notiek poligonā, kur nogādā mašinizēti sagatavotus nogriežņus (4 X 120 gab.) un veic pētāmo parametru izmaiņu monitoringu ar 1 mēneša intervālu.	Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem; tajā ietverta <ul style="list-style-type: none"> analīze par meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz materiāla žūšanu.
Mašīnmācības metožu pielietošanas iespēju izpēti apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai, izmantojot harvesteru produkcijas failos pieejamos datus un citas datu kopas	Izanalizēt literatūru par mašīnmācības metožu pielietošanu apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai galvenajā un kopšanas cirtē, izmantojot harvesteru produkcijas failos pieejamos datus un citas datu kopas. Aprakstīt darba uzdevumu iespējamam praktiskam mašīnmācīšanās metožu pielietošanas pētījumam apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai.	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, kurā ietverts: <ul style="list-style-type: none"> pārskats – literatūras analīze un izvērtējums par apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai piemērotām mašīnmācības metodēm, darba uzdevumi un to saturs iespējamam praktiskam mašīnmācības metožu pielietošanas pētījumam apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai.
Šķeldu kravu piepildījuma izmaiņu monitorings un vienādojumu izstrādāšana kravu piepildījuma samazināšanās prognozēšanai.	Noteikt sablīvēšanas koeficientu smalcinātās koksnes pārvadājumos autotransportam sadalījumā pa sezonām un autotransporta veidiem saskaņā ar 2019. gadā izstrādāto metodiku.	Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā ietverti un aprakstīti vienādojumi kravas piepildījuma prognozēšanai atkarībā no šķeldu transportēšanas attāluma un braukšanas apstākļiem.
Pašizmaksas modeļa izstrādāšana harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu.	Izstrādāt pašizmaksas modeli harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu (pameža zāģēšanai kailcirtē – darba uzdevuma īstenošanai izmantojami pameža zāģēšanas darba uzdevumā iegūtie dati, grāvju trasēm un jaunaudzū kopšanas cirtēm). Empīriskie dati iegūti 2018. un 2019. gados, tajā skaitā kokmateriālu pievešana no pameža zāģēšanas izmēģinājumiem pabeigta 2019. gada decembrī.	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, ietverot un aprakstot mežizstrādes pašizmaksas modeli harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu, ražošanas izmaksu plānošanai.
Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs no mežizstrādes atliekām Sl, Mr, Mrs, Ln un Dm meža tipos	Pabeigt mežizstrādes atlieku pievešanu. Sagatavot pētījuma pārskatu, balstot to uz 2018. un 2019. gadā iegūtajiem darba laika uzskaites datiem, t.sk., mežizstrādes, apaļo kokmateriālu un mežizstrādes atlieku pievešanas ražīguma rādītājiem.	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, kurā sniegti ieteikumi, kā atlasīt kopšanas cirtes audzes, kurās gatavot biokurināmo no mežizstrādes atliekām, ieteikumi, kā labāk vākt mežizstrādes atliekas biokurināmā gatavošanai kopšanas cirtēs skujkoku audzēs.
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos		
Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē	Forvardera degvielas patēriņa analīze pie dažādiem slodzes režīmiem poligonā un cirsma ar organisku augsni un rekomendāciju sagatavošana degvielas patēriņa samazināšanai kokmateriālu pievešanā. Pētījums ietver automatizētu degvielas patēriņa uzskaiti un iegūto datu analīzi, braucot ar atšķirīgu ātrumu ar kravu (pilnu un nepilnu) un bez tās pa poligonu, pievešanas ceļu, kā arī cirsma, braucot optimālos apstākļos pa zaru segumu un bez tā. Papildus jānovērtē ķēžu (uz aizmugurējiem un uz abiem tandēmiem) ietekmi uz degvielas patēriņu, braucot pa pievešanas ceļu. Braukšanas ātruma un	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, tajā ietverti un aprakstīti vienādojumi degvielas forvardera un harvesteru degvielas patēriņa prognozēšanai mežizstrādē, atkarībā no cirtes veida un citiem faktoriem; rekomendācijas forvardera un harvesteru degvielas patēriņa samazināšanai.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi
	<p>kravas lieluma ietekmi uz pievešanas ceļiem vērtēt mākslīgos apstākļos, zaru seguma ietekmi vērtēsīm cirmās. Balstoties uz mērījumu rezultātiem, izstrādāt izmaksu un ieguvumu novērtējumu un rekomendācijas degvielas patēriņa samazināšanai. Harvesteru degvielas patēriņa datu analīze un priekšlikumu izstrādāšana degvielas patēriņa samazināšanai, balstoties uz 2019. gadā analizētajiem Ponsse harvesteru produkcijas failiem. Papildus jau veiktajai analīzei, novērtēsīm degvielas patēriņa samazināšanas potenciālu, balstoties uz sakarībām starp nozāģēto koku dimensijām, ražīgumu un degvielas patēriņu.</p>	
<p>Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai</p>		
<p>Harvestera produkcijas datu (StanForD2010 standarts) izmantošana meža inventarizācijas datu ievākšanai.</p>	<p>Darbam Latvijas apstākļos jāpielāgo Zviedrijā izstrādāta metode automatizētai meža inventarizācijas datu ievākšanai. Metode izmanto StanForD2010 standartā veidotus harvestera produkcijas failus, kā arī automatizēti novērtē kopšanas ciršu darbu izpildes kvalitāti, t.sk. koridoru platību, atbilstību augšējās vai apakšējās kopšanas nosacījumiem, paliekošā šķērslaukuma atbilstību mērķa šķērslaukumam.</p> <p>Darba uzdevumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • novērtēt modeļa funkcionalitāti un algoritmus (kļūdas robeža, salīdzinot ar zvērinātu taksatoru mērījumiem); • sniegt priekšlikumus modeļa funkcionalitātes pilnveidošanai un papildināšanai, • darba uzdevumos ietvert visas kopšanas cirtes, t.sk. novērtējot 2. kopšanas cirtē pielietojamo algoritmu precizitāti; • izanalizēt programmas izmantošanas iespējas harvestera datorā kopšanas kvalitātes (atbilstību šķērslaukuma kritērijiem) monitorēšanai, • novērtēt programmas izmantošanas iespējas, lietojot Latvijas apstākļiem specifiskus parametrus. <p>Ar parauglaukumu metodi (10% no paraugkopas) un fotogrammetriski (5-10% no paraugkopas, atbilstoši cirsmu izvietojumam) noteikt individuālu koku augstumu jau izstrādātās cirmās.</p> <p>Atsevišķās cirmās (1%) izlases veidā dastot visus kokus atbilstoši Zviedrijā izmantotajai verifikācijas metodei.</p> <p>Ar dažādām mērījumu metodēm iegūtos datus salīdzināt ar Meža valsts reģistra papildināšanai izmantotajiem datiem.</p> <p>Cirmās, kur notiks harvestera operatora atbalsta sistēmas testēšana, pārbaudīt audžu taksācijas rādītājus pirms un pēc starpcirtes izpildes.</p>	<p>Pētījuma ziņojums, kurā ietverts: meža taksācijas rādītāju noteikšanas nenoteiktības novērtējums, rekomendācijas taksācijas rādītāju raksturošanas programmas un tās pamatā esošo aprēķinu vienādojumu pilnveidošanai, lai nodrošinātu to atbilstību Latvijas normatīviem, ieteikumi harvestera operatora atbalsta sistēmas pilnveidošanai un ieviešanai praksē patstāvīgai mežizstrādes kvalitātes kontrolei starpcirtē.</p>
<p>Pārmitro ieplaku karšu veidošanas algoritmu aprobēšana iecirkņa mēroga pilotteritorijā.</p>	<p>Izveidot pārmitro vietu karti meža iecirkņa mēroga pilotteritorijai, izmantojot iepriekšējos pētījuma etapos izstrādāto metodi pārmitro teritoriju identificēšanai.</p> <p>empīriski noskaidrot izstrādātās kartes precizitāti, metodē iestrādāt uzlabojumus dešifrēšanas kvalitātes celšanai.</p>	<p>Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, tajā skaitā aprakstīti nosacījumi kartes precizitātes uzturēšanai un riski, ar kuriem var nākties saskarties, algoritmus ieviešot ražošanā.</p> <p>Pārmitro ieplaku rastra karte</p>

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi
		pilotteritorijai (iecirķņa mērogs).
Ievalku izvietojuma plānošanas metodikas aprobācija	Izvēlētajā teritorijā aprēķināt plānojamās ievalku vietas aprēķinu veikt visai meža iecirķņa teritorijai Izrakt ievalkas ar metodikas palīdzību noteiktajās vietās un izvērtēt, vai prognozes bijušas patiesas	Ievalku izvietojuma plānošanas metodikas aprobācijas rezultātu aprakst un ieteikumi metodikas papildināšanai, ja tāda nepieciešama.
Mežaudžu augšanas gaitas monitorings 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs		
2011., 2012. un 2013. gada kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildu pieauguma raksturošana.	Turpināt 2018. gadā uzsākto empīrisko datu ieguvī un datu analīzi iepriekš ierīkotajos ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos. Izmērīt augsnes sablīvējumu platībās, kur 2013. un 2014. gados konstatēts augsnes sablīvējums uz tehnoloģiskajiem koridoriem. Izanalizēt izkopto audžu augšanas gaitu, novērtēt kopšanas ciršu ietekmi uz krājas pieaugumu. Sniegt ieteikumus mašīnizācijas risinājumu pielietošanai novēlotās jaunaudžu kopšanas cirtēs. 2018. gada rudenī pagājuši 5-7 gadi kopš izmēģinājumu ierīkošanas un varēs noteikt krājas papildu pieaugumu, atmirumu un vainaga projektīvo segumu (lapu laukuma indeksu), kas, savukārt norāda uz to, cik ilgi izkoptajai audzei saglabājas kopšanas radītās priekšrocības, varēs novērtēt, vai samazinājies augsnes sablīvējums tehnoloģiskajos koridoros un kā to ietekmējusi izmantotā tehnika.	Nodaļa V etapa ziņojumā un pētījumu programmas noslēguma ziņojumā, ietverot pārskatu par ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu uzmērīšanu, pārskatu par lapu laukuma indeksa mērījumiem parauglaukumos, krājas papildu pieauguma, atmiruma un projektīvā seguma novērtējuma rezultātus, secinājumus par kopšanas radīto priekšrocību (krājas papildu pieaugumu) saglabāšanos audzēs, secinājumus par izmantotās tehnikas ietekmi uz augsnes sablīvējumu tehnoloģiskajos koridoros ieteikumus jaunaudžu kopšanas ciršu (t.sk., novēlotu) mašīnizācijai.
Iepazīstināt LVM darbiniekus un pakalpojumu sniedzējus ar pētījumu rezultātiem un atziņām		
Vismaz 2 semināru organizēšana LVM darbiniekiem pētījuma rezultātu prezentēšanai		Organizēti semināri LVM darbiniekiem un pakalpojumu sniedzējiem. Semināru prezentācijas un informatīvie materiāli.

MEŽA DARBU MECHANIZĀCIJA UZ AUGSNĒM AR MAZU NESTSPĒJU

Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi

Darba uzdevuma mērķis ir veikt risu veidošanās monitoringu ražošanas apstākļos, izmantojot 2017. gadā izgatavoto risu veidošanās monitoru, kā arī izstrādāt vienādojumus degvielas patēriņa raksturošanai, balstoties uz risu veidošanās monitoringa un telemetrijas datiem. Darbi veikti 2017.-2020. gadā, tajā skaitā 2020. gadā veikts iekārtas monitorings ražošanas apstākļos. Ņemot vērā, ka risu veidošanās monitoringu nevarēja veikt atbilstošā apjomā, vienādojumi degvielas patēriņa raksturošanai netika izstrādāti.

Risu monitoringa sistēmai 2018.-2019. gadā veikti uzlabojumi, kas saistīti ar uzstādīšanu un nostiprināšanu uz forvardera kravas telpas režģa, kā arī uzlabota datu logera GPS precizitāte.

Pētījums veikts sadarbībā ar Meža pētīšanas staciju, kas nodrošināja tehnisko atbalstu izmēģinājumiem. Pēc veiktajiem uzlabojumiem risu mērīšanas iekārta uzstādīta uz John Deere 1110E, kas veica kokmateriālu pievešanu zinātniskās izpētes mežos galvenās izmantošanas cirtēs. Vienā iekārtas blokā uzstādīti 2 ultraskaņas sensori, kuri vērsti 45 un 80 grādu leņķī pret zemes virsmu. Mērījumu biežums nav izmainīts, bet dati uzskaitīti ar sekundes intervālu. Izmēģinājumos galvenajā cirtē jau 1. kravas pievešanas laikā sāka veidoties rīses, tāpēc ceļa nostiprināšana ar mežizstrādes atliekām notika, sākot ar 2. kravas pievešanu. Rezultātā, pateicoties atlieku iekļāšanai ceļos, risu dziļums nepārsniedza noteiktās normas. Tas konstatēts gan uzmērot rīses manuāli, gan ar ultraskaņas sensoriem, kas uzstādīti uz forvardera.

Sākotnējie rezultāti pierāda, ka, sekojot risu veidošanās dinamikai, var identificēt faktiskos pievešanas apstākļus cismā un uz maģistrālajiem ceļiem, kā arī novērtēt ne tikai paliekošos bojājumus, bet arī dziļākās rīses pievešanas laikā, kas pēc tam aizpildītas ar mežizstrādes atliekām un mazvērtīgajiem kokmateriāliem.

Datu logeri kopā ar sensoru blokiem no oktobra līdz decembrim bija uzstādīti Ponsse Buffalo forvarderam, kas strādā galvenās izmantošanas cirtē (pakalpojuma sniedzējs ir AS "Latvijas valsts meži" kontraktors, kurš brīvprātīgi piekrita piedalīties izmēģinājumos). Forvarderā uzstādīti arī manipulatora svāri, kas darbojās automātiskā režīmā, lai novērtētu kravas piepildījumu dažādos darba etapos.

Izmēģinājumos iesaistītais forvarders darbojās galvenajā cirtē, nodrošinot iespēju sasaistīt augsnes iespaidumu datus ar pievesto kravu skaitu un piepildījumu, kā arī tehnoloģisko koridoru aizņemto platību. Datu ieguve pārtraukta 2021. gada janvārī, nodrošinot papildus informāciju par ultraskaņas sensoru darbību uz apsnigušas augsnes. Iegūto datu apstrāde vēl turpinās sakarā ar izmēģinājumu praktiskās daļas ievilkšanas.

Secinājumi: Izmēģinājumu sākotnējie dati norāda uz nepieciešamību pilnveidot sensoru bloka stiprinājumu tehnisko izpildījumu, mazinot sensoru izkustēšanās iespējas.

Vadības programma jāpapildina ar kļūdu paziņojumu sistēmu, kas ļautu operatoram patstāvīgi identificēt un novērst raksturīgākās kļūdas, piemēram, sensoru bloka vai pašu sensoru izkustēšanās, netīrumu vai citu traucējumu nokļūšana uz sensoriem, kas rezultējas kļūdainās vērtībās, bateriju izlādēšanās u.c. Sensoru bloks jāaprīko ar iekšējās pārbaudes sistēmu, ko darbināt pirms darba uzsākšanas un periodiski darba laikā. Tas pats attiecas uz manipulatoru svāriem. Pielietojot risu dziļuma mērīšanas sistēmu ražošanas apstākļos, ir jānodrošina, ka operators turpina darbu tikai tad, kad sistēma funkcionē, atrunājot nosacījumus kvalitātes kontrolei, ja sistēmas funkcionalitāte nav ātri atjaunojama. Būtiski nodrošināt arī laika zīmoga sinhronizāciju visās datorsistēmās, kuras izmanto risu dziļuma aprēķinos.

Rekomendācijas: turpmākajos pētījumos izstrādātās risu mērīšanas iekārtas prototips jāpielāgo sērijveida izgatavošanai un izmantošanai mežizstrādē, lai samazinātu kopšanas ciršu kvalitātes kontroles izmaksas un uzkrātu informāciju par tehnoloģisko koridoru un pievešanas ceļu izvietojumu, kā arī jāizstrādā rīki datu automatizētai uzkrāšanai un analīzei.

Metodikas aprobācija ģeoradara, augsnes virskārtas mitruma mērījumu, griezes pretestības mērierīces un penetrolģera pielietošanai grunts nestspēju raksturojošu datu ieguvei un augsnes nestspējas prognozēšanas tabulu izstrādāšanai

Pētījuma mērķis ir aprobēt ģeoradara, griezes pretestības mērierīces un penetrolģera pielietošanas iespējas lielu datu kopu ieguvei augsnes nestspējas raksturošanai, atkarībā no augsnes mitruma, sezonas un nogulumiežu tipa. Pētījuma 1. etapā 2019. gadā aprobēta metodika sakņu tīkla raksturošanai, izmantojot ģeoradaru, kā arī uzsākta metodikas izstrādāšana augsnes blīvuma un mitruma režīma raksturošanai, izmantojot ģeoradaru.

Pētījuma rezultāti iekļauti 2019. un 2020. gada starpziņojumos un 2019. gada etapa pārskatā¹.

Secinājumi: turpmākā ģeoradara izmantošana grunts nestspējas raksturošanai pētījuma ietvaros nav lietderīga, jo pieejamais tehniskais risinājums un programmnodrošinājums neatbilst pētījuma vajadzībām. Lai uzlabotu iekārtas veikspēju un nodrošinātu grunts nestspējas raksturošanai piemērotu datu ieguvei, ir jāizstrādā programmatūra zemes radara jēldatu ielasīšanai un pirmapstrādei, lai aizstātu *Tree Radar Unit* slēgtā koda programmatūru, kuras datu pirmapstrādes algoritma parametri nav regulējami, tāpēc programmu nevar pielāgot mitrām augsnēm. Ir jāpārstrādā arī zemes radara atrašanās vietas noteikšanas algoritms, izmantojot ģeogrāfiskās pozicionēšanās sistēmas datus mehāniskas attāluma mērīšanas vietā. Ir jāizstrādā arī atbilstošs programmnodrošinājums. Korektai augsnes slāņu biezuma interpretēšanai ir jāizstrādā ekonomiska un ātra metode references datu ieguvei. Visu šo darbību izmaksas pārsniedz

¹ <https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

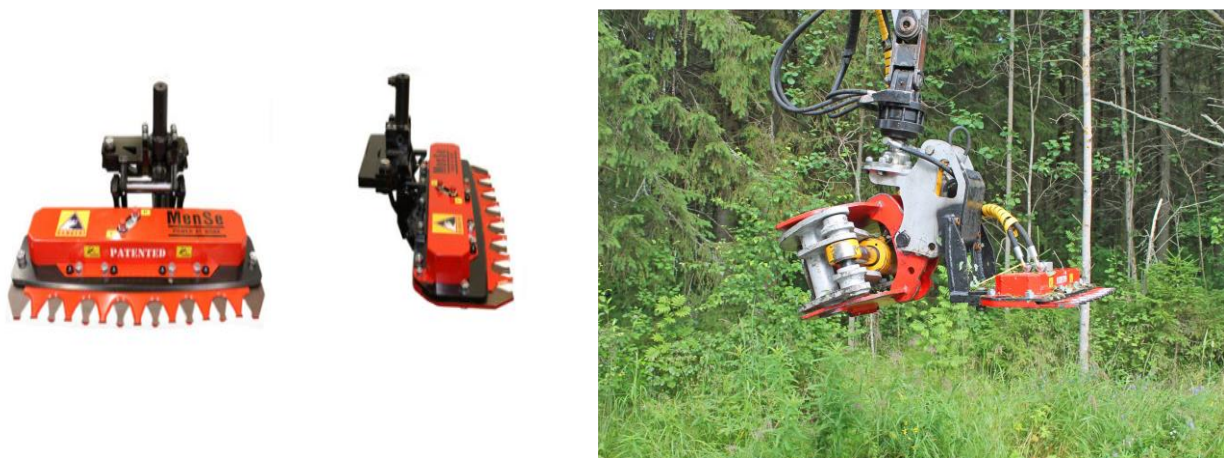
Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

pētījumam pieejamos resursus, tāpēc risinājumi, kas saistīti ar zemes radara datu izmantošanu, izstrādājami atsevišķa pētījuma ietvaros.

MAZĀ UN NESTANDARTA MEŽIZSTRĀDES TEHNIKA KOPŠANAS CIRTĒS UN APAUGUMA NOVĀKŠANĀ

Dažādu mašīnizētas pameža zāģēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana galvenajā un kopšanas cirtē

Viens no pētījuma uzdevumiem ir novērtēt harvestera darba galvas papildmehānisma MenSe RT7 (Att. 1) pielietošanas iespējas pameža zāģēšanā un salīdzināt mežizstrādes ražīgumu un izmaksas pameža zāģēšanā, izmantojot MenSe RT7 un rokas motorinstrumentus. Sakarā ar ārkārtas stāvokļa izsludināšanu izmēģinājumus ar MenSe RT7 2020. gadā neizdevās organizēt. MenSe pielietošanas iespējas novērtētas, izmantojot literatūras analīzi, kurā apkopoti Somijā veikto pētījumu rezultātus.



Att. 1: Krūmgriezis MenSe RT7².

Pētījuma iepriekšējo etapu rezultāti iekļauti 2018. gadā sagatavotajā pārskatā³, kā arī, kopsavilkumu veidā, 2018. un 2019. gada starpziņojumos un etapa pārskatos⁴.

Secinājumi: MenSe RT7 lietderīgi izmantot tad, ja pamežs ir vidēji biezs – zāģējamo koku skaits nepārsniedz 11000 gab. ha⁻¹, bet harvestera darba laika patēriņš pameža zāģēšanai nepārsniedz 25% no kopējā darba laika patēriņa. Saskaņā ar Somijā veikto pētījumu rezultātiem optimālos apstākļos MenSe mehānisma pielietošana ļauj samazināt kopšanas cirtes izmaksas par 86-151 EUR ha⁻¹. Būtiskākās problēmas, pielietojot MenSe RT7 mehānismu, kas konstatētas līdzšinējos pētījumos, ir mežizstrādes ražīguma samazināšanās platībās ar lielu pameža koku skaitu, lielākas darba galvas dimensijas, kas palielina mehāniski bojāto koku skaitu, kā arī zāģējamo koku iesprūšana mehānismā, zāģējot par 5 cm resnākus kokus.

Līdzšinējos pētījumos MenSe RT7 mehānisms testēts galvenokārt krājas kopšanas cirtēs. MenSe pielietošanai kopšanas cirtēs ir jāadaptē darba metode, jo operators var

² Attēlu avots: <https://en.mense.fi/product/293/rt7-clearing-blade-with-tilt>.

³ https://drive.google.com/file/d/1P0GbrNd4OZ6_H4QErZCK14cmEx7O11g/view?usp=sharing.

⁴ <https://drive.google.com/file/d/17wO11xDP9qU-lmBChiD6Cq4kgP2KL-EN/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/1FUU-lHuR3fZPLjJKIEW3xbWaotGCHAVH/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

izvēlēties koku zāģēšanas secību tikai pēc pameža koku un krūmu nozāģēšana. Izmēģinājumos konstatētas arī citas problēmas – izmaksu pieaugums, palielinoties pameža zāģēšanas darba laika īpatsvaram, palielināts mehāniski bojāto koku skaits, kas saistīts ar lielākām darba galvas dimensijām un sliktāku redzamību zāģēšanas laikā, un neliels zāģējamo koku caurmērs (līdz 5 cm celma augstumā). Ņemot vērā šos trūkumus, MenSe RT7 un citi līdzīgi mehānismi pagaidām nav ieteicami izmantošanai ražošanas praksē kopšanas cirtēs.

Literatūras analīze nedod atbildi uz jautājumu, kāpēc MenSe RT7 pielietošana līdz šim nav pētīta galvenajā cirtē, kur valdaudzes koku bojājumi būtiski neietekmē mežizstrādes kvalitāti, attiecīgi, operatora darbs saistīts ar mazāku stresa līmeni. Plānojot izmēģinājumus Latvijā, lietderīgi novērtēt iekārtas pielietošanas iespējas galvenajā cirtē, tajā skaitā veicot grāvju trašu apauguma novākšanu, kur mazu kociņu un krūmu zāģēšana aizņem lielāko daļu darba laika.

Rekomendācijas: MenSe RT7 nav rekomendējama pielietošanai mežizstrādē pameža zāģēšanai krājas kopšanas cirtēs, bet ir lietderīgi veikt izmēģinājumus ar šo iekārtu galvenajā cirtē un vienlaidus kokaugu apauguma novākšanā, kur šīs iekārtas pielietošana nerada kritisku ietekmi uz atstājamo koku bojājumiem un operatoram ir plašākas iespējas pielāgot darba metodi MenSe RT7 izmantošanai pameža koku un krūmu zāģēšanai.

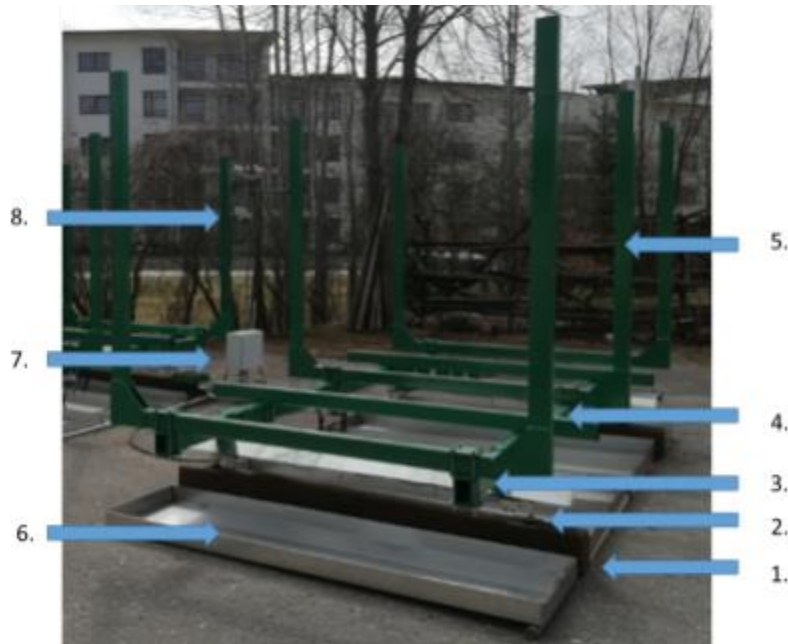
BIOKURINĀMĀ UN APAĻO KOKMATERIĀLU SAGATAVOŠANAS METODES KOPŠANAS CIRTĒS

Metodikas aprobācija mitruma satura izmaiņu izpētei mežizstrādes atliekās un daļēji atzarotā sīkkoksnē, un biokurināmā uzglabāšanas ietekmes uz siltumspēju un citiem kvalitātes rādītājiem likumsakarību raksturošana

Pētījuma mērķis ir izstrādāt un aprobēt metodiku mežizstrādes atlieku un citu apauguma novākšanā nozāģētās sīkkoksnes žūšanas un atkārtotas samirkšanas likumsakarību izpētei, izmantojot specializētu konteinertipa aprīkojumu ilgstošiem mitruma satura izmaiņu un ķīmisko elementu izskalošanās novērojumiem.

Cietā biokurināmā žūšanas un ķīmisko elementu izskalošanās monitoringam izmanto svēršanas iekārtu “Avalis P09SS01” (Att. 2), kas 2019. gada maijā uzstādīta “Meža pētīšanas stacijas” (MPS) Jelgavas informācijas centra teritorijā. Iekārta izgatavota 2019. gadā un, uzsākot izmēģinājumus, konstatēts, ka ūdens noskalojas no platformas, nesasniedzot uztvērējtraukus, savukārt, traukos ar lietu ieskalojas augsnes daļiņas un putekļi, tāpēc korekta ūdens parauga ievākšana nav iespējama un biogēno elementu izskalošanās gaitu pagaidām nevar novērtēt. Noslēdzot izmēģinājumu 1. etapu, uzsākta iekārtas pilnveidošana, lai uzlabotu paraugu ievākšanas sistēmu, novēršot lietus ūdens ieskalošanos no teritorijas ārpus kokmateriālu krāvuma.

Svēršanas platforma (Att. 2) balstīta uz divām paralēli novietotām koka brusām (1), uz kurām, lai palielinātu atbalsta virsmas laukumu, nostiprinātas 4 metāla plāksnes (2). Uz atbalsta plāksnēm balstīta svēršanas konstrukcija, izmantojot masas sensorus (3). Masas sensoriem pieskrūvēta nesošā metāla konstrukcija (4), kura sastāv no 3 statņu pāriem (5). Ūdens savākšanas platformas (6) novietotas zem svēršanas konstrukcijas. Metroloģisko datu mērījumiem uz svaru platformas statņa nostiprināta meteostacija (8). Automatizētai datu uzkrāšanas sistēma (7) atrodas 1 m attālumā no svēršanas platformas.



Att. 2: Iekārta mitruma satura izmaiņu, biogēno elementu izskalošanās un biomasas mineralizācijas novērtēšanai.

Saskaņā ar metodiku pēc iekārtas atslogošanas uz tās var novietot koksni, kuras kopējā masa (ieskaitot konstrukcijas pašmasu) nepārsniedz 20 tonnas. Svēršana notiek ar 4 masas sensoriem (katra sensora masas nenoteiktība ± 60 kg, mitruma klase IP67). Metroloģiskos mērījumus: vēja virziens (precizitāte ± 10), vēja ātrums no 2 līdz 12 m s^{-1} ($\pm 2 \text{ m s}^{-1}$), nokrišņu daudzums ar izšķirtspēju 0,27 mm, gaisa temperatūra ar precizitāti $0,3 \text{ C}^0$, relatīvo gaisa mitrumu ar precizitāti 2%, saules gaismas intensitāte robežās no $0-100 \text{ mW cm}^{-2}$, fiksē iekārta “Avalis P09MS01”, kura piestiprināta virs svaru platformas. Datus iekārta “Avalis P09VB01” saglabā ar 1 min. intervālu.

Koksnes biomasas mitruma satura raksturošanai atbilstoši LVS EN 14774-2 standartam svēršanas platforma noslogota ar mežizstrādes atliekām no atjaunošanas circes. Uz vienas svaru platformas novietojot svaigas mežizstrādes atliekas, bet uz otras platformas 1 gadu augšgala krautuvē uzglabātas mežizstrādes atliekas (Att. 3). Paralēli uzsākti izmēģinājumi, svēršanas platformu noslogojot ar apaugumu no grāvju trasēm (ne vecāku par 1 nedēļu). Uz 1. svaru platformas novietotais apaugums pārsegts ar mitrumu aizturošu papīru, bet uz 2. svaru platformas atstāts nenosegts. Atlieku uzglabāšana uz platformām turpinās 2021. gadā, lai iegūtu datus vismaz 12 mēnešus ilgā laika posmā. Uzglabāšanas laikā papildus monitorēts nokrišņu daudzums, vēja ātrums un gaisa temperatūra.



Att. 3: Svēršanas platformas ar mežizstrādes atliekām.

Svēršanas platformas noslogotas ar mežizstrādes atliekām no atjaunošanas cirtes no 2019. gada 13. maija līdz 30. decembrim. 2020. gada pavasarī uz svaru platformām novietota sīkkoksne no grāvju trašu apauguma. Uz 1. svaru platformas koksne pārsegta ar mitrumu aizturošu papīru, bet uz 2. platformas materiāls atstāts neapsegts. Tā kā izmēģinājumiem nepieciešamā koksnes piegādāta ar aizkavēšanos, nav iegūti dati par koksnes žūšanu ziemas sezonā, tāpēc izmēģinājumus turpināsim līdz 2021. gada martam, kad būs noslēdzies 12 mēnešu cikls.

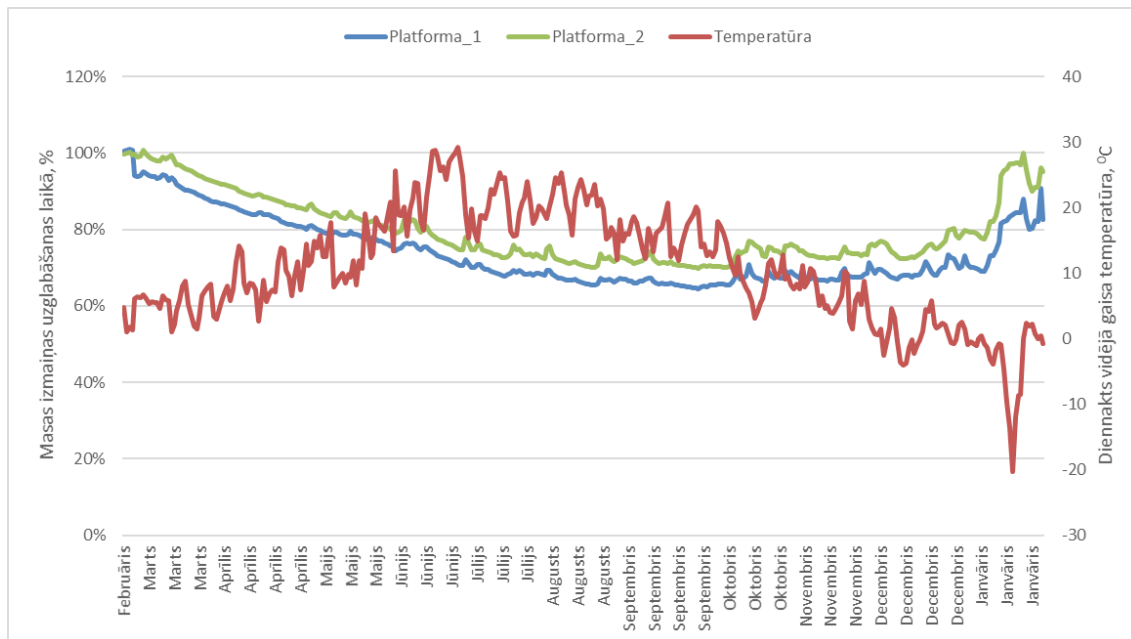
Mitruma satura izmaiņu raksturošanai koksnē (mežizstrādes atliekās vai grāvju apaugumā) mitruma saturs noteikts materiāla nokraušanas dienā un izmēģinājumu perioda beigās atbilstoši standartam LVS EN 14774-2, papildus nosakot šķeldu tilpumblīvumu atbilstoši LVS EN 15103 standartam. Mitruma satura izmaiņas aprēķinātas atbilstoši masas izmaiņām (Erber u.c., 2012; Filbakk u.c., 2011; Routa u.c., 2015), kur papildus izvērtē nokrišņu daudzumu, vēja ātrumu, gaisa temperatūras izmaiņas. Pēc uzglabāšanas termiņa mežizstrādes atliekām noteikts pelnu saturs atbilstoši standartam LVS EN 14775 un siltumspēja atbilstoši LVS EN 14918 standartam.

Koksnes biomasa, kas iegūta mašinizēti izstrādājot grāvja apaugumu sagatavota un vēlāk nogādāta uz plānoto uzglabāšanas laukumu “Meža pētīšanas stacijas” (MPS) Jelgavas informācijas centra teritorijā 2020. gada 26. februārī. Atbilstoši izstrādātajai metodikai, noteikts relatīvā mitruma saturs koksnē. Koksne, kas novietota uz 1. svaru platformas, relatīvais mitruma saturs bija 30%, bet uz 2. platformas novietotajā materiālā relatīvais mitruma saturs bija 36%. Mitruma satura izmaiņas, kādas būtu bijušas, ja materiāls būtu piegādāts tūlīt pēc izstrādes, kā tas bija plānots pētījuma darba uzdevumā, t.i. relatīvais mitruma saturs ir $< 50\%$, pētījumā nav aplūkots. Lai iegūtu datus par svaigi zāģētas koksnes žūšanu, izmēģinājums ir jāatkārto, piegādājot darba uzdevuma nosacījumiem atbilstošu materiālu.

Pētījumā veikti mērījumi, kas raksturo masas izmaiņām uzglabāšanas laikā. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem, koksne, kas nokrauta uz 1. platformas, visā mērījumu periodā

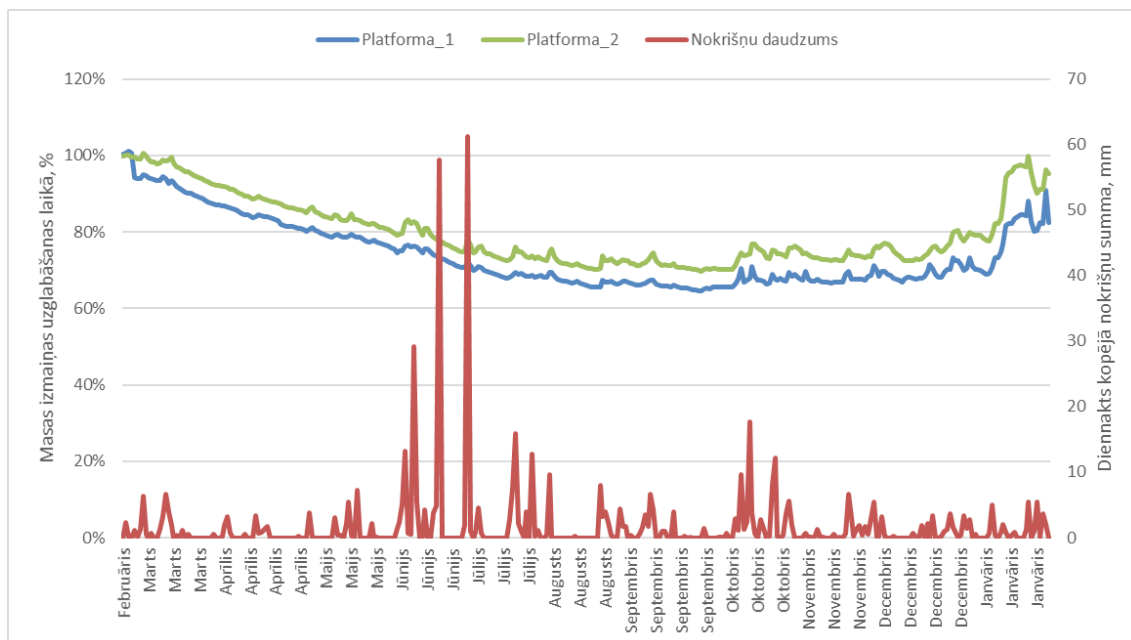
Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

saglabājas mazāks mitruma saturs (Att. 4). Saskaņā ar pētījuma rezultātiem straujāks mitruma zudums notiek, ja vidējā gaisa temperatūra pārsniedz +10 °C.



Att. 4: Masas un temperatūras izmaiņas uzglabāšanas laikā.

Koksnes pārklāšana ar mitrumu aizturošu materiālu veicina materiāla žūšanu (1. platforma, Att. 5). Konstatētās masas izmaiņas cieši korelē ar nokrišņu daudzumu. Nokrišņu ietekme vērojama uz abām platformām, jo uz pārsegtās platformas materiāls samirkst no sāniem. Iegūtie dati neraksturo svaigi zāģēta materiāla žūšanu, bet apliecina iekārtas funkcionalitāti.



Att. 5: Masas un nokrišņu izmaiņas uzglabāšanas laikā.

Iepriekš iegūtie pētījuma rezultāti iekļauti 2019. un 2020. gada pētījumu programmas starpziņojumos un 2019. gada etapa pārskatā⁵.

⁵ <https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;

Rekomendācijas: Iekārtai “Avalis P09MS01” Latvijā nav alternatīvu laboratorijas instrumentu un sākotnējie testi apstiprina šīs iekārtas funkcionalitāti. Iekārta darbojas arī ziemas apstākļos, tomēr ziemā papildus nenoteiktību rada sniegs, kas nesamērcē koksni, bet būtiski palielina kopējo masu, tāpēc sniegotiem laika apstākļiem iekārta jāpapildina ar ūdenscaurlaidīgu segumu. Iekārta “Avalis P09MS01” izmantojama pētījumos, kas skar evapotranspirācijas un koksnes žūšanas likumsakarību skaidrošanu. Lai iegūtu darba uzdevumam atbilstošus datus, pasūtītājam ir jāpiegādā svaigi zāgēts materiāls un jāatkārto pētījums.

