

PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMU PROGRAMMAS

MEŽA DARBU MECHANIZĀCIJAS UN MEŽA BIOKURINĀMĀ
PĒTĪJUMU PROGRAMMA

2018. GADA REZULTĀTIEM

Līguma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Ziņojuma Nr. 2018-00-2

Ziņojuma veids Etapa atskaite

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Nosaukums	Etapa atskaite par pētījumu programmas “Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma” darba uzdevumu izpildi 2018. gadā
Autori	A. Zimelis, M. Okmanis, S. Kalēja, A. Lazdiņš, J. Ivanovs, R. Meļņiks, G. palva, G. Saule, A. Lupiķis, Z.A. Zvaigzne, D. Lazdiņa, K. Makovskis
Attēli un fotogrāfijas	G. Spalva, A. Lazdiņš, A. Zimelis, J. Ivanovs
Ziņojuma numurs	2018-00-2
Ziņojuma veids	Etapa atskaite
Sērijas nosaukums	Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma
Vieta	Salaspils
Institūcija	LVMI Silava
Kontaktinformācija	Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169 Tālr.: +37167942555 E-pasts: inst@silava.lv Interneta vietne: www.silava.lv
Datums	2019
Lappušu skaits	72

KOPSAVILKUMS

2018. gadā pētījumu programmas ietvaros turpināta iepriekš uzsākto darba uzdevumu īstenošana, kā arī uzsākta jaunu darba uzdevumu izpilde, galvenokārt, biokurināmā sagatavošanas tehnoloģiju aprobācijas pētījumu jomā.

2018. gadā uzsākti izmēģinājumi ar iepriekš izgatavoto risu monitoringa iekārtu. Tāpat 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos kopšanas cirtēs vērtēta augšnes sablīvējuma ietekme uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu. Ir pabeigtas ūdens filtrācijas ātruma analīzes un ūdens līmeņa monitorings. No 2017. gada turpinās arī grāvju atbērtnu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums.

2018. gadā veikta empīriskā potenciāli pārmitro vietu noteikšanas metodes pārbaude, veicot sezonālo un pastāvīgo straumju analīzi. Paralēli empīriski pārbaudīta pārmitro vietu iezīmēšanas metodika, iezīmējot dabā ieplakas un novērtējot risu dziļumu ieplakās un pārējā audzes daļās.

2018. gadā uzsākta jaunaudžu kopšanas izmēģinājumu organizēšana, izmantojot Cutlink un Bracke C.12 darba galvu. Ir izraudzītas un uzmērītas jaunaudzes izmēģinājumu veikšanai un ir izraudzīts pakalpojumu sniedzējs. Pameža zāģēšanas izmēģinājumos prioritizēti risinājumi, kas saistīti ar biokurināmā iegūšanu galvenajā cirtē, izmantojot Bracke C.16 darba galvu un kompaktklases harvesteru ar standarta darba galvu un Bracke C.12 darba galvu.

Ir uzsākta Bracke C.16 darba galvas pielietošanas pašizmaksas modeļa izstrādāšana. Veikta audžu atlase un uzmērīšana. Sadarbībā ar SIA R-Grupa iegūti ražīguma dati jaunaudžu kopšanas cirtēs un grāvju trašu apaugumā. 2019. gadā, izvēloties jaunu pakalpojumu sniedzēju, jāiegūst dati par Bracke C.16 pielietošanas iespējām, veicot biokurināmā sagatavošanu no pameža kokiem galvenajā cirtē. Pēc visu empīrisko datu iegūšanas sagatavosim pašizmaksas aprēķinu modeli.

2018. gadā veikti biokurināmā sagatavošanas no mežizstrādes atliekām krājas kopšanas cirtē izmēģinājumi. Pētījums veikts sadarbībā ar SIA Indāres, un pētījumā noskaidrota biokurināmā sagatavošanas metode, kas nepasliktina mežizstrādes un pievešanas ražīgumu, taču mežizstrādes atlieku pievešanas ražīguma novērtēšanai jāveic atkārtoti izmēģinājumi 2019. gadā.

2018. gadā uzsākta degvielas patēriņa analīze mežizstrādē, nosakot slodzes un citu parametru ietekmi uz degvielas patēriņu. Analīze veikta, izmantojot empīriski iegūtus datus, kā arī AS "Latvijas valsts meži" uzkrātos harvesteru *.drf failus. 2018. gadā sakarā ar potenciālā pakalpojuma sniedzēja noslodzi citu līgumu izpildē neizdevās iegūt datus, kas nepieciešami degvielas patēriņa raksturošanai kokmateriālu pievešanā. Šo darbu plānotam veikt 2019. gada ziemā vai rudenī, atkarībā no tehnikas pieejamības.

2018. gadā aprobēta 2017. gadā izstrādātā metodiku koku augstuma noteikšanai pieaugušās audzēs, kā arī veikta paliekošo koku bojājumu un cirsmu konfigurācijas sakarību analīze. Pētījumā secināts, ka cirsmu konfigurācijai ir nebūtiska ietekme uz bojāto koku īpatsvara pieaugumu, tajā pat laikā tehnoloģisko koridoru galos, neatkarīgi no to konfigurācijas, bojāto koku īpatsvars ir būtiski lielāks.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" (LVMI Silava) sadarbībā ar AS "Latvijas valsts meži". Empīrisko datu ieguvī, analīzi un pārskata sagatavošanu nodrošināja LVMI Silava darbinieki A. Zimelis, M. Okmanis, S. Kalēja, A. Lazdiņš, J. Ivanovs, R. Meļņiks, G. palva, G. Saule, A. Lupiķis, Z.A. Zvaigzne, D. Lazdiņa, K. Makovskis. Pētījums veikts AS "Latvijas valsts meži" un LVMI Silava 2011. gada 11. oktobra memoranda "Par sadarbību zinātniskajā izpētē" ietvaros.

SUMMARY

Within the scope of the research program several tasks started in 2017 were continued in 2018, as well as new work tasks were carried out, mainly in the research area of approbation of biofuel production technologies. In 2018, experiments with a previously made rut formation monitoring equipment were started. Similarly, in 2017, the effect of soil compaction on groundwater flow rate was evaluated in the experimental sites set up in the same year. Water filtration rate analysis and water level monitoring were completed. From 2017, evaluation of the influence of compaction of soil across ditches on water flows is continued.

In 2018, an empirical test of the method of identification of potentially wet spots was performed by analysing seasonal and continuous flows. In parallel to this empirical tests were carried out to mark lowlands and to compare rut depth in theoretically identified water accumulation spots and other parts of stands.

In 2018, pre-commercial thinning experiments using Cutlink and Bracke C.12 felling heads were initiated. Forest stands for the trials were selected and surveyed. Service provider for the trials was also selected. Solutions related to biomass production in final felling were prioritized in undergrowth removal experiments. Bracke C.16 harvester head and a compact class harvester with a standard head and Bracke C.16 harvester head were selected for experiments.

The development of the Bracke C.16 felling head costing application (harvesting and forwarding) cost model has been launched. In collaboration with SIA R-Grupa new productivity data from thinnings of new stands and plant cover of ditch tracks were obtained. In 2019, when choosing a new service provider, data on application of Bracke C.16 should be obtained by carrying out biofuel production from undergrowth trees in final felling. When the required empirical data are obtained, a prime cost calculation model will be prepared.

In 2018, trials of biofuel production from logging residues in commercial thinning were carried out. Trials were carried out in collaboration with SIA Indāres and within the study a method of biofuel production was clarified, which does not lower the productivity of logging and forwarding. However, in order to evaluate the productivity of forwarding of logging residues, trials should be repeated in 2019.

A fuel consumption analysis was started in 2018, determining the effect of load size and other parameters on fuel consumption. The analysis was carried out using empirical data, as well as harvester DRM files (Ponsse harvester) acquired by JSC "Latvijas valsts meži", which provides fuel consumption and productivity indicators.

In 2018 due to the workload of the potential service provider in other contracts it was not possible to obtain the data, which are required to characterize fuel consumption in

forwarding. It is planned to carry out this task in autumn or winter of 2019, depending on availability of the equipment.

In 2018 the methodology of tree height determination in mature stands developed in 2017 was verified, as well as analysis of mechanical damages to remaining trees and felling site configuration. In the study it was concluded that the effect of felling site configuration on the increase of damaged trees is insignificant, at the same time at the ends of strip roads, regardless of their configuration, the share of damaged trees is larger.

Research was conducted in Latvian State Forest Research Institute "Silava" (LSFRI Silava) in a collaboration with the Joint Stock Company "Latvia state forests". Empirical data collection, analysis and preparation of the report were provided by LSFRI Silava staff A. Zimelis, M. Okmanis, S. Kalēja, A. Lazdiņš, J. Ivanovs, R. Meļņiks, G. palva, G. Saule, A. Lupiķis, Z.A. Zvaigzne, D. Lazdiņa, K. Makovskis. The project is implemented within the scope of the memorandum between Joint stock company "Latvia state forests" and LSFRI Silava on "Collaboration in scientific research" from October 11, 2011.

Saturs

Kopsavilkums.....	3
Summary.....	5
Darba uzdevumi 2018. gadā.....	10
Darba uzdevumu izpildes gaita 2018. gadā.....	17
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju.....	17
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi.....	17
Iegūt empiriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs.....	17
Raksturot augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem.....	19
Grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums.....	22
Potenciāli pārmitro vietu noteikšana, veicot sezonālo un pastāvīgo straumju analīzi.....	26
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (vēlinas sastāva un agrīnas krājas) cirtēs un apauguma novākšanā.....	27
Jaunaudžu ar koku augstumu 2-4 m kopšanas tehnoloģiskie risinājumi.....	27
Dažādu mašīnizētas pameža zāģēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana galvenajā un kopšanas cirtē.....	30
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs.....	32
Pašizmaksas modeļa izstrādāšana mežizstrādei ar Bracke C.16 darba galvu.....	32
Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs.....	43
Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē.....	47
Pievedējtraktora degvielas patēriņa analīze pie dažādiem slodzes režīmiem un rekomendāciju sagatavošana degvielas patēriņa samazināšanai kokmateriālu pievešanā.....	47
Kravas lieluma ietekme uz degvielas patēriņu un augsnes bojājumiem uz organiskām augsnēm.....	49
Harvesteru degvielas patēriņa datu analīze.....	50
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai.....	58
Cīsmā atstājamo koku bojājumu izvietojuma sakarību analīze.....	58
LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai.....	60
Informatīvu pasākumu organizēšana AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem un pētījuma rezultātu prezentēšana izglītības iestādēs.....	61
2012 un 2013. gada kopšanas cīršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildpieauguma raksturošana.....	62
Priekšlikumi darba uzdevumiem 2019.gadā.....	67
Izmantotā literatūra.....	72

Attēli

Att. 1: Ar risu uzmērīšanas sistēmu aprīkots pievedējtraktors (attēlā: A 2018. gads, B 2017. gads).....	17
Att. 2: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls.....	20
Att. 3: Ūdens filtrācijas ātruma noteikšanas paraugu un gruntsūdeņu aku izvietojuma shēma.....	21
Att. 4: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls.....	23
Att. 5: Grāvja atbērtnes pirms mežizstrādes.....	23
Att. 6: Grāvja atbērtnes pēc mežizstrādes.....	24
Att. 7: Pētījuma objektu izvietojums.....	25
Att. 8: Jaunaudžu kopšanas cīršu izmēģinājumu objekti.....	28
Att. 9: Jaunaudžu kopšana ar Bracke C12 darba galvu sadalījumā pa sektoriem.....	29
Att. 10: Jaunaudžu kopšana ar Bracke C12 darba galvu sadalījumā pa sektoriem (slikta redzamība apstākļos).....	29
Att. 11: Bracke C16.b pašizmaksas modeļi ietvertie cīrsmu veidi un kritēriji audžu atlasei.....	32
Att. 12: Izmēģinājumiem atlasītie grāvji apauguma novākšanai ar Bracke C16.b.....	33
Att. 13: Izmēģinājumu ietvaros izkoptās jaunaudzes.....	35
Att. 14: Ražīguma rādītāju un zāģējamo koku caurmēra rādītāju sakarība jaunaudžu kopšanas cirtē.....	37
Att. 15: Ražīguma rādītāju un zāģējamo koku krājas rādītāju sakarība jaunaudžu kopšanas cirtē.....	37
Att. 16: Nozāģēto koku krājas sadalījums caurmēra pakāpēs jaunaudžu kopšanas cirtē.....	38

Att. 17: Ražīguma rādītāju un zāģējamo koku caurmēra rādītāju sakarība grāvju trašu izstrādē.....	40
Att. 18: Ražīguma rādītāju un zāģējamo koku krājas rādītāju sakarība grāvju trašu apauguma izstrādē.....	40
Att. 19: Nozāģēto koku krājas sadalījums caurmēra pakāpēs grāvju trašu apauguma izstrādē.....	41
Att. 20: Darba laika patēriņa salīdzinājums, strādājot ar standarta un paceļamo kausu.....	43
Att. 21: Koku sadalījums caurmēra pakāpēs.....	45
Att. 22: Mežizstrādes ražīgums atkarībā no zāģējamo koku caurmēra.....	46
Att. 23: Degvielas patēriņa analizē izmantoto cirsmu izvietojuums.....	51
Att. 24: Darba laika elementu sadalījuma vidējie rādītāji.....	52
Att. 25: Vidējie ražīguma rādītāji galvenās cirtes cismās, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.....	53
Att. 26: Degvielas patēriņš 1 m ³ sagatavošanai galvenās cirtes cismās, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.....	53
Att. 27: Degvielas patēriņš darba stundā galvenās cirtes cismās, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.....	54
Att. 28: Darba ražīgums krājas kopšanas cirtes cismās, atkarībā no darba sezonas un apstrādājamo koku dimensijām.....	55
Att. 29: Degvielas patēriņš krājas kopšanas cirtes cismās, atkarībā no darba sezonas un apstrādājamo koku dimensijām.....	55
Att. 30: Degvielas patēriņš darba stundā krājas kopšanas cirtes cismās, atkarībā no darba sezonas un apstrādājamo koku dimensijām.....	56
Att. 31: Darba ražīgums galvenās cirtes cismās pirms un pēc kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.....	57
Att. 32: Degvielas patēriņš 1 m ³ sagatavošanai galvenās cirtes cismās pirms un pēc kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.....	57
Att. 33: Degvielas patēriņš stundā galvenās cirtes cismās pirms un pēc kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.....	58
Att. 34: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls.....	62

Tabulas

Tab. 1: Darba uzdevumi 2018. gadā.....	11
Tab. 2: Izmēģinājumu objektu raksturojums.....	18
Tab. 3: Mežaudzes raksturojošie rādītāji.....	20
Tab. 4: Mežaudžu taksācijas rādītāji izmēģinājumu objektos.....	29
Tab. 5: Pameža zāģēšanai pirms galvenās cirtes piemērotās audzes.....	30
Tab. 6: Bracke C16.b kopšanas izmēģinājumiem atlasītās jaunaudzes.....	33
Tab. 7: Grāvju taksācijas rādītāji.....	34
Tab. 8: Jaunaudžu taksācijas rādītāji.....	35
Tab. 9: Mežizstrādes rādītāju kopsavilkums jaunaudžu kopšanas cirtē.....	36
Tab. 10: Mežizstrādes ražīguma rādītāju kopsavilkums jaunaudžu kopšanas cirtē.....	36
Tab. 11: Mežizstrādes rādītāju kopsavilkums grāvju trašu izstrādē.....	38
Tab. 12: Mežizstrādes ražības rādītāju kopsavilkums grāvju trašu izstrādē.....	39
Tab. 13: Pievešanas ražīguma rādītāju kopsavilkums kopšanas cirtē.....	41
Tab. 14: Pievešanas ražīguma rādītāju kopsavilkums grāvju trasēs.....	42
Tab. 15: Pievešanas ražīguma rādītāju salīdzinājums, izmantojot standarta un paceļamo biomasu.....	42
Tab. 16: Mežaudžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas cirtes.....	45
Tab. 17: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	46
Tab. 18: Uzkrātā apjoma sadalījums.....	48
Tab. 19: Darba metodes pievedējtraktoriem.....	48
Tab. 20: Pievešanas izmēģinājumu matrica.....	50
Tab. 21: Harvesteru failu sadalījums pa cirtes veidiem un harvesteru modeļiem.....	50
Tab. 22: Audzes, kurās veikta augsnes sagatavošanas darba laika uzskaitē.....	59
Tab. 23: Mašīnu sastāvi jaunaudžu kopšanas izmēģinājumos.....	63
Tab. 24: Mežaudžu raksturojums.....	63
Tab. 25: Parauglaukumu atrašanās vietas mežaudzēs.....	64

Tab. 26: 2019. gadā apsekojamie izmēģinājumu objekti un audžu taksācijas rādītāji 2013. gada beigās.....	66
Tab. 27: Priekšlikumi 2018. gada darba uzdevumiem.....	68

DARBA UZDEVUMI 2018. GADĀ

2018. gada darba uzdevumu kopsavilkums dots Tab. 2. Pētījumu programmas darba uzdevumu izpilde norit atbilstoši plānam, taču atsevišķu darba uzdevumu izpildi izpildi aizkavēja tehnikas pieejamību izmēģinājumiem, tāpēc šos uzdevumus īstenosim pilnā apjomā 2019. gadā. Piemēram, izmēģinājumi ar Bracke C.16 darba galvu sākotnēji bija plānoti sadarbībā ar SIA Niedrāji Ziemeļkurzemes reģionā, kur, atbilstoši sākotnējam plānam, veikta jaunaudžu atlase un noteikti mežaudžu taksācijas rādītāji. 2018. gada vidū veikta atkārtota mežaudžu atlase Zemgales un Vidusdaugavas reģionā, lai veiktu izmēģinājumus jaunaudžu kopšanas cirtēs un grāvju trašu apaugumā sadarbībā ar SIA R Grupa. Rezultātā izmēģinājumi jaunaudzēs pabeigti tikai 2019. gada janvārī un ir jāizvēlas jauns pakalpojumu sniedzējs, lai novērtētu biokurināmā sagatavošanas ražīgumu un izmaksas, zāģējot pamežu pirms galvenās cirtes. Līdzīga situācija izveidojās ar degvielas patēriņu ietekmējošo faktoru analīzi, 2019. gadā ir jāizraugās jauns pakalpojumu sniedzējs, kas sniegtu atbalstu lauka izmēģinājumos.

Tab. 1: Darba uzdevumi 2018. gadā

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju			
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi	<i>Pārejošs no 2017. gada:</i> Iegūt empiriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs, atkarībā no laika apstākļiem pievešanas laikā, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma, izmantojot 2017. gadā izgatavoto risu veidošanās monitoru. Pētījumu veic ražošanas apstākļos, uzstādot pievedējtraktoram datu logeri, kas uzkrāj GPS un risu mērījumu datus ietekmes uz augsni, izvesto kravu un citu parametru raksturošanai.	1. Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, ietverot analīzi par darba ražīguma, risu veidošanās, un grunts nestspējas likumsakarībām.	• Galvenās cirtes cirsmas – 3 ha egles audzēs Ks un Kp meža tipos un 3 ha priedes vai bērza audzēs purvaiņos.
	<i>Pārejošs no 2017. gada:</i> Raksturot augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos kopšanas cirtēs. Noteikt ūdens filtrācijas ātrumu (LU nav pabeigtas analīzes, tāpēc šo datu analīze 2017. gadā nav iespējama) uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā audzes daļā, veikt gruntsūdens līmeņa monitoringu 12 mēnešu laikā un novērtēt, kādu ietekmi uz ūdens filtrācijas ātrumu radījis augsnes sablīvējums. Pētījumu plānots pabeigt 2018. gadā, nosakot ietekmes lielumu izmēģinājumu platībās un korelāciju starp augsnes sablīvējumu, granulometrisko sastāvu un ūdens filtrācijas ātruma samazināšanos.	1. Ziņojums par ūdens filtrācijas ātrumu un augsnes sablīvējuma sakarībām. 2. Darba uzdevumi turpmākajiem etapiem.	• Izmēģinājumu objekti ierīkoti 2017. gadā.
	<i>Pārejošs no 2017. gada:</i> Grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos. Noteikt ūdens filtrācijas ātrumu (LU nav pabeigtas analīzes, tāpēc šo datu analīze 2017. gadā nav iespējama) uz atbērtnes un pārējā audzes daļā, veikt gruntsūdens līmeņa monitoringu mežaudzē, kas robežojas ar atbērtni, pa kuru tehnika ir pārvietojusies un kontroles platībās 12 mēnešu laikā un novērtēt, kādu ietekmi uz ūdens filtrācijas ātrumu radījis augsnes sablīvējums. Pētījumu plānots pabeigt 2018. gadā, raksturojot ietekmes lielumu izmēģinājumu platībās.	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā pievešanas ietekmes uz ūdens plūsmu un ūdens caurlaidību raksturojums.	-
	<i>Pārejošs no 2017. gada:</i> Potenciāli pārmitro vietu noteikšana, veicot sezonālo un pastāvīgo straumju analīzi. Pētījuma iepriekšējos etapos vērtēta reljefa pazeminājumu raksturošanas metodika un izstrādāti algoritmi pazeminājumu identificēšanai. Šajā pētījuma etapā veicamās analīzes mērķis ir sagatavot atbalsta informāciju tehnoloģisko karšu plānošanai, kas ļautu novērst	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot Latvijas apstākļiem rekomendējamās algoritmus pārmitro platību identificēšanai. 2. Darba uzdevumi	• Mežaudzes galvenās cirtes cirmās ar potenciāli sliktiem pievešanas apstākļiem (10 ha) ieplaku noteikšanas metodes testēšanai dabiskos apstākļos, uzmērot risu dziļumu ar

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
	dabisko straumju aizsprostošanas mežizstrādes laikā. Iegūtā informācija papildinās priekšstatu par mitruma režīmu mežaudzēs, uzrādot vietas, kur tehnoloģisko koridoru un pievešanas ceļu izvietošana perpendikulāri dabiskajām straumēm var pasliktināt mitruma režīmu un veicināt pārpurvošanos. Darba uzdevuma īstenošanai plānots atlasīt vairākas teritorijas ar iepriekš identificētām straumju atrašanās vietām un vairākas reizes gadā novērtēt augsnes mitrumu straumes šķēsgriezumā, vienreiz sezonā nosaka kūdras biezumu. Paralēli plānots monitorēt iepriekš identificētās ieplakas līdzīgos apstākļos, nosakot mitruma režīma izmaiņas, kā arī uzsākt praktiskus mežizstrādes plānošanas izmēģinājumus, iezīmējot dabā ieplakas un plānojot mežizstrādi atbilstoši mitruma režīmam cirmās. Izmēģinājumus plānots atkārtot 3 cirmās, pirms tam izveidojot ieplaku, koku augstuma un sugu sastāva (skujkoks vai lapkoks) kartes, izmantojot LiDAR un Sentinel II datus.	turpmākajiem etapiem.	modeli identificētajās ieplakās.
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (vēlīnas sastāva un agrīnas krājas) cirtēs un apauguma novākšanā.			
Jaunaudžu kopšanas tehnoloģiskie risinājumi (h 2-4 m)	<i>Darba uzdevums pārejošs uz 2019. gadu:</i> Vizītes pie iekārtu ražotājiem un pakalpojumu sniedzējiem Somijā un Zviedrijā, kas jaunaudžu kopšanu (nevācot biomasu) veic mašinizēti, sadarbībā ar Meža atjaunošanas pētījumu programmas izpildītājiem (kopumā 4 izbraucieni, skaidrojamie jautājumi – mērķa audzes, darba metodes un sezonālitate, kvalitātes prasības, izmaksas). Apskata sagatavošana par vērtēto mehanizācijas risinājumu pielietošanas iespējām Latvijā saistībā ar kvalitātes prasībām, meža atjaunošanas veidu un citiem parametriem, kas ietekmē pakalpojuma izmaksas un pieejamību. Praktisku izmēģinājumu veikšana ar vismaz 2 iekārtām mašinizēti, izmantojot mazās klases harvesteru vai nelielu kāpurķēžu ekskavatoru, un ar rokas motorinstrumentiem. Izmēģinājumi veicami apstākļos, kur rokas motorinstrumentu izmantošana būtiski sadārdzina pakalpojuma pašizmaksu. Saskaņā ar sākotnējo izpēti izmēģinājumos var izmantot Vallius darba galvu ar 3-4 asmeņiem (www.valliusforestry.com , kontaktpersona jens.bjork@smpparts.com) un Bracke C.12 darba galvu. Izmēģinājumu platībās kopšana veicama ar rokas motorinstrumentiem (kontroles laukumi), izmantojot pieredzējušus pakalpojumu sniedzējus, un mašinizēti.	1. Darba metodes izstrādāšana, vienošanās ar potenciālajiem pakalpojumu sniedzējiem un iekārtu piegādātājiem, cirsma atlase un uzmērīšana (2018. gads). 2. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā mašinizētās jaunaudžu kopšanas ražīguma un izmaksu analīze un robežvērtības pakalpojumu sniegšanai (2019. gads).	<ul style="list-style-type: none"> Jaunaudžu kopšanas cirtes cirsma Ks vai Kp meža tipā (3-5 ha). Jaunaudžu kopšanas cirtes cirsma Vr vai Gr meža tipā (3-5 ha). Jaunaudžu kopšanas cirtes cirsma Mr vai Dm meža tipā (3-5 ha).
Dažādu mašinizētas pameža zāģēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana	<i>Darba uzdevums pārejošs uz 2019. gadu:</i> Pētījumā salīdzināsim pameža zāģēšanu ar rokas motorinstrumentiem un harvestera darba galvas papildmehānismu MenSe (www.mense.fi) sikkoku	1. Izmēģinājumu veikšana (2018. gads) 2. Ziņojums par pētījuma	<ul style="list-style-type: none"> Kopā 9 izmēģinājumu varianti, katrs mežizstrādes variants vismaz 3 ha.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
galvenajā un kopšanas cirtē.	<p>zāģēšanai, Bracke C.16 darba galvu, kas uzstādītas vidējās klases harvesteram, un Bracke C.12 darba galvu un standarta darba galvu, kas uzstādītas mazās klases harvesteram. Izmēģinājumus veiks galvenajā un krājas kopšanas cirtē. Bracke C.16 izmantosim galvenās cirtes cismās, pārējos mehānismus galvenās un kopšanas cirtes cismās, tajā skaitā mazās klases harvesteru ar standarta darba galvu testēsim arī cismās, kur pameža koki jāiekļauj tehnoloģiskajos ceļos un pievešanas ceļos, lai uzlabotu augsnes nestspēju (lapkoku audzes ar nelielu mežizstrādes atlieku daudzumu). Izmēģinājumos ar Bracke C.16 un mazās klases harvesteru ar standarta darba galvu paredzēsim izmēģinājuma variantus ar nozāģēto pameža koku savākšanu biokurināmā sagatavošanai. Izmēģinājumi veicami auglīgos meža tipos (Vr, Vrs, Gr, Grs, Ap), kur raksturīgs liels pameža koku skaits un dimensijas. Biokurināmā pievešanu plānosim vienlaicīgi ar apaļo kokmateriālu pievešanu, iespēju robežās nodrošinot vismaz 3 nedēļu intervālu starp pameža koku nozāģēšanu un pievešanu, lai iegūtu sausāku biokurināmo un saglabātu cismā skujās un lapās esošās barības vielas. Izmēģinājumos, kur pameža kokus zāģē biokurināmā sagatavošanai, arī lielāku dimensiju "malkas" kokus zāģēsim vienlaicīgi ar pameža kokiem un pēc tam, veicot mežizstrādi ar harvesteru, novērtēsim, vai vidējā zāģējamā koka dimensiju pieaugums radījis ražīguma un ieņēmumu pieaugumu. Izmēģinājumos ar Bracke C.16 darba galvu noteiksim degvielas patēriņu. Izmēģinājumu varianti (galvenajā cirtē – MenSe un Bracke C.12 nevācot sikkokus, Bracke C.16 vācot sikkokus un Keto Forst darba galva vācot sikkokus, kā arī liekot tos pievešanas ceļos; kopšanas cirtē – MenSe un Bracke C.12 nevācot sikkokus, Keto Forst darba galva vācot sikkokus, kā arī liekot tos pievešanas ceļos).</p>	<p>rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas mašinizētu pameža zāģēšanas metožu pielietošanai un robežvērtībām audžu atlasei (2019. gads)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Galvenā cirtē – 12 ha Vr, Vrs, Gr, Grs, Ap meža tipos un 3 ha Pv, Db, Grs. Kopšanas cirtē – 9 ha Vr, Vrs, Gr, Grs, Ap meža tipos un 3 ha Pv, Db, Grs.
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs			
Pašizmaksas modeļa izstrādāšana harvesteram ar Bracke C.16 darba galvu	<p>Pētījuma mērķis ir 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 jaunaudžu kopšanas cirtēm), kā arī novērtēt mašinizētās jaunaudžu kopšanas ražīguma uzlabošanas un paliekošo koku bojājumu samazināšanas risinājumus ("tilta" kausu un pievedējtraktora kauss ar zāģa sliedi). Kausu ar zāģa sliedi varēs iekļaut pētījumā, ja izmēģinājumiem būs pieejams atbilstošs tehniskais risinājums – pievedējtraktora kausu, kas aprīkots ar "tilta" funkciju un zāģi, piemēram, Cranab GSK. Pētījumā plānots salīdzināt pievešanas ražīgumu un atstājamo koku bojājumus jaunaudžu kopšanas</p>	<p>1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā mežizstrādes pašizmaksas modeļu pilnveidošana ražošanas izmaksu plānošanai.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Jaunaudžu kopšanas cirtē (Mr. Dm meža tipi), 6 ha audzēs ar līdz 10 augstiem kokiem un 6 ha ar 10-14 m augstiem kokiem. Grāvju trase ar līdz 12 m augstiem kokiem (4,5 km) un par 12 m augstākiem kokiem (4,5 km).

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
	cirtēs, sagarumojot nozāgētos kokus ar Bracke C.16 darba galvu un kausu ar zāģi. Potenciālais pakalpojumu sniedzējs Niedrāji.		
Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs no mežizstrādes atliekām Sl, Mr, Mrs, Ln un Dm meža tipos	Darba metodes izstrādāšana un aprobēšana biokurināmā sagatavošanai no mežizstrādes atliekām pēdējā kopšanas cirtē pirms galvenās cirtes, tajā skaitā rekomendāciju sagatavošana mežizstrādes atlieku un apaļo kokmateriālu novietošanai starp paliekošajiem kokiem. Pētījumā noteiksim mežizstrādes un pievešanas ražīgumu, salīdzinot darba metodes, kad mežizstrādes atliekas ieklāj ceļos, atstāj izklaidus vai savāc kaudzēs un izved, kā arī novērtēsim darba metodes ietekmi uz paliekošo koku bojājumiem. Darba laika uzskaites dati iegūstami gaišajā diennakts laikā.	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas mežizstrādes atlieku vākšanai kopšanas cirtēs skujkoku audzēs.	<ul style="list-style-type: none"> Priedes cirsmas Sl vai Ln un Mr vai Dm meža tipā. Katrā grupā 1 cirsmas ar vismaz 12 tehnoloģiskajiem koridoriem (ar līdzīgu iegūstamās koksnes apjomu). Egles vai skujkoku cirsmas ar vismaz 50% egles piemistrojumu Dm meža tipā ar vismaz 12 tehnoloģiskajiem koridoriem. Cirsmas nakts maiņu darbam izmēģinājumu laikā.
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos			
Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē	<p>Pievedējtraktora degvielas patēriņa analīze pie dažādiem slodzes režīmiem 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 pievešanas ceļu, kā arī cirmā, braucot optimālos apstākļos pa zaru segumu un bez tā. Papildus novērtēsim ķēžu (uz aizmugurējiem un uz abiem tandēmiem) ietekmi uz degvielas patēriņu, braucot pa pievešanas ceļu. Izmēģinājumos salīdzināsim 2 populārākos kopšanas ciršu un galvenās cirtes pievedējtraktorus, kas aprīkoti ar automatizētām degvielas uzskaites iekārtām. Braukšanas ātruma un kravas lieluma ietekmi uz pievešanas ceļiem vērtēsim mākslīgos apstākļos, zaru seguma ietekmi vērtēsim cirmās. Paralēli veiksime degvielas uzskaites monitoringu ražošanas apstākļos testēšanas poligonā iegūto datu kalibrēšanai.</p> <p>Balstoties uz mērījumu rezultātiem, izstrādāsim izmaksu un ieguvumu novērtējumu un rekomendācijas degvielas patēriņa samazināšanai. Harvesteru degvielas patēriņa datu analīze un priekšlikumu izstrādāšana degvielas patēriņa samazināšanai. Analīzi veiksime, izmantojot lielo datu kopas (datu apstrādei piemērotā formātā eksportēti harvestera atskaišu faili un cirsmu dati, tajā skaitā nozāgēto koku raksturojums, sagatavotais un</p>	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas degvielas patēriņa samazināšanai.	-

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
	realizētais kokmateriālu apjoms kokmateriālu veidu griezumā, pievešanas apstākļi cismā). Analizē ietversim vidējās klases un lielākos harvesterus, kas strādājuši 2016. un 2017. gadā kopšanas un galvenajā cirtē. Pētījumā vērtēsim arī darba sezonālītāti, atsevišķi analizējot ziemas apstākļos, pavasarī un rudenī, kā arī vasarā izstrādātās cirsmas. Degvielas patēriņa samazināšanas potenciālu novērtēsim, balstoties uz sakarībām starp nozāģēto koku dimensijām, ražīgumu un degvielas patēriņu. Tajos gadījumos, kad izdosies identificēt risinājumu degvielas patēriņa samazināšanai, izstrādāsim rekomendācijas pakalpojumu sniedzējiem, kā arī sagatavosim darba uzdevumu empīriskai degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīzei.		
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai			
Cirmā atstājamo koku bojājumu izvietojuma sakarību analīze	<i>Pārejošs no 2017. gada:</i> Pētnieciskais uzdevums ir veikt 2017. gadā ievāktu empīrisku datu analīzi ir noskaidrot kopšanas cirtē atstājamo koku bojājumu izvietojuma (koridoru galos un pārējā audzes daļā) sakarības, lai ar iegūtajiem datiem raksturotu augšnes gatavotāja darba virziena maiņas ietekmi uz atstājamo koku bojājumu intensitāti.	1. Vienādojumi augšnes sagatavošanas ražīguma un bojājumu apjoma prognozēšanai atjaunotajās audzēs, atkarībā no augšnes sagatavošanas virziena.	-
LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai	<i>Pārejošs no 2017. gada:</i> Aprobēt 2017. gadā izstrādāto metodiku koku augstuma noteikšanai pieaugušās audzēs Meža resursu monitoringa parauglaukumos: 1. izraudzīties pieaugušas (saimnieciskās izmantošanas vecumā) skujkoku un lapkoku audzes Meža resursu monitoringa (MRM) parauglaukumos, kuros mērījumi veikti tajā pašā gadā, kad iegūti LiDAR dati; 2. noteikt audžu vidējā koka augstumu, interpolējot LiDAR datus un salīdzināt iegūtos rezultātus ar empīriski iegūtajiem datiem.	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot vienādojumus koku augstuma raksturošanai.	-
Priekšlikumi operatoru apmācības pilnveidošanai darbam kopšanas cirtēs			
Informatīvu pasākumu organizēšana AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem un pētījuma rezultātu prezentēšana izglītības iestādēs	Organizēt demonstrējumus AS "Latvijas valsts meži" darbinieku un pakalpojumu sniedzēju profesionālās kvalifikācijas paaugstināšanai (gada laikā plānoti 2 demonstrējumi). Mašīnizētās jaunaudzju kopšanas tehnoloģiju pētījuma rezultātus un atziņas prezentēsim Latvijas Lauksaimniecības universitātes Meža fakultātes studentiem lekciju pamatkursa ietvaros.	1. Organizēti 2 semināri AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem un pakalpojumu sniedzējiem. 2. Pētījuma rezultāti prezentēti 90 min. ilgā lekcijā studentiem.	-
Mežaudžu augšanas gaitas monitorings 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs			

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
2011., 2012 un 2013. gada kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildpieauguma raksturošana	<p>Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu):</p> <p>2018. gada rudenī būs pagājuši 5-7 gadi kopš izmēģinājumu ierīkošanas un varēs noteikt krājas papildpieaugumu, atmirumu un vainaga projektīvo segumu (lapu laukuma indeksu), kas, savukārt norāda uz to, cik ilgi izkoptajai audzei saglabājās kopšanas radītās priekšrocības, varēs novērtēt, vai samazinājies augsnes sablīvējums tehnoloģiskajos koridoros un kā to ietekmējusi izmantotā tehnika.</p> <p>2018. gadā veiksīm empīrisko datu iegūvi iepriekš ierīkotajos ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos, tajā skaitā 2018. gada rudenī iegūsim 10 gadu pieauguma skaidas un uzsāksīm gadskārtu analīzi, paraugu ievākšanu un datu analīzi pabeigsīm 2019. gadā. Augsnes sablīvējuma mērījumus uz tehnoloģiskajiem koridoriem koridoriem veiksīm izlases veidā 2019. gadā, platībās, kur konstatētas ekstremālas sablīvējuma vērtības.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pabeigta ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu uzmērīšana aptuveni 50 ha platībā (puse no kopējā prognozētā darba apjoma). 2. Ievāktas koku urbumu skaidas no aptuveni 500 kokiem (līdz 10 koki parauglaukumā, vismaz 30 koki katrā mežaudzē). 3. Pabeigti lapu laukuma indeksa mērījumi visos parauglaukumos. 	-

DARBA UZDEVUMU IZPILDES GAITA 2018. GADĀ

Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju

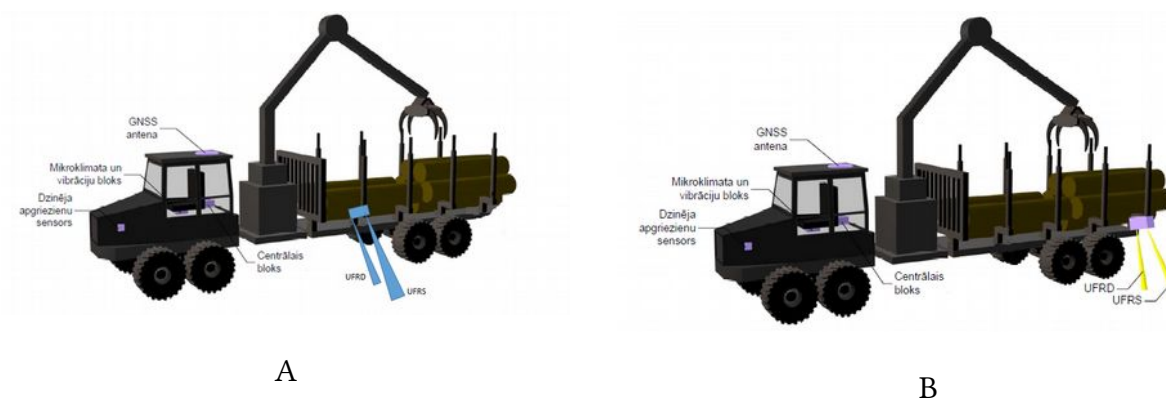
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi

Iegūt empiriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs

Pētījuma mērķis ir iegūt empiriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs, atkarībā no laika apstākļiem pievešanas laikā, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma, izmantojot 2017. gadā izgatavoto risu veidošanās monitoru.

Izmēģinājumi veikti ražošanas apstākļos, uzstādot pievedējtraktoram datu logeri, kas uzkrāj GPS un risu mērījumu datus, kas izmantojami ietekmes uz augsni, izvesto kravu un citu parametru raksturošanai.

Izmēģinājumos izmantots telemetrisko datu uzmērīšanas sistēmas prototips "FTMDUS", kas izveidots SIA "MĪTAVAS ROBOTI" atbilstoši LVMI Silava izstrādātajām specifikācijām. Prototips paredzēts pievedējtraktora degvielas patēriņa, vibrācijas un mikroklimata kabīnē, kā radīto risu mērījumu nolasīšanai un uzkrāšanai, vadoties pēc GPS koordinātēm. Telemetrisko datu uzmērīšanas ierīce izveidota tā, lai to varētu ātri uzstādīt John Deere 810 E un John Deere 1010 E sērijas pievedējtraktoriem (Att. 1). 2018. gadā risu mērīšanas ierīce uzstādīta uz priekšējiem kūleņiem, kas būtiski uzlabo iekārtas drošību un samazina sakaru problēmas. Risu mērītājs izmanto WiFi tīklu, tāpēc jebkādi šķēršļi starp raidītāju un uztvērēju, piemēram, krava, būtiski pasliktina pārraides kvalitāti.



Att. 1: Ar risu uzmērīšanas sistēmu aprīkots pievedējtraktors (attēlā: A 2018. gads, B 2017. gads).

Izmēģinājumi prototipa aprobācijai mašinizētas mežizstrādes apstākļos veikti krājas kopšanas un galvenās izmantošanas cirtēs uz augsnēm ar labu (MAAT – sausieņi) un

neapmierinošu nestspēju (MAAT – kūdreņi, slapjaini un purvaini). Izmēģinājumu objektu raksturojums dots Tab. 2.

Tab. 2: Izmēģinājumu objektu raksturojums

Cirsmā	Platība, ha	Valdošā suga	Meža tips
508-300-27	2,57	P	Damaksnis
508-300-29	1,08	P	Damaksnis
508-300-34	0,75	P	Damaksnis
508-182-36	0,34	M	Platlapju kūdreņis
508-182-25	0,75	P	Platlapju ārenis
508-200-11	0,78	E	Platlapju kūdreņis
508-199-22	0,72	B	Platlapju kūdreņis
508-199-29	0,63	B	Damaksnis

Pēc telpiskās datu apstrādes var veikt vispārīgo datu analīzi, kuras rezultātā iegūstama sekojoša informācija par:

- attālumu starp ierīces veiktajiem mērījumiem;
- pievedējtraktora radīto iespiedumu dziļumu;
- temperatūras un vibrācijas izmaiņas pievedējtraktora kabīnē;
- pievedējtraktora degvielas patēriņu.

Izmantojot datu telemetrisko uzskaites sistēmu, var precīzi aprēķināt kopējo nobraukto attālumu cismā, kā arī pievešanas ceļa garumu vai arī attālumu katram atsevišķam braucienam. Izmantojot šādu uzskaites sistēmu, nav nepieciešams attāluma mērījumus veikt manuāli. Balstoties uz iegūtajiem datiem, var precīzi noteikt pievedējtraktora pārvietošanās trajektoriju, kas parāda pārvietošanos ārpus tehnoloģiskajā kartē plānotajiem koridoriem.

Izmantojot telemetrisko datu uzmērīšanas iekārtā uzkrātos datus, kas ietver sasvēršanās sensora mērījumus, var veikt detalizētu analīzi par risu veidošanās dinamiku pievešanas laikā, kā arī noteikt maksimālo risu dziļumu, kas veidojies pievešanas laikā, tādējādi idenificējot tās situācijas, kad rises pēc pievešanas ir aizpildītas ar mežizstrādes atliekām, radot ilūziju, ka cismā nav risu.

Iegūtie dati sniedz informāciju par operatora veiktajām darbībām (iebraukšana, pārvietošanās cismā un izbraukšana) pievešanas darbos un parāda operatora ieradumus. Datu analīze parāda, ka operatori ne vienmēr izmanto piemērotākās darba metodes, kā rezultātā palielinās nobrauktais attālums un veiktās darbības var radīt papildus augsnes bojājumus.

Dati, kas iegūti no telemetrisko datu uzkrāšanas sistēmas, ļauj aprēķināt pievešanas darbos izveidoto risu dziļumu. Risu aprēķināšanai iespējams izmantot 2 risu mērīšanas un aprēķina metodes. Salīdzinot abas metodes, lielāks analīzei derīgo datu apjoms

iegūstams izmantojot 2. metodi, jo tajā aprēķinos izmantotie dati iegūti no 2 uz sāniem vērtiem sensoriem. Gadījumos, kad viens no sensoriem kādu apstākļu dēļ neatstaro signālu, mērījumi iegūstami no otra sensora, tādu iespēju nav izmantojot 1. metodi.

Pētījumā izstrādāto aprīkojumu un datu apstrādes metodi var ieviest ražošanā kopšanas ciršu izpildes kvalitātes kontrolei un pievedējtraktora ražīguma datu analīzei, nodrošinot atbalstu mežizstrādes pakalpojumu sniedzējiem, kuru operatori neizmanto optimālas darba metodes.

Raksturot augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem

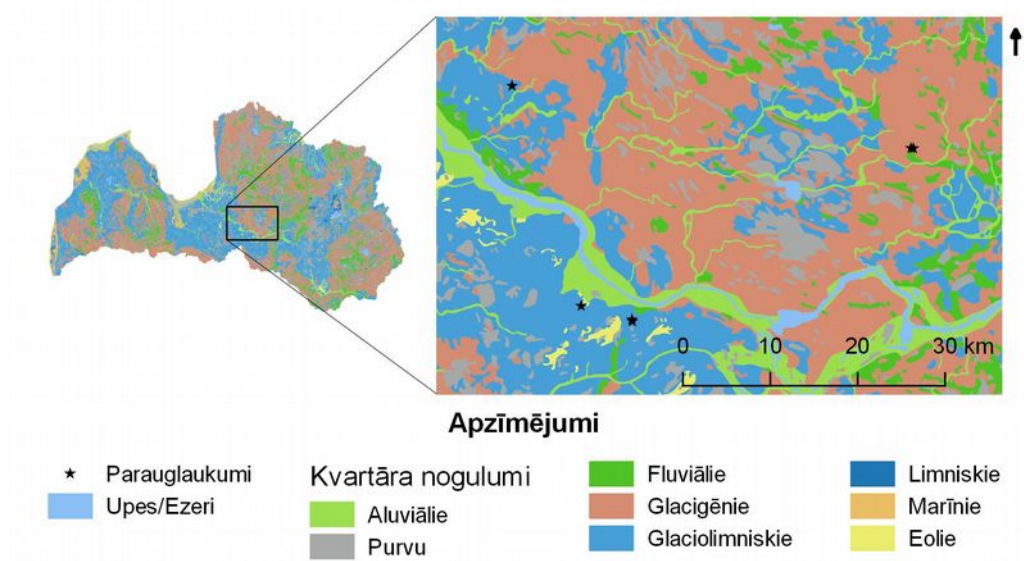
Pētījuma mērķis ir raksturot augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos kopšanas cirtēs. Pētījuma uzdevumos ietilpst: ūdens filtrācijas ātruma noteikšana uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā audzes daļā, gruntsūdens limeņa monitorings 12 mēnešu laikā un augsnes sablīvējuma ietekmes uz ūdens filtrācijas ātrumu laboratoriska noteikšana.