Cietā biokurināmā uzglabāšanas ilguma un citu faktoru ietekme uz cietā biokurināmā sausnas masas, siltumspējas un mitruma satura izmaiņām

Pētījuma mērķis ir iegūt empīriskus datus par skuju koku un bērza apaļo kokmateriālu nogriežņu masas un siltumspējas izmaiņām uzglabāšanas periodā. Pētījumi notiek Meža pētīšanas stacijas poligonā Ozolniekos, kur nogādāti mašinizēti sagatavoti malkas nogriežņi un notiek pētāmo parametru izmaiņu monitoringu ar 1 mēneša intervālu.

Pētījuma kalendārais grafiks paredzēja empīrisko datu iegūvi 2020. gada februārī un pabeigt 2021. gada oktobrī (Tab. 2), bet materiāla sagatavošana un piegāde aizkavējās par 5 mēnešiem, līdz ar to datu iegūve turpinās arī 2021. gadā, lai iegūtu datus 12 mēnešu griezumā.

Tab. 2: Materiālu sadalījums pa sezonām (sākotnēji plānotais)

Sagatavoto nogriežņu skaits, gab.	Krautnējumu skaits, gab.	Lauku darbu veikšana (mērījumi + šķeldošana)							
		1.k.	2.k.	3.k.	4.k.	5.k.	6.k.	7.k.	8.k.
240	8	Feb.	Mai.	Jūn.	Sep.	Dec.	Mar.	Jūn.	Okt.
240	8	Jūn.	Sep.	Dec.	Mar.	Jūn.	Okt.		

Uz poligonu nogādāti mašinizēti sagatavoti nogriežņi (4 x 120 gab.) un turpinās pētāmo parametru (skuju koku un bērza apaļo kokmateriālu masa un siltumspēja) izmaiņu monitorings.

Pirmo mēnešu laikā iegūtie rezultāti norāda uz būtisku masas samazinājumu kokmateriālu uzglabāšanā. Jau pēc 1. mēneša masas samazinājums egles kokmateriāliem – 17,2% un pēc 2. mēneša – vēl par 9%. Līdzīgi novērojumi izdarīti, arī atkārtoti sverot bērza kokmateriālus (Tab. 3).

Tilpuma izmaiņas aprēķinātas atbilstoši “Apaļo kokmateriālu uzmērīšanas standarta” 5.3.4.1. punktam “Intervāla tilpuma aprēķināšana”. Uzglabājot bērza kokmateriālus 1 mēnesi, tilpuma samazinājums ir 2,9%; savukārt, uzglabājot 2 mēnešus, tilpuma samazināšanās nav konstatēta. Egles kokmateriāliem pēc 1 mēnesi ilgas uzglabāšanas tilpuma samazinājums ir 1,1%, savukārt, pēc 2 mēnešus ilgas uzglabāšanas, tilpums samazinās vēl par 0,4%. Visos gadījumos izmaiņas ir statistiski nebūtiskas.

Tab. 3: Masas un tilpuma izmaiņas

Rādītājs	Koku suga	1. mērījums	2. mērījums	3. mērījums
Masas izmaiņas	Bērzs	0%	-12,6%	-4,7%
	Egle	0%	-17,2%	-9,0%
Tilpuma izmaiņas (bez mizas)	Bērzs	0%	-2,9%	0%
	Egle	0%	-1,1%	-0,4%
Tilpuma izmaiņas (ar mizu)	Bērzs	0%	-1,0%	dati nav aprēķināti
	Egle	0%	-5,7%	dati nav aprēķināti

Dabiski mitras koksnes blīvuma izmaiņas uzglabāšanas laikā straujāk notika pirmajā mēnesī. Līdzīgas atziņas gūtas arī 2010. gada Valsts pētījumu programmā īstenotajā pētījumā “Apaļo kokmateriālu apjoma noteikšana (pēc masas metodes) lietojamo pārrēķina koeficientu izstrādāšana un aprobēšana”. Šajā pētījumā konstatētās blīvuma izmaiņas egles un bērza nogriežņiem būtiski atšķiras no Valsts pētījumu programmā iegūtajiem datiem (Tab. 4). Tas var būt saistīts gan ar atšķirīgām kokmateriālu dimensijām, zāģēšanas laiku un nomizotās virsmas laukumu. Pētījuma starprezultāts apstiprina pieņēmumu, ka malkas žūšanas raksturošanai nav izmantojami apaļo kokmateriālu īstermiņa uzglabāšanas ietekmes raksturošanai izstrādātie koeficienti nav izmantojami malkas žūšanas raksturošanai, tāpēc empīrisko datu ieguve ir jāturpina.

Tab. 4: Apaļo kokmateriālu dabiski mitras koksnes blīvuma izmaiņas

Dienas		20	46	147	
Meteoroloģiskie parametri					
Gaisa temperatūra, C ⁰		17,2	17,4	11,6	
Nokrišņu summa, mm		57	83	217	
Relatīvais gaisa mitrums, %		78	78	82	
Nosaukums		Egles nogriežņi		Bērza nogriežņi	
Caurmēra grupa	Uzglabāšanas ilgums, dienas	Aprēķinātais blīvums	Modelētais blīvums	Aprēķinātais blīvums	Modelētais blīvums
Zem 15 cm	0	0	0	0	0
	20	-15,8	-11,0	-15,3	-8,8
	46	-7,9	-20,1	0,9	-15,1
	147	2,9	Prognoze nestrādā	2,7	Prognoze nestrādā

Pētījums turpinās 2021. gadā. Saskaņā ar kokmateriālu piegādes nobīdi un lai nodrošinātu sākotnēji plānoto silto mēnešu skaitu datu rindā, mērījumi ir jāturpina līdz 2021. gada maijam. Ziemas mēnešos paraugu ievākšanu veicam divreiz retāk, lai saglabātu materiālu pavasara mērījumiem.

Mašīnmācības metožu pielietojšanas iespēju izpēte apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai, izmantojot harvesteru produkcijas failos pieejamos datus un citas datu kopas

Šī pētījuma mērķis ir veikt literatūras analīzi par piemēriem harvesteru failu izmantošanā meža inventarizācijas prognožu modeļu veidošanā izmantojot mašīnmācības metodes, kā arī izstrādāt pētniecisko uzdevumu koksnes sortimentu

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

prognozēšanai mežaudzēs izmantojot harvesteru datus un attālās izpētes datus. Literatūras analīzes laikā atrasti piemēri par harvesteru failu telpisko precizitāti un to pielietojamas iespējām. Atrasts arī piemērs, kurā šie dati izmantoti prognožu modeļu veidošanā, lai prognozētu koku dimensijas (augstums, diametrs, šķērslaukums un tilpums). Dotajā piemērā prognozēm izmantots *k-Most similar neighbor* algoritms. Pētījumā sasniegtā precizitāte koku augstums ir līdz 1,9m, diametram līdz 3,2cm, caurmēram līdz 24%, tilpumam līdz 28,2%. Apskatītais pētījums parāda, ka harvesteru failu izmantošana ir iespējama meža inventarizācijas parametru noteikšanā. LVMI Silava piedāvātais pētījums paredz novērtēt šo failu izmantošanu koksnes sortimentu prognozēšanā.

Mežaudžu inventarizācijas parametri un audzes struktūra ir būtiski rādītāji meža apsaimniekošanas un mežizstrādes plānošanas kontekstā (Holopainen u.c., 2014). Lai šo informāciju iegūtu plaša mēroga teritorijām arvien biežāk izmanto attālās izpētes sniegtās iespējas (White u.c., 2016). Izmantojot attālās izpētes tehnoloģijas kā, piemēram, LiDAR datus un multispektrālās satelītainas, kombinācijā ar lauka datiem ir iespējams prognozēt tādus meža inventarizācijas parametrus kā šķērslaukums, stumbra tilpums, stumbra diametrs krūšu augstumā, koku augstums un citus parametrus (Matti Maltamo u.c., 2006). Kā lauka datus šādiem pētījumiem ziemeļvalstīs parasti izmanto meža resursu monitoringa parauglaukumus, un iznākumā veido meža inventarizācijas parametru kartes plašākām teritorijām (White u.c., 2013).

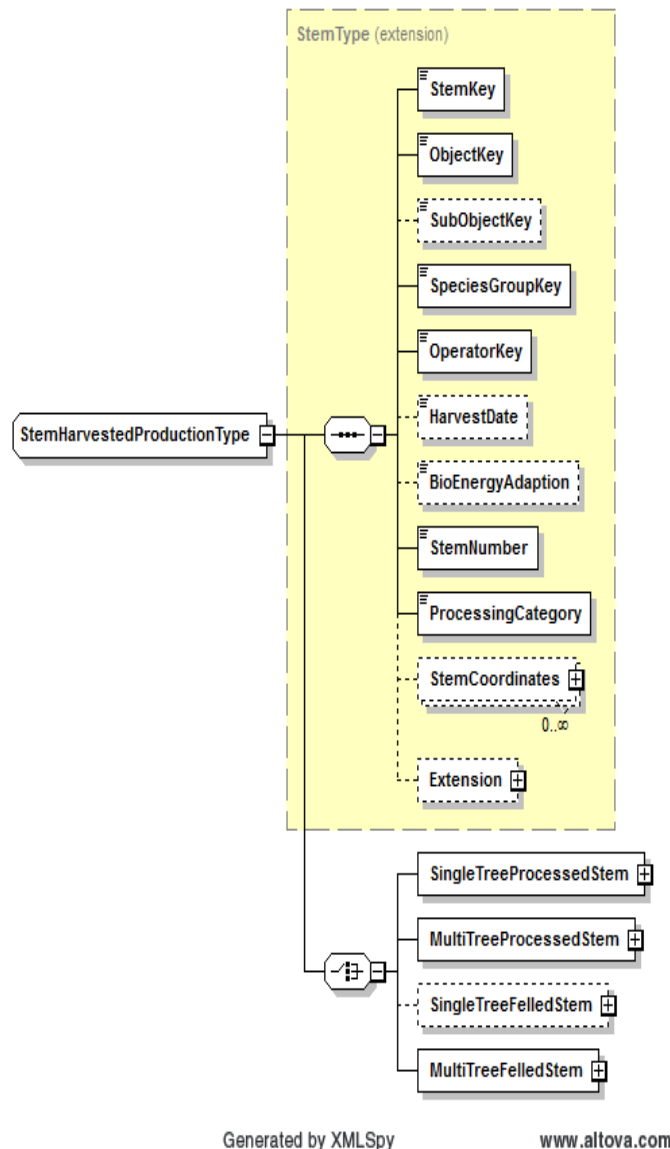
Lai veidotu šādus meža inventarizācijas prognožu modeļus ir nepieciešams liels lauka datu apjoms, kurš mērāms tūkstošos un desmitos tūkstošos datu punktos (M. Maltamo u.c., 2011). Papildus meža resursu monitoringa parauglaukumu datiem, ir iespējams izmantot arī datus, kuri iegūti no harvesteru programmām mežizstrādes procesā (Saukkola u.c., 2019). Mūsdienās harvesteru dati tiek ierakstīti atbilstoši StanForD standartam un šis standarts integrēts visu galveno harvesteru ražotāju produktos (*StanForD - Skogforsk - Forestry Research Institute of Sweden*, b.g.). Šis nodrošinājums piedāvā iegūt datus par koku stumbra diametru, garumu, un to atrašanās vietu, kā arī sugu, sortimentu un citiem parametriem (Hauglin u.c., 2017). Limitējošais faktors harvesteru datu izmantošanā kombinācijā ar attālās izpētes datiem ir harvesteru datu telpiskā precizitāte, jo harvesteru pozīcija mežā nosakāma vien ar 4,2-9,3 metru precizitāti (Kaartinen u.c., 2015). Individuālu koku atrašanās vietas nosakāmas pateicoties harvesteru strēles novietojuma (virziena un attāluma) datiem (Hauglin u.c., 2017). Harvesteru dati kombinācijā ar attālās izpētes datiem izmantojami tādā gadījumā, ja veikta galvenā cirte, tādējādi ir nosakāmi visi audzē esošie koki. Krājas kopšanas cirtē izzāgēto koku dimensijas un sugu sastāvs var atšķirties no atstātajiem kokiem, tāpēc šādus datus nebūtu ieteicams izmantot meža inventarizācijas parametru modelēšanai (Lindroos u.c., 2015). Mašīnmācības modeļa pielietošana ir iespējama arī tad, ja kā ievades lauka datus izmanto meža nogabalu līmeņa informāciju. Šī pieeja saucas *Area based approach*, jeb ABA (Gobakken & Næsset, 2009).

Secinājumi: harvesteru produkcijas faili ir labs datu avots meža inventarizācijas parametru ieguvei, jo dati tiek apstrādāti paralēli mežizstrādes darbībām, tomēr harvesteru pozīcijas GPS precizitāte ir samērā zema, tāpēc individuālo koku koordinātas

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

ir nosakāmas tikai aptuveni un nav izmantojamas telpisku datu analīzē kā individuālu koku atrašanās vietas pazīme. Prognožu modeļu veidošana tādiem meža inventarizācijas parametriem kā koku augstums, caurmērs, šķērslaukums un stubru tilpums ir iespējama, ja harvesteru faili nodrošina informāciju par manipulatora pozīciju attiecībā pret harvesteru. Līdzšinējos pētījumos no attālās izpētes datiem biežāk izmantoti LiDAR un ortofoto dati. Iespējams, ka rezultātu ticamību palielinās papildus datu kopu izmantošana kombinācijā ar mašīnmācības metodēm, pirms tam veicot izmantojamo datu uzlabošanu un harmonizāciju. Meža inventarizācijas parametru prognozēšanai izmantotas audzes, kurās veikta galvenā cirte, tāpēc datiem, kurus ievāc no krājas kopšanas cirtes, papildus būtu nepieciešams veikt atlikušo koku uzmērīšana vai modelēšana, izmantojot netiešas datu ieguves metodes.

Turpmāko darbību raksturojums: harvesteru produkcijas failu datubāzes sagatavošana un strukturēšana mašīnmācības algoritma apmācīšanai. Izstrādājamā datu bāze glabās informāciju individuālu koku līmenī ar informāciju par sagatavotajiem sortimentiem. Izmantojama informācija no harvesteru failu sadaļām “*Stem harvested production type*” (Att. 6). Iegūstama informācija par individuālu koku atrašanās vietu, sugu un iegūtajiem kokmateriālu veidiem.



Att. 6: Nozāģēto koku tipu datu struktūra *.hpr failos.

Tā kā harvesteru failos sniegto koordinātu precizitāte var svārstīties vairāku metru robežās un mašīnmācības procesā izmantojamie attālās izpētes dati nav individuālu koku līmenī, tad algoritma apmācība notiks šūnu līmenī 16*16 m izšķirtspējā. Tiks izveidots regulāru šūnu tīkls, kas pārklās visu Latvijas teritoriju un tam pievienos statistisko informāciju par dažādiem koksnes sortimentiem (Att. 7). Algoritma apmācīšanai izmantojami tikai tie harvesteru datu faili, kuri ievākti ar mērķi iegūt maksimāli augstvērtīgākos koksnes sortimentus. Harvesteru uzskaitītā kokmateriālu apjoma novirzes nav pieļaujamas vairāk par +/- 3% no auditora veiktajiem kontrolmērījumiem un izmantotajam harvesteram jābūt ar manipulatora izlīces informāciju. Izmantojami dati no cirsmām, kurās veikta galvenā cirte. Iegūtā harvesteru datu failu kopa tiks sadalīta divās daļās, no kurām viena daļa izmantojama apmācības procesā, savukārt otra daļa validācijas procesā. Datu kopu apjoma attiecība būs atkarīga no pieejamo failu apjoma.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

	Produkts	Caurmērs tievgalī, cm	Garums (i), m
Priede	I šķiras zāģbaļķis	28	3,0
	II šķiras zāģbaļķi	10 - 13,9	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2
		14 - 17,9	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8
		18 - 27,9	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8; 5,1; 5,4; 5,7; 6,0
		28<	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8; 5,1; 5,4; 5,7; 6,0
	III šķiras zāģbaļķi	18<	2,4; 3,0
	Mieti	6 - 9,99	2,5 - 3,6
Būvbaļķi	32<	3,0 - 9,0	
Egle	II šķiras zāģbaļķi	10 - 13,9	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2
		14 - 17,9	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8
		18 - 27,9	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8; 5,1; 5,4; 5,7; 6,0
		28<	3,0; 3,3; 3,6; 3,7; 3,9; 4,2; 4,5; 4,8; 5,1; 5,4; 5,7; 6,0
	III šķiras zāģbaļķi	18<	2,4; 3,0
	Mieti	6 - 9,9	2,5 - 3,6
B	Finierkluči	18<	2,7
A	Zāģbaļķi	24<	2,4; 3,0
Ma	Zāģbaļķi	24<	2,4; 3,0
Oz	Zāģbaļķi	18<	2,4
Os	Zāģbaļķi	18<	3,0
Lau koki	Taras kluči	12 - 23,9	2,4; 3,0
Skuju koku	Taras kluči	2,4; 3,0	2,4; 3,0
	Stabi 14 - 19,9	14 - 19	7,0 - 9,0
	Stabi 18cm<	18<	10,0 - 16,0
Egle, Skuju koku, Bērza, Apse, Dižkābarža, Lapu koku un Jaukta	Papīrmalka	6	3,0
Priede, Egle, Bērzs, Apse, Melnalksnis	Tehnoloģiskā koksne	6	3,0
	Malka		3,0
Bērzs, Osis, Ozols	Kamīnmalka		

Att. 7: Kokmateriālu veidu saraksts.

Mašīnmācības algoritma apmācīšana tiks veikta, par pamatu izmantojot dažādus attālās izpētes datus un tematiskās kartes. Trīsdimensionālā mežaudžu struktūras informācija tiks iegūta, izmantojot LĢIA lāzerskenēšanas datus, savukārt spektrālā informācija tiks iegūta, izmantojot otrofoto ainas un multispektrālās satelītainas. Lāzerskenēšanas dati izmantojami koku augstuma, biomasas apjoma, mežaudzes biežības noteikšanā, kā arī stumbru diametru, mežaudzes šķērslaukuma un citu parametru prognozēšanai (Matti Maltamo u.c., 2014).

Papildus attālās izpētes datiem tiks izmantoti dažādi tematiskie datu slāņi, piemēram:

- AS “Latvijas valsts meži” meža nogabalu datubāze ar informāciju par mežaudzes sastāvu, koku skaitu, augstumu, caurmēru, vecumu, apsaimniekošanas vēsturi, atjaunošanas veidu un citiem parametriem;
- zemes virsmas reljefa informācija no lāzerskenēšanas datiem;
- augsnes cilmieža informācija un augsnes mitruma apstākļu prognožu kartes;
- AS “Latvijas valsts meži” izmantoto eksporta ostu atrašanās vietu un to attāluma informācija no mežaudzēm;
- citu koksnes resursu patērētāju atrašanās vieta un attālums no mežaudzēm;
- dažādas klimatiskās kartes ar gada vidējo temperatūru, nokrišņu daudzumu, vēja ātrumu un citiem parametriem;

- Kaitēkļu izplatības informācija, vēsturiskās karadarbības vietas.

Mašīnmācības modeļus var iedalīt divās lielās kategorijās: vadītās un nevadītās mācīšanās algoritmi. Vadītā mācīšanās nodrošina skaidru rezultātu pēc tam, kad, izmantojot ievades datus, modelis ir apmācīts konkrētu aprēķinu veikšanai, piemēram, paraugu klasifikācijai un regresijas analīzei. Nevadītā mācīšanās ir samērā neprognozējama, kāda veida rezultāts tiek ģenerēts pēc tam, kad modelis ir apmācīts ar ievades datiem. Mašīnmācības modelis kokmateriālu veidu iznākuma prognozēšanai tiks izstrādāts, pārbaudot vairākus mašīnmācības algoritmus. Populārākie mašīnmācības algoritmi, kas izmantoti citu mežaudžu parametru prognozēšanā, ir *Random forest*, *gradient boosting*, *K-means*, *KNN* u.c.

Random forest ir klasifikācijas algoritms, kas sastāv no daudziem *lēmumu kokiem* (*decision trees*). Veidojot katru atsevišķu koku, tiek izmantota *bagging* un parametru nejaušība, lai mēģinātu izveidot nekorelētu lēmumu kopu, kura prognoze ir precīzāka nekā jebkura atsevišķa koka prognoze.

Gradient Boosting ir metode, kā vājus *lēmumu kokus* pārveidot par spēcīgiem. Pielietojot *Gradient boosting* metodi, katrs jauns koks ir piemērots sākotnējās datu kopas modificētai versijai. Gradianta palielināšanas algoritms sākas, apmācot lēmumu koku, kurā katram novērojumam tiek piešķirts vienāds svars. Pēc pirmā koka novērtēšanas tiek palielināts to novērojumu svars, kurus ir grūti klasificēt, un pazemināts to novērojumu svars, kurus ir viegli klasificēt.

K-means veidošana ir viens no vienkāršākajiem un populārākajiem nepārraudzītās mašīnmācības algoritmiem. Lai apstrādātu mācību datus, *K-means* algoritms datu ieguvē sākas ar pirmo nejauši izvēlēto centroīdu grupu, kas tiek izmantoti kā sākumpunkti katrai kopai, un pēc tam veic atkārtotus aprēķinus, lai optimizētu centroīdu pozīcijas. Mašīnmācības algoritma mācīšana tiek pabeigta, kad tas aptur klāsteru izveidi un optimizāciju un ja centroīdi ir stabilizējušies (to vērtības nemainās, jo kopu veidošana ir bijusi veiksmīga).

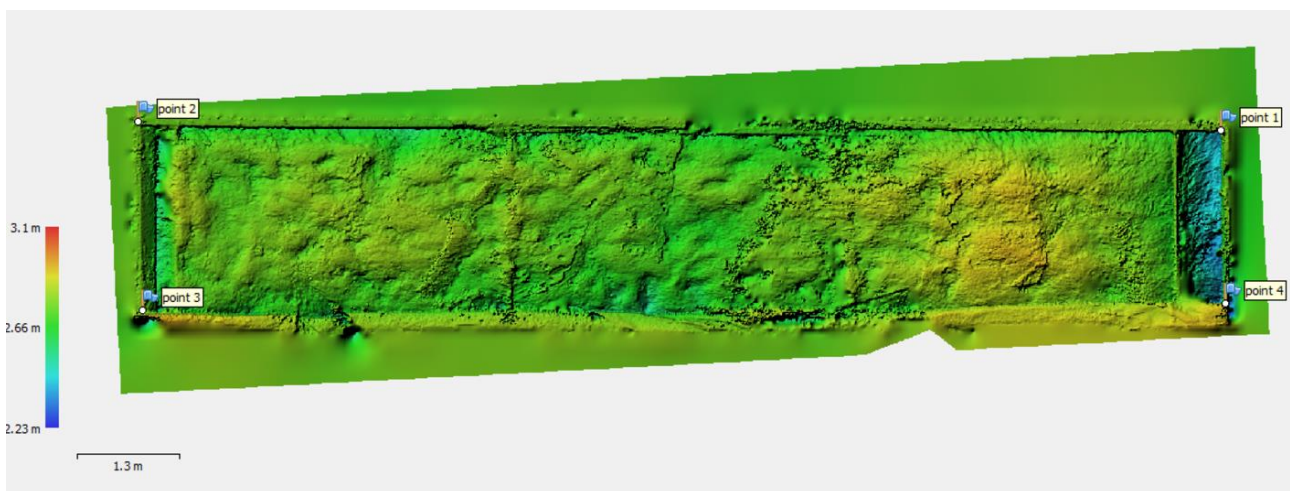
K-tuvāko kaimiņu (KNN) algoritms ir vienkāršs, uzraudzīts mašīnmācības algoritms, ko var izmantot gan klasifikācijas, gan regresijas problēmu risināšanai. To ir viegli ieviest un saprast, taču tam ir ievērojams trūkums, jo tas kļūst ievērojami lēnāks, ja pieaug izmantoto datu lielums. KNN darbojas, atrodot attālumus starp līdzīgām datu rindām un visiem treniņa datiem, atlasot noteiktos skaitļu piemērus (K), kas ir vistuvāk sākotnējai vērtībai, pēc tam klasificējot vistīcāmākos iznākumus vai skaitļo vidējās vērtības.

Kokmateriālu veidi tiks prognozēti atbilstoši ievades datiem ar mērķi iegūt pēc iespējas augstvērtīgākus koksnes materiālus, tāpēc katram koksnes sortimentam tiks veidota atsevišķa prognoze ar potenciālo tā pieejamību mežaudzē 16 * 16 m šūnas robežās. Iegūstot prognozi par katra kokmateriāla veida pieejamību mežaudzē, šūnas robežās tie tiks saskaitīti kopā un veidosies gala rezultāts pieejamajam kokmateriālu veidiem attiecīgajā teritorijā.

Šķeldu kravu piepildījuma izmaiņu monitorings un vienādojumu izstrādāšana kravu piepildījuma samazināšanās

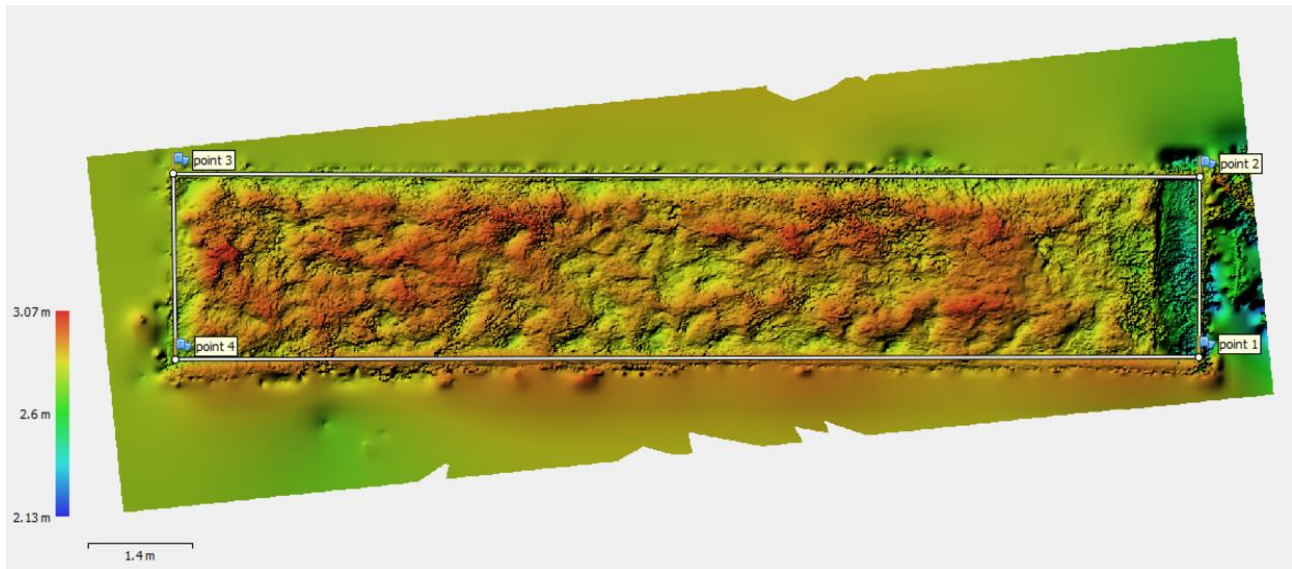
prognozēšanai

Pētījuma mērķis ir noteikt sablīvēšanas koeficientu smalcinātās koksnes pārvadājumos autotransportam sadalījumā pa sezonām un autotransporta veidiem. 2019. gadā izstrādāta metode šķeldu kravu sablīvēšanās raksturošanai, atkarībā no šķeldojamā materiāla, braukšanas apstākļiem un transportēšanas attāluma. Priekšizpētē konstatēts, ka izstrādātā fotogrammetrijas metodes kravu piepildījuma noteikšanai nodrošina precizitāti, kas atbilst ar stacionārā skenera precizitātei. Aprobējot šo metodi, izmēģinājumos konstatēts, ka pilnas kravas tilpums augšgala krautuvē ir vidēji 90,2 m³, bet lejasgala krautuvē tas samazinājās par 2,1 m³ (Att. 8). Savukārt, mērījumi ar stacionāro skeneri parādīja, ka nepiepildītais kravas tilpums ir 2,1 m³. Tas nozīmē, ka izstrādātā metode nodrošina nepieciešamo precizitāti. Tajā pat laikā konstatēts, ka būtiska pareizai datu ievākšanai (kravas fotografēšanai) ir izšķiroša nozīme, lai mazinātu kļūdu veidošanās iespējas.



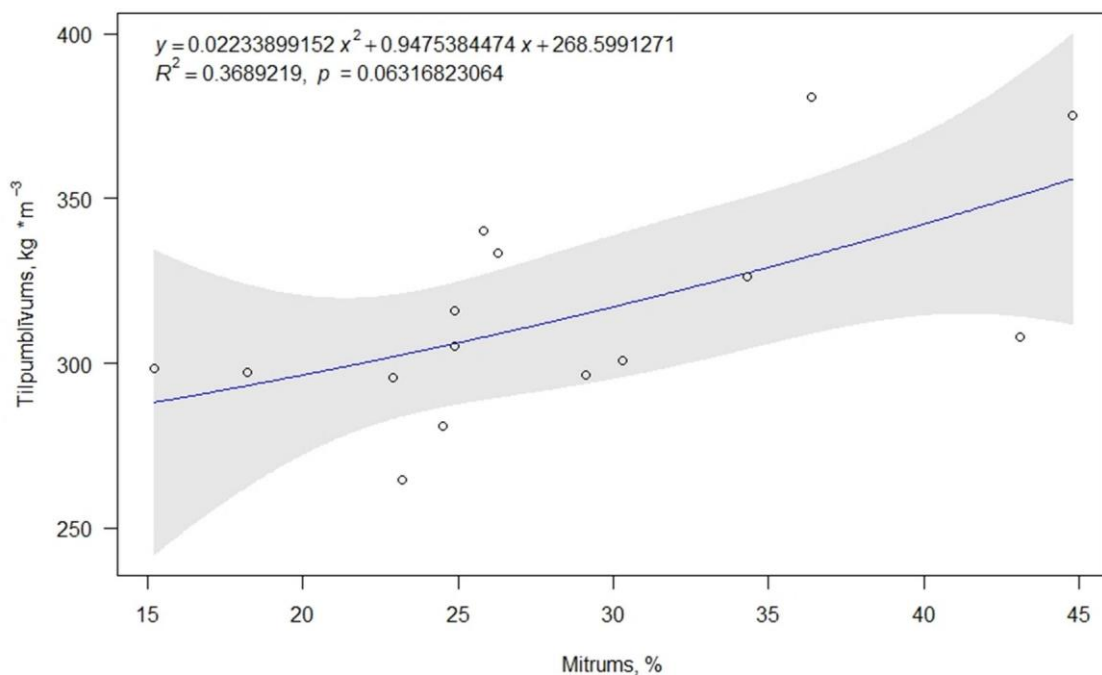
Att. 8: Šķeldu kravas telpiskais modelis pēc datu apstrādes.

Uzsākot empīrisko datu iegūvi, konstatētas datu kvalitātes problēmas. Att. 9 redzamais šķeldu kravas telpiskā modeļa piemērs neļauj veikt korektu datu analīzi, jo kravas stūros nav uzņemts pietiekoši daudz fotogrāfiju. Uzsākot mērījumus dabā, metodika vairākkārtīgi pārstrādāta, lai mazinātu kļūdu iespējas. Sakarā ar vairākkārtēju metodikas pārstrādāšanu datu iegūve nav pabeigta un to plānots turpināt 2021. gadā.



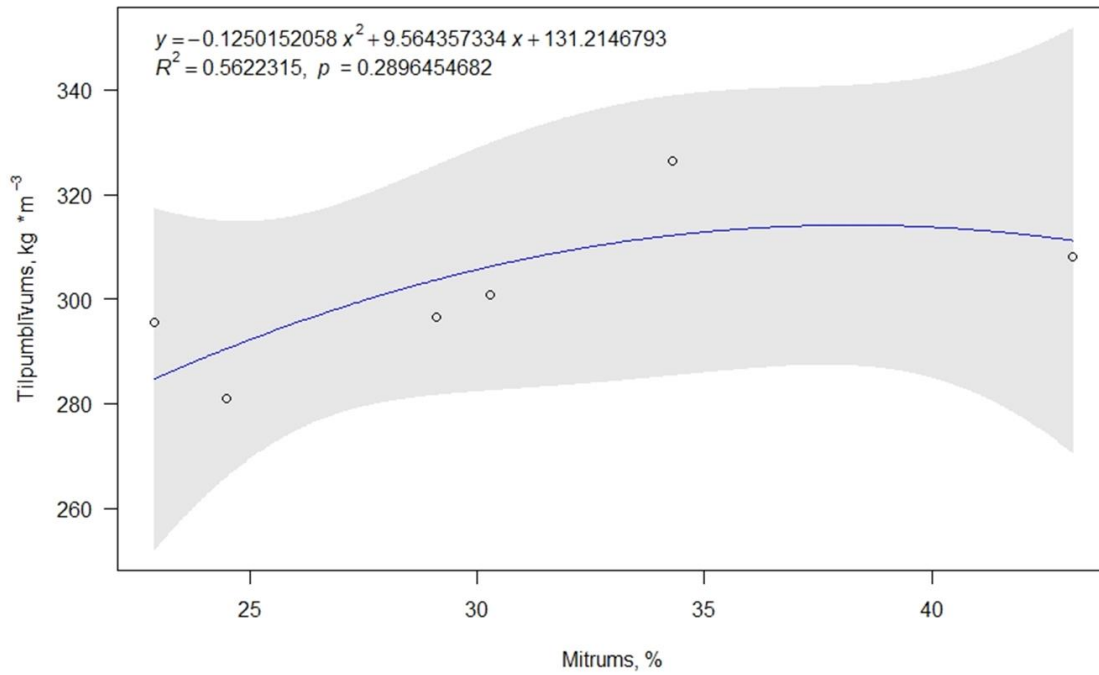
Att. 9: Neveiksmīgs šķeldu kravas telpiskais modelis pēc datu apstrādes.

Kopējās tilpumbļūvuma izmaiņas šķeldas pārvadājumos būtiski ietekmē mitrums (Att. 10), līdz ar to nepieciešams noskaidrot, vai šīs izmaiņas būtiski atšķiras starp pārvadājumiem, kuros pielieto vilcējus ar puspiekabēm vai konteineru tipa autotransportu.



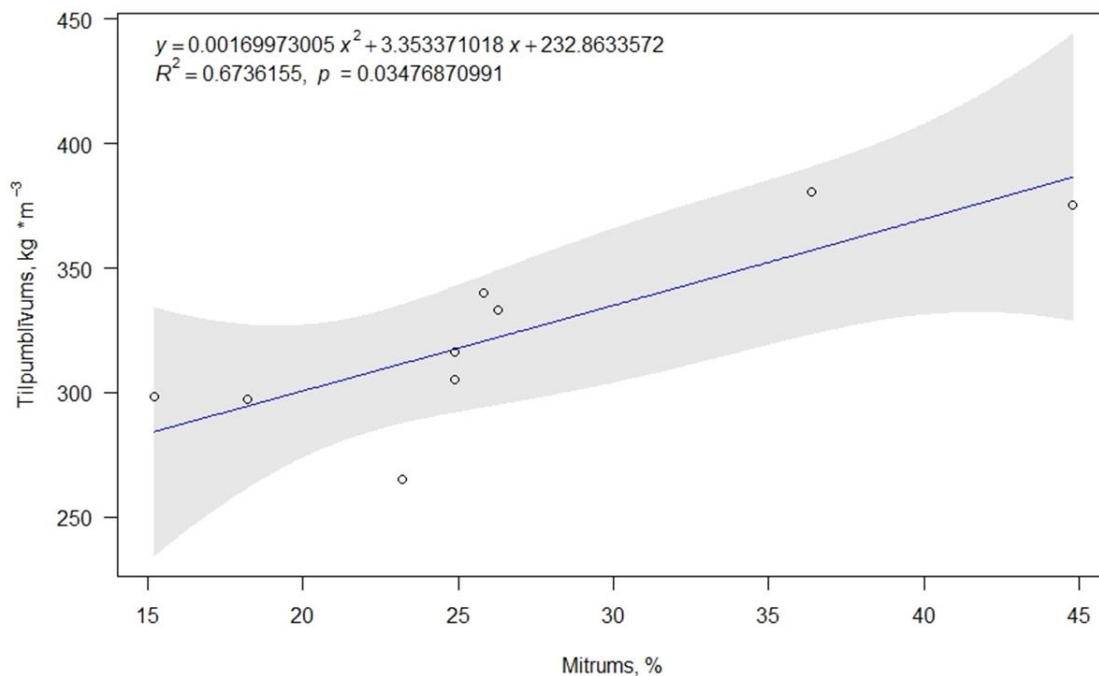
Att. 10: Tilpumbļūvuma izmaiņas (starprezultāts).

Konteineru tipa autotransporta kravās konstatētā tendence norāda uz būtiskām tilpumbļūvuma atšķirībām, mitruma saturam šķeldās pieaugot līdz 32%, pēc tam līkne izlīdzinās (Att. 11).



Att. 11: Tilpumbūvuma atšķirības konteinervedējam (starprezultāts).

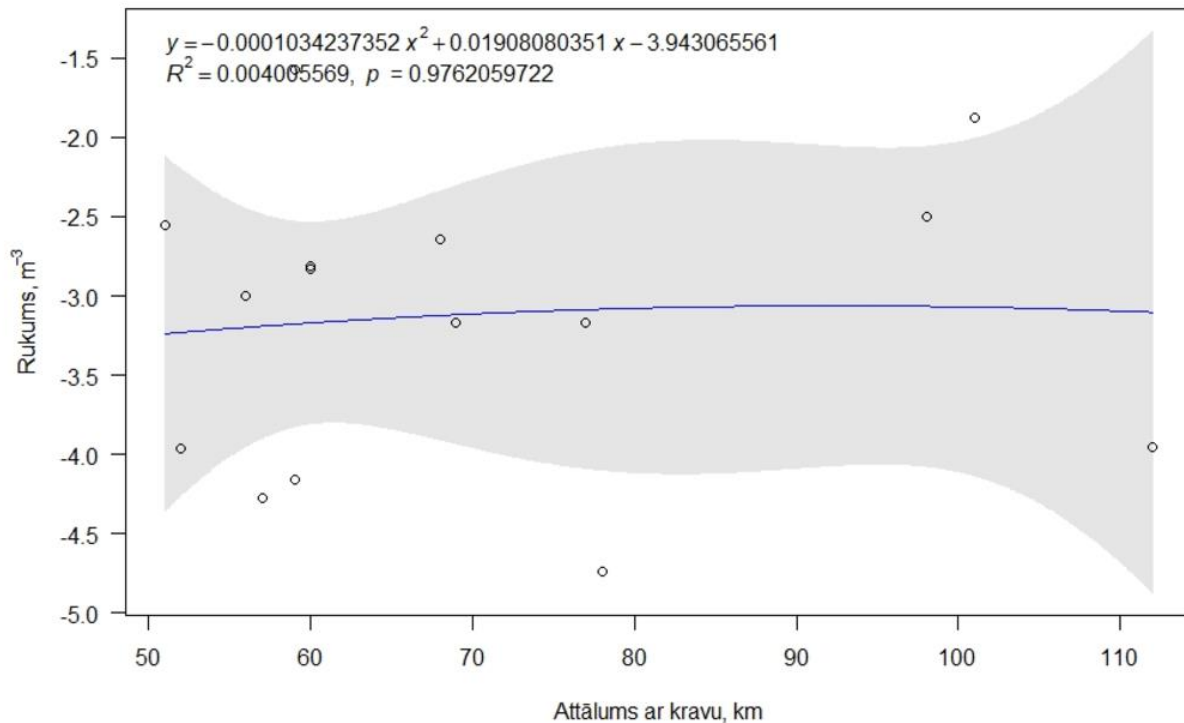
Pētījumā iegūtais starprezultāts norāda arī uz būtiskām tilpumbūvuma atšķirībām pārvadājumos, kas tiek organizēti ar puspiekabēm (Att. 12).



Att. 12: Tilpumbūvuma atšķirības puspiekabei (starprezultāts).

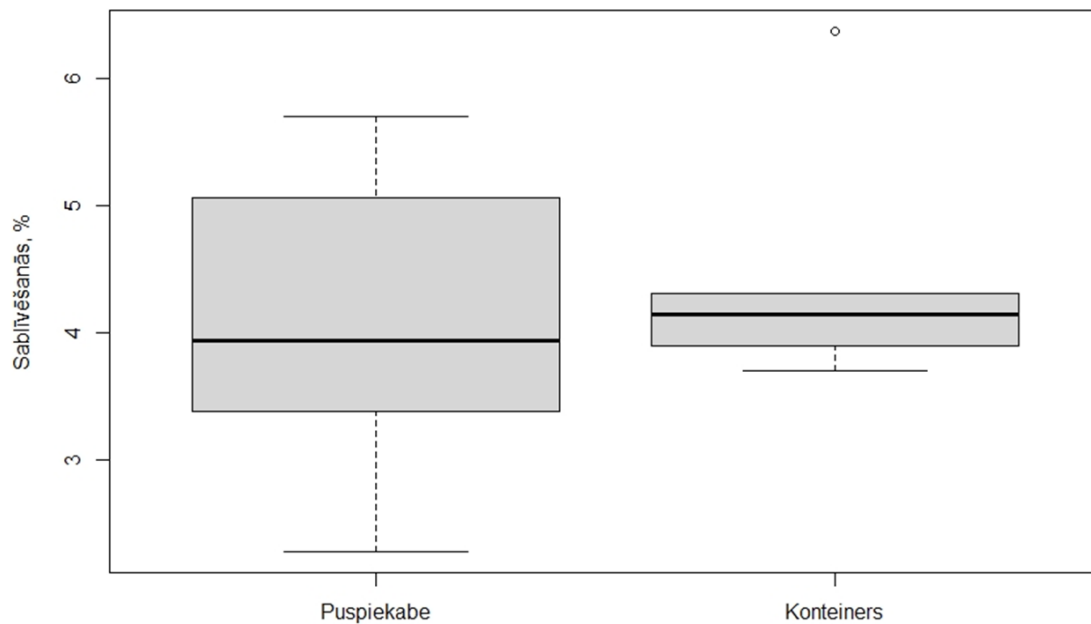
Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Saskaņā ar sākotnējiem datiem, kuri raksturo rudens sezonu, novērojama cieša pārvietošanās attāluma un kravas sablīvēšanās sakarība (Att. 13), lai arī iegūto datu apjoms ir nepietiekošs vienādojumu izstrādāšanai. Nākošajā izpētes etapā iegūsim datus, kas nepieciešami šķeldu kravu sablīvēšanās raksturošanai, atkarībā no sezonas, kravas veida un transportēšanas attāluma.



Att. 13: Šķeldu sablīvēšanās, atkarībā no transportēšanas attāluma (starprezultāts).

Saskaņā ar sākotnējiem rezultātiem, šķeldu sablīvēšanās modelēšanas precizitāte atkarīga no fotogrammetrijas ievades datu precizitātes. Ja faktiski nobrauktais attālums būs pārāk liels vai tieši otrādi, pastāv risks, ka modelis var kļūdaini aprēķināt prognozējamo sablīvējumu. Tādēļ tālākajā datu apstrādes procesā katrai kravai fiksēsim papildus parametru – ciršanas atlieku kaudzes ģeogrāfiskās koordinātes, ko izmantosim, lai papildus norādītajam attālumam, veiktu alternatīvu nobraukuma aprēķinu. Atsevišķām kravām veiksime kontrolmērījumus mitruma satura noteikšanai.



Att. 14: Sablīvēšanas šķeldu pārvadāšanā (starprezultāts).

2021. gadā pēc iztrūkstošo datu saņemšanas turpināsim kravu piepildījuma izmaiņu analīzi, lai iegūtu pētījumam nepieciešamo datu kopu un izstrādātu kravu sablīvēšanās aprēķinu vienādojumus.

Pašizmaksas modeļa izstrādāšana harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu

Pētnieciskais uzdevums ir izstrādāt pašizmaksas modeli harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu, strādājot kopšanas cirtēs, grāvju trašu un apmežojušos lauksaimniecības zemju apauguma novākšanā, kā arī pameža zāģēšanā krājas kopšanas un galvenajā cirtē.

Izmēģinājumi jaunaudžu kopšanas cirtēs un grāvju trašu apauguma novākšanā, izmantojot Ponsse Ergo 6W harvesteru, kas parīkots ar Bracke C.16 darba galvu, veikti 2018. gada novembrī un decembrī. Ņemot vērā harvestera ražīgumu attiecīgajos apstākļos un ierobežotos laika resursus, izmēģinājumu paraugkopa samazināta, aptverot pēc iespējas daudzveidīgākus apstākļus.

Jaunaudžu kopšanas cirtē izmantotā darba metode paredz, ka vispirms nozāģē kokus un krūmus, kas atrodas uz marķēta (ar krāsu iezīmēta vizūra, attālums starp vizūrām 20 m) tehnoloģiskā koridora 4 m platā joslā ar maksimālo strēles izlīci 5 m, nozāģēto kokus novietojot perpendikulāri braukšanas virzienam. Pēc koridoru izzāģēšanas turpina zāģēšanu perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam, veidojot zāģējumus sektoros (to platums atbilst harvestera darba galvas platumam, bet garums vienāds ar garāko nozāģēto koku vai maksimālo strēles izlīci – 10 m). Zāģēšanas laikā maksimāli izmanto vairāku koku uzkrāšanas mehānismu. Nozāģēto stumbrus resgaļus novieto sektorā perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam (1,5 m no riteņa), ja

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

nepieciešams, veic stumbru garumošanu. Nākamo izzāgējamo sektoru veido 90-45° leņķī attiecībā pret iepriekšējo sektoru. Darba metode neparedz sektoru kopjamajā daļā zāgēt atsevišķus sīkkokus vai krūmus, kas atbilstoši mežsaimniecības praksei nav uzskatāmi par valdaudzes koku konkurentiem.

Empīrisko datu ieguvei grāvju apauguma novākšanā atlasīti un uzmērīti 9,3 km grāvju, tajā skaitā mežizstrādes izmēģinājumiem izraudzīti grāvji, kuru kopējais garums ir 4,7 km.

Grāvju trašu apauguma novākšanā izmantotā darba metode paredz, ka harvesters pārvietojas pa grāvja atbērti, kuras platums nav mazāks par 4 m un zāgē kokus un krūmus uz atbērtnes (sniegšanās attālums līdz 8 m). Veicot apauguma novākšanu, nozāgētos stumbrus novieto perpendikulāri pāri grāvja sākuma daļai. Kokus gāž paralēli harvestera pārvietošanās virzienam, sagatavotos kokmateriālus novieto grāvī perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam.

Sagatavoto kokmateriālu pievešanai jaunaudžu kopšanas cirtēs un grāvju trašu apauguma novākšanā izmantots pievedējtraktors John Deere 810, kas aprīkots ar standarta greiferi vai greiferi ar pacelšanas mehānismu.

Pašizmaksas aprēķina modeļa izveidošanai nepieciešamie dati, kas raksturo mašinizētu pameža zāgēšanu pirms krājas un galvenās izmantošanas cirtes, iegūti 2019. gada 2. pusē, saskaņā ar darba uzdevuma “Dažādu mašinizētas pameža zāgēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana galvenajā un kopšanas cirtē” izpildi. Izmaksu aprēķiniem izmantots LVMI Silava izstrādātais ražīguma, izmaksu un ieņēmumu modelēšanas rīks (Kalēja u.c., 2017).

Pētījuma rezultāti iekļauti 2020. gadā sagatavotajā pārskatā⁶, kā arī, kopsavilkuma veidā, 2019. un 2020. gada starpziņojumā un etapa pārskatā⁷.

Secinājumi: jaunaudžu kopšanas cirtēs veiktajos izmēģinājumos iegūtie ražīguma rādītāji lielā mērā atšķiras no ražošanas apstākļos uzrādītā ražīguma un biokurināmā ražošanas izmaksām, ko var skaidrot ar ietekmi, ko rada mazo dimensiju koku salīdzinoši lielais īpatsvars izmēģinājumos. Tā kā ražošanas izmaksas būtiski atšķiras no līdzšinējos pētījumos iegūtajiem rezultātiem, izmaksu modelī ņemtas vērā iespējamās darba metodes nosacījumu īstenošanas problēmas.

Pievešanā izmantojot standarta greiferi, iegūti labāki ražīguma rādītāji, nekā, izmantojot greiferi ar pacelšanas funkciju, tomēr šis atšķirības nav statistiski būtiskas ($p = 0,0691 > 0,05$).

Labākie vidējie ražīguma rādītāji (14,9 m³ produktīvajā stundā pie vidējā stumbra tilpuma 0,06 m³), izmantojot Bracke C16.b darba galvu, uzrādīti grāvju trašu apauguma novākšanā. Salīdzinoši sliktāki vidējie ražīguma rādītāji (1,4 m³ produktīvajā stundā pie vidējā stumbra tilpuma 0,003 m³) sasniegti, veicot pameža zāgēšanu pirms galvenās izmantošanas cirtes.

⁶ https://drive.google.com/file/d/1sIH1w_QAIpuS_FgGP9K-4w-2eThQDK-S/view?usp=sharing.

⁷ <https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

Pētījumā secināts, ka Bracke C.16 darba galvas izmantošana var būt rentabla, ja ar to aprīko lietotu tehniku. Lai sasniegtu būtiski labākus ražīguma rādītājus, svarīgi izvēlēties darba metodi, kas paredz nezāgēt dimensijās mazus kokus ($D_{1,3} < 4$ cm). Krājas kopšanas cirtē pameža zāgēšana ar Bracke C.16 nav ieteicams, jo paliekošajā audzē būtiski palielinās mehāniski bojāto koku īpatsvars, savukārt, veicot pameža zāgēšanu pirms galvenās izmantošanas cirtes, šī problēma nav aktuāla.

Izmantojot greiferi ar pacelšanas mehānismu, papildus grūtības radīja nepareiza pacelšanas mehānisma montāža izmēģinājumu sākumā, kā rezultātā būtiski palielinājās remontiem un citām darbībām tērētais laiks. Izmēģinājumi ar pacelšanas mehānismu jāturpina ražošanas apstākļos, nodrošinot operatoriem iespēju pielāgoties šīs funkcijas izmantošanai, satverot kokmateriālus tuvāk resgalim, tādējādi samazinot manipulatora pārvietošanas laiku.

Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs no mežizstrādes atliekām Sl, Mr, Mrs, Ln un Dm meža tipos

Pētījuma mērķis ir aprobēt darba metodi mežizstrādes atlieku vākšanai krājas kopšanas cirtēs, kā arī novērtēt mežizstrādes atlieku sagatavošanas pašizmaksu un vai biokurināmā sagatavošana nesamazina mežizstrādes ražīgumu kopšanas cirtē, attiecīgi, vai uzņēmumiem, kas gatavo biokurināmo, nav nepieciešamas piemaksas. Pētījumā salīdzinātas 3 darba metodes:

1. jeb standarta metode – mežizstrādes atliekas tiek ieklātas tehnoloģiskajos koridoros;
2. jeb sīkkoku metode – daļēji atzarotā sīkkoksne savākta biokurināmā sagatavošanai;
3. jeb mežizstrādes atlieku metode – harvestera darba sektors sadalīts 2 zonās un mežizstrādes atliekas vāktas tālākajā zonā (6-10 m no tehnoloģiskā koridora ass), bet tuvākajā zonā mežizstrādes atliekas atstāj izklaidus vai ieklāj tehnoloģiskajā koridorā.

Standarta metode (1. metode). Mežizstrādes atliekas ieklāj tehnoloģiskajā koridorā. Koki gāzti 45° leņķī vai perpendikulāri pret koridora garenasi. Operators, nemainot harvestera darba pozīciju, vispirms nozāgē kokus, kas atrodas ne tālāk par 5 m no harvestera tehnoloģiskā koridora robežās virzienā uz priekšu. Lai operatoram atvieglotu atstājamo koku izvēli, harvestera darba pozīciju ieteicams mainīt 0,3-1 m gariem pārbraucieniem. Kokus uz tehnoloģiskā koridora gāž perpendikulāri vai 45° leņķī. Harvestera darba slejas platums labajā vai kreisajā pusē no harvestera, mērot no iedomātas tehnoloģiskā koridora ass līnijas, ir 10 m. Šo sleju sadala divās daļās. Pirmā daļa ir līdz 6 m no tehnoloģiskā koridora garenass. Šajā daļā kokus gāž virzienā uz tehnoloģisko koridoru, zarus atstājot uz tehnoloģiskā koridora. Otrajā daļā, 6-10 m no tehnoloģiskā koridora garenass, kokus gāž pretējā virzienā, veidojot zaru kaudzes, kuras pēc tam ar harvestera galvu ievieto tehnoloģiskajā koridorā.

Sīkkoku vākšana (2. metode). Ciršanas atliekas un daļēji atzaroto sīkkokus, kas nav piemēroti sortimentu gatavošanai, savāc biokurināmā sagatavošanai. Kokus uz

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

tehnoloģiskā koridora gāž paralēli tā garenasij, 45° leņķī vai perpendikulāri. Kokus atzaro uz tehnoloģiskā koridora no galotnes veidojot daļēji atzarotu sīkkoksni ar caurmēru zāgējuma vietā apmēram 1 cm, garumu – 2-4 m. Šādu sīkkoksni gatavo pēc darba uzdevumā esošā mazākā sortimenta caurmēra. Piemēram, ja mazākais darba uzdevumā esošais sortiments ir malka ar caurmēru līdz 7 cm, tad no 7 līdz 1 cm gatavo daļēji atzaroto sīkkoksni. Harvesteru darba pozīciju maiņa notiek līdzīgi kā pirmajā darba metodē. Harvesteru darba slejas platums no tehnoloģiskā koridora ass līnijas, ir 10 m. Šo sleju sadala 2 zonās. Pirmā daļa ir līdz 6 m no tehnoloģiskā koridora garenass. Šajā zonā kokus gāž virzienā prom no harvesteru un apstrādā otrajā zonā (6-10 m no tehnoloģiskā koridora garenass) – virzienā pret harvesteru. Kokus, kas nogāzti šajā joslā, apstrādā turpat.

Mežizstrādes atlieku vākšana (3. metode). Kokus, kas atrodas uz tehnoloģiskā koridora, apstrādā līdzīgi kā pirmajās 2 metodēs. Vispirms nozāgē kokus kas atrodas uz tehnoloģiskā koridora priekša harvesteram, taču ne tālāk kā 5 m robežās. Harvesteru pārvietošanās pa cirsmu notiek, tāpat kā 1. metodē. Kad uz tehnoloģiskā koridora nozāgēti esošie koki darbs jāplāno labajā, vai kreisajā traktora pusē veidojot darba zonu. To veido perpendikulāri harvesteru kustības virzienam. Slejas platums no tehnoloģiskā koridora garenass 10 m. Pēc tam šo sleju sadala 2 zonās tāpat kā pirmajās divās darba metodēs. Pirmajā zonā kokus tehnoloģiskā koridora virzienā ciršanas atliekas paredzot atstāt uz tehnoloģiska koridora. Otrajā zonā kokus gāž prom no harvesteru, veidojot ciršanas atlieku kaudzes.

Visās darba metodēs pieļaujama attālums no harvesteru riepās līdz sortimentu joslai ir 1-1,5 m, bet attālums no riepās līdz ciršanas atlieku kaudzei ir vismaz 2 m.

Pētījumā iekļautās darba metodes vērtētas ar šādiem kritērijiem: harvesteru operatoru darba ražīgums – dažādu dimensiju koku zāgēšanas un apstrādes ražīgums; pievešanas ražīgums; paliekošo koku bojājumi un augsnes bojājumi; kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa.

Pētījuma ietvaros veikta harvesteru un forvarderu darba laika uzskaitē, novērtēti mežaudžu taksācijas rādītāji pirms un pēc mežizstrādes veikšanas, uzskaitīti paliekošo koku bojājumi, kā arī aprēķināta mežizstrādes darbu pašizmaksa.

Apaļo kokmateriālu un mežizstrādes atlieku sagatavošanai pētījumā izmantots harvesteru Ponsse Fox 8W, kas aprīkots ar H6 darba galvu. Apaļo kokmateriālu pievešanai izmantots forvarders Ponsse Buffalo 8W, kas aprīkots ar standarta kausu kokmateriālu satveršanai. Biokurināmā pievešanai izmantots forvarders Komatsu 855, kas aprīkots ar kausu ciršanas atlieku satveršanai.

Harvesteru operatoru ražīgums, strādājot ar 3. darba metodi (mežizstrādes atlieku sagatavošana no tālākās zonas), būtiski neatšķiras no ražīguma rādītājiem, salīdzinājumā ar 1. metodi, iekļājot atliekas ceļos vai atstājot izklaidus. Vidējais harvesteru operatoru ražīgums, izmantojot 1. darba metodi, ir 21,6 m³ apaļo kokmateriālu produktīvajā darba stundā, 2. metodi – 17,1 m³ h⁻¹; bet 3. metodi – 22,3 m³ h⁻¹.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pievešanā konstatētas būtiskas atšķirības, kas nav tieši saistītas ar biokurināmā sagatavošanu, bet var būtiski ietekmēt kokmateriālu pievešanas pašizmaksu. Ja, pasliktinoties pievešanas apstākļiem, izvešanai sagatavotās mežizstrādes atliekas ir jāieklāj ceļos, pievešanas ražīguma rādītāji būtiski samazinās. Labos pievešanas apstākļos, kad mežizstrādes atliekas nav jāieklāj ceļos, kokmateriālu pievešanas ražīgums būtiski neatšķiras.

Paliekošo koku bojājumi pēc mežizstrādes pabeigšanas būtiski neatšķiras, neatkarīgi no izmantotās darba metodes. Lielākais bojāto koku skaits konstatēts, pielietojot 2. darba metodi, kas nav rekomendēta izmantošanai praksē.

Kokmateriālu pašizmaksa, sagatavojot biokurināmo kopšanas cirtē (3. darba metode), būtiski neatšķiras no konvencionālās darba metodes, taču izmaksas var pieaugt, ja biokurināmā sagatavošanai savāktās mežizstrādes atliekas ir jāieklāj ceļos, pasliktinoties laikapstākļiem.

Ņemot vērā mežizstrādes un pievešanas ražīguma rādītājos, pētījumā secināts, ka 3. darba metodi var rekomendēt ieviešanai praksē, taču pastiprināta uzmanība jāpievērš pievešanas apstākļu novērtēšanai, lai mazinātu izmaksu pieauguma risku, ja savāktās mežizstrādes atliekas nākas ieklāt ceļos.

Pētījuma rezultāti iekļauti 2019. gadā sagatavotajā un 2020. gadā papildinātajā pārskatā⁸, kā arī, kopsavilkuma veidā, 2018., 2019. un 2020. gada starpziņojumā un etapa pārskatā⁹. Izmaksu aprēķinu modelis atbilstoši pētījumā iegūtajiem ražības rādītājiem pieejams projekta interneta vietnē¹⁰. Nozāģēto koku caurmēra un citu faktoru ietekmes novērtēšanai turpat pieejama modeļa versija ar papildus tabulām ekonomiskajai un jutības analīzei¹¹. Zāģējamo koku sadalījuma prognozēšanai izmantots Veibula sadalījums, balstoties uz pētījumā iegūtajiem datiem par nozāģēto koku dimensijām, neskaitot pameža sīkkokus.

⁸ <https://drive.google.com/file/d/1XkAItfZgtyssqkLR5P1XO88H1T1WuDFPS/view?usp=sharing>.

⁹ <https://drive.google.com/file/d/17wO11xDP9qU-lmBChID6Cq4kgP2KL-EN/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/1FUU-lHuR3fZPLjJKIEW3xbWaoTGCHAVH/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

¹⁰ https://drive.google.com/file/d/1Hsajz-zn_eur1KuCr0xfE_hEn_OsP__d/view?usp=sharing.

¹¹ <https://drive.google.com/file/d/1FLnDKg5IH9qJ4CNluhA2gnynXWu5CHZm/view?usp=sharing>.

RISINĀJUMI DEGVIELAS PATĒRIŅA SAMAZINĀŠANAI MEŽA DARBOS

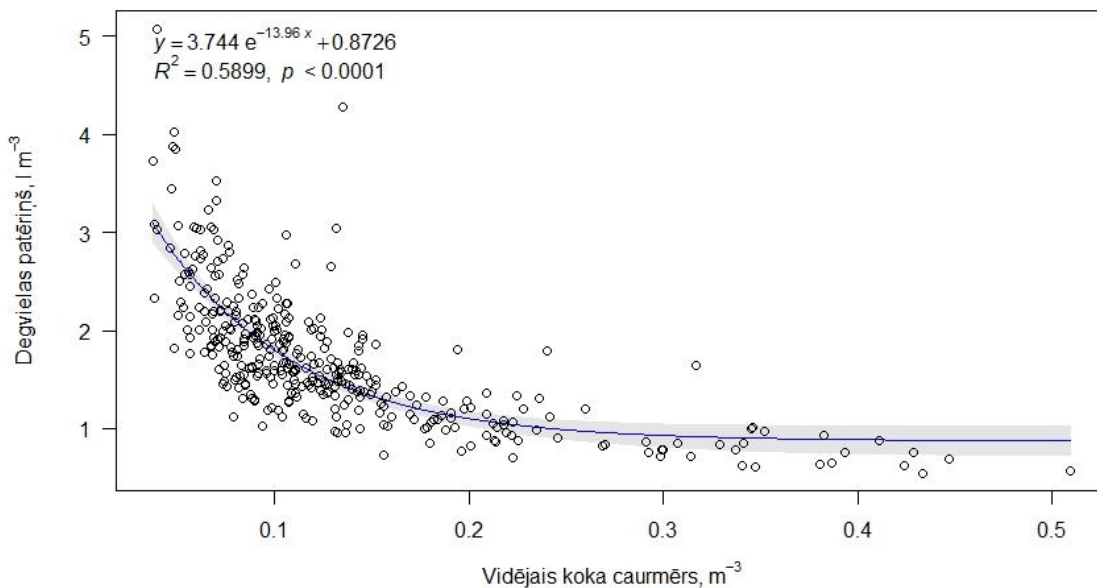
Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē

Pētījumā mērķis ir novērtēt harvestera un forvardera degvielas patēriņa likumsakarības, izmantojot harvestera produkcijas failus un iegūstot empīriskus datus par forvardera degvielas patēriņu, veicot monitoringu ražošanas apstākļos un izmantojot iepriekš veiktajos pētījumos iegūtos datus par forvardera degvielas patēriņa likumsakarībām.

Pieņemšanas degvielas patēriņa darba uzdevums īstenots daļēji, jo pētījuma laikā nebija pieejama tehnika degvielas patēriņa datu ieguvei dažādos slodzes režīmos platībās ar kūdras augsni, kā arī degvielas patēriņa monitoringam ražošanas apstākļos.

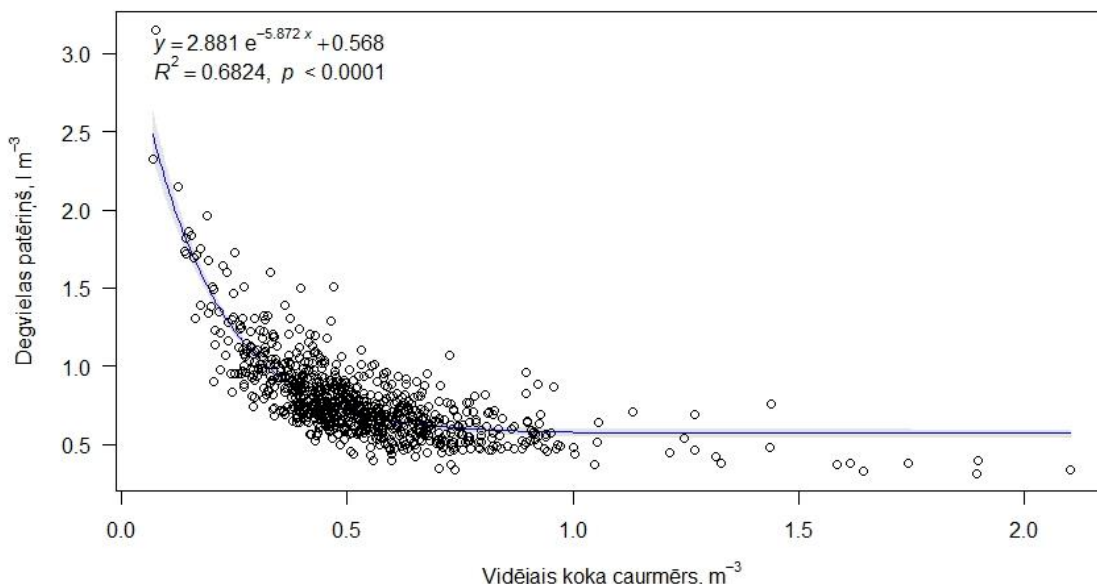
Viens no pētījuma mērķiem ir **harvesteru degvielas patēriņa datu analīze** un priekšlikumu izstrādāšana degvielas patēriņa samazināšanai. Analīze veikta, izmantojot lielu harvesteru produkcijas failu kopu (925 harvestera produkcijas faili no galvenās cirtes un 384 faili no krājas kopšanas cirtes). Analīzē ietverti vidējās klases un lielāki harvesterus, kas strādājuši 2016. un 2017. gadā kopšanas un galvenajā cirtē. Pētījumā vērtēta darba sezonālitate, atsevišķi analizējot ziemas apstākļos, pavasarī un rudenī, kā arī vasarā izstrādātās cirsma. Degvielas patēriņa samazināšanas potenciāls novērtēts, balstoties uz sakarībām starp nozāģēto koku dimensijām, ražīgumu un degvielas patēriņu. Pētījuma vajadzībām izstrādāta programma Ponsse produkcijas failu eksportēšanai uz Microsoft Excel formātu kas izmantota AS “Latvijas valsts meži” iesniegto datu konvertēšanai.

Ražīguma un degvielas izmaiņas ietekmē daudzi faktori, kurus ne vienmēr iespējams paredzēt un novērst. Veicot krājas kopšanas cirti, 46% no audžu kopskaita vidējā nozāģētā koka tilpums ir 0,1 m³ un 40% audžu – 0,2 m³. Degvielas patēriņš, strādājot audzēs ar mazāku vidējo nozāģēto koku, ir ievērojami liekāks, pārrēķinot uz vienu kubikmetru. Sakarību raksturo pakāpes vienādojums.



Att. 15: Degvielas patēriņa izmaiņas krājas kopšanas cirtē, atkarībā no vidējā nozāģētā koka tilpuma.

Pētījumam pieejamajā datu kopā, kas pārstāv galveno cirti, 75% no cirsmu kopskaita vidējā koka tilpums ir no 0,4 m³ līdz 0,7 m³. Degvielas patēriņš samazinās, līdz vidējā nozāģētā koka caurmērs sasniedz 0,5 m³ (Att. 16), bet, pieaugot vidējā nozāģētā koka tilpumam vēl vairāk, degvielas patēriņa izmaiņas vairs nav būtiskas. Degvielas patēriņa izmaiņas raksturo pakāpes vienādojums.



Att. 16: Degvielas patēriņa izmaiņas galvenajā cirtē, atkarībā no vidējā nozāģētā koka tilpuma.

Degvielas patēriņam ir negatīva (KKC = -0,79 un GC = -0,73) cieša (p=0,00) korelācija. Palielinoties cirsmas vidējā nozāģētā koka tilpumam, degvielas patēriņš samazinās.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Ražīguma un degvielas patēriņa aprēķinu balstīšana tikai uz sistēmas uzskaitīto G_{15} laiku var nebūt korekta, jo šajā laikā var nebūt ieskaitītas vairākas darbības, piemēram, iebraukšana, ķēdes maiņa u.c., ja operators sistēmā šo atzīmējis kā pusdienu pārtraukumu. Ražīguma aprēķināšanas metodikas maiņa no uzskaitītajām G_{15} stundām uz patērētajām motorstundām atspoguļotu ražīgumu un vidējos degvielas patēriņa rādītājus precīzāk, iekļaujot aprēķinā darba elementus, kurus šobrīd var “apiet”, piemēram, neieslēgt maiņu, braukšanas laikā, veicot ar darbu saistītas darbības, sistēmā fiksēt tās kā pusdienu pārtraukumu.

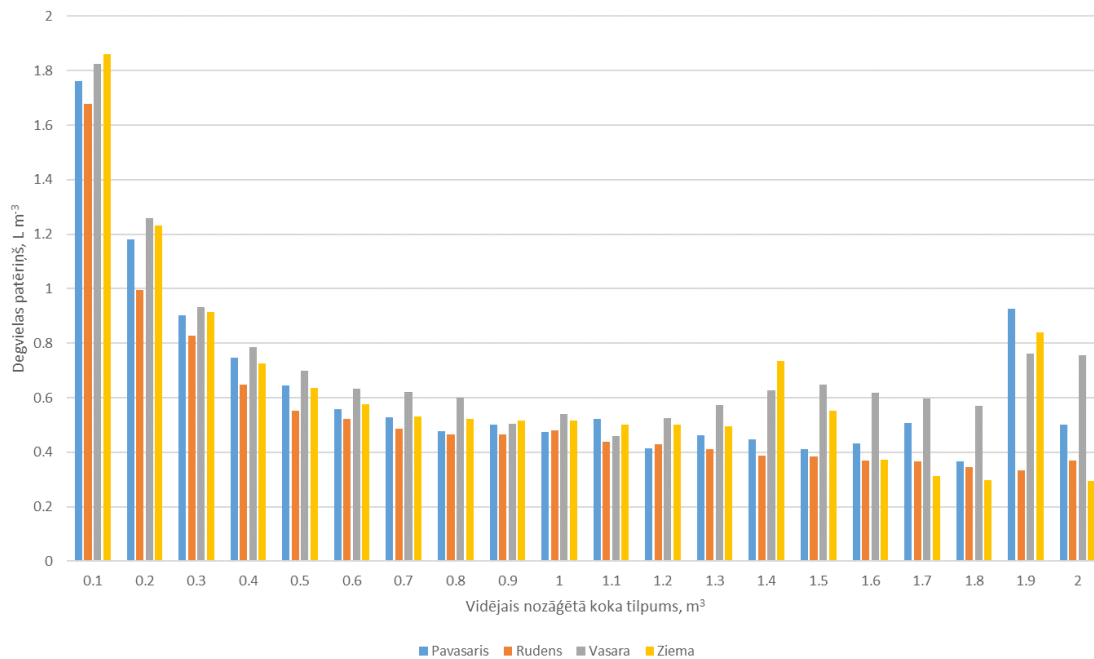
Degvielas patēriņa izmaiņas gada griezumā, atkarībā no sezonas, nepieciešamas analizēt, par pamatu ņemot motorstundas, bet StanForD 2010 standartā šāds rādītājs nav iekļauts, tāpēc harvesteru atskaitēs netiek atspoguļots.

Salīdzinot apstrādātā koka tilpumu, ražīgumu un degvielas patēriņu, cirsmas robežā tie būtiski neatšķiras, bet dažādos cirtes veidos atšķirības ir būtiskas (Tab. 5).

Tab. 5: Rādītāju izmaiņas atkarībā no cirtes veida un sezonas

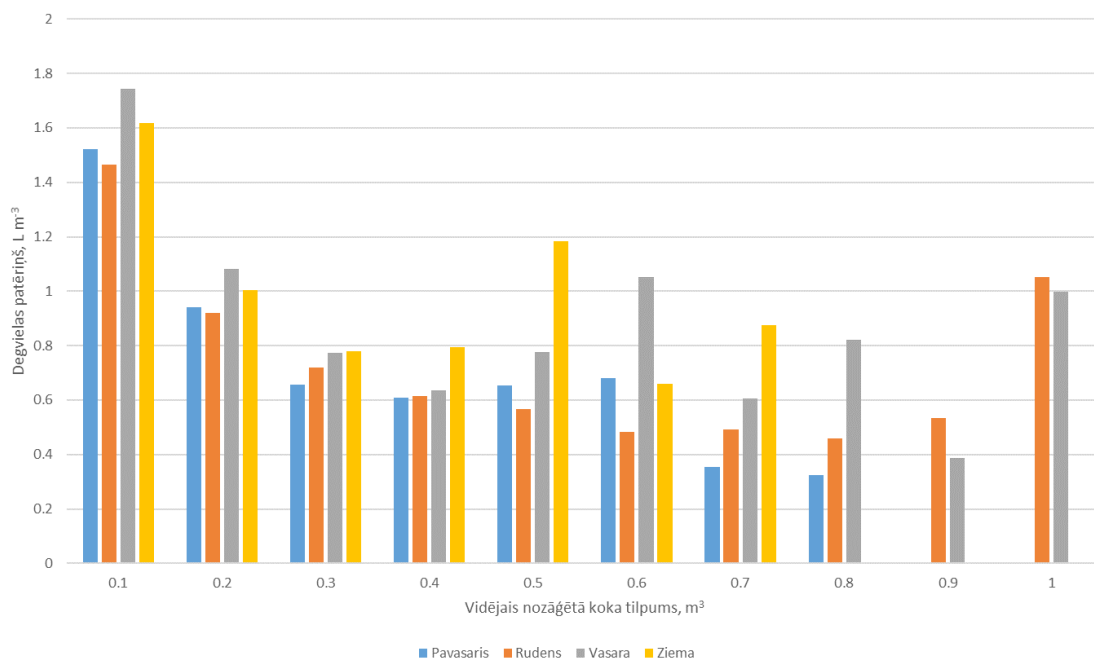
Cirtes veids	Sezona	Vidējais koka tilpums, m^3	Vidējais ražīgums, $m^3 h^{-1}$	Vidējais degvielas patēriņš, $L m^{-3}$	Vidējais degvielas patēriņš, $L h^{-1}$
Galvenā cirte	Pavasaris	0,52 ±0,09	28,48 ±5,45	0,66 ±0,7	18,72 ±4,41
	Rudens	0,68 ±0,12	34,61 ±6,04	0,53 ±0,64	18,46 ±4,4
	Vasara	0,47 ±0,07	24,72 ±5,14	0,76 ±0,73	18,69 ±4,42
	Ziema	0,49 ±0,09	26,62 ±5,33	0,68 ±0,69	18,16 ±4,34
Krājas kopšanas cirte	Pavasaris	0,13 ±0,02	9,41 ±3,08	1,34 ±1,03	12,63 ±3,59
	Rudens	0,17 ±0,05	10,87 ±3,31	1,18 ±0,89	12,87 ±3,6
	Vasara	0,13 ±0,02	8,25 ±2,88	1,57 ±1,12	12,99 ±3,61
	Ziema	0,12 ±0,03	8,51 ±2,89	1,5 ±1,1	12,74 ±3,56

Galvenajā cirtē, pieaugot vidējā apstrādājamā koka krājai no $0,1 m^3$ līdz $0,4 m^3$, vidējais degvielas patēriņš uz saražoto produkcijas vienību samazinās par 40% (Att. 17), savukārt, vidējā nozāgētā koka krājai palielinoties virs $0,4 m^3$, degvielas patēriņa izmaiņas ir 10% robežās. Analizējot sezonas ietekmi uz degvielas patēriņu galvenajā cirtē, sadalījumā pa caurmēra grupām izmaiņas nav būtiskas ($p = 0,41$; Att. 17).



Att. 17: Degvielas patēriņa izmaiņas sadalījumā pa sezonām galvenajā cirtē.

Degvielas izmaiņas atkarībā no vidējā pastrādājamā koka tilpuma sadalījumā pa sezonām būtiski nemainās, pavasarī $0,72 \text{ L m}^{-1}$, rudenī $0,73 \text{ L m}^{-1}$, vasarā – $0,88 \text{ L m}^{-1}$ un ziemā $0,98 \text{ L m}^{-1}$ (Att. 18).



Att. 18: Degvielas patēriņa izmaiņas sadalījumā pa sezonām krājas kopšanas cirtē.

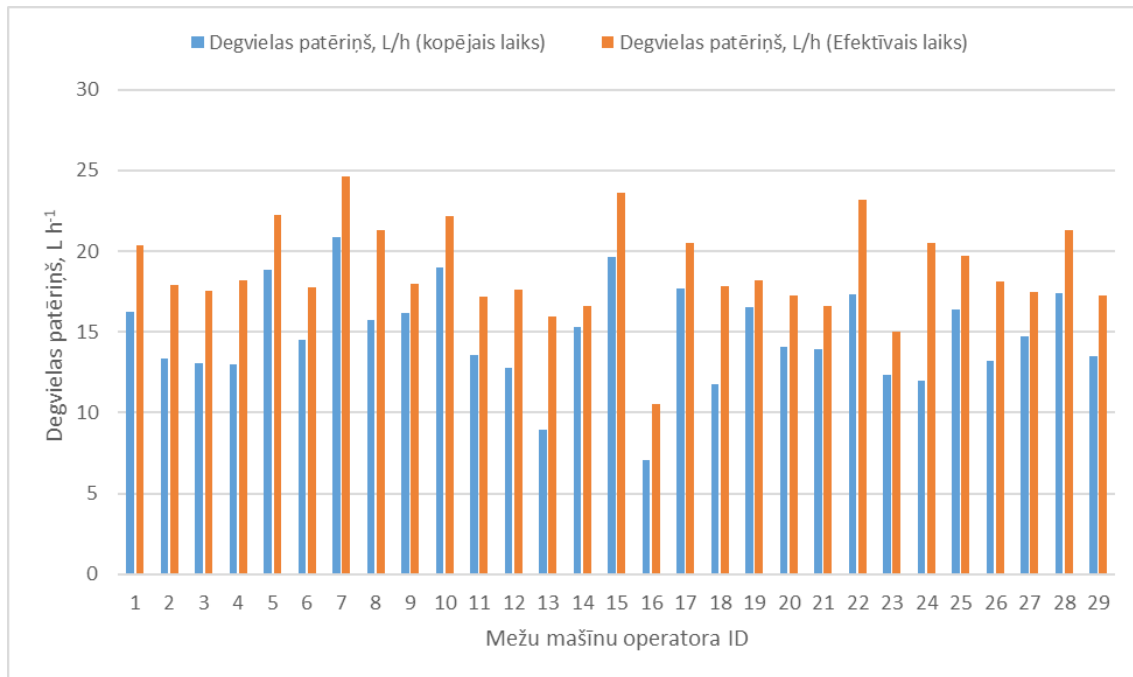
Meža mašīnu operatoru izvērtējums veikts, identificējot maiņu skaitu, kurā operatori maiņu veikuši “atpūtas vietā”, kā arī analizējot ražīguma un degvielas patēriņa izmaiņas, atkarībā no sezonas un vidējā izcērtamā koku tilpuma.