Izmēģinājumiem izvēlētas 6 mežaudzes, kurās 2016. gada vasarā veikta krājas kopšanas cirte un pa tehniskajiem koridoriem pievesti vismaz 100 m³ kokmateriālu, tādējādi augsnes virskārta pakļauta sablīvēšanās procesam un augsnes sablīvēšanās atbilst situācijai ražošanas apstākļos. Izvirzītais pamatprincips mežaudžu atlasē – tehnisko koridoru garenass virzienam jābūt perpendikulāri pret nogāzes kritumu un 3 no tām jāatrodas uz smilšmāla nogulumiem, 3 – uz smilšainiem nogulumiem. Tā kā Latvijā mežu augsnes valsts mērogā nav kartētas, tad atlase veikta pēc meža tipa – 3 audzes vēri un trīs audzes mētrājā, lānā vai damaksnī.

Lai noteiktu tehnisko koridoru garenass un reljefa virsmas slīpuma attiecību, izmantojot Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas Aģentūras sagatavotos LiDAR datus¹, izveidots digitālais reljefa modelis.

Pētījumam izvēlētas mežaudzes ir uz glacigēnajiem (ledāja veidotie morēnas nogulumi) un glaciolimniskajiem (ledājukušas ūdeņu baseinu nogulumi) nogulumiem (Att. 2). Detāls atlasīto mežaudžu raksturojums dots Tab. 3. Mežaudzes raksturojošie rādītāji iegūti no Meža valsts reģistra, savukārt ģeoloģisko nogulumu tips iegūts no Kvartāra nogulumu kartes mērogā 1:200 000 (Meirons, b.g.).

¹ http://map.lgia.gov.lv/index.php?lang=0&cPath=4_5&txt_id=126



Att. 2: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls².

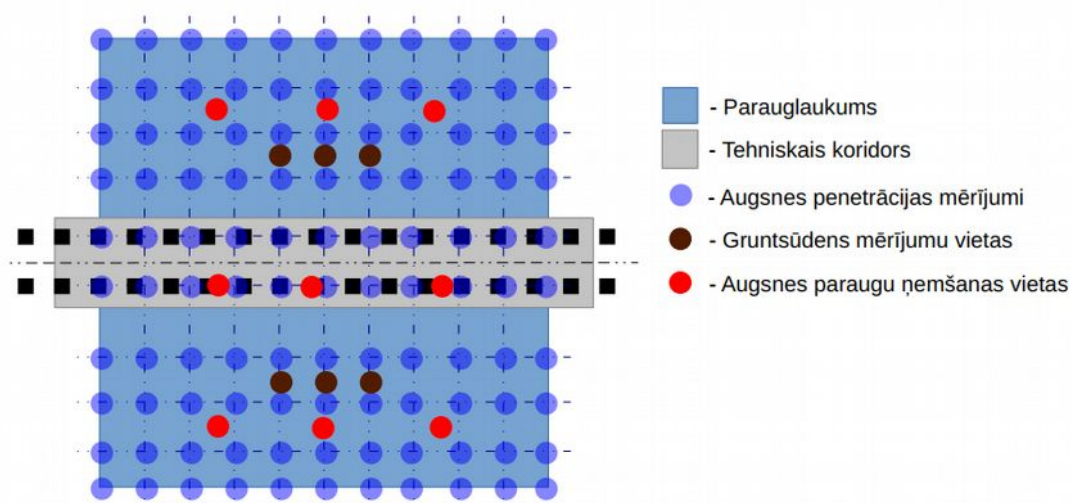
Tab. 3: Mežaudzes raksturojošie rādītāji

Nogabala kods	Kokaudzes formula	1. stāva vecums	Augšanas apstākļu tips	Nogulumu tips/ litoloģija
501-224-6	10E30	30	Vēris	lgQ3ltv/smilts
503-148-18	10E55	55	Vēris	gQ3ltv/morēnas sm
503-149-13	10E55	55	Vēris	gQ3ltv/morēnas sm
505-93-11	10P53	53	Mētrājs	lgQ3ltv/smilts
506-14-15	8P2E70	70	Damaksnis	lgQ3ltv/smilts
506-14-7	8P2E70	70	Damaksnis	lgQ3ltv/smilts

Augsnes paraugu ievākšanai un ūdens filtrācijas ātruma noteikšanai katrā no mežaudzēm izveidots 400 m² (20*20 m) liels parauglaukums (Att. 3), kurā ar *Eijkelkamp* penetrolgeru³ veikti augsnes penetrācijas pretestības mērījumi. Augsnes mitruma mērījumi nav veikti, tos aizstājot ar meteoroloģiskajiem novērojumiem Skrīveru meteoroloģisko novērojumu stacijā, kas liecina, ka 10 dienu periodā pirms mērījumu veikšanas bijuši periodiski nokrišņi un kopā nolijuši 12,1 mm lietus ūdens. Uz tehnoloģiskā koridora un abpus koridoram veikti augsnes rakumi, kuros ievākti augsnes paraugi 4 dažādos dziļumos (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm).

² Kartogrāfiskais materiāls sagatavots ar QGIS programmu.

³ <https://en.eijkelkamp.com/products/field-measurement-equipment/penetrologger-set-a.html>



Att. 3: Ūdens filtrācijas ātruma noteikšanas paraugu un gruntsūdeņu aku izvietojuma shēma.

Tāpat ierīkotas 6 gruntsūdens līmeņa monitoringa akas abpus tehnoloģiskajiem koridoram. Gruntsūdens līmeņa monitoringa akas ierīkotas ar mērķi novērot gruntsūdens līmeņa svārstības un atšķirības augšpus un leļpus tehnoloģiskajiem koridoriem. Gruntsūdens līmeņa monitorings veikts ar 1 stundas intervālu viena gada garumā un tas veikts sadarbībā ar LLU speciālistiem. Gruntsūdens urbumos ūdens spiediens mērīts ar *Vanessen* instrumentu Mini-Diver. Gaisa spiediens mērīts ar iekārtu Diver-DXT. Datu nolasīšana veikta Diver-Office programmatūrā, kurā veikta spiedienu kompensācijas procedūra, kuras rezultātā iegūts ūdens stabā augstums. Gruntsūdens līmeņa mērīšanas akām veikta relatīvo augstumu uzmērīšana nivelējot.

Pētījumā konstatēts, ka mežizstrādes tehnikas ietekmē tehnoloģiskajos koridoros notiek augsnes sablīvēšanās, palielinot augsnes blīvumu dažādos augsnes slāņos vidēji par 10-27%. Augsnes sablīvējumu apstiprina gan augsnes penetrācijas pretestības mērījumi, gan augsnes blīvuma atšķirības uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā audzes daļā.

Smilšainos nogulumos izteiktākā augsnes sablīvēšanās ietekme novērojama dziļākajos slāņos (sākot no 20-30 cm), kur augsnes penetrācijas pretestība var pieaugt pat trīskārši, bet augsnes blīvums var palielināties par 18-54%.

Augsnē palielinoties māla daļiņu īpatsvaram, lielākā sablīvēšanās ietekme novērojama seklākajos augsnes slāņos (līdz 20 cm dziļumam). Augsnes penetrācijas pretestība šajos slāņos var pieaugt līdz 2,5 reizēm, savukārt augsnes blīvums par 16-63%.

Tehnoloģiskajos koridoros ņemtajos augsnes paraugos novērojama arī ūdens filtrācijas ātruma samazināšanās. Iegūtie rezultāti gan nenorāda uz būtiskām sakarībām, kas saistīts ar lielu iegūto datu nenoteiktību, tāpēc ietekmes un augsnes filtrācijas ātrumu nepieciešams palielināt analizējamo augsnes paraugu skaitu.

Gruntsūdens līmeņa mērījumi abpus tehnoloģiskajiem koridoriem sakrīt ar augsnes filtrācijas ātruma analīžu rezultātiem, nenorādot uz būtiskām atšķirībām līmeņa starpībās abpus tehnoloģiskajam koridoram. Te gan jāmin, ka gruntsūdens monitoringa akās ūdens stabs novērots tikai no vēla rudens 2017. gadā līdz agram pavasarim 2018. gadā. Pārējā novērojumu periodā, pateicoties netipiski sausajiem laika apstākļiem, gruntsūdens līmeņa monitoringa akas netipiski sauso laika apstākļu dēļ bija sausas un gruntsūdens līmenis pētījuma objektos bija dziļāks par 1,5 m.

Pētījuma sākotnējie rezultāti, parāda, ka arī būtisks augsnes sablīvējums nerada izmaiņas gruntsūdens līmeņa svārstībās abpus tehnoloģiskajiem vai ūdens filtrācijas ātruma izmaiņas augsnē tehnoloģiskajos koridoros, tomēr, ņemot vērā ekstremālos laika apstākļus gan 2017. gada rudenī (netipiski daudz nokrišņu) un 2018. gada vasarā (ilgstošs sausuma periods), pētījumi jāturpina, paplašinot pētījumu objektu skaitu un to pārstāvētos augšanas apstākļus, kā arī pagarinot novērojumu periodu. Paralēli turpināmi pētījumi par tehnikas iespējamo ietekmi uz virszemes nokrišņu noteci, lai identificētu primāros riskus un izstrādātu rekomendācijas negatīvās ietekmes uz hidroloģisko režīmu mežaudzēs mazināšanai.

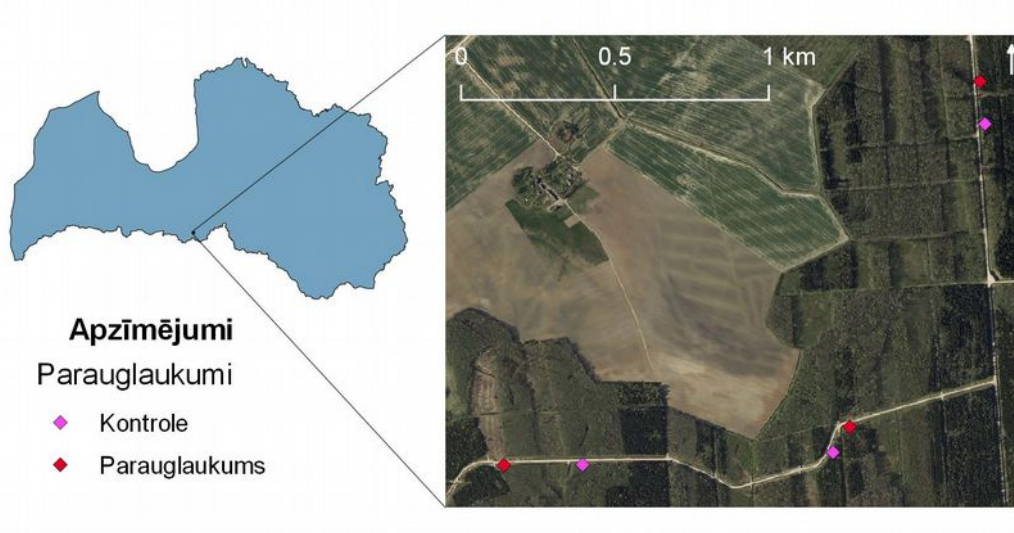
Grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums

Pētījuma mērķis ir grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos.

Galvenie uzdevumi mērķa sasniegšanai ir:

- noteikt ūdens filtrācijas ātrumu uz atbērtnes un pārējā audzes daļā;
- veikt gruntsūdens līmeņa monitoringu mežaudzē, kas robežojas ar atbērtni, pa kuru tehnika ir pārvietojusies un kontroles platībās 12 mēnešu laikā;
- novērtēt, kādu ietekmi uz ūdens filtrācijas ātrumu radījis augsnes sablīvējums.

Izmēģinājuma objekti ierīkoti Ceraukstes pagastā. Parauglaukumi izvietoti 509 kvartālu apgabala 148., 152., 153. un 154. kvartālos blakus jaunuzbūvētiem meža ceļiem, kuriem malās izrakti grāvji un izņemtais augsnes slānis izmantots atbērtņu konstruēšanai. Ierīkoti 3 parauglaukumi un 3 kontroles laukumi, kas kopā veido 3 pētījuma objektus (Att. 4).



Att. 4: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls⁴.

Parauglaukumi izvietoti teritorijās, kurās 2017. gada rudenī notikušās mežizstrādes laikā pa grāvju atbērtnēm pārvietojās smagā mežizstrādes tehnika, savukārt kontroles laukumi izvietoti vismaz 50 m attālumā no parauglaukumiem morfoloģiski līdzīgās teritorijās. Pa kontroles laukumiem mežizstrādes tehnika nepārvietojās. Att. 5 un Att. 6 apskatāms viens no parauglaukumiem pirms un pēc mežizstrādes procesa. Pētījuma teritorijā dominējošais kvartāra nogulumu tips ir aleirītisks māls un mālains aleirīts (Meirons, 2002).



Att. 5: Grāvja atbērtnes pirms mežizstrādes.

⁴ Kartogrāfiskais materiāls sagatavots ar QGIS programmu.

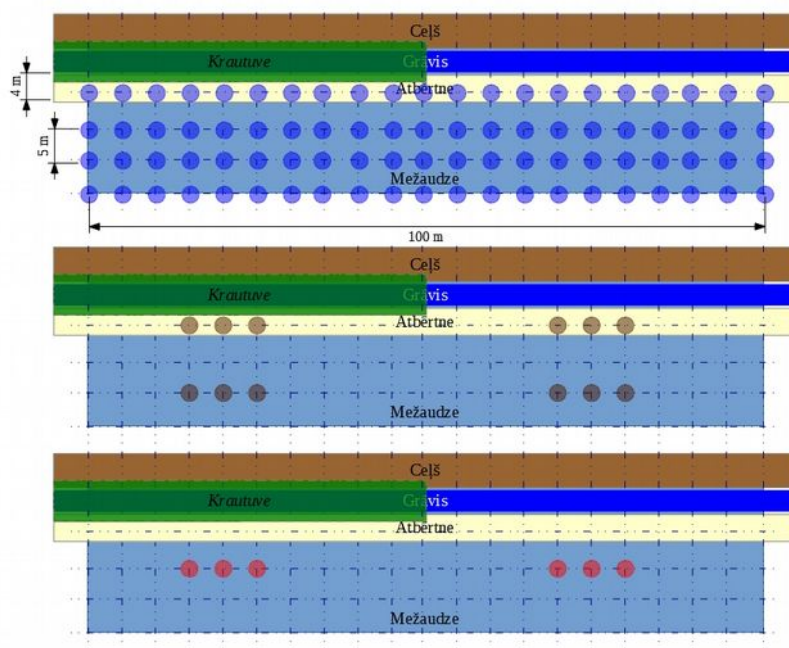


Att. 6: Grāvja atbērtnes pēc mežizstrādes.

Augsnes paraugu ievākšana un ūdens filtrācijas ātruma noteikšana veikta parauglaukumos un kontroles laukumos, kur katrs parauglaukums un kontroles laukums aizņem 750 m^2 ($15 \times 50 \text{ m}$) lielu teritoriju iekļaujot atbērtni un 10 m platu joslu pieguļošajā mežaudzē (Att. 7). Shēmā parauglaukums atainots kā krautuves josla, savukārt kontroles laukums ir bez krautuves. Gan parauglaukumā, gan kontroles laukumā 2017. gada vasarā ar *Eijkelkamp penetrologeru*⁵ veikti augsnes penetrācijas pretestības mērījumi (zilie punkti shēmā).

2017. gada vasarā parauglaukumos un kontroles laukumos gruntsūdens līmeņa svārstību monitoringa nolūkos ierīkotas gruntsūdens akas (sarkanie punkti shēmā). Akas ierīkotas ar mērķi noskaidrot, kā mežizstrādes tehnikas radītais augsnes sablīvējums uz grāvju atbērtnēm ietekmē gruntsūdens plūsmu grāvja virzienā. Gruntsūdens urbumos ūdens spiediens mērīts ar *Vanessen* instrumentu Mini-Diver. Gaisa spiediens mērīts ar Diver-DXT iekārtu. Datu nolasīšana veikta Diver-Office programmatūrā, kurā veikta spiedienu kompensācijas procedūra, kuras rezultātā iegūts ūdens stabla augstums. Gruntsūdens līmeņa mērīšanas akām veikta relatīvo augstumu uzmērīšana nivelējot.

⁵ <https://en.eijkelkamp.com/products/field-measurement-equipment/penetrologger-set-a.html>



Att. 7: Pētījuma objektu izvietojums.

2018. gada vasarā uz atbērtņēm un tām pieguļošajās meža joslās veikta augsnes paraugu ievākšana 4 dažādos dziļumos (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm) (brūnie punkti shēmā).

Iegūtajiem augsnes paraugiem veikta laboratoriska analīze, kā rezultātā noteikts dažādo augsnes slāņu blīvums (LVS ISO 11 272:1998), granulometriskais sastāvs (LVS ISO 11 277:2000). Ūdens caurlaidības analīzes paredzēts veikt LVMI Silava Meža vides laboratorijā tiklīdz būs pabeigts laboratorijas aprīkojuma iepirkums (izsludināts 05.06.2018, LVMI Silava/2018/2/AK/ERAF). Ja iekārtas nebūs pieejamas, analīzes veiksīm Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātes laboratorijā.

Pētījumu objektos augsnes sablīvēšanas efekts pārsvarā novērojams 20-60 cm dziļumā. Augsnes virskārtā sablīvējums, visticamāk, nav novērojams tāpēc, ka augsne šajā dziļumā ir piebērtā klāt, lai aizpildītu risas, savukārt dziļākie slāņi nav bijuši pakļauti tik lielam spiedienam, lai tajos notiktu izmaiņas.

Gruntsūdens līmeņa mērījumi liecina, ka grāvju atbērtņu sablīvējums ietekmē gruntsūdens līmeņa svārstības pēc lietusegāzēm. Visos parauglaukumos, kas ierīkoti uz atbērtēm, kuras izmantotas kokmateriālu pievešanai, novērojami laika periodi ar straujāku ūdens līmeņa celšanos un ilgāku krišanās periodu, salīdzinot ar kontroles laukumiem.

Rezultātos ir novērojama tendence, ka grunts sasalšanas un atlaišanās cikls ietekmē augsnes ūdens filtrācijas ātruma uzlabošanos pēc tam, kad augsne ir bijusi sablīvēta.

Pirmajā pētījuma objektā līdz ar ziemas iestāšanos ūdens staba augstums parauglaukumos un kontroles laukumos ierīkotajās gruntsūdens līmeņa monitoringa akās izlīdzinājās. Iestājoties pavasarim, būtiskas atšķirības starp ūdens līmeņiem šajā pētījuma objektā nav novērotas. Pārējos objektos līdzsvara stāvoklis novērojumu periodā neiestājās, taču atšķirības ir statistiski nebūtiskas.

Laboratoriska ūdens filtrācijas īpašību noteikšana augšņu paraugos, kas ievākti uz atbērtņēm un tām piegulošajās mežaudzēs, uzrādīja lielu rezultātu nenoteiktību, tāpēc kvantitatīvas ūdens filtrācijas ātruma izmaiņas nav konstatētas. Iegūtie dati apstiprina nepieciešamību būtiski palielināt analizējamo paraugu skaitu, lai iegūtu statistiski analizējamus datus.

Lai novērtētu sablīvētās augšņu ūdens filtrācijas īpašību atjaunošanos, pētījums jāveic ilgākā laika periodā, paralēli laboratoriski raksturojot dažādu granulometriskā sastāva augšņu grupu ūdens filtrācijas ātruma izmaiņas sablīvējuma ietekmē. Atkārtoti augšņu penetrācijas pretestības mērījumi un gruntsūdens līmeņa monitoringa dati dotu priekšstatu par augšņu stāvokļa relatīvajām izmaiņām parauglaukumu un kontroles laukumu kontekstā, kā arī sniegtu priekšstatu par sablīvējuma ietekmes ilgumu un atkārtotas augšņu sablīvēšanas paliekošo ietekmi.

Potenciāli pārmitro vietu noteikšana, veicot sezonālo un pastāvīgo straumju analīzi

Pētījuma mērķis ir noteikt potenciāli pārmitrās vietas, veicot sezonālo un pastāvīgo straumju analīzi. Šajā pētījuma posmā novērtētas izstrādātās metodikas pielietošanas iespējas praksē mežaudžu līmenī. Pētījuma teritorija izvēlēta tāda, kas pārstāv dažādus Kvartāra perioda ģeoloģisko nogulumu tipus. Kopumā izvēlētas 12 mežaudzes, kurās 2018. gadā veikta galvenā cirte. Izvēlētas 3 audzes uz katra no četriem apskatāmajiem Kvartāra perioda ģeoloģiskajiem nogulumu tiptiem – glacigēnajiem, glaciofluviālajiem, glaciolimniskajiem un eolajiem. Lauku darbos ievākti dati par risu dziļumu ceļos ik pēc 20 m, par augšņu penetrācijas pretestību un augšņu virskārtas relatīvo mitrumu. Papildus pieaugušās mežaudzēs uz šādiem pašiem Kvartāra perioda ģeoloģiskajiem nogulumiem izveidoti četri parauglaukumi, lai novērtētu sateces baseina lieluma ietekmi uz sezonālu straumju veidošanos.

Pētījuma ietvaros veikta sezonālo straumju ietekmes analīze uz gruntsūdens līmeni 4 pieaugušās mežaudzēs uz dažādiem kvartāra ģeoloģisko nogulumu tiptiem. Mežaudzēm izstrādātas sateces baseina lieluma kartes, kur katra rastra šūna reprezentē virs tās reljefā esošo rastra šūnu skaitu no kurām caur šo konkrēto šūnu teorētiski notiek virszemes ūdens notece. Mežaudzēs šķērsām sezonālajai straumes atrašanās vietai ierīkotas gruntsūdens līmeņa mērījumu akas un veikts monitorings. Pētījumā secināts, ka izstrādātās augšņu mitruma kartes var izmantot purvainu apgabalu un lokālu pārmitru teritoriju dešifrēšanai. Tomēr mežaudžu līmenī relatīvā augšņu mitruma atšķirību telpiskās izplatības prognoze vēl ir jāpilnveido, jo risu

dziļuma un augsnes penetrācijas pretestības dati neveido ticamu sakarību ar augsnes mitruma prognozi. Viens no iespējamajiem iemesliem palielinātai dešifrēšanas nenoteiktībai ir nepilnīga informācija par caurtekām un to tehnisko stāvokli.