No kopējā maiņu skaita 43% gadījumu operatori maiņu veikuši “bāzes vietā”, par to liecina veiktie braucieni, kas harvesterā izdrukās atšifrēti kā “pārvietošanās apvidū”. Vidējais nostrādātais maiņas ilgums $4,5 \text{ h} \pm 2,1$, kas atbilst vidējam maiņas ilgumam

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

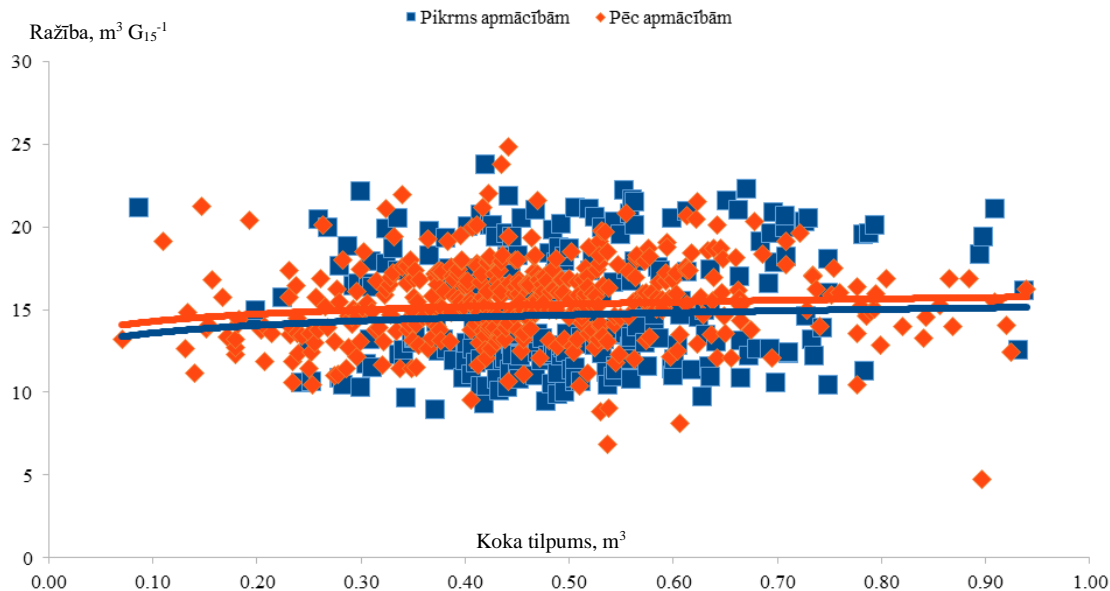
darbā ar harvesteru. Veicot pārbraucienus ar harvesteru, lai nodotu maiņu, patērēts 1,3% no kopējā degvielas apjoma.

Degvielas patēriņa kopējās izmaiņas, atkarībā no aprēķinu metodes, ir 29% robežās, bet krājas kopšanas cirtēs 23%. Atšķirības starp operatoriem, kuri strādā galvenajā cirtē, parādītas Att. 19.



Att. 19: Degvielas patēriņa izmaiņas sadalījumā pa mežu mašīnu operatoriem galvenajā cirtē.

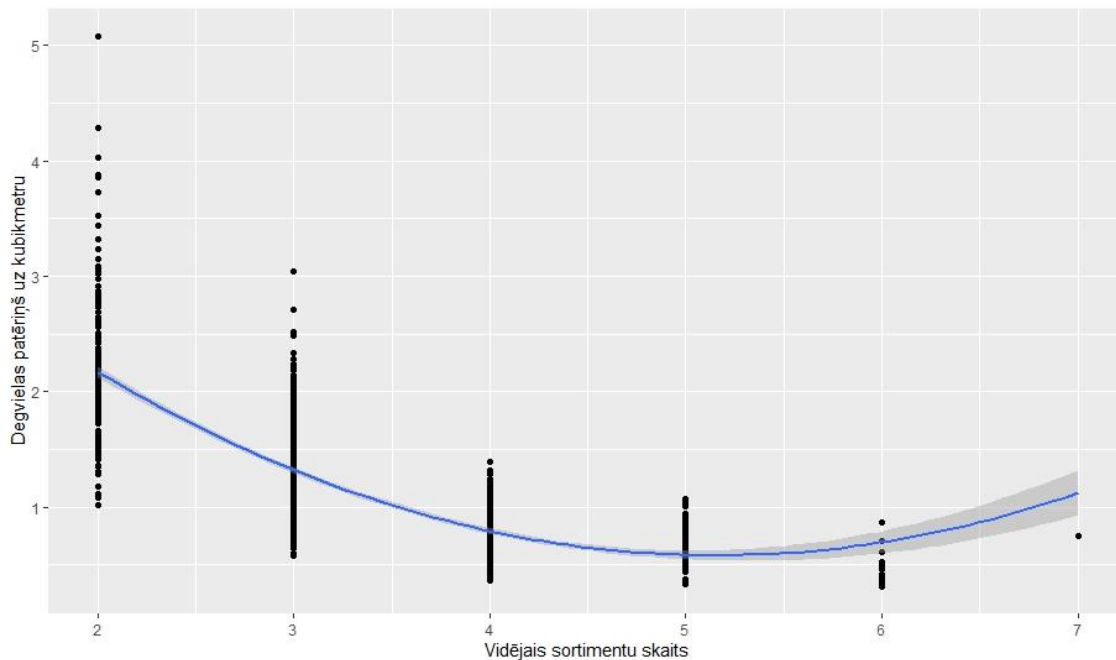
Datu analīzei par operatoru profesionalitātes ietekmi uz degvielas patēriņu un ražīgumu, kā papildus faktors izvērtēts apmācības process. Pēc apmācības ražīgums uzlabojas (Att. 20). Ražīguma prognozēšanai, balstoties uz vidējā nozāģētā koka tilpumu, krājas kopšanas cirtē izmantojams 2. kārtas polinoma vienādojums $y = 7,65 + 52,1x - 6,28x^2$. Izstrādātā vienādojuma ticamība $R^2 = 0,61$, izstrādātajam vienādojumam ir pozitīva (0,71) cieša ($p=0,00$) korelācija. Galvenajā cirtē ražības datu izkliede pie vienāda vidējā nozāģētā koka tilpuma, kā rezultātā prognožu vienādojuma ticamība $R^2 = 0,38$ ir pārāk maza, lai to pielietotu ražošanā.



Att. 20: Ražīguma rādītāji pirms un pēc apmācībām, zāģējot vienādu dimensiju kokus.

Mežizstrādē nepieciešams samazināt “tukšos braucienus”, kas nozīmē maiņu nodošanu mežā, nevis atpūtas vietā. Šī jautājuma risināšana ražošanas līmenī iespējama vien tad, ja mežizstrādes uzņēmuma iekšienē pilnveidota izpratne par degvielas ietekmi uz pašizmaksu un siltumnīcefekta gāzu samazināšanas mērķi, enerģētikas un transporta sektorā. Šādus “tukšos braucienus” var konstatēt, zinot degvielas tvertnes tilpumu, pārbraucienu skaitu un attālumu. Pētījumā redzamas būtiskas atšķirības ražīgumā, degvielas patēriņā un, pārrēķinot uz saražotās produkcijas vienību. Lai izlīdzinātu šos rādītājus, nepieciešama visu iesaistīto pušu izglītošana.

Degvielas patēriņa izmaiņas var izraisīt ne tikai tehnikas uzstādījumi, kuru ietekmi nereti ir grūti konstatēt, bet arī kokmateriālu veidu skaits (**Att. 21**). Veicot aprēķinus tikai pēc produkcijas failiem, nevar konstatēt, cik liela ietekme uz degvielas patēriņu bijusi tieši sagatavojamo kokmateriālu veidu skaitam un cik lielu ietekmi rada, iespējams, kļūdaini noregulēts zāģa gājiens.



Att. 21: Degvielas patēriņš, atkarībā no sagatavojamo kokmateriālu veidu skaita.

Pētījumā ietvertajā galvenās cirtes datu kopā nelietderīgo pārbraucienu skaits ir 157. Šo cirsmu izstrādei patērētas 276 maiņas no kurām 43% gadījumu operatori maiņu veikuši “bāzes vietā”, par to liecina veiktie braucieni, kas harvestera izdrukās atšifrēti kā “pārvietošanās apvidū”. Vidējais nostrādātais maiņas ilgums $4,5 \text{ h} \pm 2,1$. Veicot pārbraucienus ar harvesteru, lai nodotu maiņu patērēts patērēts 1.3% no kopējā degvielas apjoma.

Pētījumā salīdzināti arī **forvardera degvielas patēriņa** rādītāji, mainoties tehnikas vilces koeficientam viena ražotāja dažādas klases mašīnām vienādos pievešanas apstākļiem.

Izmēģinājumam izraudzīta lauksaimniecībā izmantojamā zemē, kura gadu atstāta atmatā. Atbilstoši pētījuma mērķim, objekts sadalīts divās daļās (Att. 22), kur pirmajā daļā vilkmes režīmi pārbaudīti Ponsse Buffalo un otrajā daļā Ponsse Wisent. Pievešanas apstākļi poligonā optimāli, rises neveidojās neatkarīgi no kravas lieluma un braucienu skaitu.

Pētījumā bija ielānoti izmēģinājumi arī platībās ar kūdras augsni. Meža pētīšanas stacijā šim izmēģinājumam 2019. gadā attīrīta lauce ar dziļu kūdras augsni Jaunkalsnavas apkārtnē, taču AS “Latvijas valsts meži” pakalpojumu sniedzēji nenodrošināja izmēģinājumam nepieciešamo tehniku, tāpēc datu ieguve platībā ar kūdras augsni nebija iespējama.



Att. 22: Pētījuma objekts (25,12931; 56,69734).

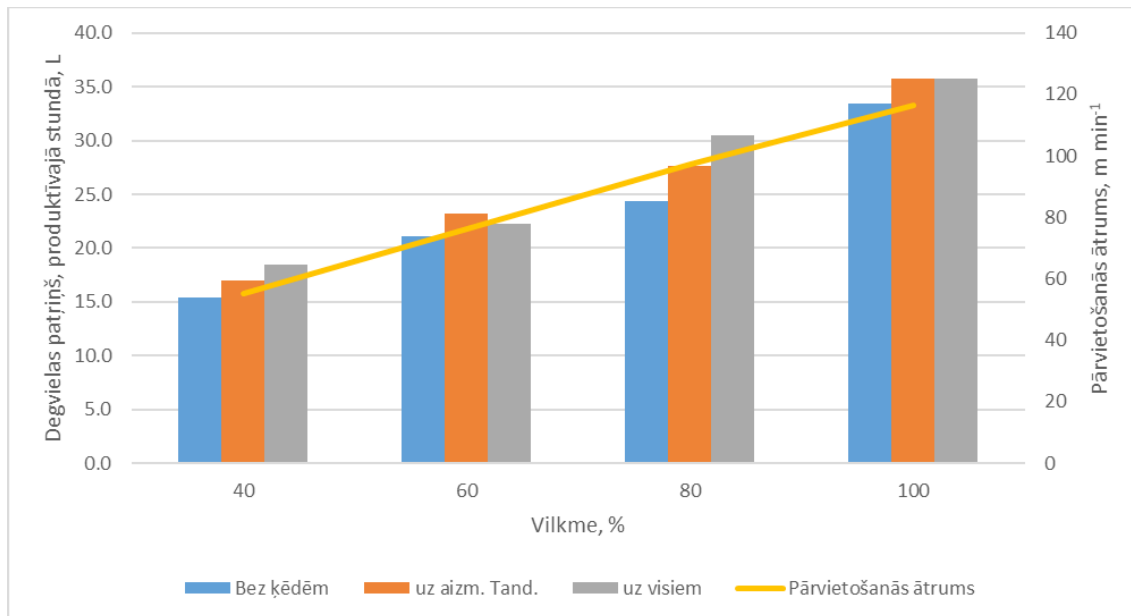
Pētījumā vilkmes režīmu sadalījums abām tehnikas vienībām ir vienāds (Tab. 6), kur kā viens no papildus kritērijiem ir kravas piepildījums un dzinēja darba apgriezieni. Uzkratais apjoms tiek kontrolēts, balstoties uz masas mērījumiem atbilstoši ražotāja noteiktajai maksimālajai kravnesībai.

Tab. 6: Vilkmes režīmu sadalījums

Forvardera modelis	Aprīkojums	Vilkmes režīmi, %				Kravas piepildījums, %	
		40	60	80	100	50	100
Buffalo	Bez ķēdēm	X	X	X	X	X	X
	Ar ķēdēm uz aizmugurējā tandēma	X	X	X	X	X	X
	Ar ķēdēm uz visiem tandēmiem	X	X	X	X	X	X
Wisent	Bez ķēdēm	X	X	X	X	X	X
	Ar ķēdēm uz aizmugurējā tandēma	X	X	X	X	X	X
	Ar ķēdēm uz visiem tandēmiem	X	X	X	X	X	X

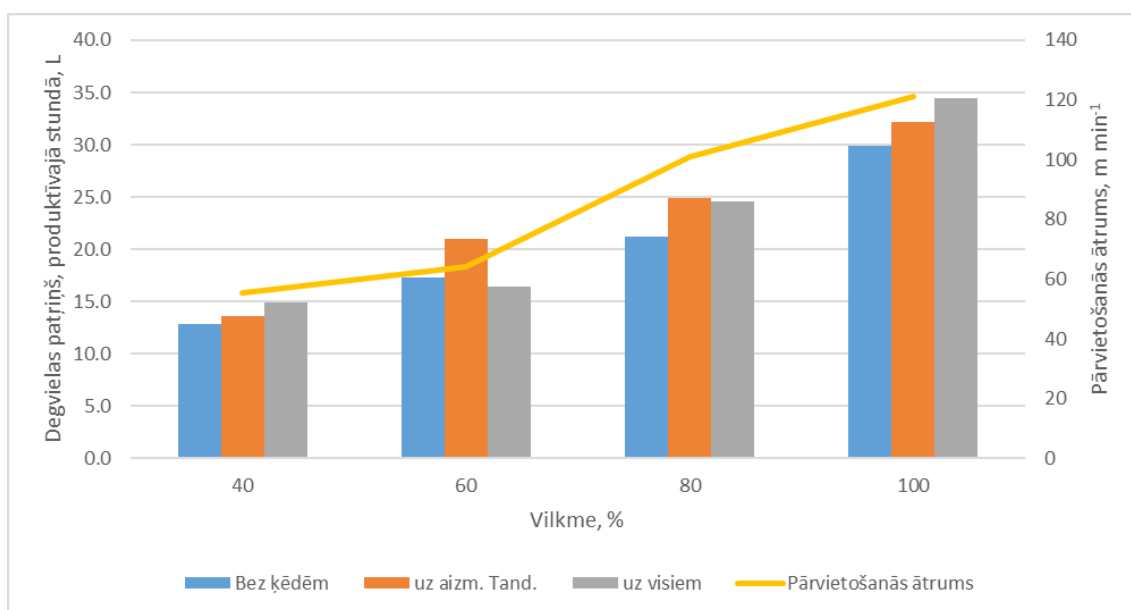
Pētījumā konstatēts, ka vidējās klases forvarderam *Ponsse Wisent* augstāka efektivitāte pie maksimāli pieļaujamās kravas piepildījuma ir, strādājot ar vilkmi 40% (Att. 23). Uzstādot atbalsta ķēdes, degvielas patēriņa pieaugums tikai pie 80% vilkmes ir būtisks. Pārējos gadījumos vērojams degvielas patēriņa pieaugums, palielinoties vilkmei, bet tas nav statistiski būtisks.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma



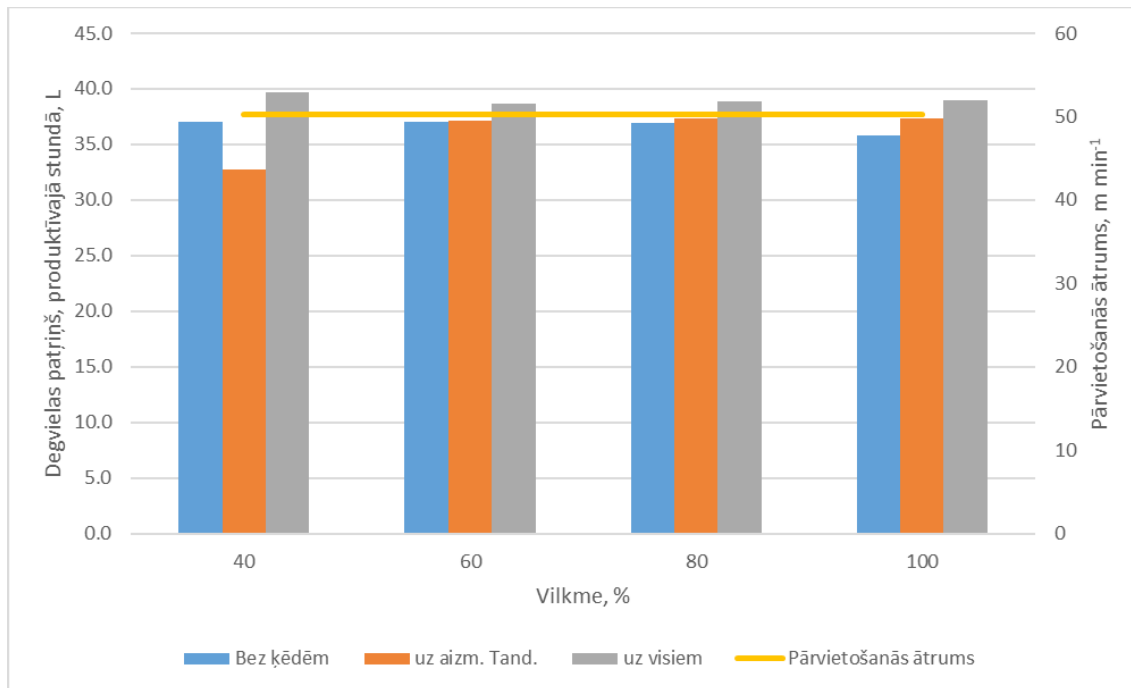
Att. 23: Degvielas patēriņš Ponsse Wisent pie maksimālās kravas piepildījuma (100%).

Degvielas patēriņš pie forvarderam pie kravas piepildījuma 50% vidēji ir 9,1 L km⁻¹; uzstādot atbalsta ķēdes uz aizmugurējajiem tandēmiem, patēriņš pieaug par 17%, savukārt uzstādot uz visiem tandēmiem – par 31%. Tikai pie maksimālās vilkmes degvielas patēriņa pieauguma tendence ir statistiski būtiska.

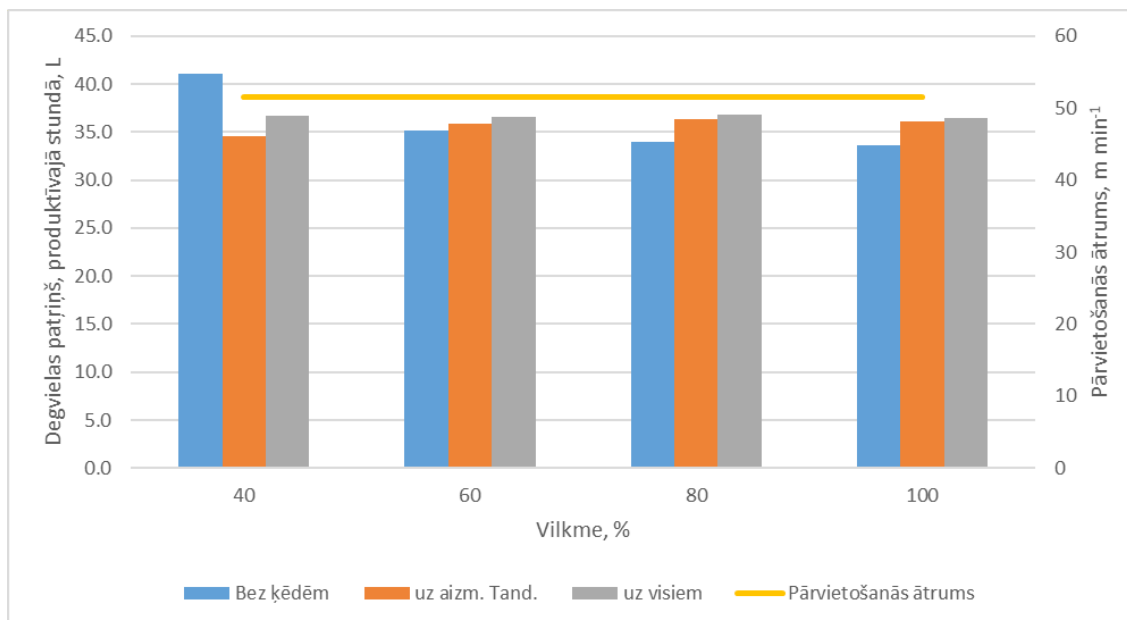


Att. 24: Degvielas patēriņš Ponsse Wisent pie 50% kravas piepildījuma.

Degvielas patēriņa izmaiņas Ponsse Buffalo pie 100% kravas piepildījuma (Att. 25) un 50% kravas piepildījuma (Att. 26) nevarēja konstatēt. Iespējamais iemesls šādam rezultātam ir problēmas ar forvardera IT sistēmu, kas nepārnesa vilkmes uzstādījumus uz dzinēju, turpinot strādāt vienā režīmā, neatkarībā no uzstādījumiem. Pētījuma gaitā neizdevās diagnosticēt šo vai citu problēmu. Rezultātā, iestatot dažādus vilkmes režīmus, datu apstrādes procesā visi mērījumi ir vienādi, un to izmaiņas nav būtiskas.



Att. 25: Degvielas patēriņš Ponsse Bufallo ar maksimālo kravas piepildījumu.



Att. 26: Degvielas patēriņš Ponsse Bufallo ar 50% kravas piepildījumu.

Pētījuma rezultāti 2018., 2019. un 2020. gada pētījumu programmas starpziņojumā un etapa pārskatā¹².

Secinājumi: ražīguma un degvielas patēriņa vienādojums krājas kopšanas cirtē, izmantojot vidējā nozāģējamā koka tilpumu, ir pietiekoši precīzs ($R^2 = 0,61$), lai prognozētu izstrādes ražīguma un degvielas patēriņa tendences. Precīzāka prognozēšanas rīka izstrāde iespējama, palielinot harvesteru produkcijas failu datu kopu un papildinot to ar detalizētāku informāciju par kopjamo cirsmu.

¹² <https://drive.google.com/file/d/17wO11xDP9qU-lmBChiD6Cq4kgP2KL-EN/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/1FUU-1HuR3fZPLjJKIEW3xbWaotGCHAVH/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Ražīguma un degvielas patēriņa prognozēšanas vienādojums, kas balstīts uz ražošanas datiem, nav pielietojams galvenās cirtes izstrādē ($R^2=0,38$). Tas skaidrojams ar pārāk lielu datu izkliedi pie vienāda vidējā koka tilpuma.

Ražīguma un degvielas patēriņa rādītāju uzlabošanai rekomendējama meža mašīnu operatoru profesionālā pilnveide ražošanas apstākļos. Vidējais ražīguma pieaugums pēc apmācībām ir pozitīvs un tas sāk straujāk pieaugt, ja zāģējamo koku tilpums pārsniedz $0,6 \text{ m}^3$. Lai precīzāk prognozētu ražīguma izmaiņas, kā arī izstrādātu rekomendācijas efektīvai operatoru profesionālajai pilnveidei, nepieciešama detalizēta informācija par jau veikto operatoru apmācību datumiem, instruktoriem un apmācības apstākļiem pētījumā ietvertajā harvesteru produkcijas failu datu kopā.

Ņemot vērā pētījumā gūtās atziņas par ražīguma un degvielas patēriņa uzskaites ietekmi uz vidējiem rādītājiem, nepieciešams no līdz šim pieņemtā produktīva darba laika uzskaites (G_{15}) pāriet uz motorstundu uzskaiti. Tas ļaus precīzāk novērtēt ražīgumu, pēc kā netieši identificēt mežizstrādes tehnikas iespējamās tehniskās gatavības problēmas.

Viens no risinājumiem degvielas patēriņa samazināšanai ir operatoru maiņa cirmsmā, nevis izbraucot uz cirtsmas malu. Tomēr, atbilstoši pētījumam pieejamajai datu kopai, šis risinājums ļaus samazināt degvielas patēriņu tikai par 1,3%.

Palielinot analizējamo datu kopu, kura balstīta uz StanFord 2020 standartu, iespējams izstrādāt prognozēšanas rīku, pēc kura būtu iespējams analizēt būtiskākos izmaksu ietekmējošos rādītājus, tajā skaitā identificēt operatoru ieradumus vai tehnikas iestatījumus, kas palielina degvielas patēriņu.

Vidējās klases forvarderu degvielas patēriņš ir vismazākais ar vilkmes režīmu 40%. Kompleksai ietekmes uz ražošanas izmaksām analīzei, jāņem vērā arī pārvietošanās ātrums, kas 40% vilkmes režīmam ir vismazākais. Optimālos pievešanas apstākļos atbalsta ķēžu izmantošana palielina degvielas patēriņu, radot maldīgu iespaidu, ka ķēžu izmantošana palielina degvielas patēriņu arī smagos pievešanas apstākļos. 2017. gadā veiktajos izmēģinājumos ar atbalsta ķēdēm ar palielinātu virsmas laukumu secināts, ka izmantošana platībās ar risu veidošanās risku ļauj būtiski samazināt degvielas patēriņu.

Lai novērtētu vilkmes režīmu ietekmi uz pievešanas ražīgumu un izmaksām, ir jāizvērtē forvarderu tehniskā gatavība un ietekme uz augsni, atkarībā no dažādu vilkmes režīmu īpatsvara. Ilgstoša maksimālās vilkmes režīma izmantošana var būtiski paātrināt tehnikas transmisijas un nesošās konstrukcijas elementu nolietojumu, kā arī palielināt augsnes un sakņu bojājumus. Degvielas patēriņa un izmaksu prognožu modeļa izstrādāšanai nepieciešama monitoringa datu kopa, kas raksturo transmisijas noslodzi, vidējās un maksimālās vibrācijas amplitūdas, atkarībā no vilkmes režīma, reālos ražošanas apstākļos, vienlaicīgi vērtējot arī pievešanas apstākļus. Pētījumā jāietver lielākas klases Ponsse forvarderi un citu ražotāju mašīnas, lai izslēgtu noteiktu ražotāju tehnikas ietekmi.

Rekomendācijas: mežizstrādē nepieciešams samazināt “tukšos braucienus”, kas nozīmē maiņu nodošanu mežā, nevis atpūtas vietā. Šī jautājuma risināšana ražošanas līmenī iespējama vien tad, ja mežizstrādes uzņēmuma iekšienē pilnveidota izpratne par degvielas ietekmi pašizmaksu un siltumnīcefekta gāzu samazināšanas mērķi enerģētiskas

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

un transporta sektorā. Šādus “tukšos braucienus” var konstatēt, zinot degvielas tvertnes tilpumu, pārbraucienu skaitu un attālumu. Pētījumā redzamas būtiskas atšķirības ražīgumā, degvielas patēriņā stundā un, pārrēķinot uz saražotās produkcijas vienību. Lai izlīdzinātu šos rādītājus, nepieciešama visu iesaistīto pušu izglītošana. Pētījuma rezultāti ieviešanai praksē lietderīgi organizēt seminārus mežizstrādātājiem, pilnveidojot izpratni par degvielas patēriņu ietekmējošiem faktoriem un to ietekmi uz izmaksām un vides piesārņojumu.

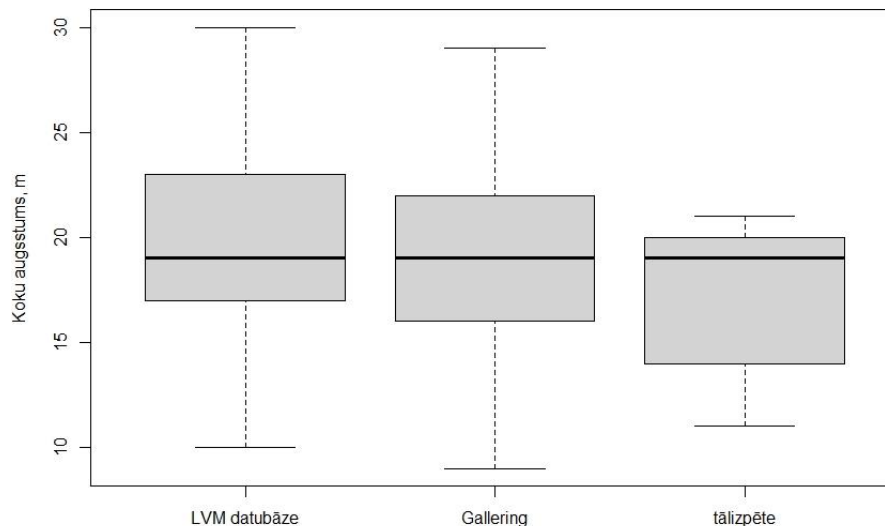
Lai samazinātu degvielas patēriņu pievešanā ražošanas apstākļos, pirmkārt, ir jāinformē meža mašīnu operatori par vilkmes iestatījumu maiņu un to ietekmi uz degvielas patēriņu, pārvietošanās ātrumu un augsnes bojājumiem, kā arī jāizstrādā motivācijas sistēma, lai veicinātu efektīvāku un konkrētiem apstākļiem pielāgotu darba metožu pielietošanu kokmateriālu pievešanā. Šādas sistēmas izveide ir jāsāk ar datu uzkrāšanu par degvielas patēriņu, transmisijas noslodzi, vibrācijas vidējām un maksimālajām vērtībām, atkarībā no vilkmes režīma un darba apstākļiem.

Degvielas patēriņa samazināšanos meža darbos nepieciešams pilnveidot meža mašīnu operatoru zināšanas, piesaistot kvalificētus instruktorus.



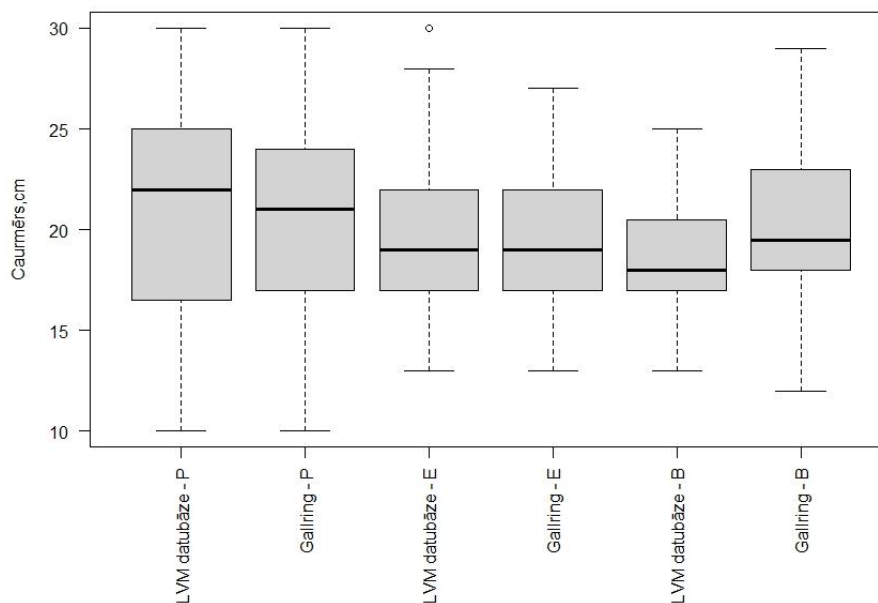
Att. 28: Izkopta audze pēc krājas kopšanas cirtes.

Saskaņā ar aktuāliem Meža valsts reģistra datiem vidējā koka augstums pētāmajās platībās ir $20,5 \pm 4,3$ m, saskaņā ar harvesteru programmas aprēķiniem – $20,3 \pm 3,8$ m, attiecīgi atšķirība nav būtiska. Tomēr salīdzinot abas paraugkopas, 40% mežaudžu konstatēta būtiska atšķirība, kas pārsniedz 1 m ($\pm 10\%$), savukārt, ja pieļaujamā kļūdas robeža ir 12% - būtiska atšķirība būtu 26% audžu, bet, ja pieļaujamā kļūdas robeža būtu 15% - būtiska atšķirība būtu 19% audžu. Datu analīzes procesā nav iespējams identificēt sistemātiskās kļūdas, kuras rodas taksācijas rādītāju noteikšana, kā arī riski, kas saistīti ar harvesteru tehnisko gatavību. Att. 29 atspoguļotā informācija raksturo izkliedi, ko veido koku augstuma atšķirības – Meža valsts reģistrs pret *hprGallring* aprēķināto. Pie šādas datu izkliedes, balstoties tikai uz *hprGallring* aprēķinātiem rādītājiem, nevar iekļauties normatīvu prasībās.



Att. 29: Augstuma izkļedes rādītāji.

Vidējā caurmēra atšķirības saskaņā ar aktualizētiem Meža valsts reģistra datiem ir $20,5 \pm 4,3$ cm, bet pēc harvesteru aprēķinātā vidējās vērtības $20,3 \pm 3,8$ cm, atšķirība nav statistiski būtiskas ($p = 0,57$). Savukārt, salīdzinot atsevišķas audzes, konstatētas būtiskas atšķirības, tajā skaitā, salīdzinot programmas aprēķinātos datus un tālzpētes rezultātus. Att. 30 atspoguļota datu izkļede, salīdzinot Meža valsts reģistru un *hprGallring*.



Att. 30: Vidējā caurmēra izkļedes rādītāji.

Ņemot vērā, pētījumā iegūtos rezultātus lielāku precizitāti uzrāda līdz 49 gadus vecas audzes, taču precizitāti būtiski ietekmē arī suga – mazāka nenoteiktība iegūta priežu audzēs. Sistēmas *hprGallring* ieviešanai ražošanas apstākļos, ir jāuzlabo prognozēšanas modelis, pirmkārt identificējot iespējamo kļūdu cēloņus. Ņemot vērā Meža valsts

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

reģistra datu nenoteiktība, *hprGallring* programmas algoritmi pilnveidojami platībās, kur veikta visas audzes skenēšana pirms un pēc krājas kopšanas cirtes. Tas dotu iespēju precīzi identificēt nozāģētos kokus. Jau šobrīd ir skaidrs, ka situācijā, kad nozāģētie koki būtiski atšķirsies no paliekošajiem, *hprGallring* modelis pilnvērtīgi nefunkcionēs. Pētījuma turpināšana nepieciešama arī līdzšinējās normatīvās bāzes un dažādu risku izvērtēšanai, ieviešot automatizētu taksācijas rādītāju ievākšanai. Jānovērtē arī iespējami risinājumi situācijām, kad uz tehnoloģiskajiem koridoriem tiek nozāģēti galvenokārt pameža koki vai uz tehnoloģiskajiem koridoriem nav valdaudzes koku.

Pētījuma rezultāti apkopoti 2020. gada starpziņojumā¹³ un pētījuma pārskatā¹⁴.

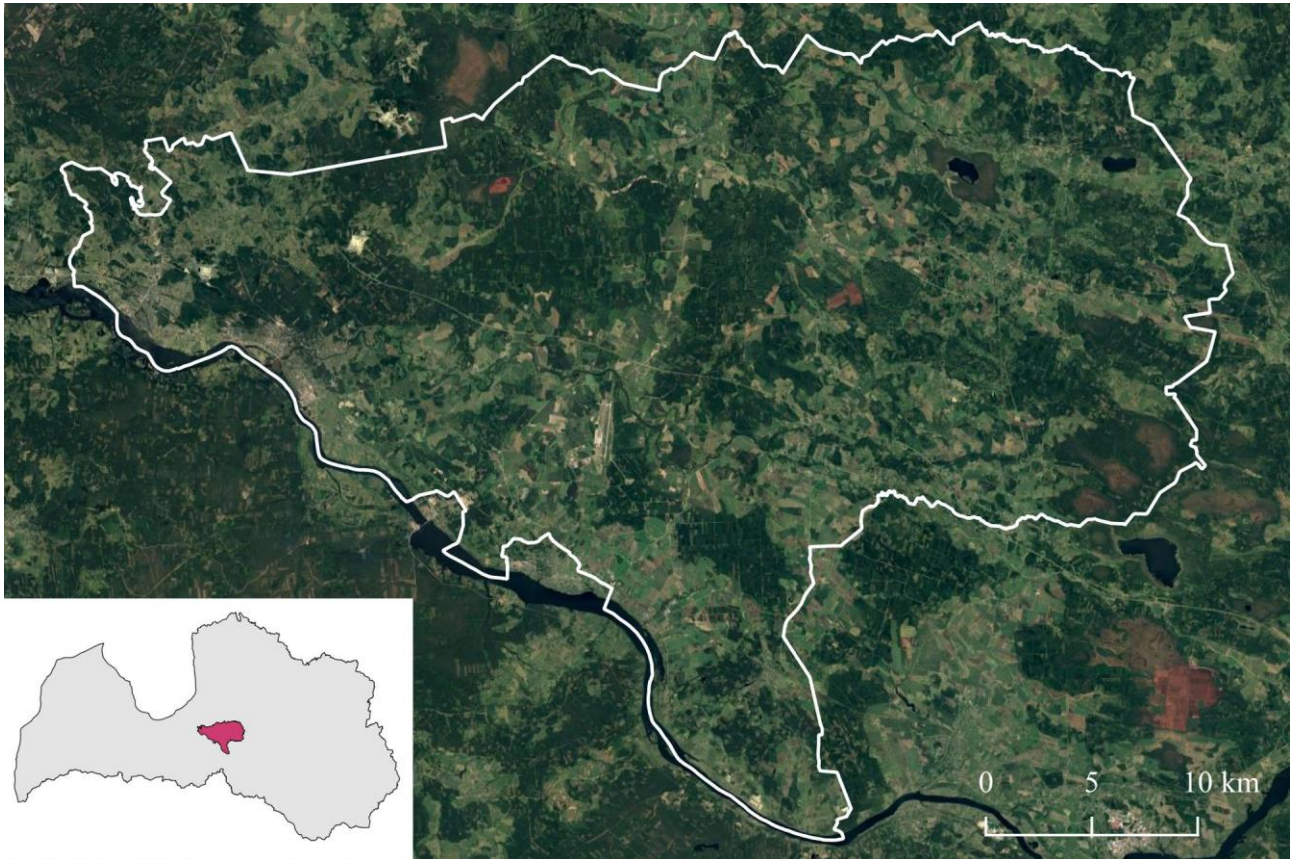
Pārmitro ieplaku karšu veidošanas algoritmu aprobēšana iecirkņa mēroga pilotteritorijā

Augsnēm ar paaugstinātu mitruma režīmu ir nozīmīga loma hidroloģiskos, bioloģiskos un ķīmiskos procesos un informācija par to telpisko izplatību ir būtiska mežsaimniecībā. Šī pētījuma mērķis ir izveidot augsnes mitruma prognožu karti meža iecirkņa mēroga teritorijai un novērtēt tās kvalitāti.

Kā pētījuma paraug teritorija ir izvēlēts Ogres meža iecirknis (Att. 31) un tā platība ir 1070 km². Pētījuma teritorijā sastopami Kvartāra perioda nogulumu tipi, tajā skaitā Glaciolimniskie, Glacigēnie, Glaciofluviālie un kūdras nogulumi. Teritorijā dominējošie meža tipi ir vēris, gārša, damaksnis un platlapju ārenis. Kvartāra ģeoloģisko nogulumu dati iegūti no Kvartāra nogulumu kartes mērogā 1:200 000 (Meirons, 2002). Meža nogabalu ģeotelpiskie dati iegūti no AS "Latvijas Valsts Meži" meža nogabalu datubāzes. Zemes virsmas modelis iegūts izmantojot Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas aģentūras uzturētos lāzerskenēšanas datus un ģeotelpisko datu apstrāde veikta QGIS un GRASS GIS programmās.