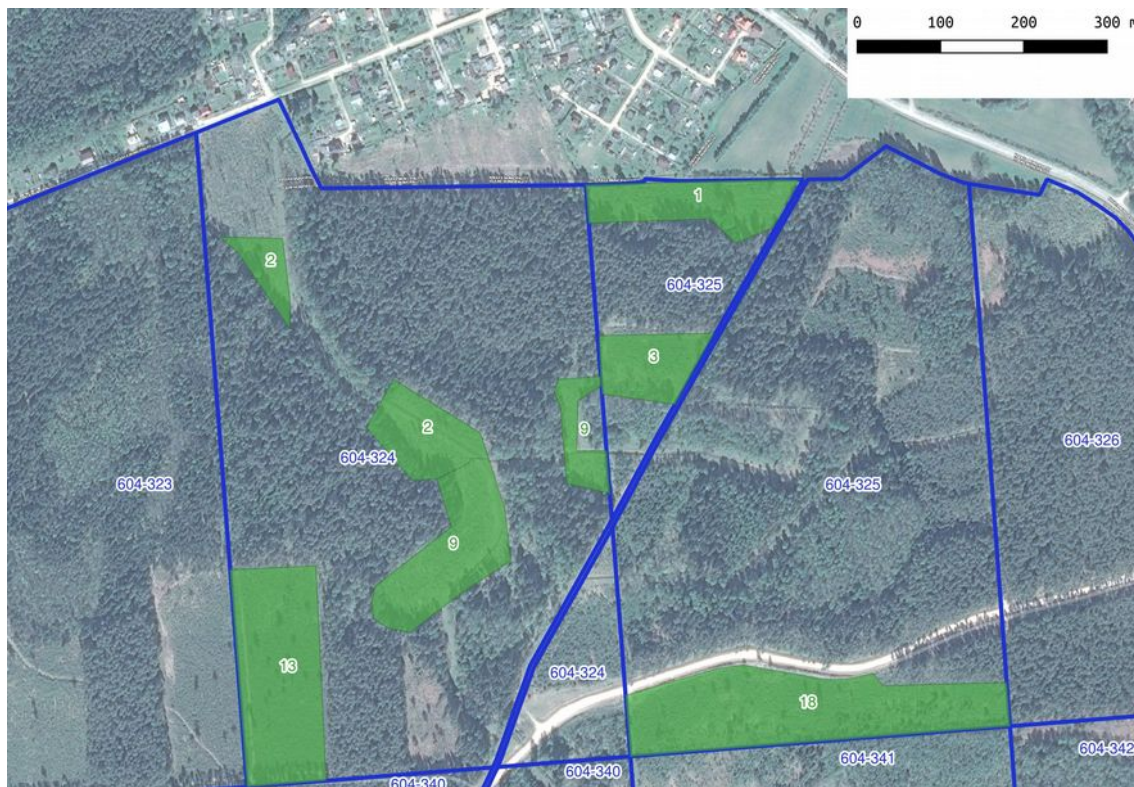
Tāpat pētījumā ir secināts, ka sateces baseina lielums ietekmē sezonālo straumju veidošanos un šīs vietas ir iespējams lokalizēt. Novērota sakarība, ka sezonālās straumes gultnē gruntsūdens līmenis ir augstāks un tas krītas lēnāk kā blakus esošajās teritorijās. Iegūtie dati izmantojami lēmuma pieņemšanas atbalsta instrumentos mežizstrādes plānošanai, identificējot tās vietas, kurās pēc lietus ilgāk neka citur saglabājas smagākie pievešanas apstākļi, un, tādējādi, papildinot informāciju, ko sniedz pārmitro ieplaku dešifrēšanas rezultāti. Modelēšanas instrumentu izstrādāšanai ir jāveic empīriski novērojumi ražošanas apstākļos, ar automatizētām mērierīcēm sekojot risu veidošanās procesam kokmateriālu pievešanā vai mežizstrādē, salīdzinot meteoroloģiskos rādītājus (temperatūra, nokrišņi), augsnes pamatmateriālu un straumju parametrus.

Pētījumus turpināsim 2019. gadā, skaidrojot dabisko straumju ietekmi uz mitruma režīmu mežaudzē. Pētījuma turpinājumā veiksime gruntsūdens līmeņa monitoringu un izstrādāsim metodiku potenciāli pārmitro vietu identificēšanai, izmantojot dabisko straumju analīzes algoritmus.

Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (vēlīnas sastāva un agrīnas krājas) cirtēs un apauguma novākšanā

Jaunaudžu ar koku augstumu 2-4 m kopšanas tehnoloģiskie risinājumi

Darba uzdevums ir pārejošs uz 2019. gadu. 2018. gadā izstrādāta darba metodika, atlasītas audzes (Att. 8), noteikti taksācijas rādītāji izraudzītajās audzēs un izraudzīts pakalpojumu sniedzējs, SIA Meža un koksnes produktu izpētes un attīstības institūts.



Att. 8: Jaunaudžu kopšanas ciršu izmēģinājumu objekti.

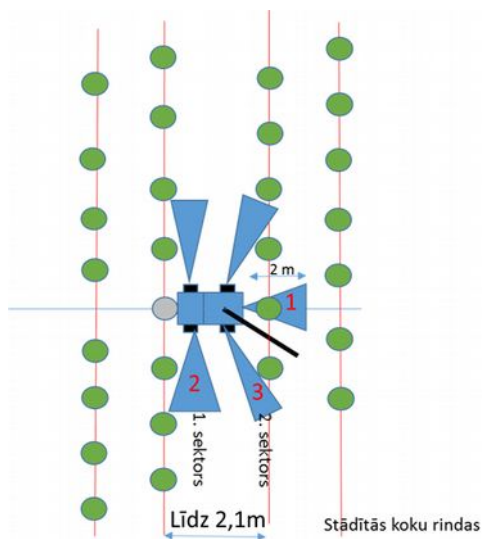
Jaunaudžu kopšanas darbu metodika paredz, ka pirms darba uzsākšanas operators novērtē vēja virzienu, kas ir viens no būtiskiem faktoriem, kas ietekmē ražīguma rādītājus, jo koku gāšana pret vēju atvieglo darba procesu.

Jaunaudžu kopšanas darbos izmantotas divas darba metodes, kuru izmantošanu nosaka attālums starp stādīto koku rindām. Ja attālums starp stādīto koku rindām ir līdz 2,1 m, harvestera pārvietošanos plāno perpendikulāri stādītajām koku rindām (1. darba metode). Koku rindu platumam pārsniedzot 2,1 m, harvestera pārvietošanos plāno starp koku rindām (2. darba metode).

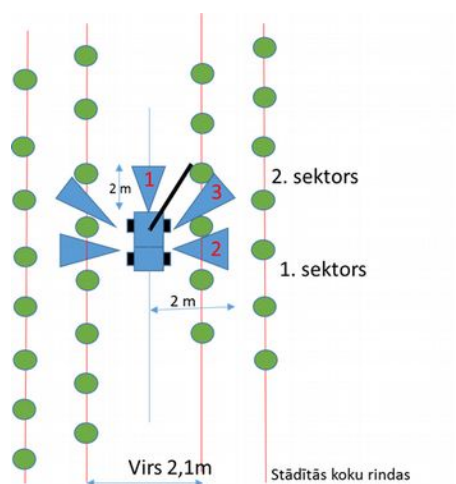
Uzsākot jaunaudžu kopšanu, harvesters sākotnēji nozāgē apaugumu tā pārvietošanās virzienā, bet ne tālāk kā 2 m no harvestera (Att. 9). Pēc apauguma nozāgēšanas uz tehnoloģiskā koridora veic kopšanas darbus labajā vai kreisajā pusē, veidojot manipulatora darba sektorus. Pirmo sektoru veido perpendikulāri pārvietošanās virzienam, vienlaidus nopļaujot konkurējošos kokus, krūmus un puskrūmus. Gadījumā, ja kvalitatīvu mērķa sugas koku skaits ir nepietiekošs, atstāj meža tipam piemērotas pieļaujamās koku sugas (pielikums), vai veido biogrupas (attiecināms uz vienlaidus pļaušanas darbiem visā objektā). Otro sektoru veido 45° leņķī. Izpļautā sektora garums nepārsniedz 4,6 m, tādējādi saglabājot pietiekoši labu redzamību pļaušanas laikā.

Objektos, kuros koku augstums un biežība traucē kvalitatīvu darba izpildi, bet atstatums starp rindām pārsniedz 2,1 m, vienlaidus pļaušanu veic sektoros ar izlīces

sniegumu līdz 2,0 m (Att. 10). Lai samazinātu atstājamo koku mehānisko bojājumu risku, darbībās ar manipulatoru, pārejai uz sektoriem, kā arī tehnikas pārvietošanās laikā pļaušanas iekārtai jābūt izslēgtai.



Att. 9: Jaunaudžu kopšana ar Bracke C12 darba galvu sadalījumā pa sektoriem.



Att. 10: Jaunaudžu kopšana ar Bracke C12 darba galvu sadalījumā pa sektoriem (sliktas redzamības apstākļos).

Jaunaudžu kopšanas darbiem paredzēto audžu taksācijas rādītāji atbilstoši Meža valsts reģistra datiem doti Tab. 4.

Tab. 4: Mežaudžu taksācijas rādītāji izmēģinājumu objektos

Nogabala kods	Platība, ha	MT	Suga	Koku augstuma grupa
604-324-2	1,09	Ap	8E 2M11	2-4 m
604-324-9	0,37	Ap	8E 2M11 +B11	2-4 m
604-325-18	3,08	Dm	7P 2B 1E11 +E32	2-4 m

Nogabala kods	Platība, ha	MT	Suga	Koku augstuma grupa
604-325-1	1,23	As	10E11	2-4 m
604-324-13	2,57	Dm	10P11	2-4 m
604-324-9	1,3	Ap	8E 2M11	2-4 m
604-325-3	0,88	Dm	10P11	2-4 m

Šobrīd atlasītajās mežaudžu platībās notiek jaunaudžu kopšana ar Bracke C.12 darba galvu, aprobējot metodiku un veicot darba laika uzskaiti.

Tāpat turpinās tehnisko un finansiālo jautājumu risināšana ar ražotāju Vallius Forest Solutions un pārstāvi Latvijā SIA "UNITRUCK" par Cutlinc cleaner SCR3 darba galvas nomu. Jaunaudžu kopšanas darbus ar Cutlinc cleaner SCR3 darba galvu plānots uzsākt 2019. gada februārī.

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

Pētījuma mērķis ir salīdzināt pameža zāģēšanu ar rokas motorinstrumentiem un harvesteru darba galvu ar MenSe zobplātnes papildmehānismu sikkoku griešanai, Bracke C16.b harvesteru darba galvu, kas uzstādīta vidējās klases harvesteram, un Bracke C12 darba galvu un standarta harvesteru darba galvu, kas uzstādīta kompaktklases harvesteram.

Darba uzdevuma izpildes plānošanas procesā darba uzdevums precizēts, kā galveno prioritāti izvirzot biokurināmā sagatavošanu **galvenajā cirtē**, veicot pameža zāģēšanu. Izmēģinājumi plānoti ar Vimek harvesteru (Keto Forst Eco un C.12 harvesteru darba galvas) un vidējās klases harvesteru ar Bracke C.16 darba galvu. Pārējie izmēģinājumi plānoti atbilstoši tehnikas pieejamībai. Izmēģinājumi ar Bracke C.16 darba galvu nepieciešami darba uzdevuma "Pašizmaksas modeļa izstrādāšana mežizstrādei ar Bracke C.16 darba galvu" pabeigšanai, papildinot pašizmaksas aprēķinu modeli ar informāciju par pameža zāģēšanas ražīguma rādītājiem.

2018. gadā veikta atkārtota audžu atlase izmēģinājumiem galvenajā cirtē. 2018. gada noslēgumā atlasītās audzes, kurās izmēģinājumus plānots veikt 2019. gada februārī, parādītas Tab. 5. Nepieciešamība veikt atkārtotu audžu atlasīšanu saistīta ar potenciālo pakalpojumu sniedzēju maiņu.

Tab. 5: Pameža zāģēšanai pirms galvenās cirtes piemērotās audzes.

Atslēga	Platība, ha	Meža tips	Valdošā suga	Vecums	Vidējā koka H, m	Vidējā koka D _{1,3} , cm	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Audzes formula
69-21-07-509-200 10-0	2,28	Gr	B	88	23	25	5	52	5B3A2Os88 +Os Ba

Atslēga	Platība, ha	Meža tips	Valdība suga	Vecums	Vidējā koka H, m	Vidējā koka D _{1,3} , cm	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krājā, m ³ ha ⁻¹	Audzē formula
69-21-07-509-200 12-0	4,88	Gr	A	64	25	29	12	143	7A1B1Os1Ba64

Izraudzītājās audzēs 2019. gada janvārī noteikti taksācijas rādītāji. Cirsma sadalīta poligonos, atbilstoši plānotajam izmēģinājuma dizainam, lai savstarpēji salīdzinātu 3 dažādu darba galvu izmantošanu pameža zāģēšanā pirms galvenās cirtes.

Kompaktklases harvesteru ar standarta darba galvu plānots testēt arī cirmās, kur pameža koki jāiekļāj pievešanas ceļos, lai uzlabotu augsnes nestspēju (platības, kurās mežizstrādes uzdevumā noteikts iekļāt atliekas ceļos). Izmēģinājumos plānots noteikt degvielas patēriņu izmantotajām tehnikas vienībām, lai novērtētu darba režīma izmaiņu ietekmi.

Biokurināmā pievešana plānota vienlaicīgi ar apaļo kokmateriālu pievešanu. Izmēģinājumos, kur pameža kokus zāģē biokurināmā sagatavošanai, lielāku dimensiju “malkas kokus” plānots zāģēt vienlaicīgi ar pameža kokiem. Šādas darbības plānotas, lai izvērtētu, vai vidējā nozāģētā koka dimensiju pieaugums palielinājis ražīgumu un ieņēmumus, vienlaicīgi palielinot arī pameža zāģēšanas rentabilitāti.

Līdz šim izmēģinājumi nav uzsākti, jo pakalpojumu sniedzēji, kuru iesaiste sākotnēji bija plānota darbu izpildei, 2018. gadā nebija pieejami.

Viens no pakalpojumu sniedzējiem ir SIA “Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts”, kas veiks darbus, izmantojot kompaktklases tehniku. Nepieciešams izvēlēties uzņēmumu, kas spēj nodrošināt kvalificētu pakalpojumu ar Bracke C.16 darba galvu.

Saskaņā ar šobrīd aktuālo informāciju, plānots 2019.gadā darba uzdevuma izpildīs sekojoši:

- Pameža zāģēšana atbilstoši izstrādātajai metodikai, ar Vimek harvesteru, kurš aprīkots ar standarta galvu “Keto Forst ECO” un darba galvu “C.12”. Darba izpilde atlasītajās audzēs plānota februārī;
- Pameža zāģēšana ar vidējās klases harvesteru, kurš aprīkots ar darba galvu Bracke C.16, plānota tajā brīdī, kad būs atrasts potenciālais pakalpojuma sniedzējs un pārbaudīta viņa kvalifikācija.

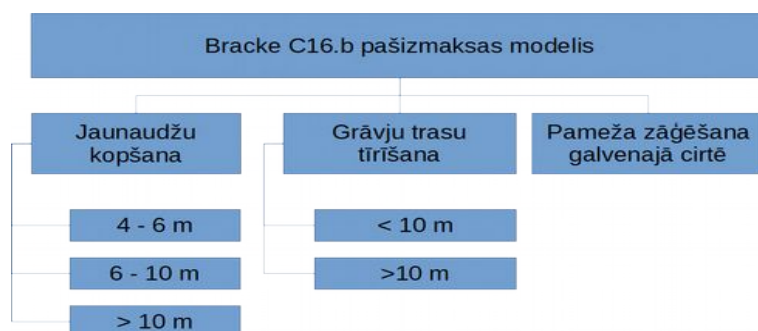
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs

Pašizmaksas modeļa izstrādāšana mežizstrādei ar Bracke C.16 darba galvu

Pētījuma mērķis ir izstrādāt pašizmaksas modeli mežizstrādei ar Bracke C16.b darba galvu jaunaudžu kopšanas cirtēs, grāvju trašu apaugumā un zāģējot pamežu pirms galvenās cirtes vai krājas kopšanas cirtes, kā arī novērtēt mašinizētās jaunaudžu kopšanas ražīguma uzlabošanas un paliekošo koku bojājumu samazināšanas risinājumus.

2018. gada novembrī un decembrī veikti mežizstrādes izmēģinājumi grāvju trašu apaugumā un jaunaudžu kopšanas cirtēs. Pašizmaksas modeli izmantosim datus arī no pameža izstrādes izmēģinājumiem, ko plānojam veikt 2019. gadā. Jaunaudžu kopšanas cirtēs salīdzināts mežizstrādes un pievešanas ražīgumu, izmantojot pievedējtraktoru ar standarta kausu un pievedējtraktoru ar paceļamo kausu, lai arī izmēģinājumi ar paceļamo kausu veikti nepietiekošā apjomā sakarā ar tehniskām problēmām kausa uzstādīšanā. Kausa uzstādīšanas problēmas atrisināja pieaicinātais SIA ORVI inženieris, kas pilnveidoja pacelšanas mehānisma pieslēguma mezglu.

Mežizstrādes darbus kopšanas cirtē un grāvju veica SIA R Grupa piederošo vidējās klases harvesteru John Deere 1070, kas aprīkots ar frēzes tipa harvestera darba galvu Bracke C16.b. Jaunaudžu kopšanā izmantota tradicionālā darba metode individuālu koku izkopšanai – perpendikulāri tehnoloģiskajam koridoram abās pusēs no harvestera izzāģē slejas, kurās novieto savāktos kokus, katru sleju cenšas veidot ne vairāk kā divos darba ciklos, attālums starp slejām aptuveni 5 m (atkarībā no audzes biezības). Pēc sleju izzāģēšanas izkopj atlikušo audzes daļu starp slejām. Empīrisku datu ieguvei atlasīti izmēģinājumu objekti jaunaudžu kopšanā un grāvju trašu apauguma novākšanā (Att. 11). Ar skaitļiem norādīts valdaudzes koku vidējais augstums.



Att. 11: Bracke C16.b pašizmaksas modeli ietvertie cirsmu veidi un kritēriji audžu atlasei.

Izmēģinājumiem pavisam atlasīti un uzmērīti 33 ha jaunaudžu, kas iedalītas 3 grupās pēc vidējā koka augstuma (Tab. 6).

Tab. 6: Bracke C16.b kopšanas izmēģinājumiem atlasītās jaunaudzes

Nogabala kods	Platība, ha	MT	Suga	Augstuma grupa
501-214-7	3,36	Gr	B	6-12 m
501-212-8	0,68	Ap	B	6-12 m
501-212-2	1,09	Ap	M	6-12 m
501-10-4	1,71	Kp	M	6-12 m
501-232-17	1,31	Vr	B	6-12 m
501-299-1	0,86	Dm	B	6-12 m
504-273-3	2,01	Dm	B	6-12 m
508-260-28	2,28	Dm	P	6-12 m
508-178-1	5,4	Ln	P	6-12 m
508-417-25	1,2	Dm	B	6-12 m
509-53-5	0,76	Dm	P	6-12 m
604-130-10	4,73	Dm	P	4-6 m
604-130-10	4,34	Dm	P	4-6 m

Empīrisko datu ieguvei grāvju apauguma novākšanā atlasīti un uzņēmēti 9,3 km grāvju, tajā skaitā mežizstrādes izmēģinājumiem izraudzīti grāvi, kuru kopējais garums ir 4,7 km (Att. 12). Grāvju trašu taksācijas rādītāji apkopoti Tab. 7.

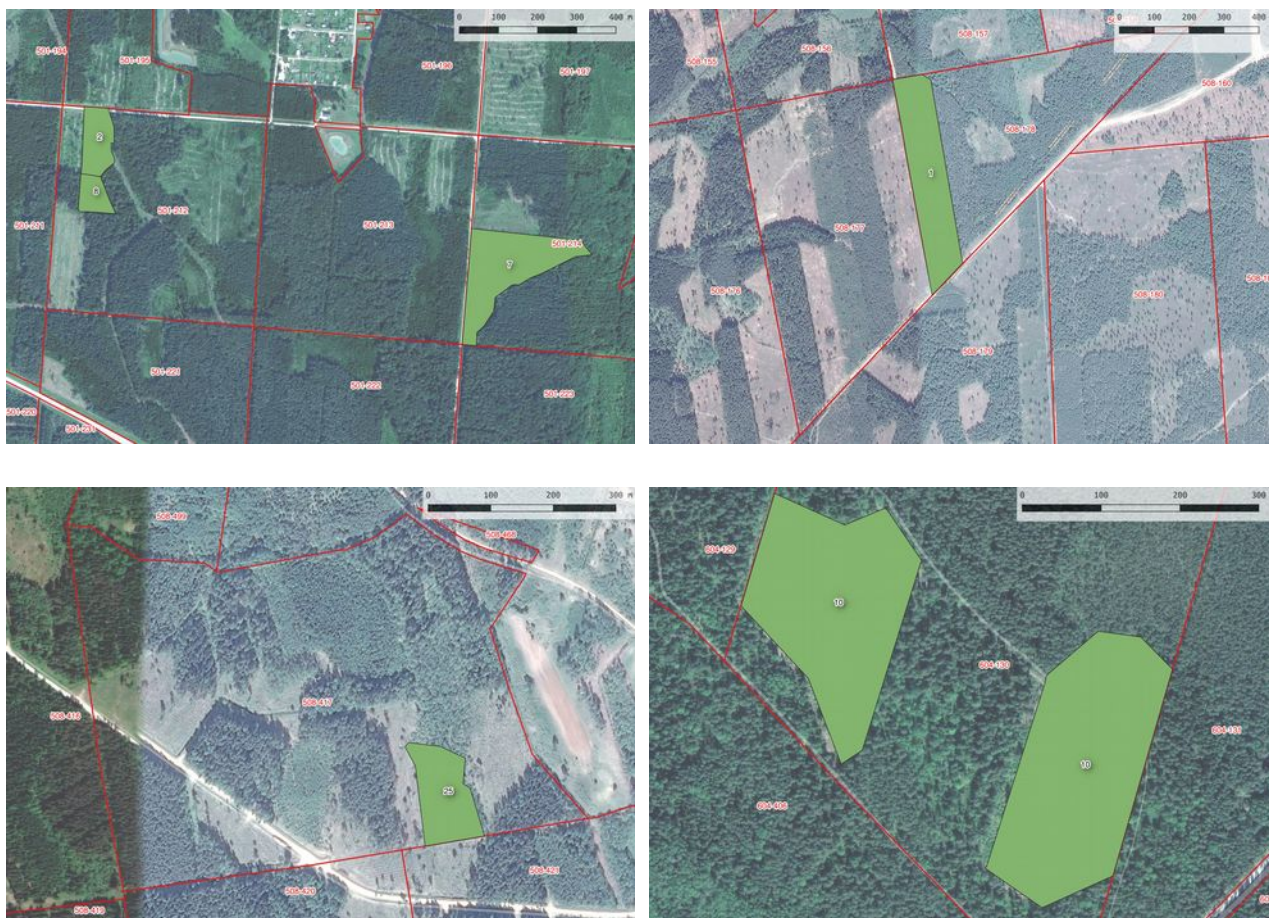


Att. 12: Izmēģinājumiem atlasītie grāvji apauguma novākšanai ar Bracke C16.b.