¹³ <https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

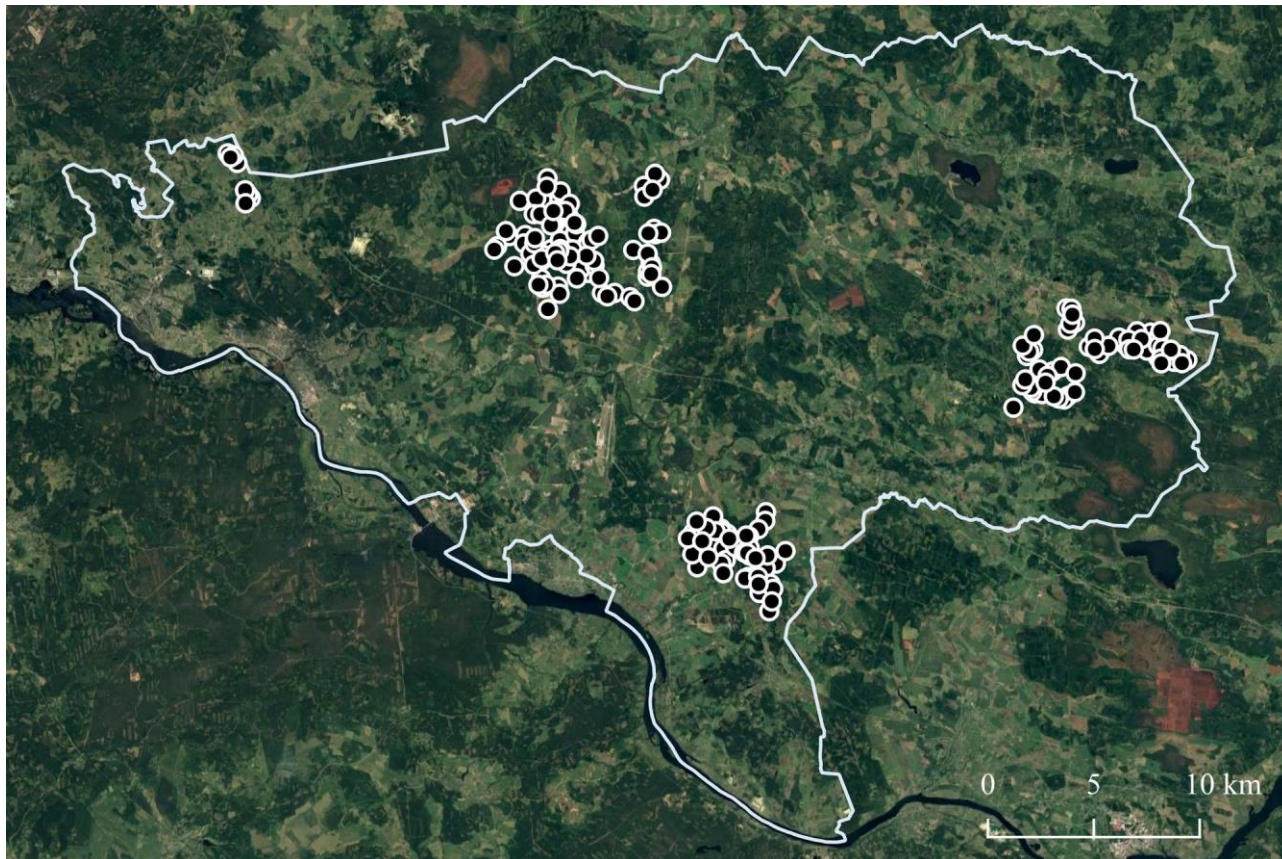
¹⁴ https://drive.google.com/file/d/11V6HSCKmU5fh_gVAFplo8F6PLPM_4ZIK/view?usp=sharing.



Att. 31: Pētījuma paraugteritorija.

Datu apstrāde veikta atbilstoši iepriekšējā pētījumā ‘Pārmitro teritoriju noteikšana, pieņemot, ka no teritorijas noplūstošais ūdens nonāk grāvī un tiek izvadīts no sistēmas’ izstrādātajai metodikai pa TKS93_50000 karšu lapām. Karšu lapām izveidota 1 km buferjosla, kura beigās nogriezta, tādējādi gala produktam panākot plūstošu virsmu karšu lapu savienojumu punktus.

Lauka darbos apsekoti 150 punkti ar mērķi noteikt kūdras sastopamību un biežumu, kā arī glejošanās horizonta sastopamību, izteiktību un biežumu. Šie rādītāji noteikti, jo tie izmantoti augsnes mitruma prognožu karšu veidošanā un norāda uz ilgstoši paaugstinātu mitruma klātbūtni augsnes virskārtā. Apsekoto punktu izvietojums norādīts Att. 32.



Att. 32: Lauka darbos apsektie punkti.

Pētījuma rezultāti apkopoti 2020. gadā sagatavotajos pārskatā¹⁵, kā arī, kopsavilkuma veidā, pētījumu programmas 2020. gada starpziņojumā un iepriekšējo gadu starpziņojumos un etapa pārskatos¹⁶.

Secinājumi: augsnes mitruma prognožu kartes ir iespējams veidot plašām, bijušo administratīvo rajonu platībai atbilstošām teritorijām vienlaicīgi. Pētījuma laikā dati apstrādāti 729 km² plašai teritorijai, karšu lapas pēc tam apvienojot vienā produktā. Izstrādātā augsnes mitruma prognožu karte veidota ar 2 m horizontālo izšķirtspēju, lauka apstākļiem un pielietošanai praksē, datora atmiņas taupīšanas nolūkā, karti iespējams ģeneralizēt, samazinot tās izšķirtspēju. Pārbaudot izstrādātās kartes precizitāti dabā, konstatēts, ka kūdras slāņa biezums punktos, kuros augsnes mitruma prognožu kartes vērtība pārsniedz 0,4, pārsvarā ir biežāks par 30 cm. Pie vērtībām, kuras ir mazākas par 0,4 pārsvarā konstatēts plānāks kūdras slānis, vai arī kūdra nav konstatēta. Līdzīga situācija ir arī ar lauka darbos konstatēto glejošanās horizonta izteiktību. Parauglaukumos ar vērtību līdz 0,2, glejošanās horizonts pārsvarā nav konstatēts, vai arī tas ir neizteikts; savukārt, vērtībām pieaugot, palielinās arī glejošanās izteiktība.

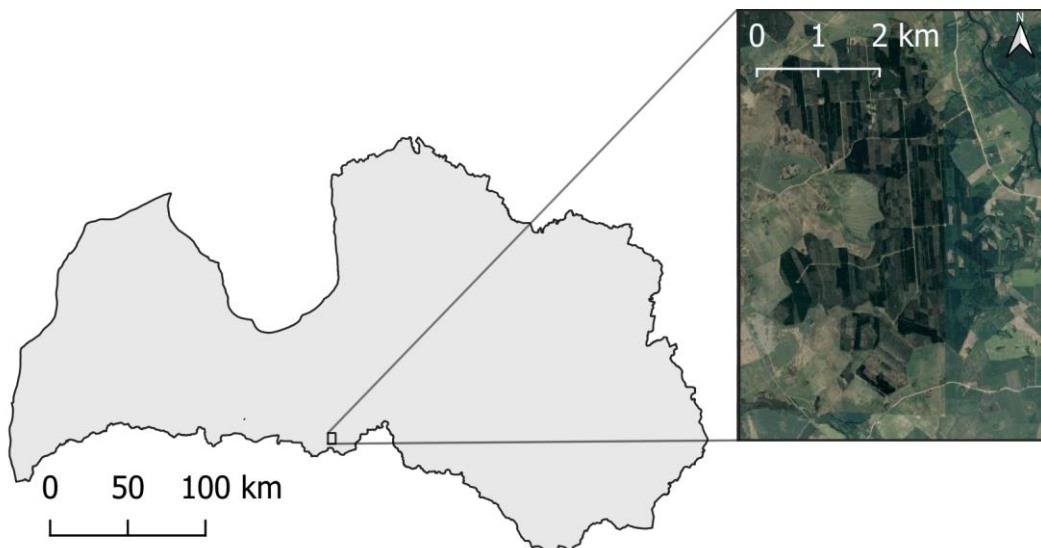
¹⁵ <https://drive.google.com/file/d/1t7bbi9TK59gGhGCoMVLdrh1AfQg4a2nd/view?usp=sharing>.

¹⁶ https://drive.google.com/file/d/1whdJxSdIP2LTY0ILOw_wzsdM59gtlQrv/view?usp=sharing;
https://drive.google.com/file/d/1qwGKb9QJpqqwIYh2NS6oBU_6qKY9ZX4FN/view?usp=sharing;
https://drive.google.com/file/d/14fZOkkW4oGS995ihyZxDsaJmSfNy_o0l/view?usp=sharing;
https://drive.google.com/file/d/1W_q8CtJx4jC-J2qGfewGyNnEYAplc57I/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/17wO11xDP9qU-lmBChID6Cq4kgP2KL-EN/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/1FUU-1HuR3fZPLjKIEW3xbWaoTGCHAVH/view?usp=sharing>;
<https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

Ievalku izvietojuma plānošanas metodikas aprobācija

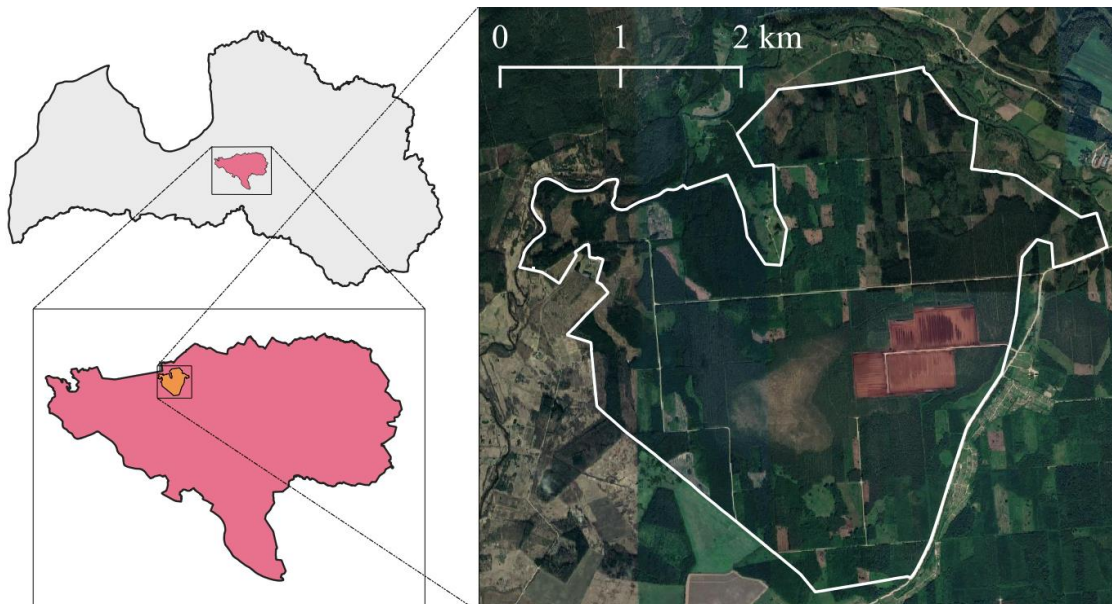
Atbērtnes veido grāvju malās, un tās ir paredzētas tehnoloģiskiem mērķiem, kā arī mehānisku barjeru veidošanai, piemēram, norobežojot īpaši aizsargājamas dabas teritorijas (ĪADT) purvainos vai slapjainos no meliorētiem mežiem. Tomēr vairumā gadījumu mehānisku barjeru ietekme ir nevēlama. Augsnēs ar smalku granulometrisko sastāvu ūdens filtrācija caur atbērtnēm ir ierobežota, un tas var veicināt mitruma uzkrāšanos, kas, savukārt, sekmē anaerobu apstākļu veidošanos augsnē un mežaudzes augšanas gaitas pasliktināšanos. Lai novērstu ūdens uzkrāšanos mežaudzē, atbērtnes šķērso ar dziļvagām (ievalkām), kas novada lieko ūdeni un uzlabo augsnes aerāciju.

Atbērtņu šķērsojumu modelis izstrādāts par pamatu ņemot paraugteritoriju Ceraukstes pagastā (Att. 33) 25 km² platībā. Pētījuma teritorijā dominējošais kvartāra nogulumu tips ir aleirītisks māls un mālains aleirīts (Meirons, 2002). Teritorijā izveidota plaša meliorācijas sistēma un drenētas ir gan minerālaugšnes, gan kūdras augšnes. Dominējošais meža tips ir šaurlapju kūdrēnis, platlapju ārenis, šaurlapju ārenis un gārša.



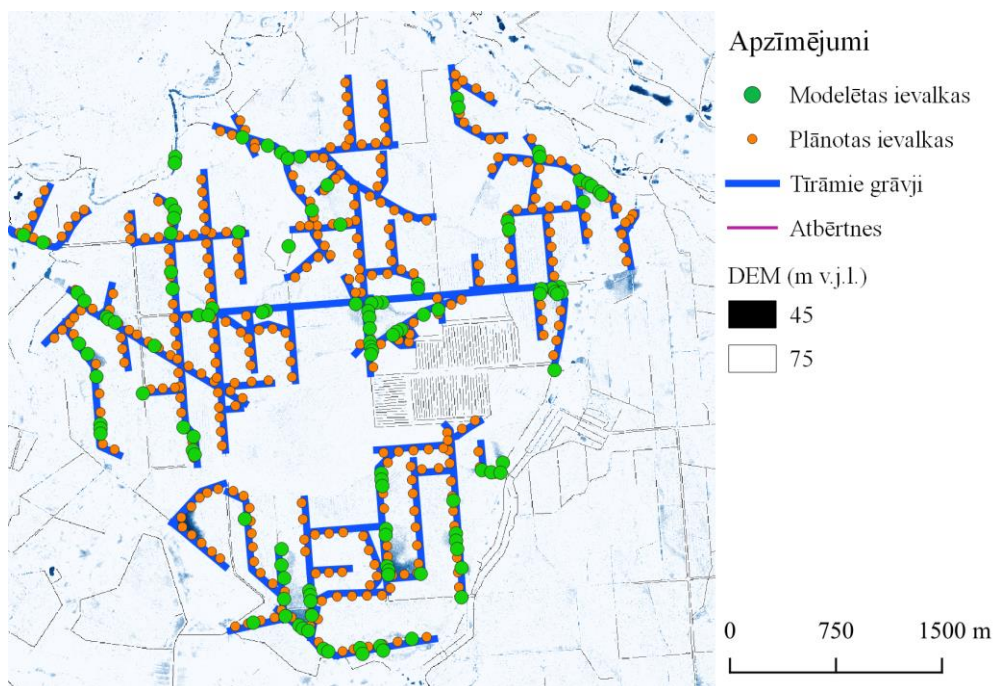
Att. 33: Pētījuma teritorija.

Pētījuma pirmajā posmā izstrādāts automātisks rīks, kurš gala rezultātā norāda vēlamās ievalku atrašanās vietas un aprēķina to relatīvo efektivitāti ieplaku drenēšanā. 2020. gadā metodika papildināta ar iespēju ievalku plānošanu veikt arī nākotnē izbūvējamām atbērtnēm. Kā ievades dati šim rīkam ir nepieciešami – Digitālais reljefa modelis, grāvju līniju vektordati un plānoto atbērtņu līniju vektordati. 2020. gadā kā modeļa aprobācijas teritorija izvēlēta teritorija Ogres meža iecirknī (Att. 34).



Att. 34: Ievalku modelēšanas aprobācijas teritorija.

Ieteicamais ievalku izvietojums balstoties uz izstrādāto metodiku atainots (Att. 35). Pētījuma teritorijā kopumā vēlams izveidot 120 atbērtnes šķērsojošas ievalkas. Salīdzinot ar ievalku skaitu, kuras plānotas balstoties uz kopējo grāvju garumu samazinājums ir par vairāk kā 68%. Dotajā teritorijā ir novērojami grāvju fragmenti, pie kuriem ievalku modelēšanas rīks norāda, ka šajās vietās ievalkas nav nepieciešamas, kā iemeslus šim var minēt reljefa virsmas kritumu virzienā prom no grāvja, vai arī šiem grāvjiem tuvumā nav konstatēta neviena pietiekami liela ieplaka, kuru būtu nepieciešams drenēt.



Att. 35: Ievalku izvietojums modeļa aprobācijas teritorijā.

Pētījuma rezultāti iekļauti 2019. gadā sagatavotajā pētījuma pārskatā¹⁷, kā arī 2019. un 2020. gada starpziņojumos un etapa pārskatos¹⁸.

¹⁷ https://drive.google.com/file/d/1tRGmWuhmXbSQ_AkfAK9HO63H0IdHwXHv/view?usp=sharing.

Secinājumi: modelēto ievalku efektivitāte ir uzskatāma par ļoti augstu, jo vairāk kā 25% no ieplakām pētījuma teritorijā drenētas pilnībā un ir izzudušas, savukārt to kopējā platība samazinājusies par vairāk kā 90%.

Pētījumā secināts, ka izstrādātais ievalku plānošanas rīks nodrošina pie atbērtņēm esošo ieplaku platību samazinājumu pat vairāk kā 90%. Izstrādātais rīks izmantojams kā atbalsta mehānisms ievalku plānošanai norādot uz vietām, kur ievalkas ir vai nav nepieciešamas. Meliorācijas speciālistam ir gala vārds par konkrēta objekta specifiku un ievalku izvietojumu.

Izstrādātais modelis norāda arī uz vēlamajām ievalku vietām, kuras paredzētas dabisko straumju notecei uz grāvjiem, tomēr ir papildināms ar iespēju modelēt ievalkas seklu meliorācijas grāvju izveides gadījumā, lai drenētu tālāk mežā esošās mitrās vietas. Rīka funkcionalitāte ir papildināta ar iespēju ievalkas modelēt arī attīstāmiem meliorācijas projektiem. Šajā gadījumā ir norādāms nākotnē paredzētais atbērtņu tīkls līniju veidā.

Rekomendācijas: Izstrādātais modelis izmantojams vietās ar vājām augsnes filtrācijas īpašībām (māls, morēna), lai noteiktu optimālo atbērtņu šķērsojuma izvietojumu un novērtētu to iespējamo ietekmi. Ņemot vērā ievades datus (LiDAR dati, augsnes pamatmateriāls, projekta izpildes atbilstība) nenoteiktību, šķērsojuma vietu plānojums jāizvērtē arī speciālistam uz vietas. Augsnēs ar labām filtrācijas īpašībām izveidotās atbērtnes neveido šķēršļus ūdens plūsmi.

Ievalku izvietojuma plānošanas metodes ieviešanai praksē ir jāturpina praktiski izmēģinājumi, kas ļaus identificēt iespējamās kļūdu cēloņus un pilnveidot ievalku izvietojuma plānošanas metodi, kā arī jāizstrādā risinājumi potenciāli novecojušu datu, piemēram, LiDAR aktualizēšanai izmantojot tiešu vai netiešu mērījumu metodes.

¹⁸ <https://drive.google.com/file/d/10JD-CR3ulUeU8Up3zHneRc-x5G92febO/view?usp=sharing>;
https://drive.google.com/file/d/1I8Y90Boe7GWeuD7DW44K_lzWaux01JdH/view?usp=sharing;
<https://drive.google.com/file/d/10eww7N94g61yagcBW2qHhaFKNNZrTsNK/view?usp=sharing>.

MEŽAUDŽU AUGŠANAS GAITAS MONITORINGS 2012.-2015. GADOS IZKOPTAJĀS I UN II VECUMKLASES AUDZĒS

Pētījuma mērķis bija novērtēt koku augšanas gaitu novēloti izkoptās jaunaudzēs un sagatavot priekšlikumus darba metožu pilnveidošanai, mašinizēti izstrādājot šādās kopšanas cirtes.

Darba uzdevuma ietvaros 2018. un 2020. gados parauglaukumi ierīkoti 38 mežaudzēs 112 ha platībā, kurās pirms 4-8 gadiem veikti jaunaudzju kopšanas izmēģinājumi. Visās audzēs veikta radiālā pieauguma paraugu (urbuma skaidu) ievākšana no 2870 kokiem (10 koki parauglaukumā, vismaz 30 koki katrā mežaudzē). 2020. gadā veikta radiālā pieauguma urbumu analīze, salīdzinot augšanas gaitu pirms un pēc kopšanas cirtes, kā arī novērtējot taksācijas rādītāju izmaiņas izkoptajās platībās.

Pētījumā iekļauto mežaudžu taksācijas rādītāju kopsavilkums 2018.-2020. gados dots Tab. 7. Salīdzinot ar iepriekšējo uzmērījumu ciklu 2014. gadā, krāja palielinājusies vidēji par 70%, bet vidējās ikgadējās krājas izmaiņas ir $10,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Vidējās krājas izmaiņas pēc kopšanas cirtes ir $50,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Neviena no izkoptajām audzēm nav nav nozāģēta sanitārajā cirtē. Vienīgais izņēmums ir audze ar atslēgu 503-300-12, kurā savlaicīgi netika veikta meliorācijas sistēmas atjaunošana un daļa audzes izslīka un tika nozāģēta sanitārajā cirtē. Koku skaits izmēģinājumu platībās nav būtiski mainījies pēc kopšanas cirtes, attiecīgi, pēc kopšanas cirtes atmirušo koku īpatsvars ir nebūtisks. Vidējais koku skaits izmēģinājumu platībās ir $1043 \text{ gab. ha}^{-1}$, vidējā koka tilpums – $0,148 \text{ m}^3$, vidējā koka caurmērs – $14,6 \text{ cm}$, augstums – $14,6 \text{ m}$, šķērslaukums – $18,0 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Individuālu parauglaukumu taksācijas rādītāji doti 1. pielikuma Tab. 10.

Tab. 7: Taksācijas rādītāju raksturojums izmēģinājumu objektos

Objekta ID ¹⁹	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
11-129-18	Ks	E	2,7	813	16,8	16,0	19,2	167	0,205
11-147-1	As	E	7,0	763	19,0	17,7	23,6	220	0,288
11-279-18	Vr	E	1,6	692	13,0	12,5	9,9	70	0,101
12-79-16	Dm	P	7,0	663	18,2	17,3	18,2	157	0,236
12-87-9	Mr	P	3,1	579	17,3	16,6	14,1	116	0,201
502-240-7	Dm	E	1,4	1213	10,9	8,3	12,8	65	0,053
502-423-5	Grs	B	3,8	1150	14,9	19,5	21,3	199	0,173
502-423-6	Grs	B	3,6	1069	15,1	19,2	21,1	195	0,183
502-426-10	Grs	Ba	3,2	1575	13,0	16,2	22,7	190	0,121
502-427-11	Ap	Ba	0,8	1167	15,9	17,6	24,5	219	0,188
502-427-6	Db	B	2,1	1858	9,7	12,5	15,3	98	0,053
502-428-5	Gr	B	2,7	1655	8,9	10,8	13,1	94	0,057

¹⁹ Kvartālu apgabals – kvartāls – nogabals.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Objekta ID ¹⁹	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
502-434-1	Grs	B	3,2	1250	12,2	15,2	15,8	122	0,098
502-434-2	Grs	B	2,4	1100	15,3	17,3	21,7	188	0,171
502-436-1	Gr	B	1,8	1250	12,3	17,0	15,8	133	0,106
502-438-3	Grs	B	2,6	1408	11,8	14,8	16,6	122	0,087
502-438-4	Grs	B	3,4	1350	13,0	15,2	19,3	148	0,110
502-438-7	Gr	B	3,8	1044	14,8	20,2	19,1	188	0,180
503-300-12	Dm	E	5,4	1033	14,1	14,0	17,8	145	0,141
503-307-6	As	EE	5,4	1075	10,5	9,5	10,0	55	0,051
503-311-23	Vr	E	1,8	713	21,4	17,4	27,4	251	0,353
503-312-1	As	E	0,9	717	17,2	18,1	17,5	170	0,237
503-317-7	Dm	E	3,4	622	15,4	12,5	12,2	78	0,126
503-318-17	Dm	E	1,2	864	16,0	13,2	19,1	131	0,151
503-318-30	Dm	E	2,5	490	18,5	16,0	13,8	112	0,228
503-322-1	Vr	E	1,7	850	14,1	11,0	14,9	92	0,109
503-329-1	Dm	E	4,9	545	16,5	14,2	12,5	95	0,175
503-331-16	Ln	P	3,3	1411	11,5	11,1	18,6	131	0,093
503-331-18	Ln	B	0,5	1206	13,1	12,5	19,4	138	0,115
503-379-27	Vr	E	2,8	1025	17,2	14,4	25,3	188	0,184
503-432-8	Vr	B	1,5	1350	11,9	13,5	16,9	134	0,099
503-455-13	Dm	E	3,6	1236	12,4	11,5	16,1	108	0,087
503-455-14	Dm	E	4,3	573	15,2	14,3	11,5	94	0,163
503-479-12	Ln	P	2,4	1067	16,9	16,3	24,8	205	0,192
503-481-6	Ln	P	1,2	1319	13,8	12,0	21,7	148	0,113
503-487-10	Ln	P	2,7	1008	16,8	14,4	23,3	169	0,167
503-487-9	Ln	P	2,8	942	14,9	11,7	17,3	106	0,113
503-499-4	Dm	P	2,6	1000	14,5	11,7	19,2	128	0,128

2020. gadā pabeigta radiālā pieauguma datu un augšanas gaitas analīze, lai novērtētu kopšanas intensitātes (saglabājamo koku šķērslaukuma) un citu audzes parametru un tehnoloģiskā procesa ietekmi uz augšanas gaitu.

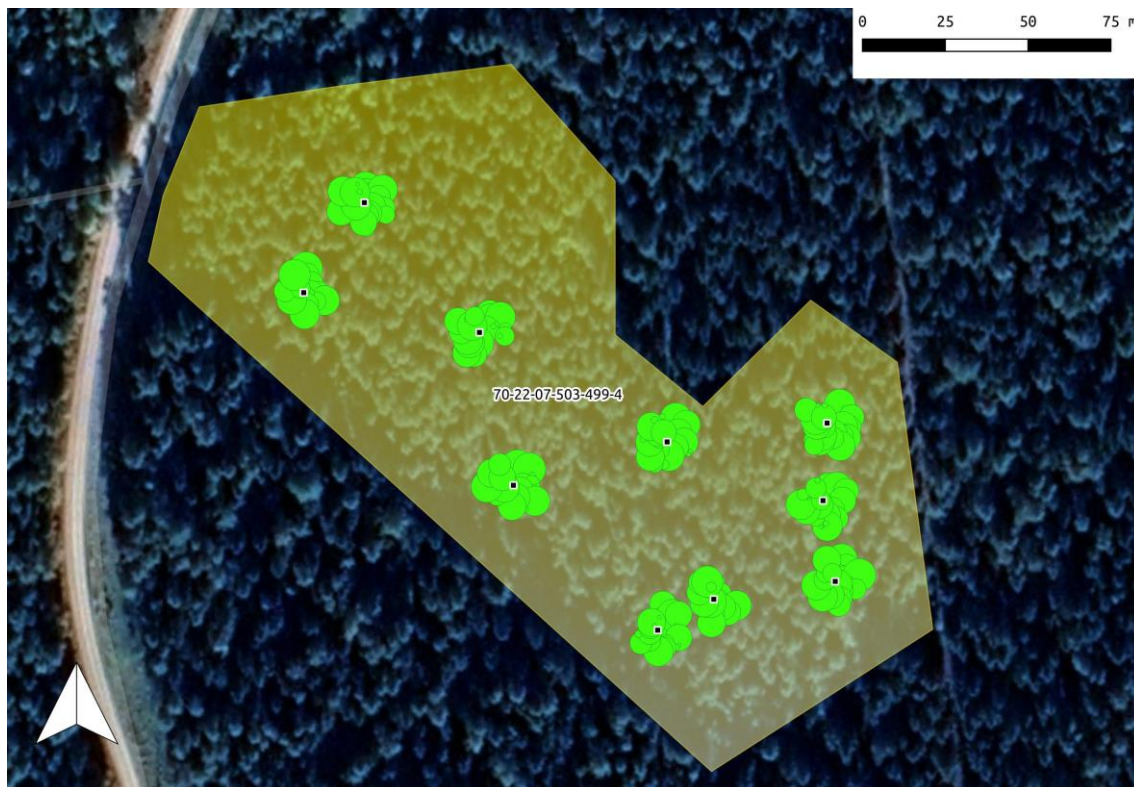
Visiem uzmērītajiem kokiem zināms attālums un azimuts virzienā no parauglaukuma centra. Parauglaukumu centriem noteiktas ģeogrāfiskās koordinātes. Lai raksturotu dažādu faktoru, tajā skaitā savstarpējās konkurences ietekmi uz augšanas gaitu izkoptajās platībās, telpiski izvietoti telpiski un QGIS programmā aprēķināts koku konkurences indekss, ko šajā pētījumā raksturo ar vidējo attālumu līdz tuvākajiem 3 kokiem.

Koku atrašanās vietas aprēķinu metode parādīta 2. pielikumā. Koku izvietojums analīzes piemērs parādīts Att. 36. Zaļā krāsā iezīmēti individuāli koki, apla diametrs norāda uz koka caurmēru – mazāks aplis tievākiem kokiem.

Pēc koku atrašanās vietas aprēķināšanas noteikts konkurences indekss. Lai veiktu aprēķinu, izmantojot parauglaukumos uzmērītos kokus, veikta koku ekstrapolācija ārpus

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

parauglaukumiem, kas ļauj korekti aprēķināt konkurences indeksu parauglaukumu malās augošiem kokiem. Ekstrapolācija veikta 5 m platās buferjoslās ap parauglaukumiem, tajās pēc nejaušības principa izvietojot identisku koku skaitu uz laukuma vienību, kāds tas ir parauglaukumos. Izmantojot šādu pieeju, veicot konkurences indeksu aprēķinus, parauglaukumu malās esošajiem kokiem tas mākslīgi nesamazinās.



Att. 36: Piemērs ar nogabalu, kurā dešifrēts koku izvietojums parauglaukumos.

Aprēķins veikts QGIS programmā, izmantojot iepriekš sagatavotus parauglaukumos esošo koku telpiskos datus. Ārpus parauglaukumiem esošo koku ekstrapolācija veikta, vispirms izveidojot 5 m buferjoslas ap parauglaukumiem, izmantojot rīku *Buffer*. Koku blīvuma aprēķini parauglaukumos veikti, izmantojot QGIS *Field calculator*, un, attiecīgi, ņemot vērā iegūtos rezultātus, veikta koku skaita ekstrapolācija iepriekš izveidotajās buferjoslās. Izmantojot gan uzmērītos, gan ekstrapolētos kokus, attālums starp katra trim tuvākajiem aprēķināts, izmantojot QGIS rīku *Distance matrix*.

Pēc kopšanas cirtes krājas pieauguma rādītāji palielinājušies vidēji par 27,3%, salīdzinot ar pieauguma rādītājiem 5 gadu periodā pirms kopšanas cirtes, atšķirība ir statistiski būtiska ($p < 0,05$). Krājas pieaugums uz 1 m² aprēķinu perioda sākumā pēc kopšanas cirtes pieaudzis par 2,3%, atšķirība nav statistiski būtiska. Datu kopsavilkums nogabalu griezumā dots Tab. 8. Pētījumā nav konstatēta būtiska mežizstrādes tehnikas, sezonas un tehnoloģisko koridoru ietekme uz krājas pieaugumu, taču padziļināta izpēte, ņemot vērā tehnoloģisko koridoru un platības ekspozīciju, var identificēt šo faktoru ietekmi specifiskos apstākļos.

Tab. 8: Radiālā pieauguma datu kopsavilkums nogabalu griezumā

Andze	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Uzmērīto koku skaits	Uzmērīto koku D, cm	Uzmērīto koku H, cm	Vidējā uzmērītā koka krāja, m ³	Vidējais attālums līdz tuvākajiem 3 kokiem	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gados pirms kopšanas, m ³ gadā	Pieauguma palielinājums	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ m ⁻² gadā	Pieaugums 5 gados pirms kopšanas, m ³ m ⁻² gadā
11-129-18	Ks	Vasara	20,0	90	17,1	16,2	0,214	3,057	0,011	0,009	1,337	2,117	1,554
11-147-1	As	Vasara	20,0	130	20,0	18,2	0,320	3,232	0,018	0,011	1,839	2,820	1,584
12-79-16	Dm	Vasara	20,0	60	18,8	17,6	0,254	3,337	0,013	0,008	1,752	2,217	1,225
12-87-9	Mr	Vasara	20,0	160	17,9	16,9	0,216	3,190	0,012	0,007	1,821	2,302	1,237
502-240-7	Dm	Vasara	20,0	40	13,5	9,7	0,080	2,423	0,011	0,005	2,389	2,348	2,473
502-423-5	Grs	Vasara	20,0	80	14,9	19,9	0,183	2,871	0,011	0,011	0,992	1,879	2,403
502-423-6	Grs	Vasara	20,0	80	14,6	19,5	0,179	2,853	0,009	0,010	0,960	1,564	1,985
502-426-10	Grs	Ziema	20,0	80	14,2	18,1	0,152	2,194	0,007	0,007	1,114	1,207	1,460
502-427-11	Ap	Ziema	20,0	30	16,4	18,7	0,208	2,604	0,011	0,012	0,916	1,639	2,056
502-427-6	Db	Ziema	20,0	60	9,7	13,4	0,058	2,166	0,004	0,003	1,125	0,914	0,991
502-428-5	Gr	Vasara	20,0	110	11,2	13,4	0,072	2,284	0,010	0,005	2,329	2,919	2,892
502-434-1	Grs	Ziema	20,0	60	13,3	16,0	0,120	2,764	0,009	0,008	1,185	1,838	2,147
502-434-2	Grs	Ziema	20,0	60	15,8	20,9	0,224	2,688	0,010	0,011	0,934	1,544	1,956
502-436-1	Gr	Vasara	20,0	60	13,1	17,5	0,125	2,871	0,009	0,009	1,059	1,774	2,307
502-438-3	Grs	Ziema	20,0	60	12,7	15,9	0,105	2,552	0,006	0,007	0,927	1,305	1,756
502-438-4	Grs	Ziema	30,0	60	13,2	17,8	0,132	2,333	0,008	0,008	0,940	1,421	1,840
502-438-7	Gr	Ziema	15,0	80	14,9	20,1	0,191	2,732	0,011	0,012	0,921	1,813	2,345
503-300-12	Dm	Ziema	15,0	60	15,6	15,1	0,173	3,045	0,008	0,004	2,151	1,227	0,639
503-307-6	As	Vasara	20,0	80	11,4	10,0	0,060	2,900	0,009	0,004	2,516	2,641	2,517
503-311-23	Vr	Vasara	30,0	40	20,8	17,1	0,319	3,454	0,024	0,014	1,899	4,107	2,286
503-312-1	As	Ziema	10,0	30	18,1	18,5	0,266	3,461	0,014	0,009	1,715	1,984	1,428
503-317-7	Dm	Ziema	15,0	30	15,5	12,5	0,128	2,955	0,012	0,009	1,335	2,198	2,529
			30,0	30	16,5	12,8	0,143	3,217	0,013	0,010	1,341	2,326	2,716
503-318-17	Dm	Ziema	15,0	104	17,3	13,3	0,165	3,149	0,015	0,011	1,375	2,529	2,782
503-318-30	Dm	Ziema	15,0	30	18,2	16,1	0,220	3,062	0,014	0,012	1,231	2,144	2,244
			30,0	28	20,7	16,7	0,283	3,887	0,020	0,014	1,478	2,655	2,389
503-322-1	Vr	Vasara	20,0	40	15,4	11,7	0,124	3,262	0,016	0,009	2,039	3,871	2,627
503-329-1	Dm	Ziema	20,0	60	17,5	15,1	0,199	3,200	0,014	0,012	1,268	2,199	2,248
503-331-16	Ln	Ziema	20,0	90	15,4	13,3	0,142	2,687	0,009	0,008	1,120	1,305	1,950
503-331-18	Ln	Ziema	20,0	80	15,4	14,8	0,150	2,675	0,011	0,009	1,464	1,674	2,031
503-379-27	Vr	Ziema	20,0	60	17,8	14,9	0,198	3,043	0,015	0,013	1,101	2,260	2,852
503-432-8	Vr	Vasara	20,0	30	16,1	18,9	0,188	2,510	0,012	0,011	1,031	1,981	2,438
			30,0	30	14,0	18,1	0,136	2,078	0,010	0,009	1,242	2,046	2,328

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Audzē	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Uzmērīto koku skaits	Uzmērīto koku D, cm	Uzmērīto koku H, cm	Vidējā uzmērītā koka krāja, m ³	Vidējais attālums līdz tuvākajiem 3 kokiem	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gados pirms kopšanas, m ³ gadā	Pieauguma palielinājums	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ m ⁻² gadā	Pieaugums 5 gados pirms kopšanas, m ³ m ⁻² gadā
503-455-13	Dm	Ziema	20,0	69	14,5	12,8	0,118	2,403	0,009	0,008	1,181	1,766	2,146
503-455-14	Dm	Ziema	30,0	70	18,6	16,4	0,241	2,374	0,012	0,012	1,073	1,810	2,057
503-479-12	Ln	Ziema	20,0	89	18,8	17,3	0,238	2,632	0,009	0,009	1,061	1,250	1,360
503-481-6	Ln	Ziema	20,0	74	15,4	13,5	0,138	2,478	0,008	0,006	1,368	1,521	1,396
503-487-10	Ln	Ziema	15,0	60	17,3	14,6	0,178	2,912	0,010	0,010	1,023	1,521	1,844
503-487-9	Ln	Ziema	20,0	60	15,3	11,8	0,119	3,198	0,008	0,008	1,088	1,520	1,980
503-499-4	Dm	Vasara	20,0	100	18,2	13,5	0,181	2,938	0,012	0,009	1,423	1,808	1,595
Vidēji				-	15,9	15,5	0,173	2,823	0,011	0,009	1,412	1,988	1,942

Datu kopsavilkums valdošās sugas griezumā dots Tab. 9. Platībās, kur valdošā suga ir apse, krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes palielinājās par 76% (3,3%, pārrēķinot uz 1 m² šķērslaukuma), salīdzinot ar pieaugumu 5 gadu periodā pirms kopšanas cirtes, taču pētījumā ir tikai 2 šādi parauglaukumi. Egles audzēs vidējais pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes ir 38,7% (12,1%, pārrēķinot uz 1 m² šķērslaukuma). Priedes audzēs vidējais pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes ir 30,2% (12,1%, pārrēķinot uz 1 m² šķērslaukuma). Bērza audzēs vidējais pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes ir 10,1% (turpretim, pārrēķinot uz 1 m² šķērslaukuma pieaugums ir samazinājies par 15,6%). Baltalkšņa audzēs krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes ir samazinājies par 13,6% (par 25,8%, pārrēķinot uz 1 m² šķērslaukuma).