Tab. 7: Grāvju taksācijas rādītāji

Objekts	Valdošā suga	Platība, ha	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	Pameža sīkkoku skaits, gab. ha ⁻¹	Pameža sīkkoku augstums, m	Pameža sīkkoku caurums, cm
508-439-11-7-4-195-196	B	0,8	3107	5,5	7,5	9,3	21,4	6,4	49	4524	1,0	1,8
508-440-3-215	Ba	0,7	3873	4,4	6,0	7,4	15,0	3,5	34	2790	1,0	1,5
508-440-4-205	Ba	0,3	6176	4,4	5,9	13,1	29,1	6,4	64	2000	1,0	1,7
508-440-4-206	Ba	0,4	2321	7,3	9,0	12,6	33,4	7,9	76	2500	1,0	1,5
508-440-4-460	Ba	0,6	4084	4,1	5,0	6,4	11,3	2,9	25	2857	1,0	1,7
508-441-6-15-9-10-11-198-199	Ma	0,8	4635	6,6	8,4	19,3	47,2	11,3	106	2940	1,0	1,8
508-441-6-15-9-198	P	0,0	77	11,0	11,7	0,7	1,7	0,8	5	-	-	-
508-441-6-15-9-199	P	0,0	77	14,0	12,9	1,2	3,0	1,1	8	-	-	-
508-441-6-15-9-200	Vītoli	0,5	154	2,5	3,9	0,1	0,1	0,0	0	-	-	-
508-441-6-15-9-208	B	0,7	4487	5,4	7,0	12,7	29,3	8,7	67	5897	1,0	1,8
508-441-6-197	Vītoli	0,1	4974	5,4	7,1	15,8	36,5	9,3	83	2821	1,0	1,8
508-442-2-6-11-54-15-21-461	Ba	0,7	4765	4,1	6,8	7,2	14,3	3,1	32	2941	1,0	2,0
508-442-3-13-203	Ba	0,8	4882	4,1	8,1	7,2	16,1	3,0	36	2941	1,0	1,8
508-442-3-4-5-13-207	Ma	0,7	2324	5,4	6,4	7,9	17,3	5,9	40	3088	1,0	1,8
508-442-3-4-5-13-32-204	Ma	0,7	3179	5,8	8,3	11,3	30,7	6,1	69	3846	1,0	1,7
508-442-5-7-8-13-17-24-25-462	Ba	0,6	3059	6,3	8,7	11,5	28,8	5,9	64	4118	1,0	1,3

Jaunaudžu kopšanas ciršu kartogrāfiskais materiāls redzams Att. 13, bet taksācijas rādītāji – Tab. 8.



Att. 13: Izmēģinājumu ietvaros izkoptās jaunaudzes.

Tab. 8: Jaunaudžu taksācijas rādītāji

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasas, tonnas ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³	Pameža sīkkoku skaits, gab. ha ⁻¹	Pameža sīkkoku augstums, m	Pameža sīkkoku caurmērs, cm
501-212-2	Ap	Ma	1,8	3275	8,3	9,3	19,3	52	0,030	16 250	2,5	1,7
501-212-8	Ap	Ma	1,8	2767	6,9	8,9	11,6	30	0,021	11 667	3,3	2,4
501-214-7	Gr	B	3,4	6200	5,3	7,5	16,0	36	0,012	31 444	3,7	2,2
508-178-1	Ln	P	5,4	2040	9,4	8,1	15,1	31	0,036	6140	2,9	1,8
508-417-25	Dm	B	1,2	3783	6,6	10,3	14,7	34	0,022	13 733	3,2	2,3
604-130-10-2	Dm	P	4,5	2475	8,5	5,8	17,0	38	0,029	10 850	2,5	1,3

Mežizstrādes ražības rādītāju kopsavilkums jaunaudžu kopšanas cirtē dots Tab. 9 un 10. Vidējā nozāgētā koka krāja izmēģinājumos bija būtiski mazāka nekā audzes vidējā koka krāja, kas nozīmē, ka izmēģinājumos iesaistītie operatori, neskatoties uz

apmācībā aprobēto darba metodi, zāģēja galvenokārt pameža kokus, lielāko daļu darba laika patērējot nelietderīgi. Par to liecina arī ārkārtīgi lielais stundas laikā nozāģēto koku skaits; faktiski šie koki ir pameža kociņi un krūmi, kas savākti, veicot vienlaidus pameža pļaušanu. Šādu kociņu un krūmu izstrāde neveicina valdaudzes koku augšanu un nav lietderīga arī no izstrādes vai pievešanas efektivitātes palielināšanas skatpunkta. Mazo kociņu (caurmērs < 4 cm) un krūmu zāģēšana pasliktina arī pievešanas ražīgumu, palielinot laiku kravas veidošanai un samazinot kravas lielumu. Visticamāk, ka jaunaudžu kopšanas cirtēs veiktajos izmēģinājumos iegūtie rezultāti lielā mērā izskaidro to, kāpēc ražošanas apstākļos iegūtie ražība rādītāji un biokurināmā izmaksas būtiski atšķiras no līdzšinējos pētījumos iegūtajiem rezultātiem.

Izmaksu modeļa sagatavošanā ņemsim vērā iespējamās problēmas ar darba metodes nosacījumu īstenošanu un kopšanas cirtēm izveidosim 2 scenārijus – atbilstoši faktiskajiem pētījuma rezultātiem un, pieņemot, ka harvestera operators nezāģē mazos kociņus, atbilstoši 2008.-2013. gados veiktajiem izmēģinājumiem.

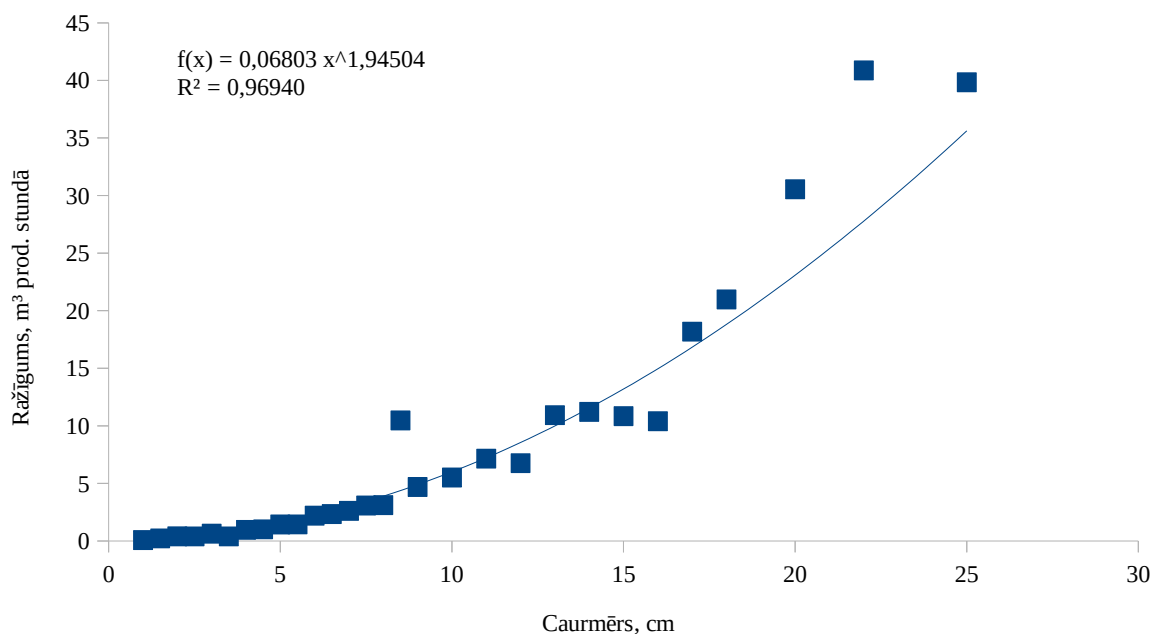
Tab. 9: Mežizstrādes rādītāju kopsavilkums jaunaudžu kopšanas cirtē

Darba metode	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Vidējā cirsmas koka krāja, m ³	Kopējā stumbru biomasas, tonnas	Kopējā virszemes biomasas, tonnas	Koki 1 m ⁻³	Izkopā platība, ha	Biokurināmais (80%), ber. m ³ ha ⁻¹
501-212-2.8	9964	1,5	9,4	0,001	0,050	4,5	5,8	1058	1,8	15,5
501-214-7	23 969	1,5	12,9	0,001	0,024	6,2	8,6	1859	3,4	12,2
508-178-1	5604	5,4	72,2	0,013	0,036	28,9	49,2	78	5,4	43,8
508-417-25	4047	4,6	33,1	0,008	0,022	15,9	19,8	122	1,2	79,2
604-130-10.2	5775	2,9	10,5	0,002	0,058	4,2	11,6	549	2,2	25,7
Visas cirsmas	49 359	2,4	138,2	0,003	0,036	59,7	95,0	357	13,9	32,7

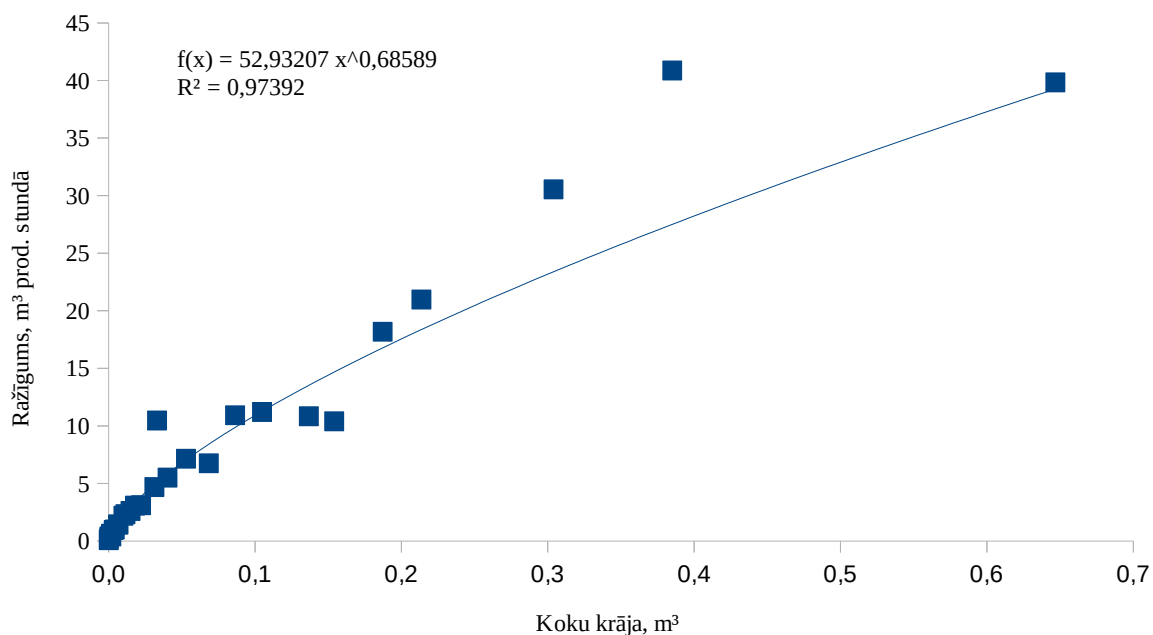
Tab. 10: Mežizstrādes ražīguma rādītāju kopsavilkums jaunaudžu kopšanas cirtē

Darba metode	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Iebraukšana un izbraukšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā
501-212-2.8	1167	96%	5%	1,1
501-214-7	702	99%	4%	0,4
508-178-1	246	97%	1%	3,2
508-417-25	260	99%	3%	2,1
604-130-10.2	401	100%	4%	0,7
Visas cirsmas	517	99%	3%	1,4

Harvestera ražīgumu, atkarībā no zāgējamo koku caurmēra vai krājas raksturo pakāpes vienādojumi (Att. 14 un 15). Vidējie ražīguma rādītāji pārsniedz 5 m³ produktīvajā stundā tikai tad, ja zāgējamā koka caurmērs ir vismaz 10 cm vai koka stumbra tilpums ir lielāks par 0,04 m³.

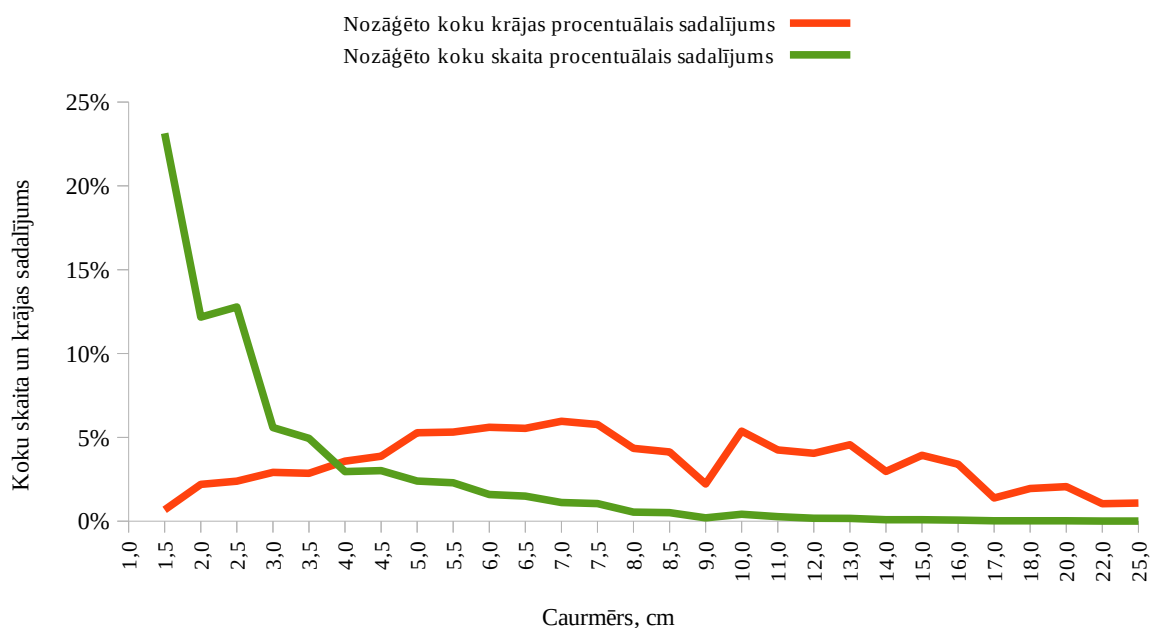


Att. 14: Ražīguma rādītāju un zāgējamo koku caurmēra rādītāju sakarība jaunaudžu kopšanas cirtē.



Att. 15: Ražīguma rādītāju un zāgējamo koku krājas rādītāju sakarība jaunaudžu kopšanas cirtē.

Pameža koku un krūmu zāģēšanas negatīvo ietekmi uzskatāmi demonstrē grafiks Att. 16, kurā redzams, ka lielākā daļa nozāģēto koku, kuru caurmērs ir 1-4 cm, veido mazāk par 10% no iegūtās biomasas, tāpēc ir ļoti būtiski apmācības procesā panākt, lai operatori nezāģē bez īpašas vajadzības pameža kokus un krūmus. Ir būtiski apmācīt ne tikai operatorus, bet arī mežizstrādes meistarus (pakalpojumu sniedzēja un pircēja pusē) un personas, kas veic kvalitātes kontroli, ieviešot soda sankcijas par neefektīvu darba laika izmantošanu.



Att. 16: Nozāģēto koku krājas sadalījums caurmēra pakāpēs jaunaudžu kopšanas cirtē.

Grāvju trašu izstrādē ražīguma rādītāji ir būtiski labāki, nekā jaunaudžu kopšanas cirtēs. Tab. 11 apkopota informācija par izmēģinājumos izstrādāto koksni, bet Tab. 12 dots ražīguma rādītāju kopsavilkums. Grāvju apauguma izstrādē ražīguma rādītāji lielākoties pārsniedz 10 m³ produktīvajā stundā. Lielā mērā šādi ražīguma rādītāji sasniegti, pateicoties tam, ka izraudzītajās grāvju trasēs bija reta paauga un darba laika patēriņš par 4 cm tievāku kociņu zāģēšanai bija salīdzinoši neliels.

Tab. 11: Mežizstrādes rādītāju kopsavilkums grāvju trašu izstrādē

Darba metode	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Kopējā stumbru biomasas, tonnas	Kopējā virszemes biomasas, tonnas	Koki 1 m ⁻³	Biokurināmais (80%), ber. m ⁻³
508-195-196	1530	6,9	100,8	0,065891	21,4	25,2	15	120,9
508-204	1125	6,9	76,0	0,067557	19,7	22,9	15	109,8

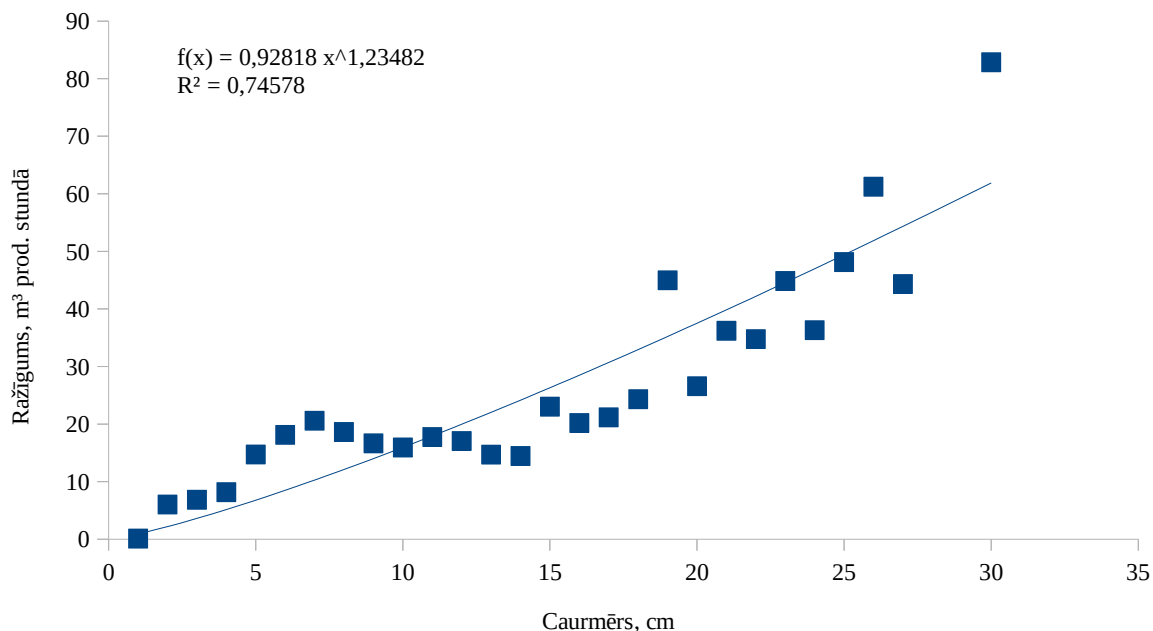
Darba metode	Koku skaits	Vidējā nozāģētā koka caurums, cm	Koku krāja, m ³	Vidējā nozāģētā koka krāja, m ³	Kopējā stumbru biomasa, tonnas	Kopējā virszemes biomasa, tonnas	Koki 1 m ⁻³	Biokurināmais (80%), ber. m ⁻³
508-205	668	7,1	52,6	0,078786	9,4	11,1	13	53,4
508-206	996	6,8	64,7	0,064987	14,6	17,2	15	82,4
508-207	1180	5,7	50,8	0,043089	12,4	14,7	23	70,3
508-454	138	8,1	10,2	0,073620	2,6	3,0	14	14,6
508-455	944	5,5	43,8	0,046432	8,3	9,9	22	47,6
508-458	675	6,4	46,1	0,068256	11,6	13,4	15	64,5
508-460	2444	4,8	116,2	0,047531	12,6	15,5	21	74,3
508-461	2105	5,9	120,2	0,057121	19,5	23,2	18	111,5
508-462	1366	5,9	68,2	0,049933	13,9	16,5	20	79,0
508-463-464	2048	5,1	71,6	0,034945	14,7	17,6	29	84,6
Visas cirsmas	15 219	5,9	821,3	0,053963	160,7	15,8	19	76,1

Tab. 12: Mežizstrādes ražības rādītāju kopsavilkums grāvju trašu izstrādē

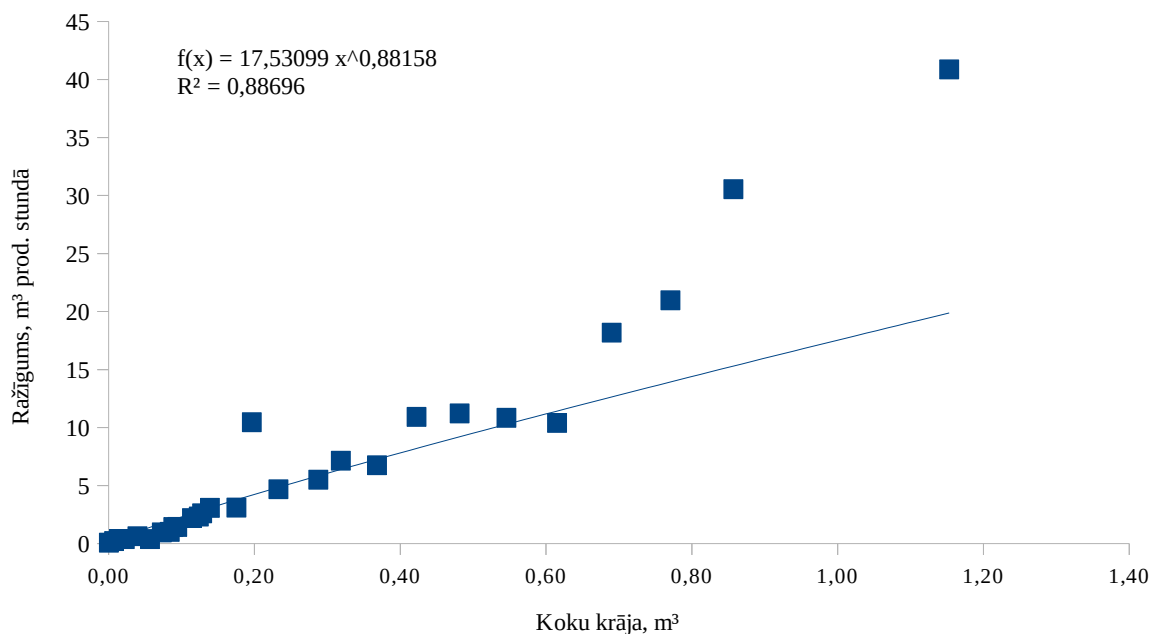
Darba metode	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Iebraukšana un izbērkšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā
508-195-196	242	3%	15,9
508-204	158	6%	10,6
508-205	222	3%	17,5
508-206	249	4%	16,2
508-207	224	3%	9,6
508-454	111	29%	8,2
508-455	284	2%	13,2
508-458	269	1%	18,3
508-460	359	7%	17,1
508-461	290	2%	16,5
508-462	282	6%	14,1
508-463-464	275	2%	9,6
Visas cirsmas	257	4%	13,9

Ražīguma un nozāģēto koku caurmēra un krājas sakarību raksturo, attiecīgi, Att. 17 un 18. Nozāģētā koka caurmēram sasniedzot 5 cm, ražīguma rādītāji grāvju trašu apaugumā ir 2 reizes lielāki, nekā jaunaudžu kopšanas cirtēs. Grāvju trašu apaugumā ražības rādītāji turpina augt, sekojot regresijas līknei, ko raksturo pakāpes vienādojums, neatkarīgi no zāģējamo koku caurmēra, t.i. koku dimensijas grāvju trasēs neierobežo mežizstrādes ražīgumu. Turpmākajos izmēģinājumos, zāģējot

pamežu ar Bracke C.16 darba galvu, lietderīgi izmantot šo atziņu, un tos kokus, no kuriem var sagatavot tikai malkas sortimentu, nozāģēt kopā ar pamežu, sagarumojot līdz 5 m garos nogriežņos ar Bracke C.16 darba galvu.