Tab. 9: Radiālā pieauguma datu kopsavilkums atbilstoši valdošajai koku sugai

Valdošā koku suga	Uzmērīto koku skaits	Vidējā uzmērītā koka D, cm	Vidējā uzmērītā koka H, cm	Vidējā uzmērītā koka krāja, m ³	Vidējais attālums starp kokiem	Pieaugums pēc kopšanas cirtes, m ³ gadā	Pieaugums 5 gados pirms kopšanas, m ³ gadā	Pieauguma palielinājums	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ m ⁻² gadā	Pieaugums 5 gados pirms kopšanas, m ³ m ⁻² gadā
B	800	13,5	17,2	0,140	2,596	0,009	0,008	1,246	1,808	2,142
Ba	70	14,9	18,4	0,164	2,399	0,007	0,008	0,878	1,140	1,537
E	1120	16,8	14,6	0,190	2,954	0,013	0,010	1,570	2,313	2,062
P	654	17,4	15,0	0,189	2,943	0,011	0,008	1,393	1,764	1,537

Veicot korelācijas analīzi parauglaukumu griezumā, konstatēts, ka parauglaukumos, kur valdošā suga ir bērzs, krājas pieauguma palielinājums negatīvi korelē ar koku caurmēru ($r = -0,47$), augstumu ($r = -0,68$), vidējā koka krāju ($r = -0,54$) un pieaugumu 5 gadu laikā pirms kopšanas cirtes ($r = -0,53$). Krājas pieauguma palielinājums ir lielāks tajās

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

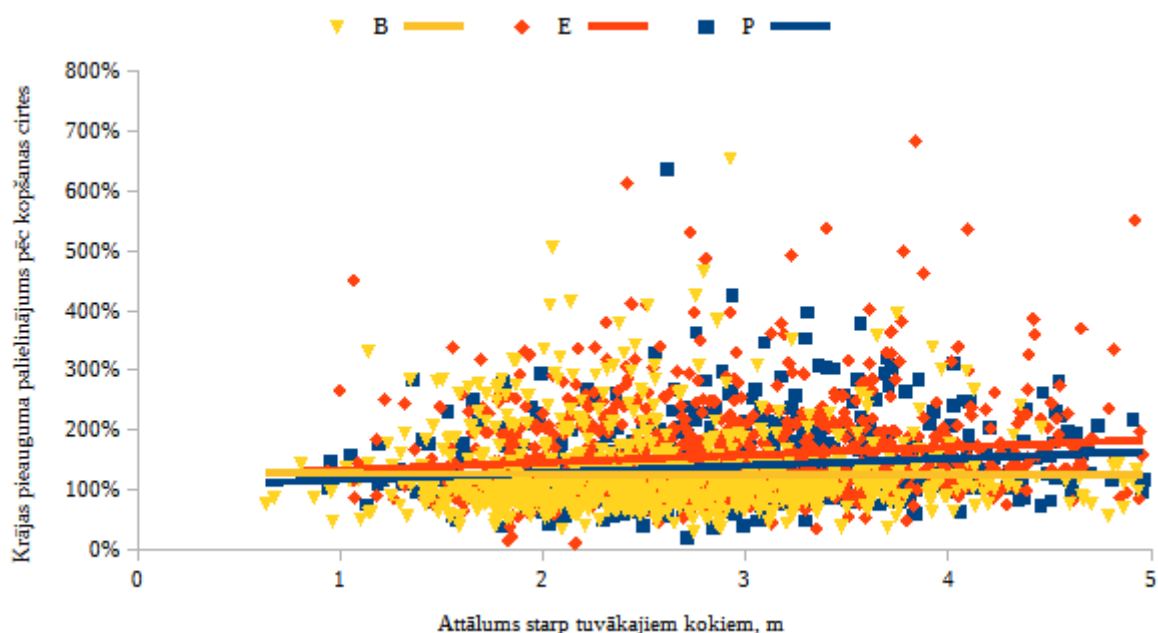
platībās, kur pirms un pēc kopšanas konstatēts lielāks krājas pieaugums uz 1 m² šķērslaukuma aprēķinu perioda sākumā. Lielāks krājas pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes ir platībās ar lielāku krājas pieaugumu uz 1 m² šķērslaukuma pirms un pēc kopšanas cirtes.

Parauglaukumos, kur valdošā suga ir baltalksnis, krājas pieauguma palielinājums pozitīvi korelē ar koku augstumu ($r = 0,78$), krāju ($r = 0,45$) un pieaugumu uz 1 m² šķērslaukuma pēc kopšanas cirtes ($r = 0,86$).

Parauglaukumos, kur valdošā suga ir egle, cieša negatīva korelācija ar krājas pieauguma palielinājumu pēc kopšanas cirtes konstatēta krājas pieaugumam pirms kopšanas cirtes ($r = -0,51$), t.i. jo lielāks pieaugums platībā bija pirms kopšanas cirtes, jo mazāk tas ir palielinājies.

Parauglaukumos, kur valdošā suga ir priede, vidēji cieša pozitīva korelācija konstatēta starp krājas pieauguma palielinājumu un koku augstumu ($r = 0,41$), krāju ($r = 0,31$), kā arī cieša korelācija ar krājas pieaugumu pēc kopšanas cirtes ($r = 0,65$), tajā skaitā pieaugumu, kas pārrēķināts uz 1 m² šķērslaukuma ($r = 0,80$). Vidēji cieša līdz cieša negatīva korelācija konstatēta starp krājas pieauguma palielinājumu pēc kopšanas cirtes un pieaugumu pirms kopšanas cirtes ($r = -0,41$) un pieaugumu pirms kopšanas cirtes, kas pārrēķināts uz 1 m² šķērslaukuma ($r = -0,56$). Tikai priedes parauglaukumos konstatēta cieša sakarība starp krājas pieauguma palielinājumu un attālumu starp kokiem – palielinoties attālumam, krājas pieaugums pēc kopšanas palielinās.

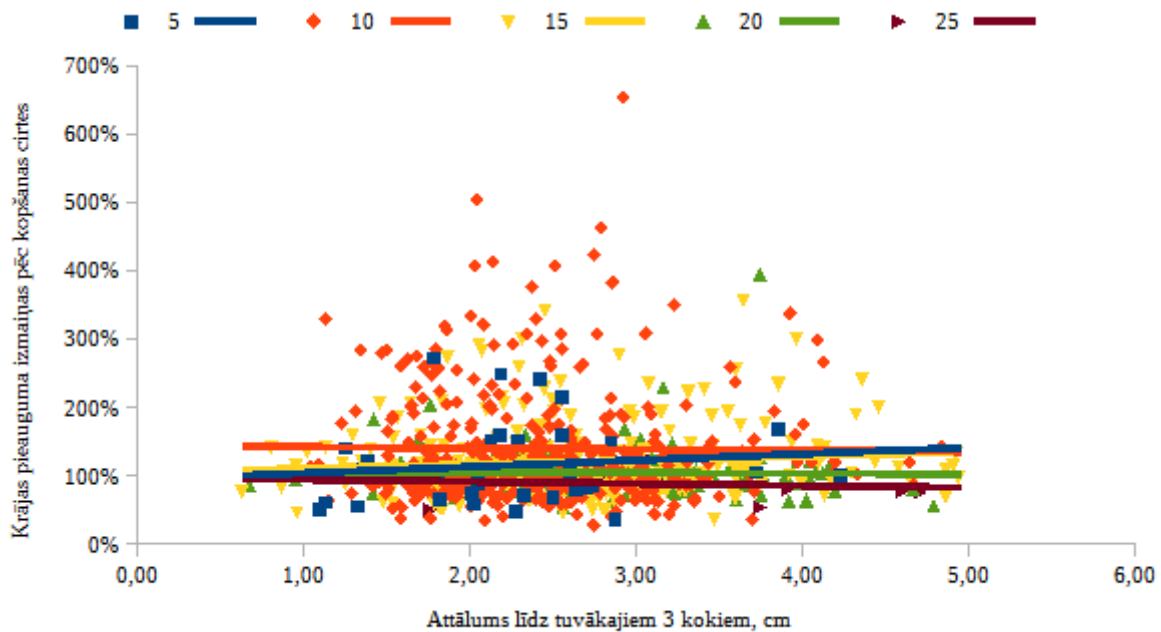
Pētījumā novērtēta krājas pieauguma palielinājuma pēc kopšanas cirtes, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms kopšanas cirtes, un attāluma starp 4 tuvākajiem kokiem sakarība. Visu datu kopsavilkumā Att. 37 redzams, ka skujkokiem vērojama līdzīga krājas pieauguma palielinājuma sakarība, bet bērzam attāluma starp kokiem pieaugums vai samazināšanās būtiski neietekmē krājas pieauguma izmaiņas.



Att. 37: Krājas pieauguma palielinājuma pēc kopšanas cirtes un attāluma starp tuvākajiem kokiem sakarība.

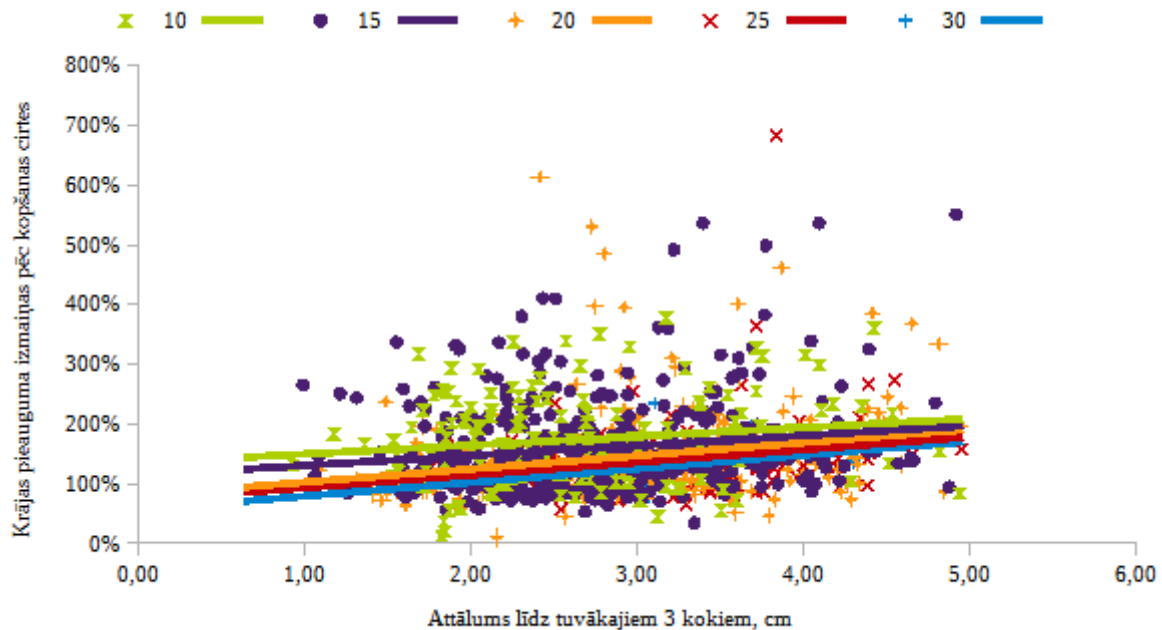
Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumā vērtēts, kā attālums starp atstājamiem kokiem ietekmē bērza, egles un priedes krājas pieauguma izmaiņas pēc kopšanas cirtes, atkarībā no koku caurmēra. Att. 38 raksturo paraugkopu, kurā iekļauti bērza valdaudzes koki. Caurmēra solis ir 5 cm, kas raksturo vidējo koku caurmēru attiecīgajā grupā, t.i. 5 cm caurmēra grupa ietverti koki ar caurmēru no 2 līdz 7,5 cm. Krājas pieauguma palielināšanās pēc kopšanas cirtes, pieaugot attālumam starp kokiem, vērojama tikai 5 cm un 15 cm caurmēra grupā; pārējās caurmēra grupās krājas pieauguma palielinājums nemainās, atkarībā no attāluma starp atstājamiem kokiem. Būtisks krājas pieauguma palielinājums konstatēts 5-15 cm caurmēra grupās. Kokiem 20-25 cm caurmēra grupā krājas pieaugums pirms un pēc kopšanas cirtes būtiski neatšķiras.



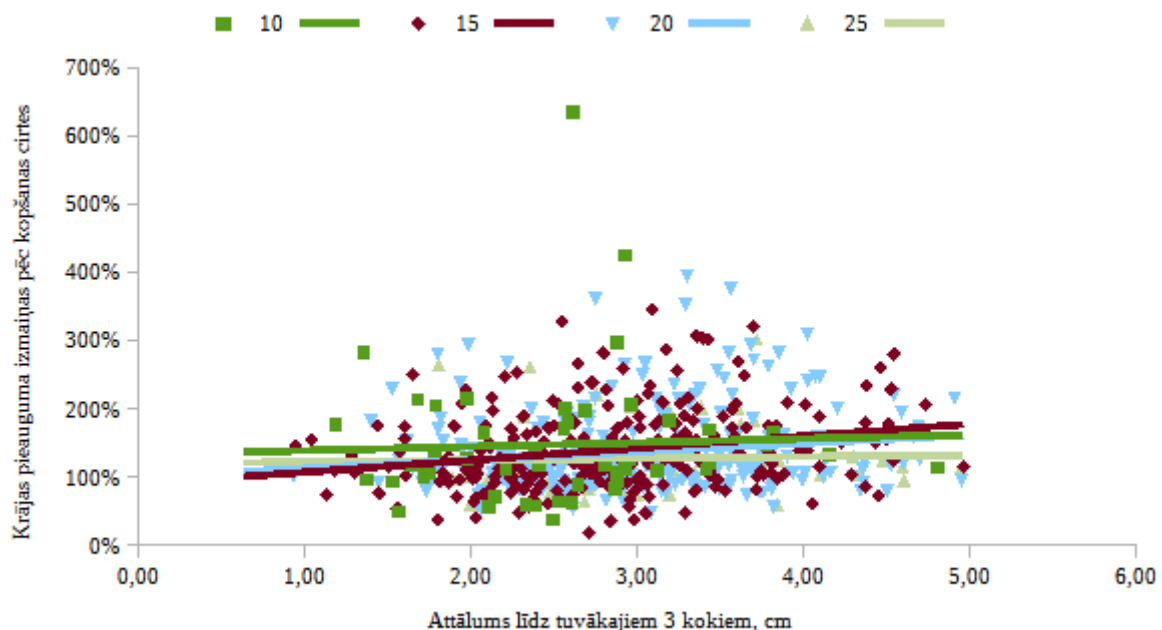
Att. 38: Sakarība starp bērza krājas pieauguma izmaiņām pēc kopšanas cirtes un attālumu starp kokiem, atkarībā no koka caurmēra.

Att. 39 raksturo paraugkopu, kurā iekļauti egles valdaudzes koki. Krājas pieauguma palielināšanās pēc kopšanas cirtes, pieaugot attālumam starp kokiem, vērojama visās caurmēra grupās. Caurmēra grupā 10, 15 un 20 cm krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes vidēji ir lielāks, nekā 5 gadu periodā pirms kopšanas cirtes; 25 cm caurmēra grupā krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes, atbilstoši vidējiem rādītājiem, pārsniedz krājas pieaugumu pirms kopšanas cirtes tad, ja attālums starp kokiem pārsniedz 1,4 m; bet 30 cm caurmēra grupā, atbilstoši vidējiem rādītājiem – ja attālums starp kokiem pārsniedz 2 m. Att. 39 redzama tendence, ka, palielinoties koku caurmēram, ietekme uz krājas pieaugumu samazinās, lai arī, neatkarīgi no caurmēra grupas, saglabājas pozitīvā tendence, ko rada attāluma starp kokiem palielināšanās.



Att. 39: Sakarība starp egles krājas pieauguma izmaiņām pēc kopšanas cirtes un attālu starp kokiem, atkarībā no koka caurmēra.

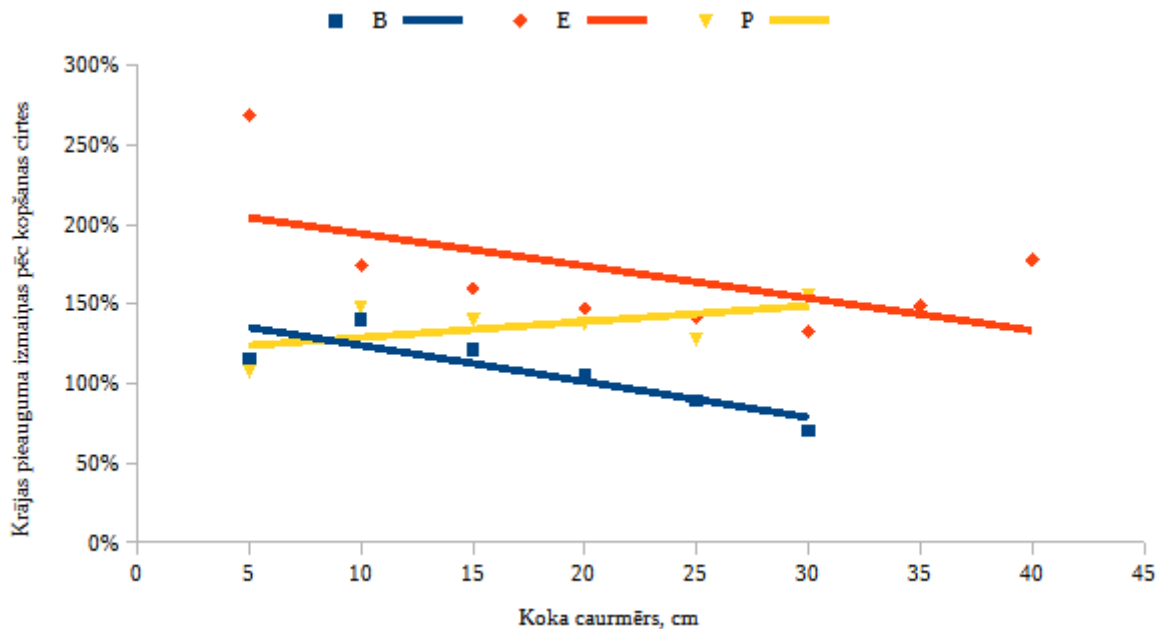
Att. 40 raksturo paraugkopu, kurā iekļauti priedes valdaudzes koki. Krājas pieauguma palielināšanās pēc kopšanas cirtes, pieaugot attālumam starp kokiem, vērojama visās caurmēra grupās, lai arī, pieaugot caurmēra grupai, šis efekts ir mazāk izteikts. Visās caurmēra grupās, neatkarīgi no attāluma starp kokiem, krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes ir vidēji lielāks nekā 5 gadu periodā pirms kopšanas cirtes. Tāpat kā egles paraugkopā, Att. 40 vērojama tendence, ka, neatkarīgi no caurmēra grupas, saglabājas pozitīvā tendence, ko rada attāluma starp kokiem palielināšanās.



Att. 40: Sakarība starp priedes krājas pieauguma izmaiņām pēc kopšanas cirtes un attālu starp kokiem, atkarībā no koka caurmēra.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

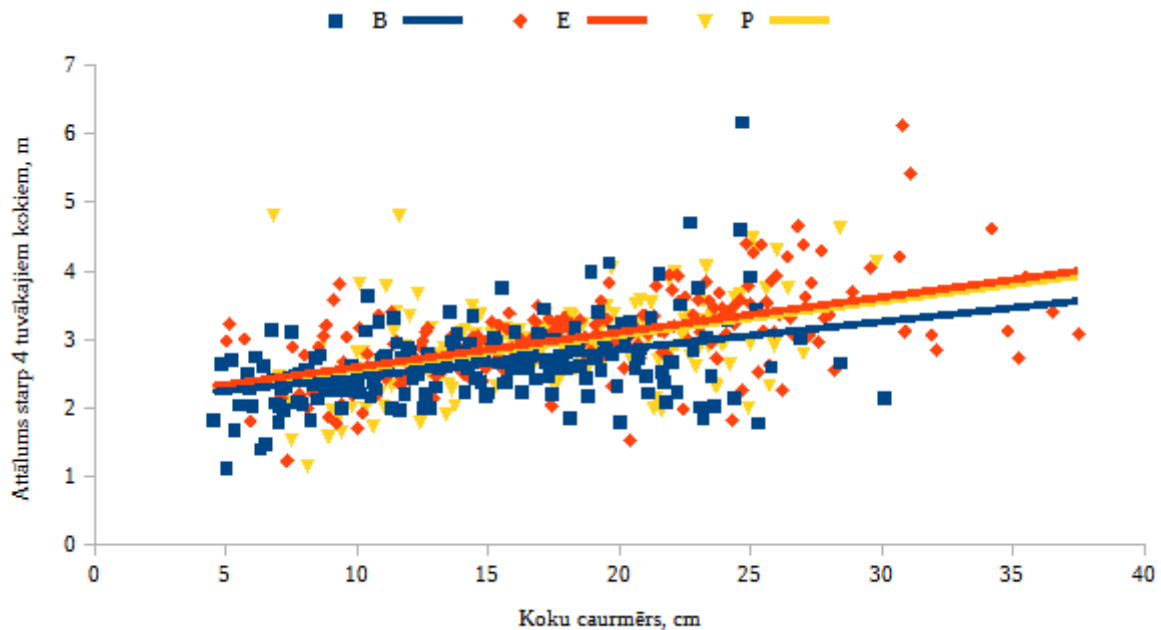
Krājas pieauguma palielināšanās datu kopsavilkums koku sugu un caurmēra grupu griezumā, neatkarīgi no attālums starp kokiem, dots Att. 41. Bērzam un eglei krājas pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms kopšanas cirtes, samazinās, palielinoties koku caurmēram; turpretim, priedei krājas pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes nedaudz pieaug, palielinoties koku caurmēram.



Att. 41: Vidējie rādītāji, kas raksturo bērza, egles un priedes krājas pieauguma izmaiņas pēc kopšanas cirtes un koku caurmēru.

Salīdzinot taksācijas rādītāju izmaiņas, atkarībā no koku caurmēra un koku sugas, pētījumā konstatēts, ka bērzam pieauguma palielinājums pēc kopšanas cirtes, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms kopšanas cirtes negatīvi korelē ar krājas pieauguma palielinājumu ($r = -0,36$). Līdzīga korelācija konstatēta eglei ($r = -0,35$); turpretim, priedei korelācija nav konstatēta. Korelācija starp koku caurmēru un attālumu starp kokiem, neatkarīgi no koku sugas, ir vidēji cieša – bērzam $r = 0,39$; eglei $r = 0,56$ un priedei $r = 0,41$.

Eglei un priedei sakarība starp koku caurmēru un attālumu starp 4 tuvākajiem kokiem būtiski neatšķiras, bet bērzam attālums starp kokiem ar lielāku caurmēru ir mazāks (Att. 42), t.i. kopšanas cirtē ir atstāts lielāks koku skaits. Iespējams, ka lielāki vidējie audžu biežuma rādītāji.



Att. 42: Sakarība starp koku caurmēru un attālumu starp tuvākajiem kokiem.

Secinājumi: lielākajā daļā no vērtētajām audzēm koku augšanas gaita pēc kopšanas cirtes nav pasliktinājusies, bet kopējā krāja būtiski pieaugusi. Arī koku skaits pēc kopšanas cirtes nav būtiski samazinājies dabiskā atmiruma rezultātā; attiecīgi, nav pamata uzskatīt, ka izmantotās kopšanas ciršu metodes negatīvi ietekmē augšanas gaitu. Izņēmuma gadījumi, kad izkoptajās audzēs veiktas sanitārās cirtes, saistīti ar meliorācijas sistēmu stāvokļa pasliktināšanos vai no piegulošajām audzēm ienākušo kaitēkļu radītiem bojājumiem.

Vidējās krājas izmaiņas 3-5 gados pēc kopšanas cirtes (vidēji $50,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ir pietuvojušās kopšanas cirtē nozāģētajam koksnes apjomam (vidēji $70,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Paredzams, ka 2 gadu laikā koksnes krāja izkoptajās audzēs pārsniegs koksnes krāju pirms kopšanas cirtes.

Individuālu koku radiālā pieauguma uzmērījumu datu analīze neparāda izmantotās tehnikas, tehnoloģisko koridoru izvietojuma vai mežizstrādes sezonas ietekmi uz koku augšanas gaitu, taču šo faktoru ietekmi var mazināt vai maskēt citi rādītāji, tajā skaitā audzes sastāvs un koku izvietojums pirms kopšanas cirtes, kas var būtiski ietekmēt krājas pieauguma rādītāju izmaiņas pēc kopšanas cirtes. Šo faktoru ietekmes analīzei turpmāk izmantojamas mašīnmācības metodes, kas ļauj izsekot dažādu faktoru kompleksai ietekmei analizējamu datu kopā.

Individuālu koku pieauguma rādītāju analīze parāda, ka vidēji krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes palielinājies par 27,3%, salīdzinot ar 5 gadu periodu pirms kopšanas cirtes, bet, pārrēķinot uz 1 m^2 šķērslaukuma aprēķinu perioda sākumā, krājas pieauguma palielinājums ir vidēji 2,3%. Vislielākais krājas pieauguma palielinājums konstatēts eglei un priedei, salīdzinoši mazāks – bērzam, un negatīvs – baltalksnim.

Pētījumā nav konstatēts viens dominējošais faktors, kas sekmētu vai, tieši pretēji, mazinātu krājas pieauguma palielinājumu pēc kopšanas cirtēm; dažādu sugu kokiem rādītāji, kas pozitīvi korelē ar krājas pieauguma izmaiņām atšķiras, taču visām koku

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

sugām raksturīgs tas, ka mazāki koki labāk reaģē uz kopšanas cirti. Bērzs ir vienīgā koku suga, neskaitot baltalksni, kurai lielāku dimensiju kokiem (20 un 25 cm caurmēra grupa) konstatēta neitrāla vai negatīva kopšanas ciršu ietekme uz krājas pieaugumu. Jāņem vērā, ka visas izkoptās bērza audzes atbilst gāršas vai slapjās gāršas meža tipam, attiecīgi, dažādu augšanas gaitu ietekmējošo faktoru mijiedarbība var dot citādu rezultātu, nekā skujkoku audzēs, kas pārstāv dažādus edafiskos apstākļus.

Attāluma starp atstājamiem kokiem palielināšanās skujkoku audzēs rada pozitīvu ietekmi uz krājas pieaugumu, neatkarīgi no koku caurmēra, taču izteikti lielāka pozitīvā ietekme ir uz mazāku dimensiju kokiem. Krājas pieauguma palielinājuma krišanās lielāku dimensiju kokiem ir sistemātiska. Bērza audzēs tikai mazāko dimensiju kokiem (caurmēra grupas 5 un 15 cm) konstatēts krājas pieauguma palielinājums, pieaugot attālumam starp kokiem. Lielāku dimensiju bērziem šāda likumsakarība nav konstatēta. Jāņem vērā, ka lielāko dimensiju bērzi ir gāršas meža tipā, kur parasti nav raksturīgs barības vielu deficīts, tāpēc kopšanas cirtes ietekme, palielinoties barības vielu pieejamībai, pirmajos gados var arī neizpausties.

Visas mežizstrādes metodes, kas izmantotas 2012.-2015. gada izmēģinājumos, uzlabo mežaudžu augšanas gaitu. Izņēmumi ir saistīti ar ārēju faktoru iedarbību, nevis kopšanas cirti. Skujkoku audzēs un mazāku dimensiju bērza audzēs atstājamo koku šķērslaukuma samazināšana sekmē krājas pieauguma palielināšanos, bet lielu dimensiju bērza audzēs krājas pieaugums pēc kopšanas cirtes nemainās, neatkarīgi no audzes šķērslaukuma.

Rekomendācijas: izvēloties mežizstrādes metodi novēlotās jaunaudžu kopšanas cirtēs, lēmuma pieņemšanai jāizmanto ekonomiskie kritēriji – mežizstrādes izmaksas un sagaidāmie ieņēmumi, vienlaicīgi īstenojot darbības, kas mazina ietekmi uz augsni un atstājamo koku mehāniskos bojājumus, kuru ietekme pagaidām vēl nav identificējama, bet var izpausties nākotnē, pasliktinoties kokmateriālu kvalitātei.

IEPAZĪSTINĀT LVM DARBINIEKUS UN PAKALPOJUMU SNIEDZĒJUS AR PĒTĪJUMU REZULTĀTIEM UN ATZIŅĀM

Semināru organizēšana LVM darbiniekiem pētījuma rezultātu prezentēšanai

2020. gada publicitātes pasākumu programma nav pilnībā īstenota sakarā ar Covid 19 izplatīšanos un ar to saistītajiem ierobežojumiem.

Pētījuma rezultāti 2020. gadā publicēti 3 zinātniskos rakstos:

1. Ivanovs, Jānis, & Melniks, R. (2020). Comparison of ALS models for the estimation of forest height and wood volume. No R. Björheden & I. Callesen (Red.), *Conference Proceedings* (1061–2020, lpp. 53). University of Copenhagen.
2. Ivanovs, Jānis, & Melniks, R. (2020). Finding the best locations for furrows in soil berms of drainage ditches using LiDAR data. No R. Björheden & I. Callesen (Red.), *Conference Proceedings* (Sēj. 1061–2020, lpp. 121). University of Copenhagen.
3. Melniks, R., Ivanovs, J., & Lazdins, A. (2020). Identification of possible ditch culvert locations using lidar data. *ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*, 1706–1711. <https://doi.org/10.22616/ERDev2020.19.TF439>

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Erber, G., Kanzian, C., & Stampfler, K. (2012). Predicting Moisture Content in a Pine Logwood Pile for Energy Purposes. *Silva Fennica*, 46(4), 555–567.
2. Filbakk, T., Høibø, O., & Nurmi, J. (2011). Modelling natural drying efficiency in covered and uncovered piles of whole broadleaf trees for energy use. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 454–463. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.09.003>
3. Gobakken, T., & Næsset, E. (2009). Assessing effects of positioning errors and sample plot size on biophysical stand properties derived from airborne laser scanner data. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(5), 1036–1052. <https://doi.org/10.1139/X09-025>
4. Hauglin, M., Hansen, E. H., Næsset, E., Busterud, B. E., Gjevestad, J. G. O., & Gobakken, T. (2017). Accurate single-tree positions from a harvester: A test of two global satellite-based positioning systems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(8), 774–781. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1296967>
5. Holopainen, M., Vastaranta, M., & Hyypä, J. (2014). Outlook for the Next Generation's Precision Forestry in Finland. *Forests*, 5(7), 1682–1694. <https://doi.org/10.3390/f5071682>
6. Kaartinen, H., Hyypä, J., Vastaranta, M., Kukko, A., Jaakkola, A., Yu, X., Pyörälä, J., Liang, X., Liu, J., Wang, Y., Kaijaluoto, R., Melkas, T., Holopainen, M., & Hyypä, H. (2015). Accuracy of Kinematic Positioning Using Global Satellite Navigation Systems under Forest Canopies. *Forests*, 6(12), 3218–3236. <https://doi.org/10.3390/f6093218>
7. Kalēja, S., Lazdiņš, A., Zimelis, A., & Spalva, G. (2017). Model for cost calculation and sensitivity analysis of forest operations. *Agronomy Research*, 16(5), 2068–2078. Scopus. <https://doi.org/10.15159/AR.18.207>
8. Lindroos, O., Ringdahl, O., Hera, P. La, Hohnloser, P., & Hellström, T. (2015). Estimating the Position of the Harvester Head—a Key Step towards the Precision Forestry of the Future? No *Croat. J. For. Eng* (Sēj. 36, Numurs 2).
9. Maltamo, M., Bollandas, O. M., Næsset, E., Gobakken, T., & Packalen, P. (2011). Different plot selection strategies for field training data in ALS-assisted forest inventory. *Forestry*, 84(1), 23–31. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq039>
10. Maltamo, Matti, Eerikäinen, K., Packalén, P., & Hyypä, J. (2006). Estimation of stem volume using laser scanning-based canopy height metrics. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 79(2), 217–229. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpl007>
11. Maltamo, Matti, Næsset, E., & Vauhkonen, J. (Red.). (2014). *Forestry Applications of Airborne Laser Scanning*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8663-8>
12. Meirons, Z. (2002). Kwartāra nogulumi. No *Latvijas ģeoloģiskā karte, M 1:200000*. Valsts ģeoloģijas dienests.
13. Routa, J., Kolström, M., Ruotsalainen, J., & Sikanen, L. (2015). Validation of Prediction Models for Estimating the Moisture Content of Small Diameter Stem Wood. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36(2), 283–291.
14. Saukkola, A., Melkas, T., Riekkö, K., Sirparanta, S., Peuhkurinen, J., Holopainen, M., Hyypä, J., & Vastaranta, M. (2019). Predicting Forest Inventory Attributes Using Airborne Laser Scanning, Aerial Imagery, and Harvester Data. *Remote Sensing*, 11(7), 797. <https://doi.org/10.3390/rs11070797>
15. *StanForD - Skogforsk—Forestry Research Institute of Sweden*. (b.g.). Iegūts 2020. gada 7. decembrī, no <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/>
16. White, J. C., Coops, N. C., Wulder, M. A., Vastaranta, M., Hilker, T., & Tompalski, P. (2016). Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 42(5), 619–641. <https://doi.org/10.1080/07038992.2016.1207484>
17. White, J. C., Wulder, M. A., Varhola, A., Vastaranta, M., Coops, N. C., Cook, B. D., Pitt, D.,

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

& Woods, M. (2013). A best practices guide for generating forest inventory attributes from airborne laser scanning data using an area-based approach. No *Forestry Chronicle* (Sēj. 89, Numurs 6, lpp. 722–723). Canadian Institute of Forestry. <https://doi.org/10.5558/tfc2013-132>

1. pielikums

**Parauglaukumu taksācijas rādītāju
kopsavilkums ilglaicīgo novērojumu
objektos**

Tab. 10: Taksācijas rādītāji ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
11-129-18-1	Ks	E	900	15,0	15,2	16,5	50,1	28,1	138,3	0,154
11-129-18-10	Ks	E	650	20,1	17,8	21,3	82,4	33,3	191,1	0,294
11-129-18-2	Ks	E	650	17,5	16,5	16,4	57,1	26,5	142,5	0,219
11-129-18-3	Ks	E	750	15,7	15,6	15,1	47,7	25,4	128,0	0,171
11-129-18-4	Ks	E	1075	11,9	13,2	12,5	31,8	22,8	98,9	0,092
11-129-18-5	Ks	E	1025	15,1	15,2	19,4	60,5	32,9	163,3	0,159
11-129-18-6	Ks	E	625	21,6	18,4	23,4	94,2	35,8	210,8	0,337
11-129-18-7	Ks	E	1150	17,5	16,6	28,9	100,2	46,9	252,1	0,219
11-129-18-8	Ks	E	800	19,3	17,3	24,6	93,7	38,6	219,5	0,274
11-129-18-9	Ks	E	500	18,3	16,9	13,8	50,7	22,1	122,5	0,245
11-147-1-1	As	E	825	18,7	17,4	24,6	97,2	38,4	225,9	0,274
11-147-1-10	As	E	750	17,9	17,2	20,7	88,9	30,3	193,2	0,258
11-147-1-11	As	E	550	22,4	18,7	25,9	136,9	35,8	261,9	0,476
11-147-1-12	As	E	700	18,5	17,6	20,2	76,4	31,9	187,0	0,267
11-147-1-13	As	E	675	20,4	18,2	23,5	96,3	36,1	217,2	0,322
11-147-1-2	As	E	950	19,3	18,0	29,4	113,5	46,1	274,0	0,288
11-147-1-3	As	E	800	17,3	16,8	20,9	101,0	24,2	189,5	0,237
11-147-1-4	As	E	675	21,0	18,6	24,7	102,5	37,7	231,6	0,343
11-147-1-5	As	E	900	18,9	17,8	26,7	100,8	42,1	246,5	0,274
11-147-1-6	As	E	725	18,1	17,2	21,7	94,4	32,7	201,7	0,278
11-147-1-7	As	E	825	18,5	17,7	23,2	84,6	37,0	213,8	0,259
11-147-1-8	As	E	950	18,1	17,4	25,6	92,4	41,0	234,0	0,246
11-147-1-9	As	E	600	20,0	18,3	19,4	74,3	30,4	180,0	0,300
11-279-18-1	Vr	E	750	16,0	14,6	15,5	55,5	21,4	112,0	0,149
11-279-18-10	Vr	E	1250	14,3	12,9	21,6	67,5	36,1	151,8	0,121
11-279-18-11	Vr	E	550	15,2	13,3	10,4	32,0	17,6	73,1	0,133
11-279-18-12	Vr	E	900	15,3	13,3	16,8	50,6	28,7	117,7	0,131
11-279-18-13	Vr	E	750	15,1	13,0	14,0	42,6	23,7	96,2	0,128
11-279-18-14	Vr	E	1300	13,1	12,7	18,3	52,5	29,9	126,6	0,097
11-279-18-2	Vr	E	900	13,8	13,2	14,0	42,8	22,0	98,4	0,109
11-279-18-3	Vr	E	2300	10,5	11,0	23,1	64,2	39,4	159,2	0,069
11-279-18-4	Vr	E	1700	11,6	11,9	19,9	56,9	32,1	139,2	0,082
11-279-18-5	Vr	E	1300	13,0	12,9	18,7	58,6	28,4	132,8	0,102
11-279-18-6	Vr	E	1400	12,1	12,2	16,7	45,3	28,6	116,7	0,083
11-279-18-7	Vr	E	1400	13,6	12,9	21,3	61,8	36,2	151,3	0,108
11-279-18-8	Vr	E	1300	12,5	12,3	17,2	47,1	30,5	120,2	0,092
11-279-18-9	Vr	E	1500	12,4	12,2	20,7	63,0	34,7	144,4	0,096
12-79-16-1	Dm	P	750	17,5	16,9	19,3	69,8	16,5	164,9	0,220
12-79-16-2	Dm	P	625	18,3	17,2	17,8	69,9	14,9	155,8	0,249

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
12-79-16-3	Dm	P	675	18,5	17,2	19,1	71,9	16,7	163,2	0,242
12-79-16-4	Dm	P	650	19,0	17,7	19,1	72,6	16,1	166,8	0,257
12-79-16-5	Dm	P	650	18,1	17,5	17,2	61,0	14,8	147,1	0,226
12-79-16-6	Dm	P	625	17,8	17,0	16,5	60,9	14,1	142,2	0,228
12-87-9-1	Mr	P	925	17,3	16,5	22,9	80,7	19,9	190,1	0,205
12-87-9-10	Mr	P	825	17,0	16,4	19,6	67,4	17,3	161,2	0,195
12-87-9-11	Mr	P	875	16,8	16,4	19,9	66,3	17,6	162,1	0,185
12-87-9-12	Mr	P	800	17,4	16,6	20,0	71,4	17,3	166,9	0,209
12-87-9-13	Mr	P	700	17,9	16,7	18,3	65,8	15,8	151,6	0,217
12-87-9-14	Mr	P	575	17,3	16,7	13,8	47,0	12,1	113,7	0,198
12-87-9-15	Mr	P	700	16,6	16,4	15,5	50,3	13,8	126,4	0,181
12-87-9-16	Mr	P	800	17,6	16,7	20,1	69,6	17,4	164,5	0,206
12-87-9-2	Mr	P	900	18,2	17,1	24,0	85,8	20,6	201,0	0,223
12-87-9-23	Mr	P	900	17,0	16,6	20,9	69,3	18,4	170,5	0,189
12-87-9-3	Mr	P	850	16,3	16,2	18,3	59,2	16,3	148,2	0,174
12-87-9-4	Mr	P	675	17,5	16,8	16,5	55,9	14,5	136,1	0,202
12-87-9-5	Mr	P	600	18,9	17,4	17,2	63,1	14,6	145,7	0,243
12-87-9-6	Mr	P	825	17,5	16,8	20,6	71,6	17,9	171,5	0,208
12-87-9-7	Mr	P	800	16,2	16,2	17,1	54,9	15,3	138,5	0,173
12-87-9-8	Mr	P	825	17,6	16,5	20,5	70,2	17,9	167,8	0,203
12-87-9-9	Mr	P	750	17,8	16,5	19,5	70,0	17,0	160,8	0,214
502-240-7-1	Dm	E	750	13,5	9,7	12,3	39,0	20,7	71,2	0,095
502-240-7-2	Dm	E	1250	11,1	8,6	13,2	34,0	22,1	66,9	0,053
502-240-7-3	Dm	E	1650	9,7	7,7	13,5	32,0	23,7	63,2	0,038
502-240-7-4	Dm	E	1200	10,7	7,8	12,1	30,3	19,9	57,7	0,048
502-423-5-1	Grs	B	1150	13,9	18,8	18,8	87,0	12,1	175,6	0,153
502-423-5-2	Grs	B	1100	14,5	19,5	19,1	89,1	11,9	180,9	0,164
502-423-5-3	Grs	B	1200	16,2	20,1	26,2	127,9	17,1	240,6	0,200
502-423-6-1	Grs	B	950	16,8	18,5	22,9	117,2	15,4	200,3	0,211
502-423-6-2	Grs	B	1350	15,5	20,3	27,0	134,2	17,0	265,6	0,197
502-423-6-3	Grs	B	1050	15,0	19,8	20,3	103,1	12,8	199,6	0,190
502-423-6-4	Grs	B	1250	15,4	18,1	27,8	144,5	19,3	239,8	0,192
502-423-6-5	Grs	B	750	14,7	18,6	13,4	62,2	8,4	119,4	0,159
502-423-6-6	Grs	B	1350	13,7	17,9	20,8	88,8	12,8	178,9	0,133
502-423-6-7	Grs	B	1100	15,8	20,4	22,8	114,6	14,3	224,2	0,204
502-423-6-8	Grs	B	750	14,5	19,7	13,6	67,8	8,5	133,9	0,179
502-426-10-1	Grs	E	2000	12,6	13,0	28,9	108,6	29,7	202,9	0,101
502-426-10-2	Grs	Ba	1350	13,5	17,0	20,5	75,2	14,8	172,5	0,128
502-426-10-3	Grs	B	1350	12,7	15,4	18,8	73,6	17,0	155,0	0,115
502-426-10-4	Grs	B	1650	12,4	16,2	21,6	85,4	17,9	188,5	0,114