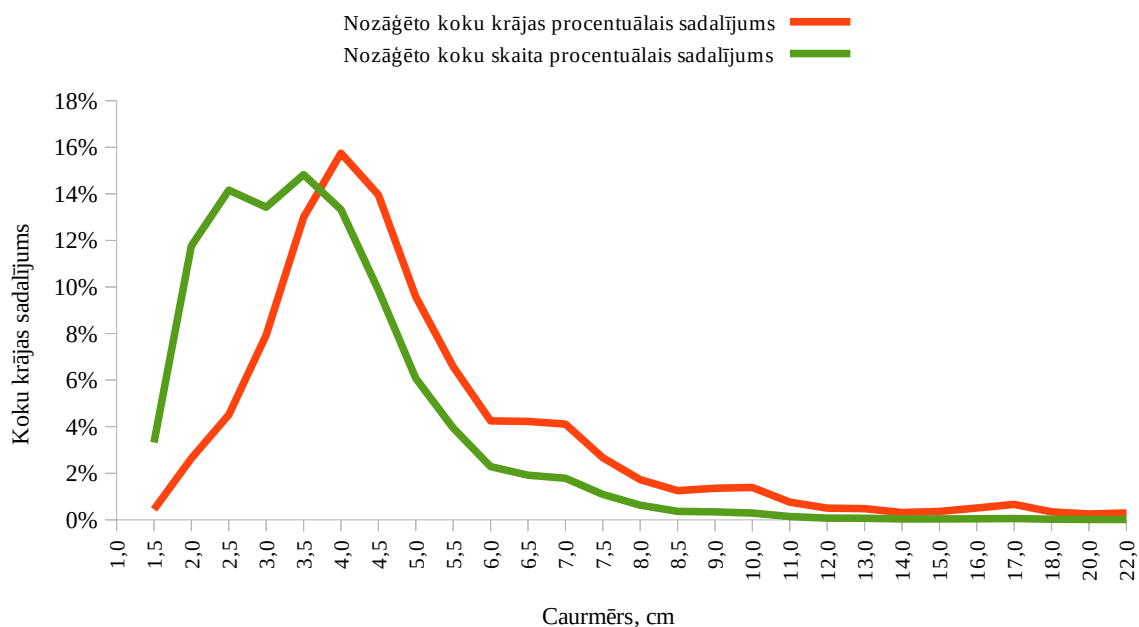


Att. 17: Ražīguma rādītāju un zāģējamo koku caurmēra rādītāju sakarība grāvju trašu izstrādē.



Att. 18: Ražīguma rādītāju un zāģējamo koku krājas rādītāju sakarība grāvju trašu apauguma izstrādē.

Nozāgēto koku skaits un krājas sadalījums grāvju trašu apaugumā būtiski atšķiras no jaunaudžu kopšanas cirtēs iegūtajiem rādītājiem (Att. 19). Lai arī lielākā daļa nozāgēto koku ir tievāki par 5 cm, grāvju trasēs tikai atsevišķos gadījumos vākti par 2 cm tievāki koki.



Att. 19: Nozāgēto koku krājas sadalījums caurmēra pakāpēs grāvju trašu apauguma izstrādē.

Vidējā pievestā krava jaunaudžu kopšanas cirtē ir 2,9 m³, vidējā krava grāvju trašu apauguma izstrādē ir 5 m³. Biomasas pievešanas ražīguma rādītāju kopsavilkums jaunaudžu kopšanas cirtēs dots Tab. 13, bet grāvju trasēs iegūtie dati – Tab. 14. Grāvju trasēs stundas laikā pievests aptuveni 2 reizes vairāk biomasas, nekā jaunaudžu kopšanas cirtēs, kas lielā mērā saistīts ar gandrīz 2 reizes lielāku vidējās kravas lielumu.

Tab. 13: Pievešanas ražīguma rādītāju kopsavilkums kopšanas cirtē

Cirsmas	Iekrauj	Izkrauj	Produktīvais laiks iekraušanai & izkraušanai	Stundas laikā pievestais apjoms, m ³
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, min. kravai				
501-214-7	3,4	20,0	2,9	4,5
508-417-25	6,1	24,1	4,9	13,2
604-130-10.2	4,6	21,4	3,8	10,0
Visas cirsmas	4,2	21,3	3,5	7,8
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, min. m ³				
501-214-7	9,1	1,5	2,9	13,5
508-417-25	2,8	0,7	1,1	4,6
604-130-10.2	3,5	0,8	1,7	6,0

Cirsmas	Iekrauj	Izkrauj	Produktīvais laiks iekraušanai & izkraušanai	Stundas laikā pievestais apjoms, m ³
Visas cirsmas	4,9	1,0	1,9	7,7

Tab. 14: Pievešanas ražīguma rādītāju kopsavilkums grāvju trasēs

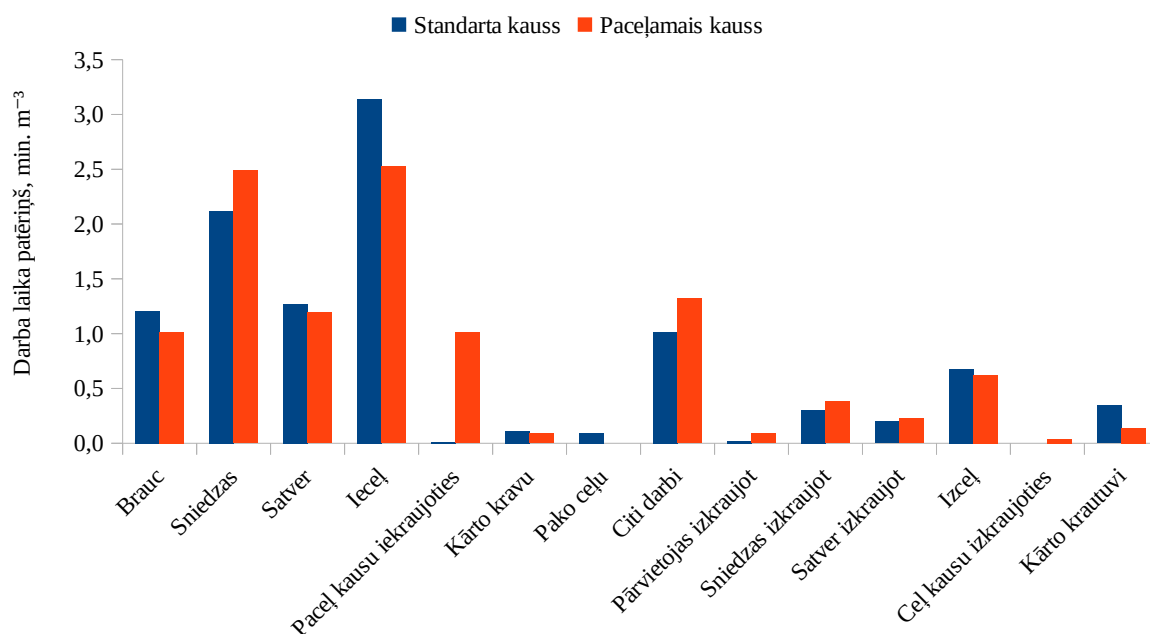
Cirsmas	Iekrauj	Izkrauj	Produktīvais laiks iekraušanai & izkraušanai	Stundas laikā pievestais apjoms, m ³
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, min. kravai				
206	6,4	23,2	4,1	14,2
455	5,5	13,9	3,6	9,6
458	7,6	17,7	4,5	18,7
Visas cirsmas	6,4	17,5	4,0	13,0
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, min. m ⁻³				
206	1,9	0,5	1,3	3,7
455	2,1	0,8	3,1	6,0
458	1,7	0,7	0,4	2,8
Visas cirsmas	1,9	0,7	1,7	4,2

Pētījumā nav konstatētas paceļamā kausa pielietošanas priekšrocības jaunaudžu kopšanas cirtē (ražīguma rādītāju kopsavilkums dots Tab. 15), taču ar šo kausu izveidotas tikai 5 kravas, kas ir nepietiekoši jaunas darba metodes apgūšanai, tāpēc izmēģinājumi ar paceļamo kausu ir jāturpina, iesaistot jaunu pakalpojumu sniedzēju gan biomasas, gan apaļo kokmateriālu pievešanā.

Pētījuma ietvaros veiktajos izmēģinājumos paceļamā kausa izmantošana būtiski samazināja darba laika patēriņu biomasas iecelšanai kravā (Att. 20), taču tas nekompensēja darba laika patēriņa pieaugumu paceļamā kausa pielietošanai un citām papildus darbībām, kas, iespējams, saistītas ar pielāgošanos jaunai darba metodei, nevis objektīviem ražīguma izmaiņu faktoriem.

Tab. 15: Pievešanas ražīguma rādītāju salīdzinājums, izmantojot standarta un paceļamo biomasu

Darba metode	Iekrauj	Izkrauj	Produktīvais laiks iekraušanai & izkraušanai	Stundas laikā pievestais apjoms, m ³
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, min. kravai				
Standarta kauss	3,5	20,3	3,0	4,5
Paceļamais kauss	2,8	18,1	2,4	4,5
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, min. m ⁻³				
Standarta kauss	9,0	1,5	3,0	13,5
Paceļamais kauss	9,6	1,5	2,2	13,3



Att. 20: Darba laika patēriņa salīdzinājums, strādājot ar standarta un paceļamo kausu.

Pēc pameža zāģēšanas izmēģinājumu pabeigšanas iegūtos datus integrēsim LVMI Silava izstrādātajā ražīguma, izmaksu un ieņēmumu modelēšanas rīkā (Kalēja, Lazdiņš, Zimelis, & Spalva, 2017).

Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs

Pētījuma mērķis ir izstrādāt un aprobēt darba metodi biokurināmā sagatavošanai no mežizstrādes atliekām pēdējā kopšanas cirtē pirms galvenās cirtes, kā arī sagatavot rekomendācijas mežizstrādes atlieku un apaļo kokmateriālu novietošanai starp atstājamajiem kokiem.

Pētījumā vērtētās darba metodes balstītas uz līdzšinējo pieredzi mašinizētā mežizstrādē (AS "Latvijas valsts meži", 2008; Glode & Sikstrom, 2001; Markku, 1979; Persson, 2012; Ussitalo, 2010). **Standarta metode** (1) mežizstrādes atliekas ieklātas tehnoloģiskajā koridorā. Standarta mežizstrādes metodē kokus gāž slīpi aptuveni 45° leņķī pret koridora garenasi vai perpendikulāri, veidojot vienmērīgu krāvumu. Mežizstrādes atliekas ieklātas tehnoloģiskajā koridorā (TK). Zāģējamo koku izvēli sāk ar tiem kokiem, kuri atrodas uz TK (visā koridora platum, virzienā uz priekšu), bet ne tālāk kā 5 m plānotajā harvestera pārvietošanās virzienā. Kokus, kuri atrodas tālāk, jāzāģē, kad harvesters mainīs darba pozīciju. Harvestera pozīcijas maiņa jāplāno regulāri ar pārvietošanās attālumu 0,3-1 m, lai nerastos situācijas, kad ir apgrūtināta paliekošo koku izvēle. Koku gāšanu plāno atbilstoši situācijai; kokus, kuri atrodas uz TK gāž perpendikulāri vai 45° leņķī, tādējādi nodrošinot sortimentu sagarināšanu un nokraušanu kompaktās kaudzēs. Pēc koku nozāģēšanas uz TK, jāplāno izstrāde labajā vai kreisajā pusē, veidojot manipulatora darba sektoru, kurā plānots izzāģēt

starpaudzes kokus. Sektora izveidi plāno perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam. Kopējais sektora garums, mērot no iedomātas TK ass līnijas, ir 10 m. Kopējo sektoru sadala 2 daļās – zonās. Pirmā zona ir līdz 6 m no TK garenass. Tajā kokus gāž virzienā uz TK, plānojot zarus un mežizstrādes atliekas atstāt uz TK. Turpretim 2. zonā, kura ir 4 m plata (6-10 m no TK garenass) kokus gāž prom no TK veidojot mežizstrādes atlieku kaudzes, kuras ar harvestera galvu ieceļ TK. Zāgējot pēdējo koku attiecīgajā sektorā, piemēram, labajā pusē, tam ir jābūt kā pārejas kokam uz kreiso pusi, tādējādi samazinot liekās darbības ar manipulatoru. Plānojot koku sagarumošanu no abām zonām, sortimentus iespēju robežā novieto esošajās kaudzēs, tādējādi ļaujot palielināt pievedējtraktora ražīgumu.

Biomassas metode (2) mežizstrādes atliekas un daļēji atzaroto sīkkoksni savāc biokurināmā sagatavošanai. Kokus, kuri atrodas uz TK, gāž paralēli TK garenasij, ieslīpi 45° leņķī vai perpendikulāri. Atzarošanu veic uz TK, no galotnes daļas veidojot daļēji atzarotu sīkkoksni. Sīkkoku nogriežņu caurmērs nozāgēšanas vietā – aptuveni 1 cm, bet garums – 2-4 m. Šādu sortimentu gatavo pēc darba uzdevumā pēdējā mazākā norādītā sortimenta parametra, proti, ja mazākais sagatavojamais sortiments ir malka ar caurmēru līdz 7 cm, tad no 7 līdz 1 cm gatavo daļēji atzaroto sīkkoksni. Uz TK kokus zāgē līdz 5 m attālumā no harvestera pārvietošanas. Darba pozīcijas maiņa harvesteram ir no 0,3 līdz 1 m. Pēc koku zāgēšanas uz TK, veido manipulatora darba sektoru koku zāgēšanai labajā vai kreisajā pusē perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam. Kopējais sektora garums, mērot no TK ass līnijas, ir 10 m. Kopējo sektoru sadala divās zonās. Pirmās zonas daļā, kura ir līdz 6 m plata, mērot no TK garenass, kokus gāž no sevis un apstrādā 2. zonā pret harvesteru, savukārt kokus, kurus gāž 2. zonā, apstrādā tajā pašā zonā. Zāgējot pēdējo koku attiecīgajā sektorā, tam ir jābūt kā pārejas kokam uz otru pusi. Plānojot koku sagarumošanu no abiem sektoriem, sortimentus iespēju robežā novieto esošajās kaudzēs.

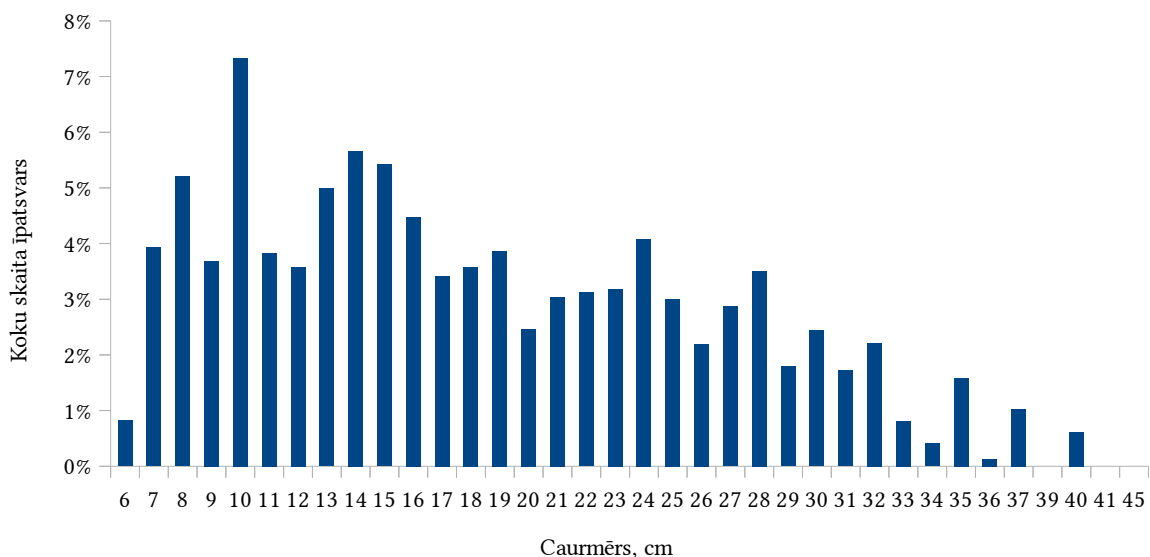
Mežizstrādes atliekas daļēji izklaidus (3) līdzīgi kā iepriekšējajās metodēs kokus, kuri atrodas uz TK, jāgāž aptuveni 45° leņķī vai perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam. Zāgējamo koku izvēli sāk ar tiem kokiem, kuri atrodas uz TK (visā koridora platumā, virzienā uz priekšu), bet ne tālāk kā 5 m plānotā harvestera pārvietošanās virzienā. Kokus, kuri atrodas tālāk, jāzāgē, mainot harvestera darba pozīciju. Pēc koku nozāgēšanas uz TK, jāplāno izstrāde labajā vai kreisajā pusē, veidojot manipulatora darba sektoru. Sektora izveidi plāno perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam. Kopējais sektora garums, mērot no TK ass līnijas, ir 10 m. Kopējo sektoru sadala divās zonās. Pirmā zona ir līdz 6 m no TK garenass. Tajā kokus gāž virzienā uz TK, plānojot zarus un mežizstrādes atliekas atstāt uz TK, turpretim 2. zonā (6-10 m no TK garenass) kokus gāž prom no sevis, veidojot mežizstrādes atlieku kaudzes. Zāgējot pēdējo koku attiecīgajā sektorā, piemēram, labajā pusē, tam ir jābūt kā pārejas kokam uz kreiso pusi, tādējādi samazinot liekās darbības ar manipulatoru. Plānojot koku sagarumošanu abās zonās, iespēju robežās sortimenti jānovieto esošajās kaudzēs.

Pētījums veikts krājas kopšanas cirtē priežu cīsmā 4,7 ha platībā, izmantojot standarta darba metodi, iekļākot mežizstrādes atliekas ceļos, un 2 darba metodes, kurās mežizstrādes atliekas vāktas kaudzēs biokurināmā sagatavošanai. Pētījuma mērķi izdevās sasniegt daļēji; pasliktinoties pievešanas apstākļiem, mežizstrādes atliekas visos izmēģinājumu variantos nācās iekļāt ceļos. Būtisku ietekmi radīja arī tas, ka operatori neizmantoja ķēdes, kamēr risu dziļums nesasniedza kritiskās vērtības un visas mežizstrādes atliekas jau bija salikta ceļos.

Mežaudžu taksācijas rādītāji un koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs pirms izmēģinājumu veikšanas parādīts, attiecīgi, Tab. 16 un Att. 21.

Tab. 16: Mežaudžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas cirtes

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Izmēģinājumu patība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasā, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Pameža sīkkoku skaits, gab. ha ⁻¹	Pameža sīkkoku augstums, m	Pameža sīkkoku caurmērs, cm
506-138-22	Dm	E	0,7	973	19,2	21,5	34	144	427	400	4,6	4,2
506-138-23	Dm	P	0,7	1 187	17,2	19,7	33	160	386	233	1,1	1,0
506-138-24	Dms	P	0,7	1 200	18,8	20,0	40	206	479	300	1,4	1,2
506-138-25	Dms	P	3,6	955	18,1	20,6	28	137	321	525	0,5	0,3

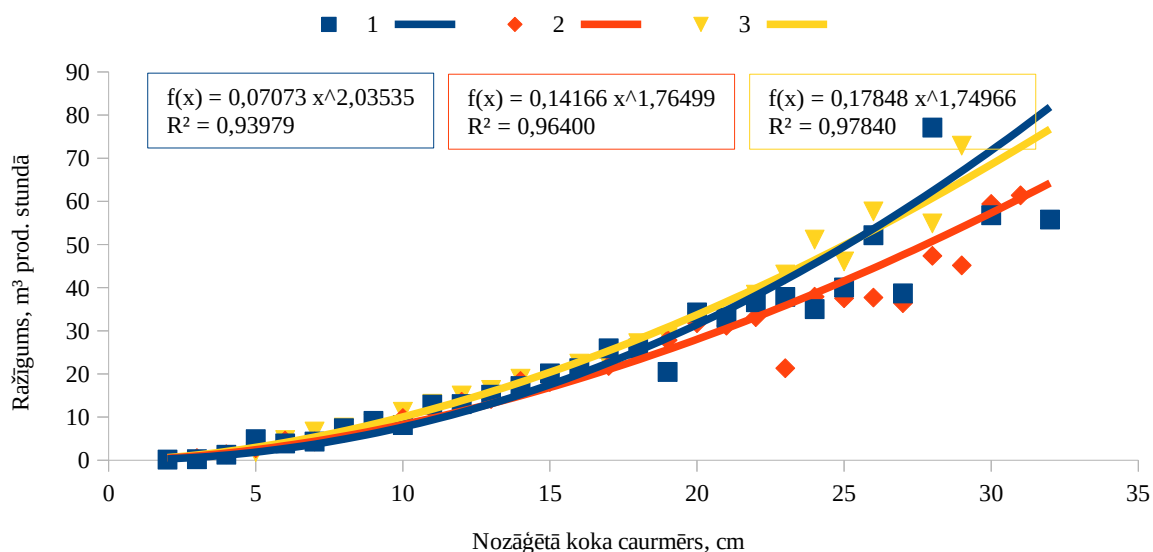


Att. 21: Koku sadalījums caurmēra pakāpēs.

Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, atkarībā no izmantojamās metodes, parādīts Tab. 17, bet zāģējamo koku caurmēra un ražīguma sakarība – Att. 22. Tabulā un grafikā redzams, ka 2. darba metodes pielietošana samazina darba ražīguma rādītājus.

Tab. 17: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

Darba metode	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Iebraukšana un izbraukšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā
1	112	92%	2%	21,6
2	118	92%	3%	17,4
3	126	99%	3%	22,5
Vidēji	117	93%	3%	20,1



Att. 22: Mežizstrādes ražīgums atkarībā no zāģējamo koku caurmēra.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem biokurināmā sagatavošanas krājas kopšanas cirtēs, izmantojot 3. darba metodi, nepasliktina harvestera ražīgumu, tāpēc metode ieteicama ieviešanai ražošanā, ja biokurināmā gatavošanai krājas kopšanas cirtē ir ekonomisks pamatojums. Mežizstrādes metodes izvēle neietekmē kokmateriālu pievešanas ražīgumu, taču jāņem vērā iespējama papildus darba laika patēriņš mežizstrādes atlieku iecelšanai ceļos, ja pirms kokmateriālu pievešanas būtiski pasliktinātos pievešanas apstākļi. Pētījumā neizdevās iegūt mežizstrādes atlieku pievešanas ražīguma un ietekmi uz paliekošo audzi raksturojošos rādītājus, tāpēc izmēģinājumi ir jāturpina 2019. gadā.

Ieteicamā mežizstrādes atlieku vākšanas metode paredz uz tehnoloģiskā koridora (TK) augošos kokus gāzt aptuveni 45° leņķī vai perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam. Vispirms zāģē kokus, kuri atrodas uz TK, ne tālāk, kā 5 m plānotā harvestera pārvietošanās virzienā. Kokus, kuri atrodas tālāk, zāģē pēc harvestera darba pozīcijas maiņas. Pēc koku nozāģēšanas uz TK, plāno izstrādi labajā vai kreisajā pusē, veidojot manipulatora darba sektoru. Sektora izveidi plāno perpendikulāri harvestera pārvietošanās virzienam. Kopējais sektora garums, mērot no TK ass līnijas, ir 10 m.

Kopējo sektoru sadala 2 zonās. Pirmā zona ir līdz 6 m no TK garenass. Tajā kokus gāž virzienā uz TK, plānojot zarus un mežizstrādes atliekas atstāt uz TK, turpretim 2. zonā kokus gāž prom no sevis, veidojot mežizstrādes atlieku kaudzes. Zāgējot pēdējo koku attiecīgajā sektorā, vienā pusē, tam ir jābūt kā pārejas kokam uz otru pusi, tādējādi samazinot liekās darbības ar manipulatoru. Atkarībā no tehnoloģisko koridoru apauguma, strādājot ar šo metodi, biokurināmā sagatavošanai pieejamās mežizstrādes atliekas ir 30-50% no kopējā mežizstrādes atlieku daudzuma.

Mežizstrādes izmēģinājumi krājas kopšanas cirtēs jāturpina 2019. gadā, nosakot mežizstrādes atlieku pievešanas ražīgumu. Būtiski noskaidrot arī zaru pievešanas ietekmi uz paliekošo koku bojājumiem.

Mežizstrādes atlieku vākšanu krājas kopšanas cirtēs ieteicams sākt ar ražošanas mēroga pilot-izmēģinājumu ar atsevišķiem pakalpojumu sniedzējiem. Šāda pieeja ļaus identificēt problēmas un nepieciešamos risinājumus darba metožu un plānošanas risinājumu pilnveidošanai. Krājas kopšanas cirtēs ir salīdzinoši neliels mežizstrādes atlieku daudzums, tāpēc viens no prioritārajiem uzdevumiem ir mežizstrādes plānošanas risinājuma izstrādāšana un ieviešana praksē, integrējot tajā biokurināmā ražošanas prognozi, sagaidāmās ražošanas izmaksas un ieņēmumu, audzes taksācijas rādītājus, pievešanas apstākļus novērtējumu (piemēram, pārmitro ieplaku kartes) un darba izpildes sezonu.

Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē

Pievedējtraktora degvielas patēriņa analīze pie dažādiem slodzes režīmiem un rekomendāciju sagatavošana degvielas patēriņa samazināšanai kokmateriālu pievešanā

Pētījuma ietvaros plānots veikt automatizētu degvielas patēriņa uzskaiti un iegūto datu analīzi, braucot ar atšķirīgu ātrumu ar kravu (*pilnu un nepilnu*) un bez kravas pārvietojoties pa nemeža zemēm.

Kravas masu plānots noteikt, izmantojot Intermercato XW50PS greifera svarus. Svarus uzstāda starp greifera satvērēju un rotatoru. Masas noteikšanai pielieto pusautomātisko svēršanas metodi. Tas nozīmē svaru nolasījumu fiksē tad, kad materiāls ir pacelts no zemes un pievedējtraktora operators nospiež mērīšanas pogu (pedāli). Uzmērīto apjomu svari caur WiFi pārraida uz plaukstdatoru. Atbilstoši tehniskai specifikācijai un izstrādātāja norādījumiem uzkratais apjoms katram Pievedējtraktoram ir atšķirīgs (Tab. 18).

Tab. 18: Uzkratā apjoma sadalījums

Marka	Modelis	Maksimāli pieļaujamā masa pēc tehniskās specifikācijas, kg	Uzkratais apaļo kokmateriālu apjoms 100% no tehniskajā specifikācijā pieļaujamā, kg	Uzkratais apaļo kokmateriālu apjoms 50% no tehniskajā specifikācijā pieļaujamā, kg
John Deere	JD810E	9000	9000	4500
	JD1210E	13 000	13 000	6500

Vidējās un lielās klases pievedējtraktora degvielas patēriņa salīdzināšanai izvirzītie kritēriji ir:

- tehnikas pilna masa,
- dzinēja jauda (AS Latvijas valsts meži, 2014).

Izmēģinājumos plānots izmantot pievedējtraktorus, kas pēc tehniskām prasībām piemēroti krājas kopšanas cirtei – John Deere 810E un galvenās izmantošanas cirtei John Deere 1210E.

Darba metodes paredz pievedējtraktoru noslogošanu dažādos režīmos, pārvietojoties pa lauku veicot 4 braucienus ar kopējā brauciena distanci 2 km (viena brauciena garums 500 m). Degvielas patēriņa izmaiņu salīdzināšanai, atkarībā no tehnikas aprīkojuma, kravnesības kā arī dažādiem gaitas režīmiem, izstrādātas 10. metodes (Tab. 19).

Darba metožu sadalījums laukā izvietots hronoloģiskā secībā, atbilstoši izstrādātajām metodēm. Atbalsta ķēžu un uzkratā apaļkoku apjoma salīdzināšanai pārvietošanās pa lauku paredzēta bez izvietotiem šķēršļiem.

Tab. 19: Darba metodes pievedējtraktoriem

Metodes numurs	Darba metode	Pētījumā iekļautā pievedējtraktora marka un modelis	
		JD810E	JD1210E
1	Eco Baltic ķēdes uz visiem tandēmiem ⁶	x	x
2	Eco Baltic ķēdes uz aizmugurējā tandēma ⁶	x	x
3	Paplatinātās ķēdes uz visiem tandēmiem ⁶	x	
4	Uzkratais apaļo kokmateriālu apjoms 100% no tehniskajā specifikācijā pieļaujamā	x	x
5	Uzkratais apaļo kokmateriālu apjoms 50% no tehniskajā specifikācijā pieļaujamā	x	x
6	Gaitas režīms (1) – dzinēja apgriezieni 1500 rpm, vilkme 40%	x	x
7	Gaitas režīms (2) – dzinēja apgriezieni 1500 rpm, vilkme 60%	x	x
8	Gaitas režīms (2) – dzinēja apgriezieni 1500 rpm, vilkme 80%	x	x
9	Gaitas režīms (4) – dzinēja apgriezieni 1500 rpm, vilkme 100%	x	x
10	Gaitas režīms (4) – dzinēja apgriezieni 1500 rpm, vilkme 100% (bez šķēršļiem)	x	x

⁶ Ķēdes ir samontētas pareizi, ja, savienojuma posmam atrodoties vidus pozīcijā starp riteņiem, izliekums vidū ir 40-80 mm.

Iegūtos rezultātus izmantosim ražošanas pašizmaksas kalkulācijā un rekomendāciju izstrādē degvielas patēriņa samazināšanai pievešanas darbos, pilnveidojot mežizstrādes pašizmaksas modelēšanas instrumentus.

Veicot izmēģinājumus poligonā (pļavā uz minerālaugsnes, kas pielāgota pievedējtraktora izmēģinājumiem), pievedējtraktora degvielas uzskaites mērījumus veiksime pie atšķirīgas kravu noslodzes, pārvietojoties ar un bez atbalsta ķēdēm un mainot dzinēja darba apgriezienus.

Izmēģinājumos iegūtos datus salīdzināsim ar degvielas uzskaites datiem, kas iegūti ražošanas apstākļos. Dati par degvielas patēriņu ražošanas apstākļos iegūti, ar degvielas skaitītāju aprīkojot pievedējtraktorus JD810E, JD1110G un Ponsse Buffalo, kas veic pievešanas darbus ražošanas apstākļos.

Pētījumā izmantota degvielas uzskaites mēriekārta AIC-904 VERITAS, kas uzstādīta virs degvielas filtra. Iekārta ir pasargāta ar atsevišķu filtru, kuras uzdevums ir attīrīt degvielu no metāla vai citu svešķermeņu klātbūtnes, kā arī nepieļaut gaisa klātbūtni degvielas sistēmā.

Līdz šim izmēģinājumi nav uzsākti, jo pakalpojumu sniedzēji, kas paredzēti darbu veikšanai, atteicās no sadarbības pētījumā sakarā ar grūtībām AS “Latvijas valsts meži” līgumsaistību izpildē. Izmēģinājumus plānots veikt 2019. gada ziemā uz sasalušas augsnes, ja laika apstākļi būs piemēroti darbam, vai arī 2019. gada rudenī pēc labības nokulšanas izpētes objektā.

Kravas lieluma ietekme uz degvielas patēriņu un augsnes bojājumiem uz organiskām augsnēm

Pētījuma mērķis ir veikt izmēģinājumus poligonā ar atšķirīgu pievedējtraktora kravu piepildījumu (50%, 75% un 100% no ražotāja tehniskajā specifikācijā norādītās kravnesības), nosakot augsnes bojājumus un degvielas patēriņu. Izmēģinājumus paredzēts veikt ar vidējās klases pievedējtraktoru (kravnesība 10-12 tonnas), uzstādot tajā LVMI Silava izstrādāto telemetrisko datu uzkrāšanas ierīci un degvielas patēriņa skaitītāju.

Izmēģinājumiem piemērotā poligona platība atlasīta “Meža pētīšanas stacija” teritorijā. 2018. gada februārī objekts sagatavots atbilstoši metodikai, lai varētu veikt plānotos uzdevumus. Izmēģinājumu objektā sākotnēji nozāģēti krūmi, nozāģētos materiālus nokraujot uz objekta ārējās robežas, kur izmēģinājumi nav plānoti. Abos brauktuves galos ierīkota pievedējtraktora apgriešanās vieta, tādējādi izmēģinājuma platībās nodrošinot pievedējtraktora taisnvirziena kustību bez pagriezieniem.

Izmēģinājumu matrica parādīta Tab. 20. Izmēģinājumu matrica veidota ar pieņēmumu, ka pievedējtraktors ar kravnesību 12 tonnas, veidojot pilnas kravas, pieved aptuveni 80 m³ katrā izmēģinājumu variantā. Izmēģinājumos plānots izmantot vidējās klases kopšanas ciršu pievedējtraktoru. Izmēģinājuma rezultātus plānots integrēt ar

iepriekšējā darba uzdevumā (Pievedējtraktora degvielas patēriņa analīze pie dažādiem slodzes režīmiem un rekomendāciju sagatavošana degvielas patēriņa samazināšanai kokmateriālu pievešanā) iegūstamajiem degvielas patēriņa rādītājiem rekomendāciju izstrādāšanai degvielas patēriņa samazināšanai ražošanā.

Tab. 20: Pievešanas izmēģinājumu matrica

Izmēģinājumu varianti	Taisnvirziena kustība			Līkloču kustība		
	Bez ķēdēm	Ķēdes uz aizmugurējā tandēma	Ķēdes uz abiem tandēmiem	Bez ķēdēm	Ķēdes uz aizmugurējā tandēma	Ķēdes uz abiem tandēmiem
50% piepildījums	14 braucieni	14 braucieni	14 braucieni	14 braucieni	14 braucieni	14 braucieni
75% piepildījums	9 braucieni	9 braucieni	9 braucieni	9 braucieni	9 braucieni	9 braucieni
100% piepildījums	7 braucieni	7 braucieni	7 braucieni	7 braucieni	7 braucieni	7 braucieni

Izmēģinājumi ir pārcelti uz 2019. gadu, jo pakalpojumu sniedzējs, kas sākotnēji piekrita dalībai pētījumā, 2018. gada rudenī pēc vairākkārtīgām termiņu pārcelšanām atteicās no dalības pētījumā sakarā ar grūtībām izpildīt saistības AS “Latvijas valsts meži” mežizstrādes pakalpojumu līgumā.

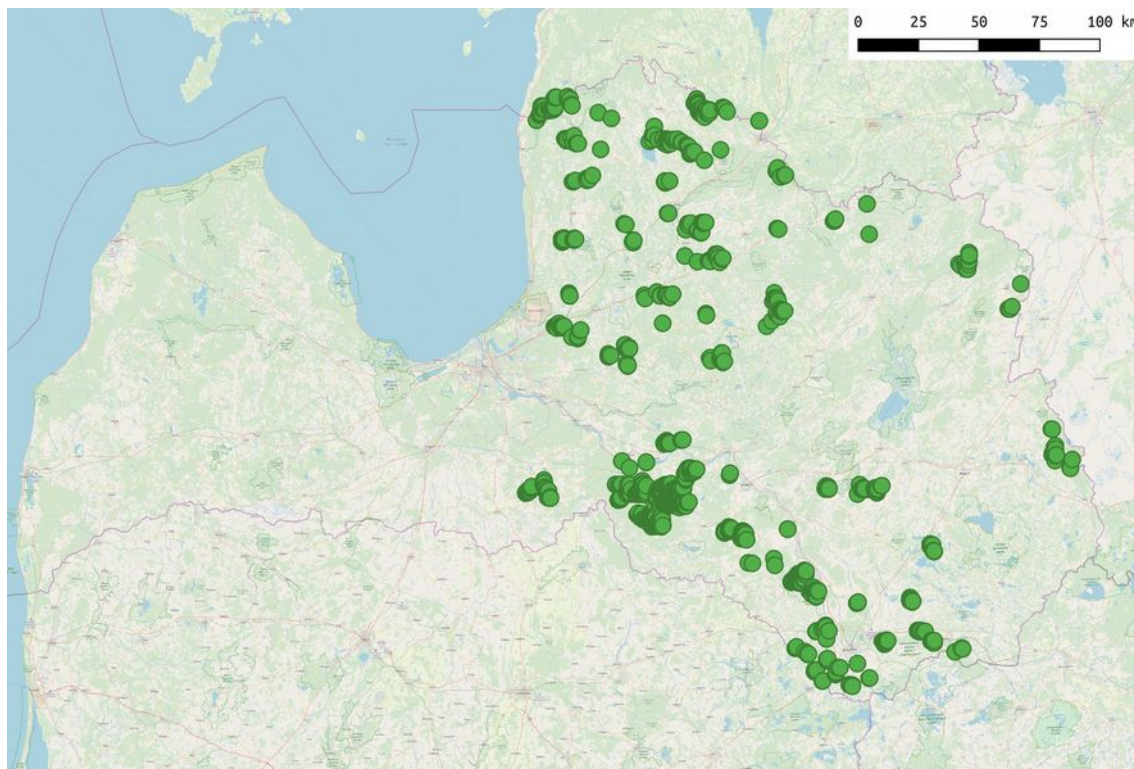
Harvesteru degvielas patēriņa datu analīze

Uzdevuma izpildei AS “Latvijas valsts meži” iesniedza harvesteru DRF failu no Ponsse harvesteriem, laika periodā no 2016. līdz 2018. gadam. Failu apjoms sadalījumā pa ciršu veidiem un harvesteru modeļiem (Tab. 21). Kopējais cirsmu skaits ir 1180, tajā skaitā 376 krājas kopšanas cirtes un 813 galvenās cirtes cirsmas. Kopšanas cirtes cirmās ir strādājis tikai Ponsse Beaver harvesters; pārējās mežizstrādes mašīnas ir strādājušas tikai galvenajā cirtē. Cirsmu izvietojums parādīts Att. 23.

Tab. 21: Harvesteru failu sadalījums pa cirtes veidiem un harvesteru modeļiem

Cirtes veids	Logset H8	Ponsse Beaver	Ponsse Ergo	Ponsse Scorpion	Cirsmas kopā
Galvenā cirte	22	129	624	38	813
Krājas kopšanas cirte	-	367	-	-	367
Cirsmas kopā	22	496	624	38	1180

Pētījuma ietvaros izstrādāta programma *drf failu konvertēšanai par Ponsse standarta *mom failu un eksportēšanai uz *csv formātu, izvelkot datu ražības, degvielas patēriņa un citu parametru raksturošanai nozīmīgus rādītājus. Programma var konvertēt neierobežotu skaitu failu. Programmas pielāgošanai jaunā standarta *mom failiem uzsākta sarakste ar Ponsse IT departamentu un šo darbu plānots pabeigt 2019. gadā.

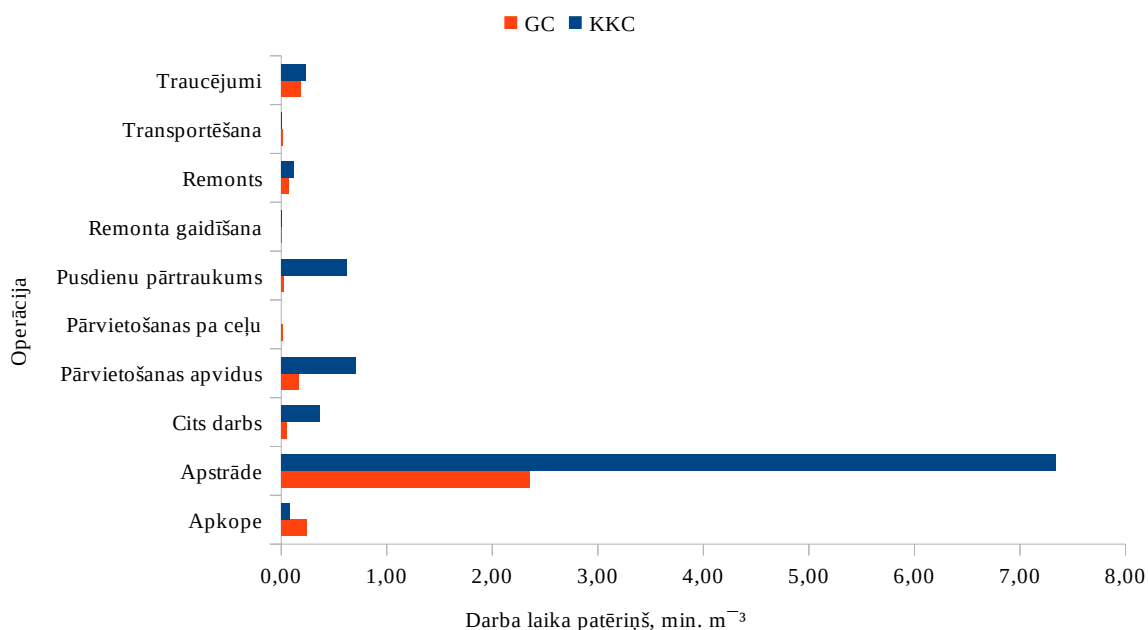


Att. 23: Degvielas patēriņa analizē izmantoto cirsmu izvietojums⁷.

Pētījumā analizējamie parametri ir cirtes veids (Ponsse Beaver harvesters, kas strādājis gan galvenajā, gan krājas kopšanas cirtē), operatoru apmācība (ražīgums pirms un pēc apmācības, kā arī atkārtotas apmācības ietekme analizējamajā periodā), mežizstrādes sezonālitate, mežizstrādes mašīnas jauda (galvenajā cirtē, jo par krājas kopšanas cirti pieejami dati tikai no vienas mašīnas), maiņa (rīta, pēcpusdienas vai nakts maiņa, zāģējamo koku dimensijas un valdošā suga cirsma). Analizētie parametri ir ražīgums, būtisku atšķirību gadījumā vērtējot atsevišķi apkopes, apstrādes, citu darbu, pārvietošanas, apvidus pārvietošanas pa ceļu, pusdienu pārtraukuma, remonta gaidīšanas, remonta, transportēšanas un traucējumu laiku, kā arī vidējais degvielas patēriņš stundā un 1 m³ sagatavošanai. Teorētiski *drf failus var izmantot arī degvielas patēriņa analīzei darba operāciju griezumā, taču pētījumā konstatēts, ka šie dati ne vienmēr ir korekti, tāpēc analīzē nav izmantoti.

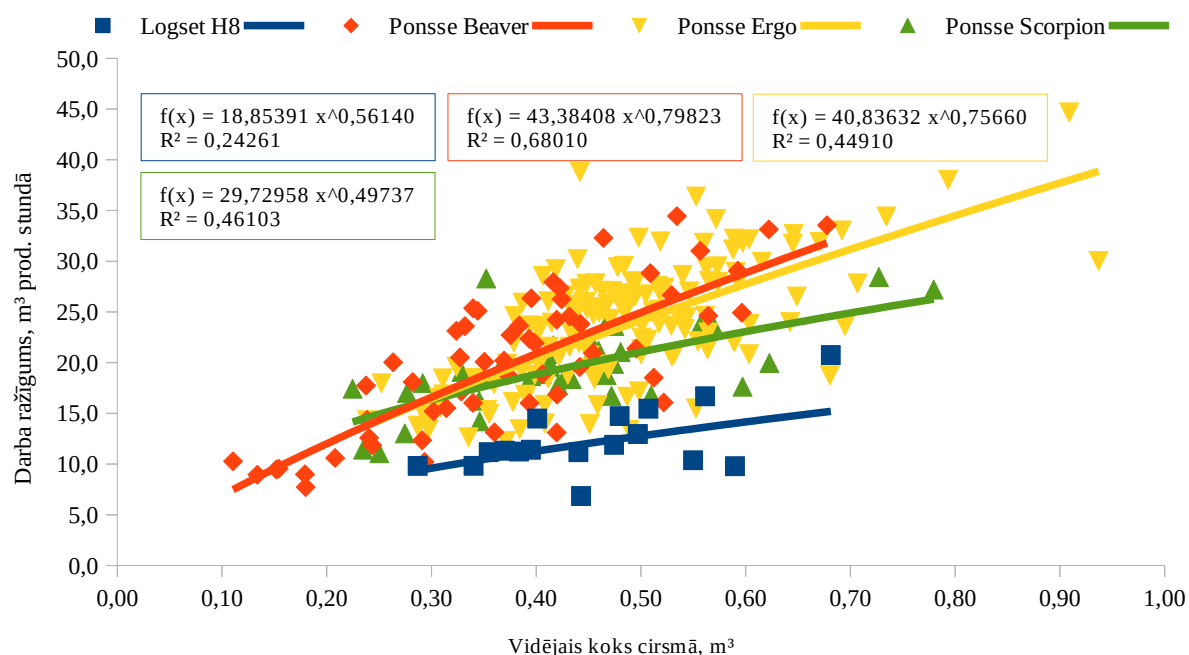
Vidējais darba ražīgums pētījumā iekļautajās galvenās cirtes cirsma ir 3,2 min. m⁻³ (19,2 m³ produktīvajā darba stundā), bet krājas kopšanas cirtes cirsma – 9,5 min. m⁻³ (5,3 m³ produktīvajā darba stundā). Vidējā dažādām mežizstrādes operācijām patērētā laika sadalījums dots Att. 24. Krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē gandrīz 4 reizes atšķiras koku apstrādei patērētais laiks, kā arī 4 reizes atšķiras laiks, kas patērēts, pārvietojoties pa cirsma.