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
502-426-10-5	Grs	Ba	1550	14,1	16,9	25,2	93,2	23,6	212,4	0,137
502-426-10-6	Grs	Ba	1850	12,3	17,6	23,1	86,3	15,2	203,4	0,110
502-426-10-7	Grs	Ba	1700	12,3	16,1	21,2	68,2	18,9	174,0	0,102
502-426-10-8	Grs	Ba	1150	15,1	18,5	22,6	102,1	15,7	213,4	0,186
502-427-11-1	Ap	B	950	16,7	19,5	22,2	115,1	14,8	229,2	0,241
502-427-11-2	Ap	Ba	1150	15,8	17,7	24,2	106,7	16,3	212,4	0,185
502-427-11-3	Ap	Ba	1400	15,4	16,3	27,2	105,2	21,0	215,7	0,154
502-427-6-1	Db	B	1600	8,4	11,9	9,8	28,7	6,5	59,9	0,037
502-427-6-2	Db	B	1950	8,4	12,3	11,5	33,7	6,9	73,1	0,037
502-427-6-3	Db	B	1850	10,7	13,0	18,3	62,4	13,4	117,2	0,063
502-427-6-4	Db	B	1750	9,8	12,7	14,6	49,6	9,7	96,0	0,055
502-427-6-5	Db	B	1650	12,1	12,7	20,9	77,6	16,4	136,1	0,082
502-427-6-6	Db	B	2350	9,0	12,2	16,4	51,1	10,4	103,9	0,044
502-428-5-1	Gr	B	2150	8,3	11,4	13,0	40,8	7,6	81,4	0,038
502-428-5-10	Gr	B	1550	9,4	10,6	12,4	43,5	11,0	79,4	0,051
502-428-5-11	Gr	B	1700	8,1	8,8	10,1	28,2	11,8	56,5	0,033
502-428-5-2	Gr	B	2050	8,2	11,3	11,9	35,6	6,7	73,6	0,036
502-428-5-3	Gr	B	1350	8,6	11,9	8,3	24,7	4,9	52,1	0,039
502-428-5-4	Gr	B	1550	9,3	12,2	12,2	45,2	7,1	81,3	0,052
502-428-5-5	Gr	B	1650	9,1	11,5	12,6	45,9	8,8	82,2	0,050
502-428-5-6	Gr	A	1750	9,8	10,3	21,0	116,4	21,5	188,9	0,108
502-428-5-7	Gr	B	1450	8,9	10,8	9,7	28,5	8,4	56,2	0,039
502-428-5-8	Gr	B	1350	9,7	10,5	10,9	33,9	12,1	65,4	0,048
502-428-5-9	Gr	Oz	1650	9,0	9,5	22,1	168,8	24,7	217,9	0,132
502-434-1-1	Grs	B	1200	13,6	16,2	19,2	90,6	11,9	157,9	0,132
502-434-1-2	Grs	B	1650	11,4	15,1	17,6	66,7	10,4	132,1	0,080
502-434-1-3	Grs	B	1150	11,0	14,3	11,6	41,9	7,6	83,7	0,073
502-434-1-4	Grs	B	1250	13,2	15,7	18,6	82,7	12,5	149,4	0,119
502-434-1-5	Grs	B	1050	13,3	15,8	15,4	66,7	9,7	121,3	0,115
502-434-1-6	Grs	B	1200	11,1	14,3	12,3	46,8	7,7	89,5	0,075
502-434-2-1	Grs	B	1350	14,0	18,7	22,9	105,6	15,8	207,5	0,154
502-434-2-2	Grs	B	1100	15,0	16,2	20,4	89,2	14,3	164,5	0,150
502-434-2-3	Grs	B	1050	15,9	18,5	22,0	105,5	15,8	199,4	0,190
502-434-2-4	Grs	B	950	17,0	18,1	23,1	119,9	15,1	210,5	0,222
502-434-2-5	Grs	B	950	15,7	17,6	20,1	102,8	13,0	183,3	0,193
502-434-2-6	Grs	B	1200	14,7	15,1	21,8	94,6	14,1	162,6	0,136
502-436-1-1	Gr	B	1350	11,8	16,6	15,8	63,9	9,5	131,0	0,097
502-436-1-2	Gr	B	1450	10,7	15,8	14,4	56,6	8,5	117,0	0,081
502-436-1-3	Gr	B	1250	12,4	17,0	16,6	73,2	10,1	142,5	0,114
502-436-1-4	Gr	B	1150	13,4	17,9	16,9	73,6	10,3	146,4	0,127

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
502-436-1-5	Gr	B	1200	12,9	17,5	16,3	67,7	9,8	137,5	0,115
502-436-1-6	Gr	B	1100	12,8	17,6	14,6	59,3	8,7	122,5	0,111
502-438-3-1	Grs	B	1150	13,1	15,4	16,2	66,5	9,8	121,3	0,105
502-438-3-2	Grs	B	1650	13,0	15,5	23,7	103,9	14,5	183,7	0,111
502-438-3-3	Grs	B	1500	10,1	14,5	12,4	42,0	7,1	88,9	0,059
502-438-3-4	Grs	B	1250	11,7	14,7	14,2	53,5	10,3	103,9	0,083
502-438-3-5	Grs	B	1900	10,6	13,5	18,1	63,5	12,4	121,5	0,064
502-438-3-6	Grs	B	1000	13,7	15,8	15,0	62,4	9,2	114,0	0,114
502-438-4-1	Grs	B	1200	15,0	16,7	22,6	103,2	14,5	186,5	0,155
502-438-4-2	Grs	B	1150	13,7	18,2	18,3	85,3	11,3	166,9	0,145
502-438-4-3	Grs	B	1350	11,6	13,6	15,2	55,8	9,2	103,7	0,076799
502-438-4-4	Grs	B	1500	13,2	13,8	21,9	86,6	13,7	153,3	0,102217
502-438-4-5	Grs	B	1550	11,8	14,5	18,2	67,8	11,0	131,3	0,084727
502-438-7-1	Gr	B	850	14,9	20,1	16,0	79,2	10,0	159,4	0,187472
502-438-7-2	Gr	B	1300	14,1	19,7	21,1	94,3	13,0	200,8	0,154498
502-438-7-3	Gr	B	850	14,4	19,4	15,3	76,3	9,6	148,2	0,174393
502-438-7-4	Gr	B	1050	15,2	20,6	20,0	96,4	12,5	198,7	0,189219
502-438-7-5	Gr	B	1150	14,0	19,3	19,4	93,3	12,1	190,1	0,165274
502-438-7-6	Gr	B	950	15,8	20,9	19,8	100,1	12,5	200,2	0,210695
502-438-7-7	Gr	B	1300	15,5	20,9	25,2	119,4	15,6	247,8	0,190612
502-438-7-8	Gr	B	900	14,9	20,5	16,4	76,6	10,1	160,0	0,177814
503-300-12-1	Dm	E	1350	13,2	13,4	19,9	57,0	34,8	158,1	0,117106
503-300-12-2	Dm	E	1150	11,0	11,8	11,9	29,9	21,3	87,7	0,076261
503-300-12-3	Dm	E	750	15,5	14,9	15,3	50,9	24,8	127,2	0,169667
503-300-12-4	Dm	E	1000	16,5	15,6	23,5	83,2	38,1	206,0	0,206048
503-300-12-5	Dm	E	1200	14,5	14,3	21,7	70,4	36,6	179,6	0,149687
503-300-12-6	Dm	E	750	15,5	14,5	14,7	46,0	22,6	113,2	0,150895
503-307-6-1	As	E	1350	10,4	8,7	12,2	28,6	22,5	63,3	0,046878
503-307-6-2	As	B	700	10,6	10,3	7,3	24,9	8,7	44,8	0,064024
503-307-6-3	As	B	1000	9,5	11,3	7,4	24,3	4,2	43,5	0,043516
503-307-6-4	As	B	550	11,4	11,4	6,2	24,8	4,8	40,0	0,072707
503-307-6-5	As	E	1150	11,0	9,4	11,3	29,4	18,4	59,7	0,051895
503-307-6-6	As	E	1350	10,9	8,7	13,2	31,3	24,8	67,4	0,049935
503-307-6-7	As	E	1450	10,4	8,8	13,1	35,1	22,0	70,5	0,048604
503-307-6-8	As	E	1050	10,1	9,0	9,4	23,2	16,1	48,9	0,046544
503-311-23-1	Vr	E	700	27,5	21,7	42,7	212,4	60,7	435,3	0,621884
503-311-23-2	Vr	E	850	17,6	14,3	21,6	76,5	35,0	166,5	0,195939
503-311-23-3	Vr	E	650	22,2	18,8	26,2	111,8	39,5	248,0	0,381479
503-311-23-4	Vr	E	650	18,9	15,7	18,9	70,6	30,0	155,2	0,238800
503-312-1-1	As	E	550	18,8	18,7	16,1	60,7	25,5	161,1	0,292834

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
503-312-1-2	As	E	950	16,3	17,7	20,6	67,0	34,3	197,7	0,208127
503-312-1-3	As	E	650	17,2	18,1	15,7	53,1	25,7	151,6	0,233305
503-317-7-4	Dm	E	700	17,5	13,2	17,4	61,3	27,3	113,0	0,161359
503-317-7-5	Dm	E	900	16,0	12,9	18,4	57,2	30,9	121,0	0,134401
503-317-7-6	Dm	E	1200	14,4	12,2	20,3	59,6	35,1	131,3	0,109445
503-317-7-7	Dm	E	800	14,9	12,2	14,8	46,6	25,0	93,8	0,117214
503-317-7-8	Dm	E	950	14,4	12,1	16,4	52,2	25,9	104,4	0,109920
503-317-7-9	Dm	E	1050	16,0	12,6	22,5	77,2	35,6	142,9	0,136066
503-318-17-1	Dm	E	750	18,0	13,9	19,4	66,4	31,6	132,9	0,177179
503-318-17-10	Dm	E	850	17,3	13,3	21,6	80,2	33,7	145,3	0,170998
503-318-17-11	Dm	E	850	17,2	13,6	21,4	77,8	33,7	144,7	0,170232
503-318-17-2	Dm	E	1000	13,3	11,6	14,7	41,8	25,8	96,6	0,096578
503-318-17-3	Dm	E	950	17,6	13,5	24,3	88,7	38,0	164,9	0,173581
503-318-17-4	Dm	E	750	15,6	13,9	16,7	71,4	20,0	121,6	0,162115
503-318-17-5	Dm	E	850	16,8	12,8	22,6	88,3	34,7	152,4	0,179285
503-318-17-6	Dm	E	800	15,3	13,3	15,9	60,5	19,9	109,6	0,137010
503-318-17-7	Dm	E	850	15,2	12,4	16,5	51,7	27,6	105,9	0,124615
503-318-17-8	Dm	E	900	13,4	12,4	14,4	46,6	22,0	95,5	0,106144
503-318-17-9	Dm	E	950	16,4	15,0	21,9	92,9	27,8	169,1	0,178016
503-318-30-10	Dm	E	1250	16,2	15,3	27,6	94,5	43,5	220,4	0,176335
503-318-30-3	Dm	E	750	20,8	16,6	26,3	103,9	40,7	211,7	0,282330
503-318-30-4	Dm	E	400	22,1	16,9	15,7	64,8	23,9	125,0	0,312485
503-318-30-5	Dm	E	800	18,1	16,1	21,6	78,7	34,6	176,3	0,220366
503-318-30-8	Dm	E	950	18,4	16,1	26,3	95,5	42,1	213,9	0,225189
503-318-30-9	Dm	E	750	18,5	16,1	20,8	75,4	33,3	170,0	0,226648
503-322-1-1	Vr	E	950	15,0	10,4	17,9	57,8	28,5	103,2	0,108616
503-322-1-2	Vr	E	650	13,8	10,5	10,9	34,9	17,9	63,5	0,097708
503-322-1-3	Vr	E	800	15,6	13,1	16,2	63,1	22,6	114,5	0,143135
503-322-1-4	Vr	E	1000	12,2	10,2	14,7	52,3	23,4	88,0	0,087952
503-329-1-1	Dm	E	650	20,1	16,2	21,0	79,7	33,0	167,6	0,257836
503-329-1-10	Dm	E	800	15,2	13,7	15,8	53,8	24,6	118,1	0,147587
503-329-1-2	Dm	E	750	18,9	15,1	21,7	86,6	30,3	162,7	0,216896
503-329-1-3	Dm	E	850	19,4	16,0	25,7	94,8	40,7	205,7	0,241981
503-329-1-8	Dm	E	950	15,2	13,5	18,1	56,6	28,6	130,5	0,137329
503-329-1-9	Dm	E	1450	13,5	12,5	23,2	72,4	35,6	167,8	0,115748
503-331-16-1	Ln	P	1200	11,6	10,6	15,3	46,8	15,2	100,2	0,083461
503-331-16-2	Ln	P	1900	12,5	11,9	26,7	82,3	24,5	178,2	0,093810
503-331-16-3	Ln	P	2100	7,7	8,3	12,9	34,4	15,6	79,5	0,037878
503-331-16-4	Ln	P	1200	13,2	11,5	19,2	60,7	20,6	130,7	0,108895
503-331-16-5	Ln	B	1650	10,8	11,9	18,9	74,5	18,0	142,3	0,086232

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
503-331-16-6	Ln	P	950	11,5	11,2	11,9	36,1	12,8	78,1	0,082225
503-331-16-7	Ln	E	1150	17,1	14,8	31,5	129,2	48,2	266,2	0,231503
503-331-16-8	Ln	P	1100	13,2	12,3	17,4	60,0	15,7	122,1	0,110985
503-331-16-9	Ln	P	1450	9,5	9,4	13,4	37,1	14,0	85,3	0,058796
503-331-18-1	Ln	B	1350	12,4	12,2	18,6	68,3	18,2	129,3	0,095761
503-331-18-2	Ln	B	1150	11,6	12,4	14,5	65,1	10,9	109,3	0,095015
503-331-18-3	Ln	B	1400	12,5	12,2	20,9	83,6	21,1	145,9	0,104204
503-331-18-4	Ln	E	1050	12,0	12,8	13,8	49,4	14,7	96,3	0,091677
503-331-18-5	Ln	E	1250	14,9	12,7	27,0	119,6	32,2	190,7	0,152559
503-331-18-6	Ln	E	1300	13,8	11,8	22,9	78,8	34,4	154,6	0,118886
503-331-18-7	Ln	B	1350	13,6	12,4	22,7	91,9	21,9	164,5	0,121853
503-331-18-8	Ln	A	800	14,2	14,2	14,9	66,8	11,8	116,9	0,146171
503-379-27-1	Vr	E	900	17,6	14,7	22,4	76,5	35,9	166,9	0,185466
503-379-27-2	Vr	E	1150	16,4	14,1	27,0	97,2	43,6	202,4	0,176008
503-379-27-3	Vr	E	1250	16,3	14,3	27,7	93,4	45,6	206,0	0,164782
503-379-27-4	Vr	E	900	16,3	14,0	19,9	67,0	32,3	145,8	0,162048
503-379-27-5	Vr	E	900	18,0	14,5	24,4	94,1	35,9	178,3	0,198101
503-379-27-6	Vr	E	1050	18,7	15,1	30,5	115,1	47,1	231,3	0,220264
503-432-8-1	Vr	B	1250	13,6	15,8	19,0	79,6	15,6	154,7	0,123742
503-432-8-2	Vr	B	950	15,0	17,0	17,8	84,3	12,4	153,4	0,161437
503-432-8-3	Vr	B	1350	12,2	12,7	18,8	84,4	18,1	152,4	0,112860
503-432-8-4	Vr	B	1250	11,1	12,7	13,4	48,8	13,5	100,8	0,080656
503-432-8-5	Vr	B	1350	11,2	13,1	14,7	53,6	14,6	111,7	0,082724
503-432-8-6	Vr	B	1950	10,0	11,6	17,8	59,4	18,1	132,1	0,067723
503-455-13-1	Dm	E	1150	13,3	12,1	17,1	48,5	29,7	117,1	0,101844
503-455-13-2	Dm	E	1100	11,6	11,1	12,3	30,8	22,5	81,1	0,073748
503-455-13-3	Dm	E	1800	12,7	11,8	24,0	64,1	42,5	162,8	0,090419
503-455-13-4	Dm	E	950	11,9	11,0	11,6	31,7	20,8	77,2	0,081255
503-455-13-5	Dm	E	1350	12,8	11,7	19,2	55,8	33,0	130,9	0,096972
503-455-13-6	Dm	E	950	12,8	12,0	12,7	33,7	22,1	85,4	0,089880
503-455-13-7	Dm	E	1350	11,5	10,7	15,7	44,0	25,3	101,3	0,075040
503-455-14-10	Dm	E	1000	16,8	14,6	25,5	97,1	38,9	215,5	0,215480
503-455-14-11	Dm	E	1100	16,4	15,4	24,6	83,0	39,6	207,9	0,188990
503-455-14-12	Dm	E	1000	15,2	14,8	20,3	69,9	33,0	169,7	0,169736
503-455-14-13	Dm	E	1750	13,8	13,6	28,3	85,5	48,6	222,9	0,127395
503-455-14-15	Dm	E	1400	16,5	14,8	33,2	120,4	53,2	271,0	0,193536
503-455-14-8	Dm	E	1050	14,7	13,6	18,8	56,9	30,4	144,0	0,137116
503-455-14-9	Dm	E	1300	14,0	13,6	22,0	66,9	37,0	172,1	0,132405
503-479-12-1	Ln	P	1200	15,7	15,6	25,3	85,3	28,0	209,5	0,174555
503-479-12-2	Ln	P	1050	16,1	15,9	22,4	73,2	24,6	181,7	0,173095

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Zaru biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
503-479-12-3	Ln	P	1100	18,6	17,3	30,8	112,8	27,9	262,9	0,239005
503-479-12-4	Ln	P	1100	17,1	16,2	26,0	88,0	28,2	213,8	0,194351
503-479-12-5	Ln	P	950	17,9	16,9	24,4	84,9	27,4	207,4	0,218338
503-479-12-6	Ln	P	1250	16,2	16,2	26,9	87,9	25,8	219,0	0,175193
503-479-12-7	Ln	P	1000	17,5	16,7	24,6	83,9	22,5	203,1	0,203052
503-479-12-8	Ln	P	1000	16,1	16,0	21,1	68,3	20,8	172,1	0,172063
503-479-12-9	Ln	P	950	16,8	16,4	21,8	72,9	20,1	177,5	0,186845
503-481-6-1	Ln	E	1500	13,4	11,8	23,3	69,1	31,7	163,0	0,108656
503-481-6-2	Ln	P	1350	15,2	13,4	25,5	78,2	32,0	180,1	0,133424
503-481-6-3	Ln	P	1200	12,6	10,4	17,4	52,8	18,1	113,4	0,094541
503-481-6-4	Ln	P	1550	13,1	11,3	23,1	67,0	28,1	153,4	0,098940
503-481-6-5	Ln	P	1450	15,0	12,5	26,9	82,8	26,5	180,8	0,124700
503-481-6-6	Ln	P	1050	14,7	12,4	18,8	58,1	20,2	126,4	0,120423
503-481-6-7	Ln	P	1300	13,1	11,9	19,3	56,8	25,7	131,8	0,101351
503-481-6-8	Ln	E	1150	13,7	12,0	19,5	61,6	27,8	138,9	0,120746
503-487-10-1	Ln	P	1150	15,9	14,4	23,3	71,9	21,1	168,1	0,146162
503-487-10-2	Ln	P	850	17,8	14,8	21,6	74,9	18,8	157,8	0,185589
503-487-10-3	Ln	P	1200	16,7	14,3	27,4	91,6	25,0	196,7	0,163899
503-487-10-4	Ln	P	1000	16,2	13,5	21,9	73,4	21,1	157,1	0,157106
503-487-10-5	Ln	P	900	17,5	14,6	22,4	77,8	19,5	161,9	0,179927
503-487-10-6	Ln	P	950	17,3	14,6	23,5	82,2	20,4	170,5	0,179513
503-487-9-1	Ln	P	900	14,4	11,6	15,0	42,5	14,1	90,8	0,100930
503-487-9-2	Ln	P	1050	14,6	11,7	18,4	54,2	17,1	112,7	0,107317
503-487-9-3	Ln	P	650	16,8	12,2	14,9	50,1	13,2	93,1	0,143227
503-487-9-4	Ln	P	900	14,1	11,4	14,9	44,3	13,9	91,4	0,101510
503-487-9-5	Ln	P	950	14,8	11,6	17,5	55,0	16,0	108,1	0,113789
503-487-9-6	Ln	P	1200	15,4	11,8	23,2	72,0	21,1	142,9	0,119085
503-499-4-1	Dm	P	950	15,1	12,3	19,6	67,8	18,8	136,9	0,144137
503-499-4-10	Dm	P	1050	16,0	12,2	23,9	84,3	20,5	155,4	0,148031
503-499-4-11	Dm	P	1150	14,9	11,6	23,4	81,2	22,3	155,2	0,134954
503-499-4-2	Dm	P	1050	13,3	11,1	17,3	56,4	16,6	116,5	0,110964
503-499-4-3	Dm	P	1050	13,8	11,5	18,3	60,4	18,7	122,1	0,116329
503-499-4-4	Dm	P	1100	14,7	11,5	21,7	75,0	20,4	141,3	0,128436
503-499-4-5	Dm	P	1000	16,3	12,6	22,9	79,8	22,2	159,3	0,159337
503-499-4-6	Dm	P	1250	14,1	11,8	23,2	78,6	25,4	159,6	0,127716
503-499-4-7	Dm	P	1150	14,4	11,6	21,4	71,2	21,3	139,4	0,121227
503-499-4-8	Dm	P	1250	12,6	10,9	19,7	65,3	21,2	125,5	0,100362

Tab. 11: Radiālā pieauguma mērījumu datu kopsavilkums ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos

PL ID	Valdības suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m ³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m ³ gadā
11-129-18-1	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	15,3	15,4	0,2	3,5	4,4	0,0072	0,0079
11-129-18-10	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	21,4	18,2	0,3	5,3	4,8	0,0183	0,0145
11-129-18-2	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	16,6	16,1	0,2	5,0	4,0	0,0118	0,0085
11-129-18-3	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	16,5	15,9	0,2	4,4	5,1	0,0106	0,0101
11-129-18-4	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	12,1	13,4	0,1	3,5	4,0	0,0059	0,0056
11-129-18-5	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	15,9	15,6	0,2	5,3	3,6	0,0121	0,0070
11-129-18-6	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	22,0	18,6	0,3	5,0	5,2	0,0165	0,0150
11-129-18-7	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	15,9	16,0	0,2	2,7	2,6	0,0068	0,0056
11-129-18-8	E	Ks	Vasara	2016	2019	20	18,1	16,7	0,2	4,3	3,5	0,0135	0,0088
11-147-1-1	E	As	Vasara	2016	2019	20	20,1	18,1	0,3	6,5	5,7	0,0208	0,0162
11-147-1-10	E	As	Vasara	2016	2019	20	19,7	18,1	0,3	5,3	3,2	0,0167	0,0091
11-147-1-11	E	As	Vasara	2016	2019	20	27,4	20,4	0,7	4,0	2,9	0,0226	0,0132
11-147-1-12	E	As	Vasara	2016	2019	20	18,7	17,7	0,3	4,3	3,7	0,0124	0,0099
11-147-1-13	E	As	Vasara	2016	2019	20	21,2	18,6	0,4	6,1	4,4	0,0210	0,0129
11-147-1-2	E	As	Vasara	2016	2019	20	17,6	17,3	0,2	5,2	3,8	0,0138	0,0085
11-147-1-3	E	As	Vasara	2016	2019	20	18,1	17,1	0,2	8,0	3,6	0,0222	0,0082
11-147-1-4	E	As	Vasara	2016	2019	20	20,9	18,7	0,3	4,4	4,0	0,0141	0,0115
11-147-1-5	E	As	Vasara	2016	2019	20	18,7	17,8	0,3	4,9	3,7	0,0146	0,0094
11-147-1-6	E	As	Vasara	2016	2019	20	17,9	17,3	0,3	4,5	4,1	0,0139	0,0106

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
11-147-1-7	E	As	Vasara	2016	2019	20	19,2	18,1	0,3	5,1	4,5	0,0153	0,0116
11-147-1-8	E	As	Vasara	2016	2019	20	20,2	18,4	0,3	6,0	4,7	0,0194	0,0126
11-147-1-9	E	As	Vasara	2016	2019	20	20,8	18,7	0,3	6,6	3,9	0,0208	0,0105
12-79-16-1	P	Dm	Vasara	2016	2019	20	18,2	17,3	0,2	5,1	2,9	0,0144	0,0071
12-79-16-2	P	Dm	Vasara	2016	2019	20	18,9	17,4	0,3	3,6	2,8	0,0113	0,0083
12-79-16-3	P	Dm	Vasara	2016	2019	20	18,3	17,5	0,2	4,2	3,8	0,0117	0,0095
12-79-16-4	P	Dm	Vasara	2016	2019	20	19,8	18,1	0,3	4,3	3,3	0,0145	0,0090
12-79-16-5	P	Dm	Vasara	2016	2019	20	19,0	17,8	0,3	4,5	2,9	0,0136	0,0076
12-79-16-6	P	Dm	Vasara	2016	2019	20	18,8	17,3	0,3	4,6	3,2	0,0133	0,0086
12-87-9-1	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	18,5	16,9	0,2	3,5	3,2	0,0095	0,0081
12-87-9-10	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	18,6	17,2	0,2	4,9	4,5	0,0122	0,0090
12-87-9-11	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,5	16,6	0,2	3,7	3,7	0,0088	0,0077
12-87-9-12	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	19,1	17,3	0,3	4,3	2,3	0,0116	0,0059
12-87-9-13	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	19,7	17,4	0,3	4,7	4,1	0,0135	0,0107
12-87-9-14	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,3	16,7	0,2	5,7	2,6	0,0139	0,0052
12-87-9-15	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,1	16,8	0,2	5,0	3,3	0,0123	0,0068
12-87-9-16	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,7	16,8	0,2	6,0	4,3	0,0158	0,0088
12-87-9-2	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,7	17,0	0,2	3,6	3,3	0,0095	0,0077
12-87-9-23	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	15,5	16,0	0,2	3,3	2,5	0,0072	0,0048
12-87-9-3	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,5	16,8	0,2	6,4	4,1	0,0152	0,0082

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdošā suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m ³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m ³ gadā
12-87-9-4	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	17,6	16,9	0,2	5,1	2,9	0,0127	0,0062
12-87-9-5	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	18,3	17,1	0,2	5,8	3,3	0,0146	0,0073
12-87-9-6	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	19,0	17,4	0,2	4,7	3,4	0,0137	0,0081
12-87-9-7	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	16,0	16,3	0,2	4,5	2,9	0,0107	0,0056
12-87-9-9	P	Mr	Vasara	2016	2019	20	18,8	16,9	0,2	5,9	4,3	0,0148	0,0093
502-240-7-1	E	Dm	Vasara	2014	2019	20	15,7	11,3	0,1	9,7	10,7	0,0136	0,0068
502-240-7-2	E	Dm	Vasara	2014	2019	20	13,5	10,0	0,1	13,4	12,8	0,0119	0,0043
502-240-7-3	E	Dm	Vasara	2014	2019	20	12,6	8,9	0,1	11,1	12,5	0,0098	0,0048
502-240-7-4	E	Dm	Vasara	2014	2019	20	12,2	8,7	0,1	10,4	11,9	0,0090	0,0049
502-423-5-1	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	14,1	18,8	0,2	4,4	6,0	0,0116	0,0113
502-423-5-2	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	15,3	20,3	0,2	3,8	5,4	0,0103	0,0112
502-423-5-3	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	15,3	20,7	0,2	3,9	5,6	0,0113	0,0119
502-423-6-1	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	14,4	19,1	0,2	3,4	4,6	0,0084	0,0091
502-423-6-2	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	15,3	20,3	0,2	3,7	5,6	0,0121	0,0126
502-423-6-3	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	15,0	19,6	0,2	2,8	3,7	0,0079	0,0092
502-423-6-4	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	14,4	19,4	0,2	3,5	4,8	0,0094	0,0102
502-423-6-5	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	14,9	19,6	0,2	4,3	6,2	0,0110	0,0112
502-423-6-6	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	13,4	18,7	0,1	3,0	3,9	0,0073	0,0073
502-423-6-7	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	14,6	19,7	0,2	3,0	4,4	0,0087	0,0103
502-423-6-8	B	Grs	Vasara	2014	2018	20	14,9	20,0	0,2	3,6	4,3	0,0108	0,0095

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
502-426-10-1	E	Grs	Ziema	2014	2018	20	11,9	12,0	0,1	3,6	1,8	0,0041	0,0018
502-426-10-2	Ba	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,6	18,3	0,1	2,8	4,6	0,0061	0,0083
502-426-10-3	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,4	19,5	0,2	2,6	3,7	0,0071	0,0086
502-426-10-4	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,6	19,3	0,2	3,8	5,1	0,0105	0,0104
502-426-10-5	Ba	Grs	Ziema	2014	2018	20	15,4	19,3	0,2	3,4	3,8	0,0090	0,0079
502-426-10-6	Ba	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,2	19,0	0,2	3,0	3,7	0,0071	0,0069
502-426-10-7	Ba	Grs	Ziema	2014	2018	20	12,2	17,9	0,1	1,8	2,8	0,0034	0,0045
502-426-10-8	Ba	Grs	Ziema	2014	2018	20	16,2	19,5	0,2	3,0	4,4	0,0076	0,0086
502-427-11-1	B	Ap	Ziema	2014	2018	20	17,8	21,3	0,3	4,6	5,4	0,0186	0,0168
502-427-11-2	Ba	Ap	Ziema	2014	2018	20	16,4	17,7	0,2	3,1	4,5	0,0084	0,0106
502-427-11-3	Ba	Ap	Ziema	2014	2018	20	15,1	17,0	0,2	2,5	4,2	0,0056	0,0078
502-427-6-1	B	Db	Ziema	2014	2018	20	7,8	12,1	0,0	2,9	3,0	0,0025	0,0019
502-427-6-2	B	Db	Ziema	2014	2018	20	8,5	12,7	0,0	3,3	3,5	0,0032	0,0025
502-427-6-3	B	Db	Ziema	2014	2018	20	10,2	13,9	0,1	2,8	3,7	0,0034	0,0035
502-427-6-4	B	Db	Ziema	2014	2018	20	9,4	13,4	0,1	3,0	3,4	0,0039	0,0031
502-427-6-5	B	Db	Ziema	2014	2018	20	12,5	14,6	0,1	2,4	2,8	0,0045	0,0042
502-427-6-6	B	Db	Ziema	2014	2018	20	10,0	13,6	0,1	2,9	3,7	0,0037	0,0034
502-428-5-1	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	11,1	13,5	0,1	8,5	9,9	0,0095	0,0044
502-428-5-10	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	11,5	13,7	0,1	9,3	11,1	0,0103	0,0055
502-428-5-11	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	10,0	12,5	0,1	10,1	9,9	0,0084	0,0029

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdošā suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m ³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m ³ gadā
502-428-5-2	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	10,6	13,2	0,1	8,9	9,0	0,0085	0,0036
502-428-5-3	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	10,2	13,1	0,1	8,6	10,4	0,0076	0,0035
502-428-5-4	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	12,9	14,4	0,1	9,1	13,6	0,0120	0,0084
502-428-5-5	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	13,5	14,5	0,1	10,1	13,5	0,0141	0,0081
502-428-5-6	A	Gr	Vasara	2014	2018	20	12,6	13,9	0,1	11,5	11,4	0,0134	0,0059
502-428-5-7	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	10,7	13,0	0,1	9,9	10,1	0,0089	0,0038
502-428-5-8	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	11,6	13,7	0,1	11,7	10,6	0,0124	0,0040
502-428-5-9	Oz	Gr	Vasara	2014	2018	20	9,2	11,8	0,0	8,2	9,0	0,0066	0,0037
502-434-1-1	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,9	17,0	0,2	4,6	5,9	0,0108	0,0099
502-434-1-2	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	11,7	15,5	0,1	3,9	5,9	0,0064	0,0064
502-434-1-3	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	12,2	15,3	0,1	4,4	5,6	0,0078	0,0066
502-434-1-4	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,3	16,7	0,1	6,1	7,3	0,0127	0,0105
502-434-1-5	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	13,9	16,5	0,1	5,1	6,2	0,0091	0,0080
502-434-1-6	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	12,5	15,3	0,1	5,2	7,1	0,0088	0,0077
502-434-2-1	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,4	20,1	0,2	3,0	4,2	0,0087	0,0097
502-434-2-2	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	15,0	20,6	0,2	2,8	3,5	0,0085	0,0090
502-434-2-3	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	16,1	21,2	0,2	2,5	3,4	0,0084	0,0095
502-434-2-4	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	18,4	22,5	0,3	4,4	5,9	0,0157	0,0173
502-434-2-5	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	16,6	21,2	0,3	3,3	5,2	0,0119	0,0152
502-434-2-6	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,3	20,0	0,2	3,5	3,8	0,0090	0,0082

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
502-436-1-1	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	12,7	17,2	0,1	4,6	6,4	0,0086	0,0085
502-436-1-2	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	12,8	17,1	0,1	5,1	7,3	0,0094	0,0090
502-436-1-3	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	13,3	17,5	0,1	4,6	7,5	0,0097	0,0112
502-436-1-4	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	13,3	17,9	0,1	3,8	5,7	0,0083	0,0090
502-436-1-5	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	13,4	17,8	0,1	4,7	6,1	0,0091	0,0082
502-436-1-6	B	Gr	Vasara	2014	2018	20	12,8	17,6	0,1	4,2	5,0	0,0077	0,0066
502-438-3-1	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	13,6	16,5	0,1	3,7	5,5	0,0073	0,0077
502-438-3-2	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	14,4	16,9	0,1	4,0	5,5	0,0084	0,0087
502-438-3-3	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	10,9	14,9	0,1	3,5	4,6	0,0047	0,0047
502-438-3-4	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	12,3	15,5	0,1	3,4	5,1	0,0056	0,0061
502-438-3-5	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	11,4	14,8	0,1	2,9	4,9	0,0044	0,0055
502-438-3-6	B	Grs	Ziema	2014	2018	20	13,8	16,7	0,1	4,1	5,9	0,0084	0,0080
502-438-4-1	B	Grs	Ziema	2014	2018	30	14,5	19,0	0,2	4,0	5,5	0,0107	0,0107
502-438-4-2	B	Grs	Ziema	2014	2018	30	14,6	18,6	0,2	3,3	4,8	0,0092	0,0105
502-438-4-3	B	Grs	Ziema	2014	2018	30	10,5	15,2	0,1	2,7	3,5	0,0039	0,0041
502-438-4-4	B	Grs	Ziema	2014	2018	30	13,8	18,5	0,1	3,5	4,8	0,0083	0,0083
502-438-4-5	B	Grs	Ziema	2014	2018	30	12,6	17,5	0,1	2,8	4,3	0,0062	0,0072
502-438-7-1	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	14,7	19,8	0,2	4,0	5,4	0,0116	0,0116
502-438-7-2	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	14,3	19,7	0,2	3,3	5,1	0,0093	0,0101
502-438-7-3	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	15,1	19,4	0,2	5,1	6,4	0,0160	0,0147

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdošā suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
502-438-7-4	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	14,8	20,5	0,2	3,5	5,1	0,0109	0,0113
502-438-7-5	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	15,2	20,4	0,2	3,5	5,5	0,0112	0,0135
502-438-7-6	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	15,4	20,5	0,2	3,6	5,5	0,0112	0,0128
502-438-7-7	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	15,4	20,7	0,2	3,7	4,8	0,0108	0,0108
502-438-7-8	B	Gr	Ziema	2014	2018	15	14,5	19,9	0,2	3,1	4,9	0,0090	0,0104
503-300-12-1	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	15,6	15,1	0,2	1,8	0,9	0,0040	0,0018
503-300-12-2	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	13,4	13,6	0,1	1,9	1,2	0,0034	0,0021
503-300-12-3	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	16,1	15,3	0,2	4,0	2,2	0,0092	0,0044
503-300-12-4	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	18,5	17,0	0,3	4,8	2,0	0,0158	0,0049
503-300-12-5	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	15,5	15,2	0,2	3,4	2,1	0,0080	0,0045
503-300-12-6	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	14,8	14,6	0,1	2,8	2,1	0,0060	0,0040
503-307-6-1	E	As	Vasara	2014	2018	20	11,0	8,9	0,1	10,3	9,4	0,0075	0,0031
503-307-6-2	B	As	Vasara	2014	2018	20	12,4	11,8	0,1	12,0	12,1	0,0127	0,0048
503-307-6-3	B	As	Vasara	2014	2018	20	10,0	11,5	0,0	10,3	9,0	0,0075	0,0023
503-307-6-4	B	As	Vasara	2014	2018	20	12,0	11,9	0,1	10,6	12,0	0,0109	0,0059
503-307-6-5	E	As	Vasara	2014	2018	20	11,1	8,7	0,0	11,5	10,9	0,0081	0,0034
503-307-6-6	E	As	Vasara	2014	2018	20	11,0	8,8	0,1	10,1	10,0	0,0075	0,0033
503-307-6-7	E	As	Vasara	2014	2018	20	11,5	9,0	0,1	10,0	10,6	0,0075	0,0040
503-307-6-8	E	As	Vasara	2014	2018	20	12,1	9,4	0,1	10,8	10,6	0,0091	0,0042
503-311-23-1	E	Vr	Vasara	2016	2019	30	26,6	20,8	0,6	4,4	3,9	0,0231	0,0171

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m ³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m ³ gadā
503-311-23-2	E	Vr	Vasara	2016	2019	30	17,6	14,2	0,2	11,0	9,4	0,0268	0,0133
503-311-23-3	E	Vr	Vasara	2016	2019	30	20,9	18,3	0,3	4,4	3,2	0,0210	0,0098
503-311-23-4	E	Vr	Vasara	2016	2019	30	17,9	15,1	0,2	9,0	8,2	0,0232	0,0142
503-312-1-1	E	As	Ziema	2014	2018	10	19,1	18,8	0,3	5,9	4,0	0,0189	0,0104
503-312-1-2	E	As	Ziema	2014	2018	10	17,4	18,2	0,2	2,6	2,9	0,0074	0,0072
503-312-1-3	E	As	Ziema	2014	2018	10	17,9	18,4	0,2	4,8	3,4	0,0143	0,0080
503-317-7-4	E	Dm	Ziema	2014	2018	30	17,8	13,0	0,2	8,9	10,7	0,0136	0,0120
503-317-7-5	E	Dm	Ziema	2014	2018	30	16,9	13,2	0,2	9,3	9,4	0,0144	0,0095
503-317-7-6	E	Dm	Ziema	2014	2018	30	14,8	12,3	0,1	7,9	9,2	0,0105	0,0082
503-317-7-7	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	14,9	12,3	0,1	8,4	8,6	0,0117	0,0081
503-317-7-8	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	15,7	12,5	0,1	7,6	9,8	0,0111	0,0098
503-317-7-9	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	15,9	12,7	0,1	8,3	9,0	0,0129	0,0093
503-318-17-1	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	17,9	14,0	0,2	9,4	9,3	0,0174	0,0108
503-318-17-10	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	19,2	14,0	0,2	9,8	11,7	0,0186	0,0145
503-318-17-11	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	18,8	13,8	0,2	9,1	10,3	0,0172	0,0135
503-318-17-2	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	14,6	12,4	0,1	7,1	7,9	0,0107	0,0077
503-318-17-3	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	17,5	13,3	0,2	8,9	9,7	0,0162	0,0114
503-318-17-4	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	18,5	13,5	0,2	7,3	11,1	0,0143	0,0152
503-318-17-5	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	20,1	14,3	0,2	9,8	10,5	0,0195	0,0149
503-318-17-6	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	16,1	13,2	0,1	9,4	10,1	0,0159	0,0096

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m ³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m ³ gadā
503-318-17-7	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	15,0	12,3	0,1	7,8	9,2	0,0112	0,0086
503-318-17-8	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	15,8	12,7	0,1	7,2	8,1	0,0107	0,0085
503-318-17-9	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	16,9	13,3	0,2	8,3	9,9	0,0142	0,0110
503-318-30-10	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	17,3	15,8	0,2	5,6	6,6	0,0117	0,0112
503-318-30-3	E	Dm	Ziema	2014	2018	30	21,4	16,8	0,3	8,1	6,9	0,0205	0,0142
503-318-30-4	E	Dm	Ziema	2014	2018	30	22,1	16,9	0,3	10,0	8,6	0,0243	0,0162
503-318-30-5	E	Dm	Ziema	2014	2018	30	19,0	16,4	0,2	6,7	6,4	0,0157	0,0120
503-318-30-8	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	18,6	16,2	0,2	6,8	6,8	0,0150	0,0120
503-318-30-9	E	Dm	Ziema	2014	2018	15	18,7	16,3	0,2	7,1	6,8	0,0154	0,0116
503-322-1-1	E	Vr	Vasara	2016	2019	20	15,9	11,9	0,1	10,7	11,2	0,0159	0,0101
503-322-1-2	E	Vr	Vasara	2016	2019	20	15,6	11,6	0,1	12,6	9,3	0,0173	0,0080
503-322-1-3	E	Vr	Vasara	2016	2019	20	15,2	12,1	0,1	11,4	9,5	0,0160	0,0076
503-322-1-4	E	Vr	Vasara	2016	2019	20	15,1	11,2	0,1	10,2	10,5	0,0157	0,0103
503-329-1-1	E	Dm	Ziema	2014	2018	20	20,2	16,2	0,3	8,5	7,3	0,0213	0,0138
503-329-1-10	E	Dm	Ziema	2014	2018	20	15,8	14,4	0,2	5,0	6,2	0,0104	0,0097
503-329-1-2	E	Dm	Ziema	2014	2018	20	18,1	15,4	0,2	6,7	7,6	0,0151	0,0131
503-329-1-3	E	Dm	Ziema	2014	2018	20	19,9	16,3	0,3	7,0	7,5	0,0184	0,0149
503-329-1-8	E	Dm	Ziema	2014	2018	20	15,3	13,7	0,1	5,3	6,0	0,0104	0,0089
503-329-1-9	E	Dm	Ziema	2014	2018	20	15,9	14,3	0,2	4,9	5,5	0,0101	0,0089
503-331-16-1	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	14,6	12,4	0,1	5,1	7,7	0,0083	0,0083

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m ³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m ³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m ³ gadā
503-331-16-2	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	16,4	13,5	0,1	4,8	5,8	0,0086	0,0079
503-331-16-3	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	13,4	11,5	0,1	6,6	8,6	0,0087	0,0067
503-331-16-4	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	17,5	13,5	0,2	4,6	7,5	0,0091	0,0112
503-331-16-5	B	Ln	Ziema	2014	2019	20	14,5	16,0	0,1	3,2	4,1	0,0064	0,0067
503-331-16-6	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	13,8	11,7	0,1	5,3	7,8	0,0078	0,0074
503-331-16-7	E	Ln	Ziema	2014	2019	20	16,7	14,7	0,2	4,7	4,2	0,0111	0,0077
503-331-16-8	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	16,1	13,2	0,1	5,4	8,3	0,0096	0,0099
503-331-16-9	P	Ln	Ziema	2014	2019	20	15,5	12,9	0,1	6,0	7,5	0,0098	0,0082
503-331-18-1	B	Ln	Ziema	2014	2019	20	16,0	13,8	0,2	6,3	7,3	0,0126	0,0095
503-331-18-2	B	Ln	Ziema	2014	2019	20	15,0	16,2	0,1	5,9	6,2	0,0121	0,0080
503-331-18-3	B	Ln	Ziema	2014	2019	20	15,2	16,4	0,2	4,5	6,8	0,0101	0,0103
503-331-18-4	E	Ln	Ziema	2014	2019	20	14,2	14,6	0,1	5,7	5,8	0,0097	0,0067
503-331-18-5	E	Ln	Ziema	2014	2019	20	16,6	14,9	0,2	6,5	7,3	0,0133	0,0108
503-331-18-6	E	Ln	Ziema	2014	2019	20	17,0	13,7	0,2	7,5	7,8	0,0135	0,0095
503-331-18-7	B	Ln	Ziema	2014	2019	20	15,4	14,3	0,1	5,4	6,1	0,0110	0,0080
503-331-18-8	A	Ln	Ziema	2014	2019	20	13,8	14,3	0,1	5,2	5,8	0,0091	0,0069
503-379-27-1	E	Vr	Ziema	2014	2018	20	17,9	15,0	0,2	7,4	9,4	0,0147	0,0134
503-379-27-2	E	Vr	Ziema	2014	2018	20	18,5	15,0	0,2	6,9	8,5	0,0154	0,0140
503-379-27-3	E	Vr	Ziema	2014	2018	20	16,6	14,4	0,2	6,2	7,3	0,0118	0,0107
503-379-27-4	E	Vr	Ziema	2014	2018	20	17,6	14,7	0,2	8,7	11,3	0,0165	0,0141

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
503-379-27-5	E	Vr	Ziema	2014	2018	20	18,0	14,8	0,2	7,1	7,8	0,0147	0,0121
503-379-27-6	E	Vr	Ziema	2014	2018	20	18,4	15,3	0,2	5,7	9,5	0,0145	0,0155
503-432-8-1	B	Vr	Vasara	2014	2018	20	15,6	18,7	0,2	5,1	6,1	0,0112	0,0104
503-432-8-2	B	Vr	Vasara	2014	2018	20	16,1	19,0	0,2	4,4	6,2	0,0108	0,0115
503-432-8-3	B	Vr	Vasara	2014	2018	20	16,6	19,1	0,2	5,5	7,1	0,0135	0,0123
503-432-8-4	B	Vr	Vasara	2014	2018	30	13,9	18,0	0,1	4,6	6,6	0,0086	0,0091
503-432-8-5	B	Vr	Vasara	2014	2018	30	13,9	18,2	0,1	5,1	5,2	0,0096	0,0074
503-432-8-6	B	Vr	Vasara	2014	2018	30	14,1	18,2	0,1	6,5	7,5	0,0119	0,0094
503-455-13-1	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	16,0	13,6	0,1	5,9	7,3	0,0103	0,0092
503-455-13-2	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	13,0	12,0	0,1	7,0	8,1	0,0093	0,0064
503-455-13-3	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	15,3	13,4	0,1	5,6	7,4	0,0093	0,0086
503-455-13-4	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	14,5	12,6	0,1	5,7	7,1	0,0086	0,0082
503-455-13-5	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	16,3	13,6	0,2	5,1	7,0	0,0089	0,0096
503-455-13-6	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	13,7	12,6	0,1	5,2	7,0	0,0073	0,0069
503-455-13-7	E	Dm	Ziema	2013	2017	20	12,7	11,9	0,1	5,5	7,0	0,0073	0,0062
503-455-14-10	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	21,1	17,8	0,3	3,9	4,9	0,0129	0,0136
503-455-14-11	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	19,2	17,2	0,3	4,7	5,5	0,0134	0,0121
503-455-14-12	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	18,8	16,6	0,2	4,5	5,2	0,0124	0,0117
503-455-14-13	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	17,3	15,7	0,2	5,2	6,3	0,0118	0,0114
503-455-14-15	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	20,8	17,2	0,3	4,7	5,8	0,0143	0,0144

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdība suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mēršanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
503-455-14-8	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	16,1	14,8	0,2	5,3	6,0	0,0109	0,0112
503-455-14-9	E	Dm	Ziema	2013	2017	30	17,2	15,7	0,2	4,3	5,2	0,0100	0,0097
503-479-12-1	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	18,5	17,4	0,2	4,4	5,0	0,0122	0,0104
503-479-12-2	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	17,3	16,6	0,2	3,5	3,8	0,0084	0,0080
503-479-12-3	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	20,7	18,1	0,3	3,5	4,1	0,0111	0,0107
503-479-12-4	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	19,1	17,3	0,2	3,1	3,5	0,0086	0,0079
503-479-12-5	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	19,5	17,7	0,3	3,5	3,9	0,0106	0,0094
503-479-12-6	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	18,8	17,3	0,2	3,0	3,8	0,0081	0,0090
503-479-12-7	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	18,9	17,3	0,2	3,0	3,5	0,0082	0,0084
503-479-12-8	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	17,5	16,8	0,2	2,1	2,4	0,0051	0,0054
503-479-12-9	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	18,9	17,1	0,2	2,8	3,2	0,0073	0,0075
503-481-6-1	E	Ln	Ziema	2013	2017	20	14,9	13,9	0,1	3,9	4,4	0,0079	0,0066
503-481-6-2	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	14,3	13,7	0,1	4,8	5,0	0,0090	0,0065
503-481-6-3	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	16,0	13,6	0,1	3,6	4,4	0,0077	0,0068
503-481-6-4	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	14,5	12,0	0,1	4,4	4,4	0,0072	0,0055
503-481-6-5	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	17,1	13,9	0,2	5,0	5,0	0,0104	0,0077
503-481-6-6	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	16,6	13,3	0,2	4,4	4,5	0,0089	0,0069
503-481-6-7	P	Ln	Ziema	2013	2017	20	13,2	12,6	0,1	4,3	4,6	0,0067	0,0052
503-481-6-8	E	Ln	Ziema	2013	2017	20	16,3	14,6	0,2	3,9	3,9	0,0092	0,0064
503-487-10-1	P	Ln	Ziema	2015	2019	15	15,9	14,4	0,1	4,2	5,8	0,0078	0,0084

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdošā suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurmēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurmēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
503-487-10-2	P	Ln	Ziema	2015	2019	15	18,1	14,9	0,2	4,8	5,4	0,0103	0,0094
503-487-10-3	P	Ln	Ziema	2015	2019	15	17,1	14,4	0,2	4,1	5,1	0,0085	0,0083
503-487-10-4	P	Ln	Ziema	2015	2019	15	17,6	14,4	0,2	5,2	7,0	0,0104	0,0108
503-487-10-5	P	Ln	Ziema	2015	2019	15	18,3	14,7	0,2	6,7	8,7	0,0136	0,0132
503-487-10-6	P	Ln	Ziema	2015	2019	15	17,1	14,6	0,2	4,4	4,4	0,0088	0,0074
503-487-9-1	P	Ln	Ziema	2014	2018	20	13,7	11,5	0,1	5,2	6,3	0,0068	0,0059
503-487-9-2	P	Ln	Ziema	2014	2018	20	14,7	11,8	0,1	5,0	6,9	0,0073	0,0074
503-487-9-3	P	Ln	Ziema	2014	2018	20	16,2	12,0	0,1	6,8	8,2	0,0105	0,0093
503-487-9-4	P	Ln	Ziema	2014	2018	20	15,4	11,9	0,1	6,1	8,3	0,0089	0,0079
503-487-9-5	P	Ln	Ziema	2014	2018	20	15,8	11,9	0,1	5,9	8,2	0,0080	0,0076
503-487-9-6	P	Ln	Ziema	2014	2018	20	15,7	11,9	0,1	5,0	8,0	0,0079	0,0092
503-499-4-1	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	18,4	13,9	0,2	5,1	5,6	0,0132	0,0083
503-499-4-10	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	18,2	13,4	0,2	5,0	5,8	0,0110	0,0087
503-499-4-11	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	18,3	13,6	0,2	4,1	5,4	0,0103	0,0087
503-499-4-2	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	17,7	13,7	0,2	6,6	6,6	0,0149	0,0087
503-499-4-3	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	17,8	13,5	0,2	6,0	6,9	0,0132	0,0092
503-499-4-4	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	17,9	12,6	0,2	4,7	5,6	0,0094	0,0085
503-499-4-5	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	17,7	13,7	0,2	4,6	4,8	0,0121	0,0072
503-499-4-6	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	19,4	14,0	0,2	5,0	5,3	0,0127	0,0086
503-499-4-7	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	19,0	13,6	0,2	5,7	6,7	0,0129	0,0102

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

PL ID	Valdošā suga	Meža tips	Mežizstrādes sezona	Pirmā sezona pēc kopšanas cirtes	Pēdējā sezona pirms mērīšanas	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem, m	Vidējā analizējamā koka D, cm	Vidējā analizējamā koka H, cm	Vidējā analizējamā koka krāja, m³	Vidējais caurnēra pieaugums pēc kopšanas, mm gadā	Vidējais caurnēra pieaugums 5 gadus pirms kopšanas, mm gadā	Pieaugums pēc kopšanas, m³ gadā	Pieaugums 5 gadi pirms kopšanas, m³ gadā
503-499-4-8	P	Dm	Vasara	2014	2018	20	18,1	13,0	0,2	7,0	6,9	0,0131	0,0090

2. pielikums

**Metodika individuālu koku koordinātu
aprēķināšanai**

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Dati audzē ievākti, izmantojot šādus kolonu nosaukumus:

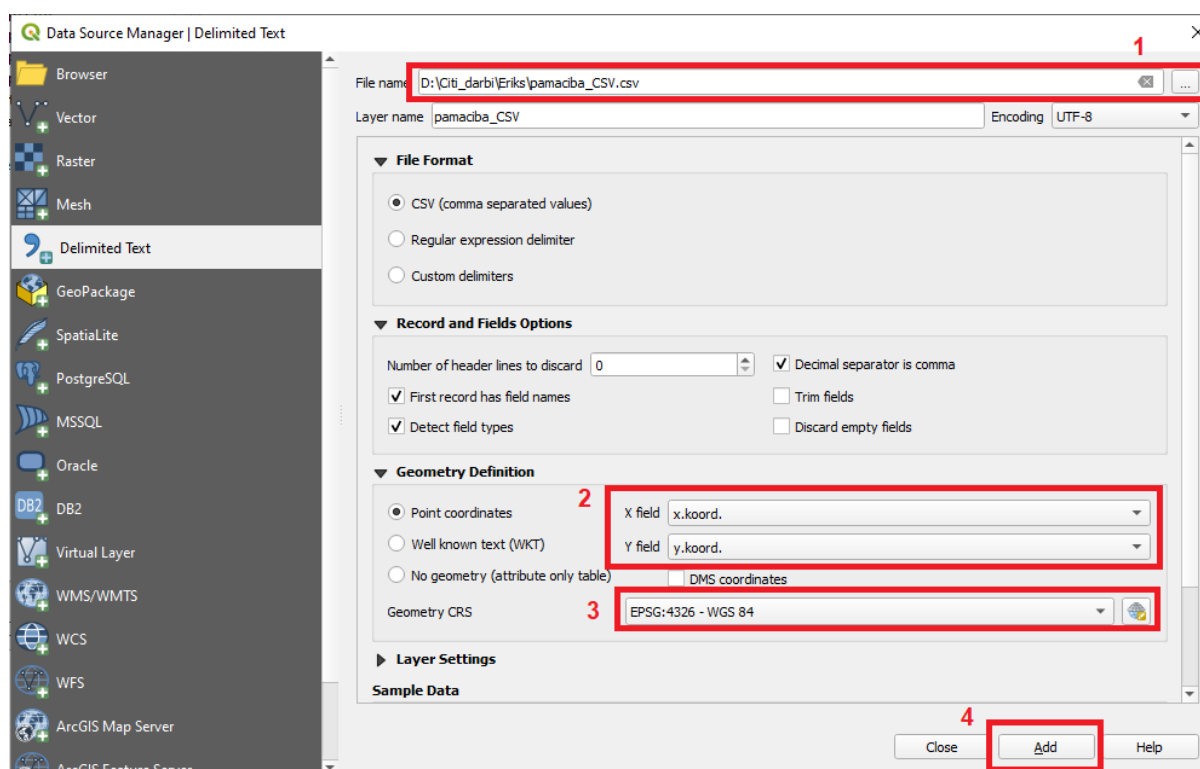
audze	pl	koka nr	suga	d	h	att	azimuts	urb	boj	tk	x.koord.	y.koord.
-------	----	---------	------	---	---	-----	---------	-----	-----	----	----------	----------

Katrā parauglaukumā (PL) noteiktas centra mieta koordinātas. Tās ņem, izmantojot Garmin GPS vai mobilo telefonu. Mobilā tālruņa izmantošanas variantā ieteicams izmantot LVM GEO aplikāciju, šādā veidā pārbaudot arī to, vai dati tiek ievākti pareizajā audzē. Dati jāievāc decimālkoordinātas WGS84 formātā. Koordinātu piemērs:

x.koord.	y.koord.
56.713760	25.058430

Lauku darba laikā ievākto datu izklājlapu saglabā CSV formātā.

Izveidotos CSV failus importē QGIS programmatūrā (*Layer* → *Add layer* → *Add Delimited Text Layer*, Att. 1).



Att. 1: Vektordatu slāņa pievienošana.

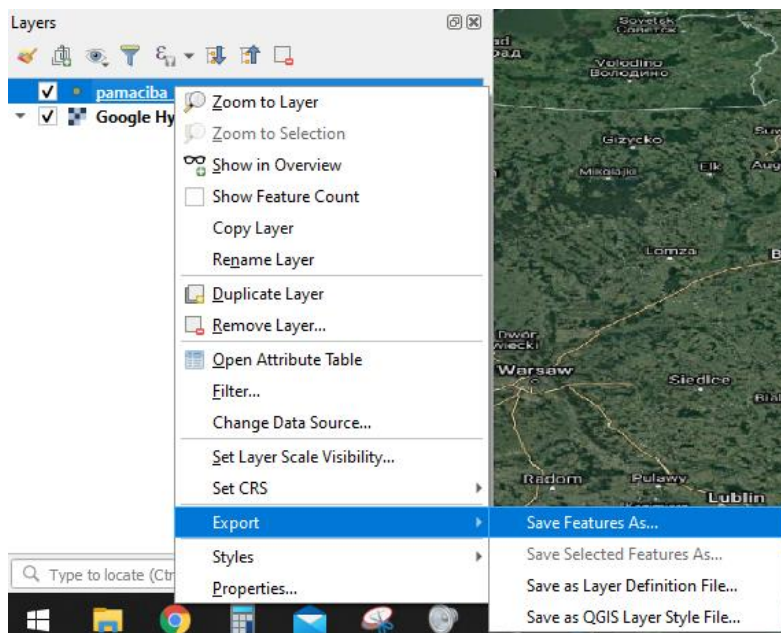
Importētās koordinātas obligāti vizuāli jāpārbauda, izmantojot kādu no Google Maps pamatkartēm²⁰, lai pārliecinātos, ka punkti atrodas Latvijas teritorijā.

Ja punkti atrodas piemēram – Jemenā, Saudu Arābijā un citās eksotiskās zemēs, visdrīzāk vienkārši vietām jāsamaina Att. 1 redzamās 2. darbības lauki, lai punkti atrastos Latvijas teritorijā.

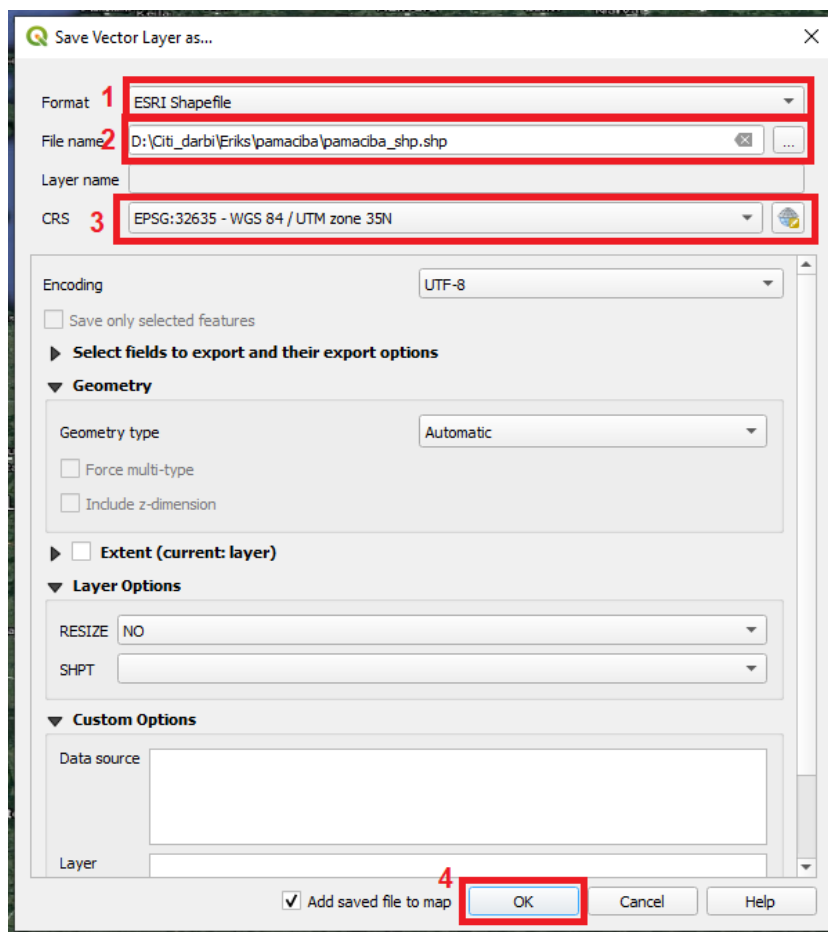
²⁰ Pamācība šādu slāņu iegūšanai - <https://www.hatarilabs.com/ih-en/how-to-add-a-google-map-in-qgis-3-tutorial>

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Jāveic importētā CSV faila pārveide uz shapefile formātu un koordinātu pārveide no WGS84 (EPSG:4326) uz WGS84/UTM zone 35N (EPSG:32635) atbilstoši norādēm Att. 2 un 3.



Att. 2: Parauglaukumu datu eksportēšana.

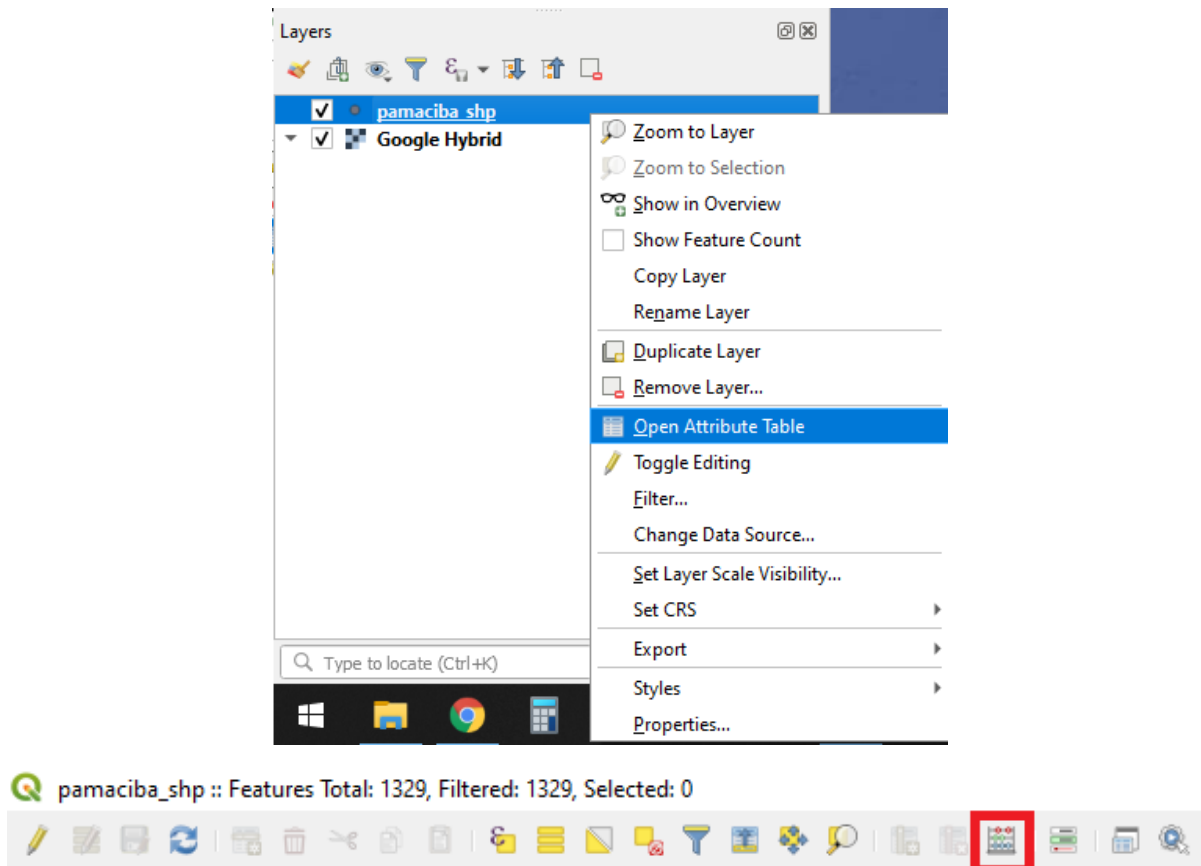


Att. 3: Telpisko datu eksportēšanas parametru izvēle.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

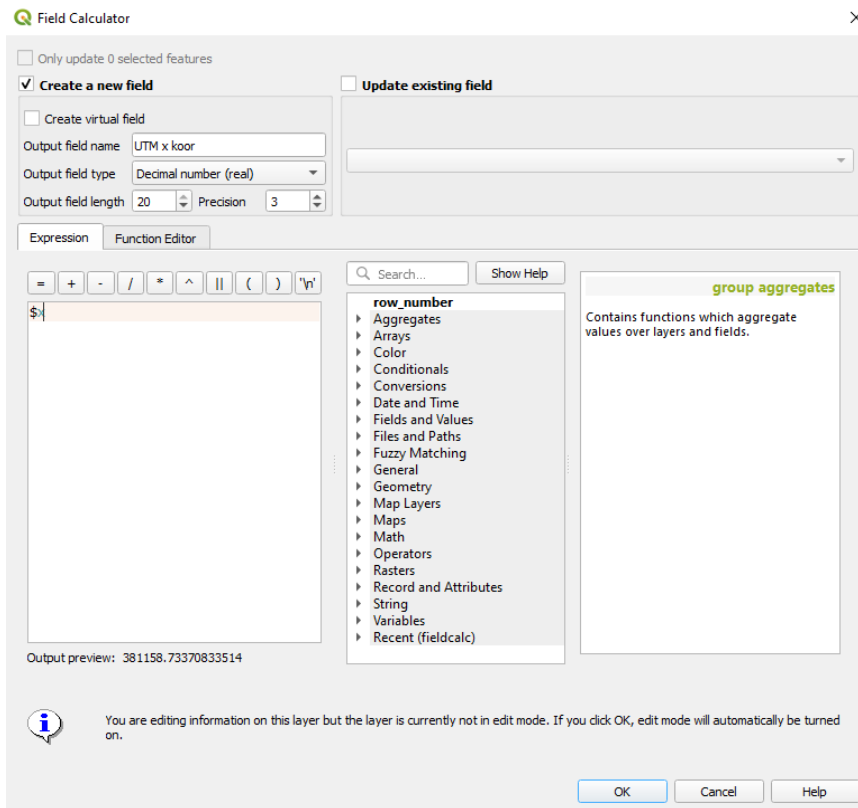
Jāveic parauglaukuma centra decimāлкоordinātu pārrēķins no WGS84 (EPSG:4326) koordinātu sistēmu uz WGS84/ UTM zone 35N (EPSG:32635).

Veic 2 jaunu kolonu izveidi, lai noteiktu WGS84/ UTM zone 35N (EPSG:32635) koordinātas centra mietiem, izmantojot “Field calculator” funkciju (Att. 4). X koordinātas aprēķiniem jāizmanto formula - \$x (Att. 5); y koordinātas aprēķiniem jāizmanto formula - \$y (Att. 6).

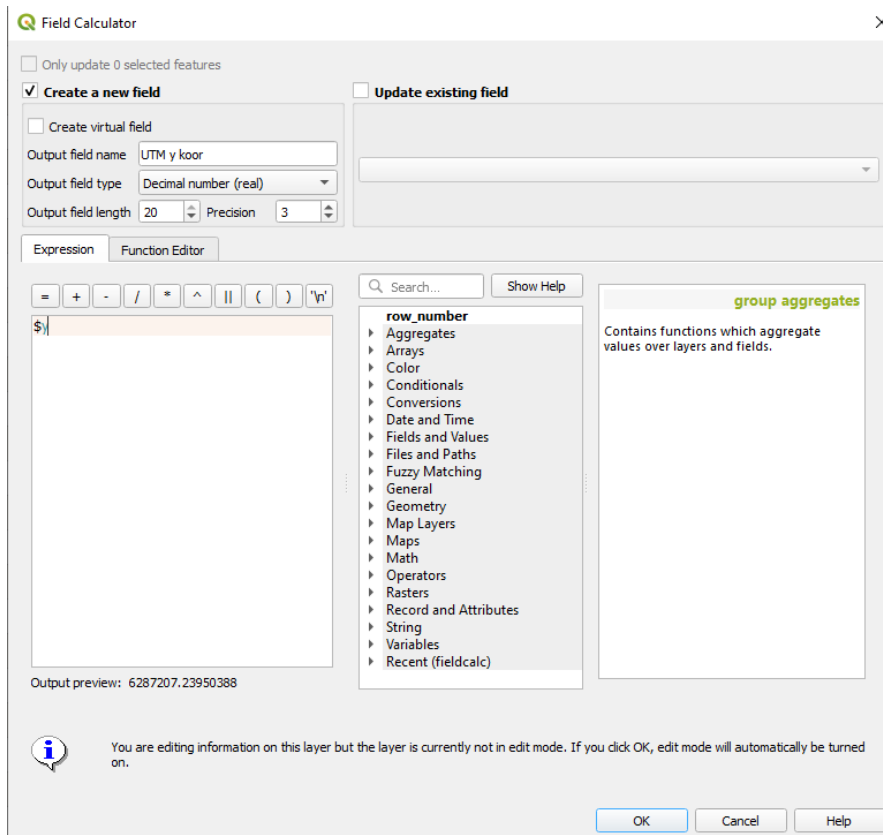


Att. 4: Atribūtu tabulas un kalkulatora aktivizēšana.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma



Att. 5: X koordinātas aprēķins.

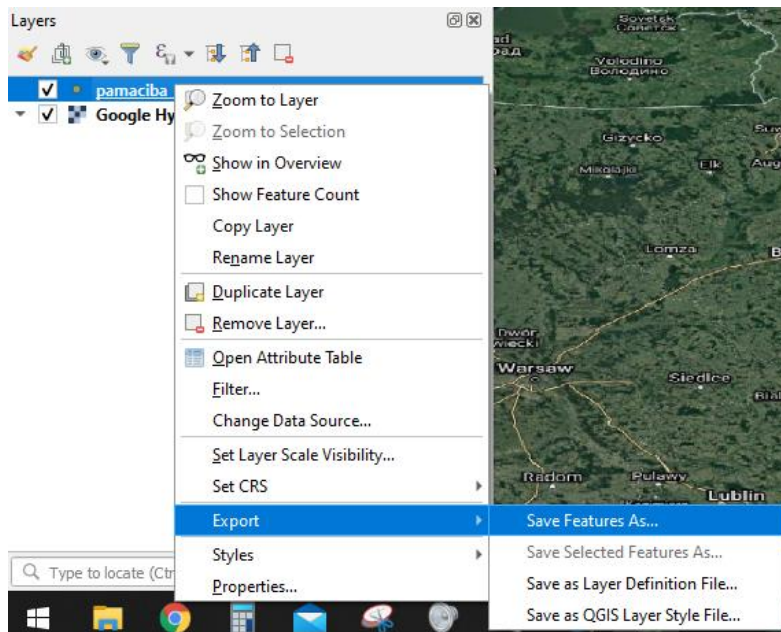


Att. 6: Y koordinātas aprēķins.

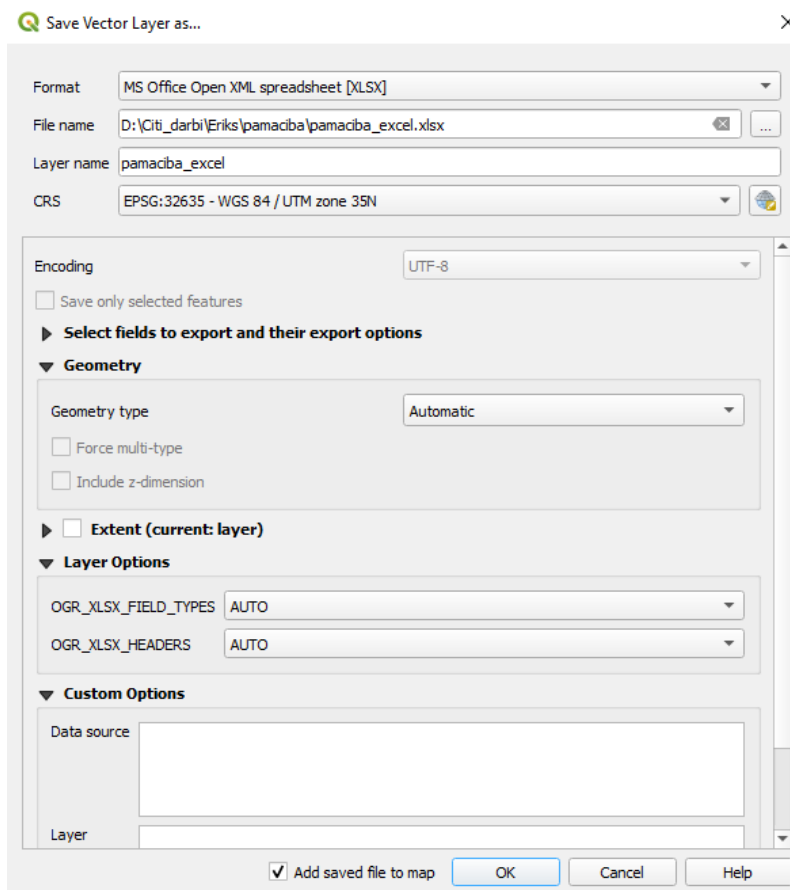
Kad parauglaukuma centra decimālkoordinātu pārrēķins veikts, jāveic koka atrašanās vietas aprēķins, izmantojot ievāktos datus par attālumu un azimutu no centra. Šīs

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

darbības jāveic izklājlapā. šim nolūkam eksportē iegūto shapefile kā izklājlapu, piemēram, .ods formāta datni (Att. 7 un 8).



Att. 7: Datu eksportēšana izklājlapas formātā.



Att. 8: Datu eksportēšanas uzstādījumi.

Izklājlapā izveido 2 kolonas, piemēram, “UTM x koor atkartojums” un “UTM y koor atkartojums”. Formula kolonai “UTM x koor atkartojums” parādīta Att. 9. Formula kolonai “UTM y koor atkartojums” parādīta Att. 10.

	N	O
1	UTM x koor	UTM y koor
2	381158.734	6287207.24

Att. 9: Formula kolonai “UTM x koor atkartojums”.

	N	O	P	Q
1	UTM x koor	UTM y koor	UTM x koor atkartojums	UTM y koor atkartojums
2	381158.734	6287207.24	381158.734	6287207.24

Att. 10: Formula kolonai “UTM y koor atkartojums”.

Katram parauglaukuma kokam pretī ievieto attiecīgā parauglaukuma centra koordinātai UTM formātā.

Izveido vēl 2 papildus kolonas, kurās tiks veikts koordinātu korekcijas pārrēķins, lai noteiktu katra individuāla koka atrašanās vietu pret parauglaukuma centru – “UTM x koor parrekins”, “UTM y koor parrekins”.

Formula kolonai “UTM x koor parrekins” =attālums*SIN((RADIANS(azimuts))).

Formula kolonai “UTM y koor parrekins” =attālums*COS((RADIANS(azimuts))).

Kad veikts koku atrašanās vietas pārrēķins no centra, tiek veikta iegūto korekciju attiecināšana pret parauglaukuma centra mieta koordinātām. To paveic, saskaitot centra koordinātu šūnas vērtības, ar iegūtajām korekcijas vērtībām jaunās kolonās. Jāizveido 2 kolonas – “UTM x koord”, “UTM y koord”.

Formula kolonai “UTM x koord” =UTM x koor atkartojums+ UTM x koor parrekins.

Formula kolonai “UTM y koord”= UTM y koor atkartojums+ UTM y koor parrekins.

Izveidoto izklājlapu saglabā CSV formātā un importē QGIS programmā (Att. 1). Importējot CSV failu 3. lauciņā jānorāda WGS84/UTM zone 35N (EPSG:32635) koordinātu sistēma, un kā x un y koordinātas jānorāda 11. solī izveidotās kolonas.

Drošības nolūkos koordinātas jāpārbauda vizuāli, izmantojot Google Maps pamatkartes. Šoreiz vajadzētu uzrādīties lielākam vizuāli reprezentēto punktu skaitam, jo Excel veikto aprēķinu laikā katram kokam, izveidotas tā individuālās koordinātas.

No importētā CSV faila jāizveido shapefile, šoreiz pārvēršot koordinātas no WGS84/UTM zone 35N (EPSG:32635) uz WGS84 (EPSG:4326) formātu (Att. 2 un 3).

Pēc tam jāatkārto tās pašas darbības, kas aprakstītas Att. 4, 5 un 6). Šoreiz uzrādītās koordinātas pateicoties koordinātu pārveidei shapefile faila izveides laikā, tiks uzrādītas WGS84 (EPSG:4326) formātā, kā arī tās tiks attiecinātas uz katru individuālu parauglaukuma koku. Ja nepieciešams, failus iespējams eksportēt izklājlapas formātā,

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

veicot tās pašas darbības, kā norādīts parādītas Att. 7 un 8. Šoreiz koordinātu veidam būtu jābūt norādītam kā WGS84 (EPSG:4326).