⁷ Karte sagatavota QGIS vidē, pamatkarte – OpenStreet maps.



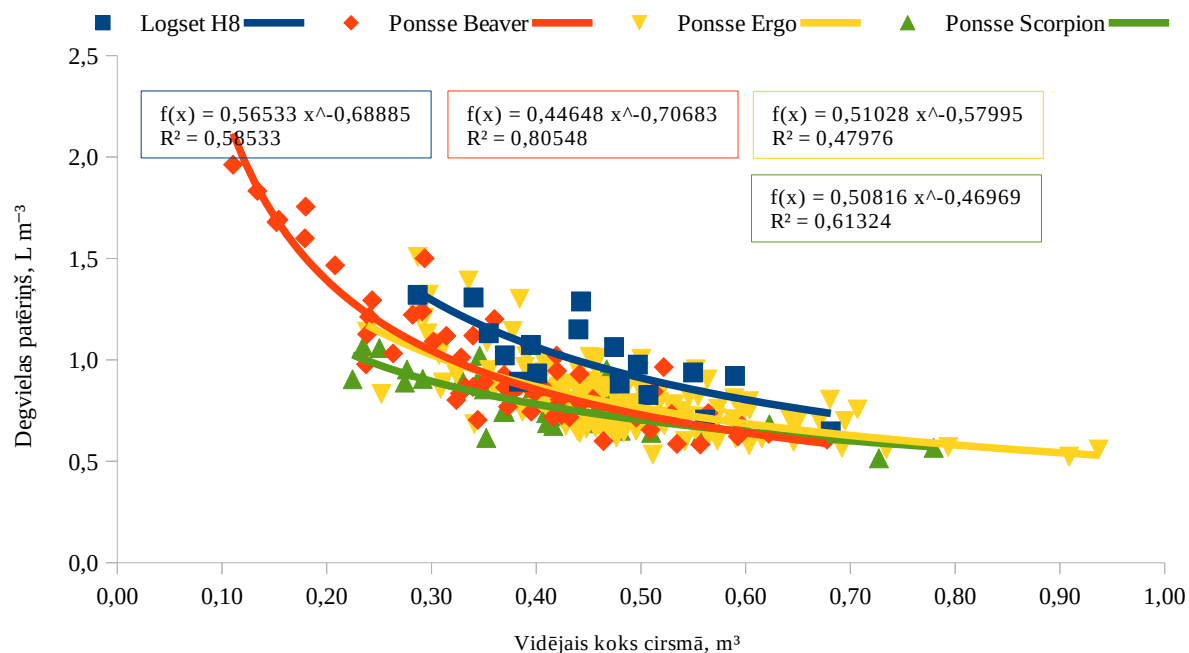
Att. 24: Darba laika elementu sadalījuma vidējie rādītāji.

Salīdzinot apstrādājamā koka ietekmi uz ražīguma rādītājiem vasarā (no maija beigām līdz augusta beigām), konstatēts, ka Logset H8 harvestera ražīgums būtiski atpaliek no pārējām mežizstrādes mašīnām, taču tas, visticamāk, saistīts ar operatoru kvalifikāciju – tikai 15% no cismām ar šo mašīnu izstrādātas pēc profesionālās kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem. Ponsse Ergo un Ponsse Beaver harvesteriem, kas uzrādīja labākos ražīguma rādītājus, 66% no cismām izstrādāti pēc profesionālās kvalifikācijas kursu pabeigšanas. Būtiski uzsvērt, ka Ponsse Ergo un Ponsse Beaver ražīguma rādītāji gandrīz neatšķiras, zāģējot kokus cismās, kur vidējā nozāģētā koka stumbra tilpums ir līdz 0,7 m³.



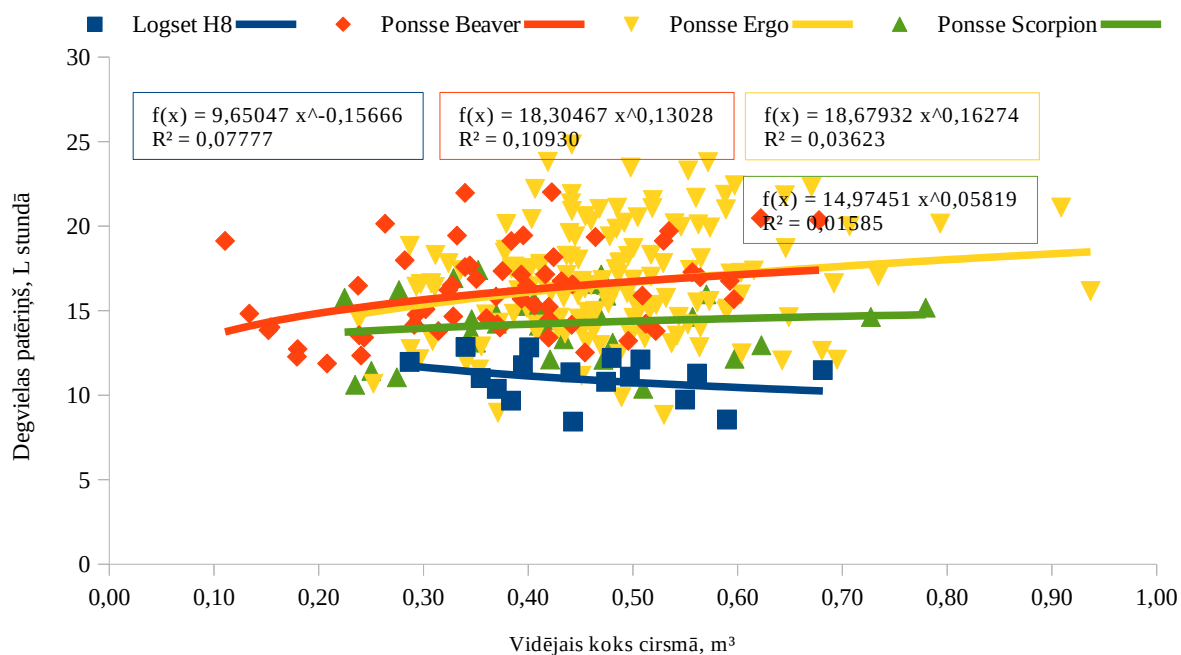
Att. 25: Vidējie ražīguma rādītāji galvenās cirtes cismās, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.

Degvielas patēriņš 1 m³ sagatavošanai ir salīdzinoši mazāks Ponsse Scorpion, it īpaši, zāģējot mazāku dimensiju kokus, un vislielākais – Logset H8 harvesteram (Att. 26), kas, visticamāk, arī šajā gadījumā skaidrojams ar atšķirīgu operatoru kvalifikāciju. Ponsse Ergo un Ponsse Beaver degvielas patēriņš 1 m³ sagatavošanai neatšķiras.



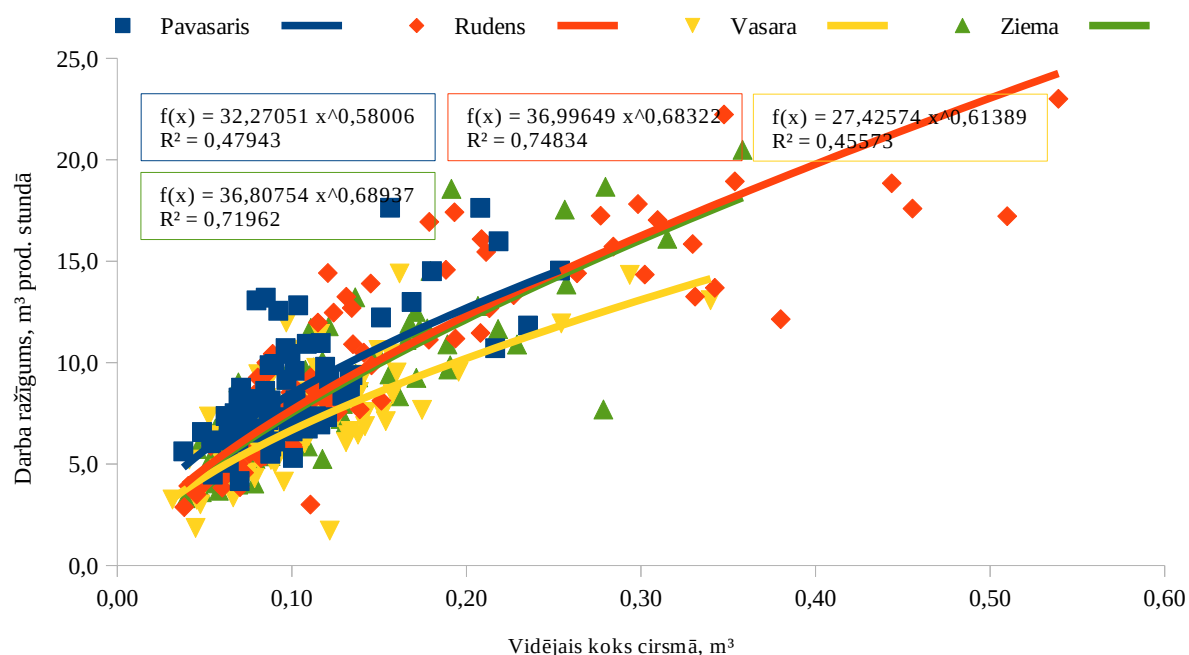
Att. 26: Degvielas patēriņš 1 m³ sagatavošanai galvenās cirtes cismās, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.

Vismazākais degvielas patēriņš darba stundā ir Logset H8 harvesteram, 2. vietā ir Ponsse Scorpion harvesters un vislielākais degvielas patēriņš ir Ponsse Ergo un Ponsse Beaver harvesteram (Att. 27). Šī un iepriekšējo grafiku salīdzinājums uzskatāmi parāda, ka šķietami neliels degvielas patēriņš darba stundā pilnībā kompensējas ar darba ražīguma kritumu, kā rezultātā degvielas patēriņš uz saražoto vienību ir lielāks nekā citām mašīnām.



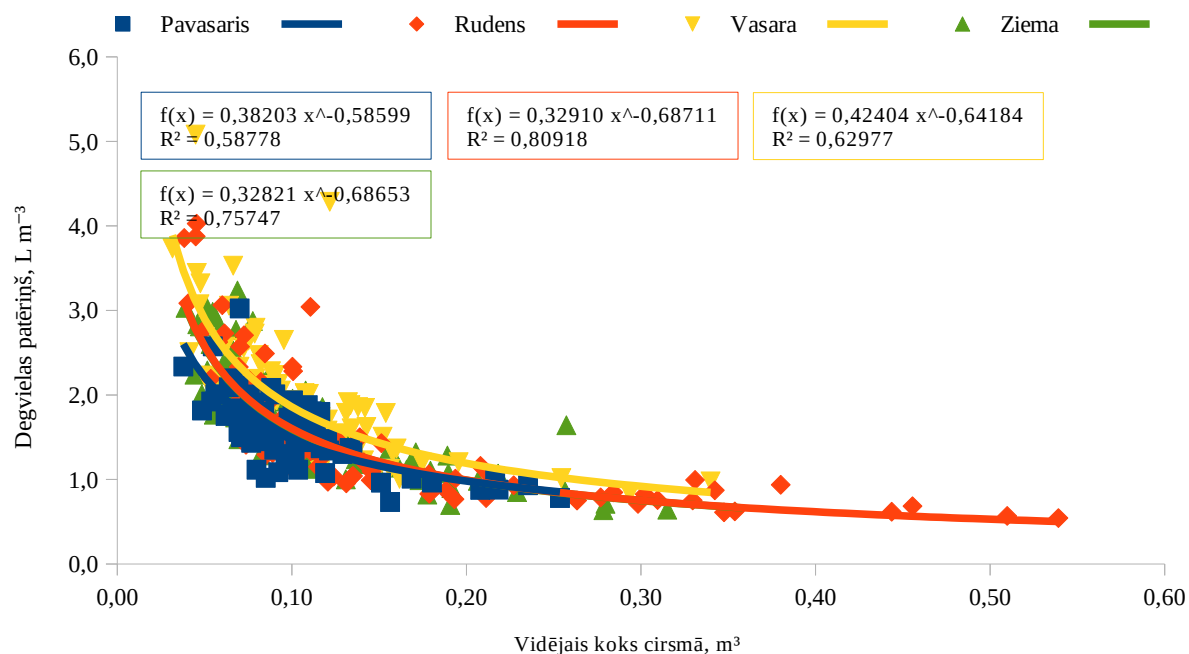
Att. 27: Degvielas patēriņš darba stundā galvenās cirtes cismās, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.

Krājas kopšanas cirtes cismās skatīta tikai 1 mežizstrādes mašīna – Ponsse Beaver harvesters. Pētījumā konstatēts būtisks ražīguma kritums vasarā, bet pārējās sezonās ražīgums būtiski neatšķiras. Iegūtais rezultāts sakrīt ar iepriekšējos izmēģinājumos iegūtajiem rezultātiem – vasarā, izveidojoties lapotnei, cismās būtiski pasliktinās redzamība, kas negatīvi ietekmē ražīgumu, taču, ņemot vērā nelielo cismu skaitu, ražīguma krituma iemesls var būt arī tehnisks vai arī saistīts ar operatoru nomainību.



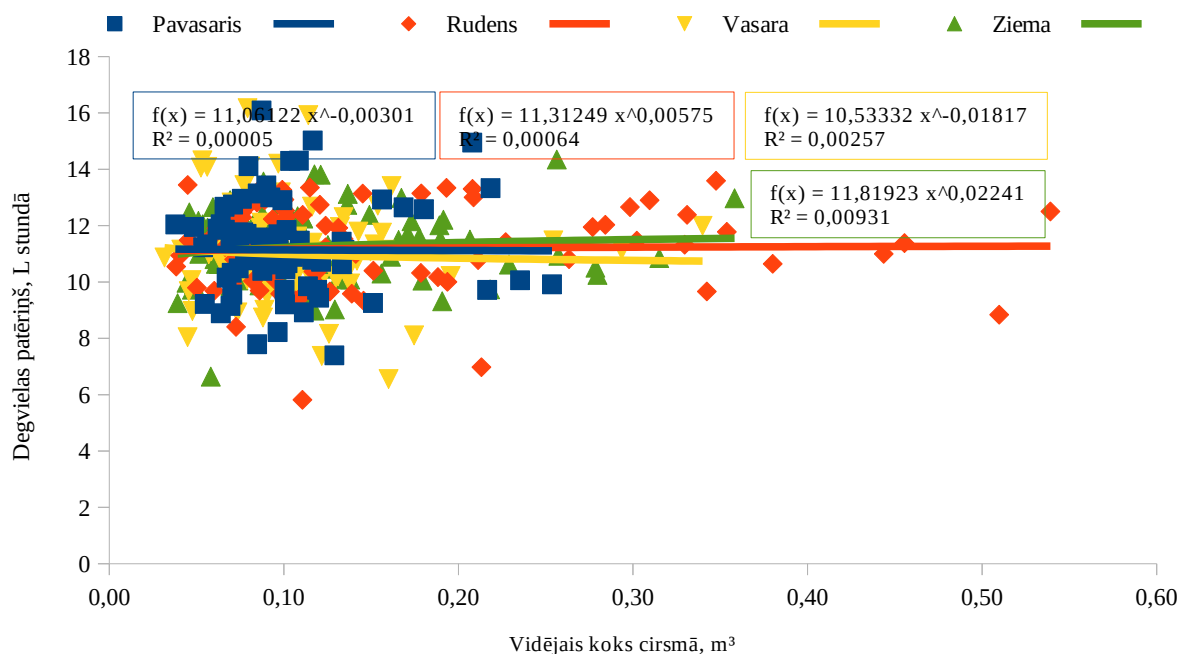
Att. 28: Darba ražīgums krājas kopšanas cirtes cismās, atkarībā no darba sezonas un apstrādājamo koku dimensijām.

Degvielas patēriņš 1 m³ sagatavošanai, tāpat kā galvenās cirtes cismās, ir apgriezti proporcionāls ražīgumam – jo lielāks ražīgums, jo mazāks degvielas patēriņš 1 m³ sagatavošanai (Att. 29).



Att. 29: Degvielas patēriņš krājas kopšanas cirtes cismās, atkarībā no darba sezonas un apstrādājamo koku dimensijām.

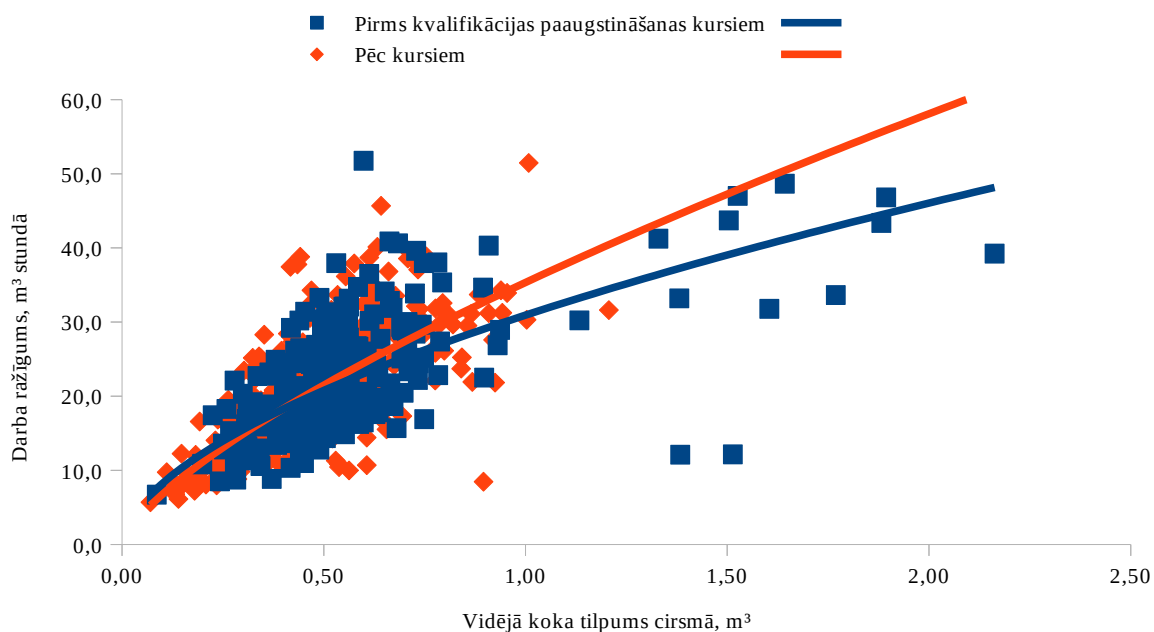
Krājas kopšanas cirtes cismās nav konstatēta zāgējamo koku dimensiju un degvielas patēriņa darba stundā sakarība (Att. 30). Vasarā degvielas patēriņš ir nedaudz mazāks nekā citos gadalaikos, taču šādam degvielas patēriņa samazinājumam var būt arī subjektīvi iemesli, ņemot vērā, ka analizē iekļauta tikai 1 mežizstrādes mašīna.



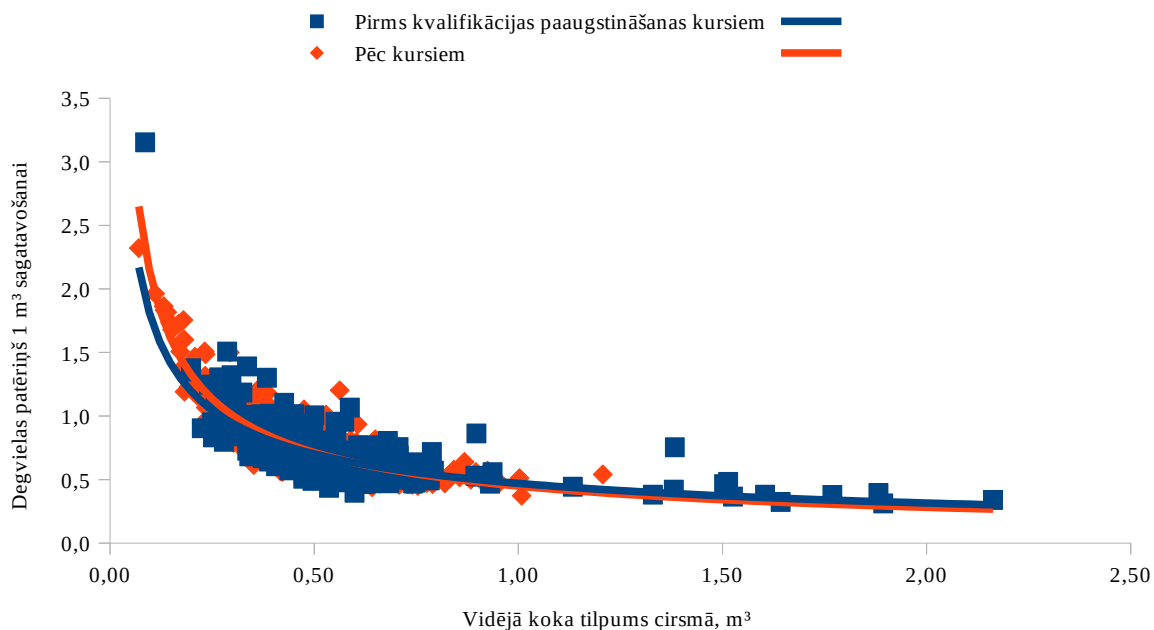
Att. 30: Degvielas patēriņš darba stundā krājas kopšanas cirtes cismās, atkarībā no darba sezonas un apstrādājamo koku dimensijām.

Pētījumā noskaidrots, ka ražīgumu būtiski ietekmē operatoru kvalifikācijas paaugstināšanas kursi, pēc kvalifikācijas kursiem ražības rādītāji uzlabojas (Att. 31). Datu analizē ietverti tikai Ponsse harvesteri, kas strādājuši galvenajā cirtē.

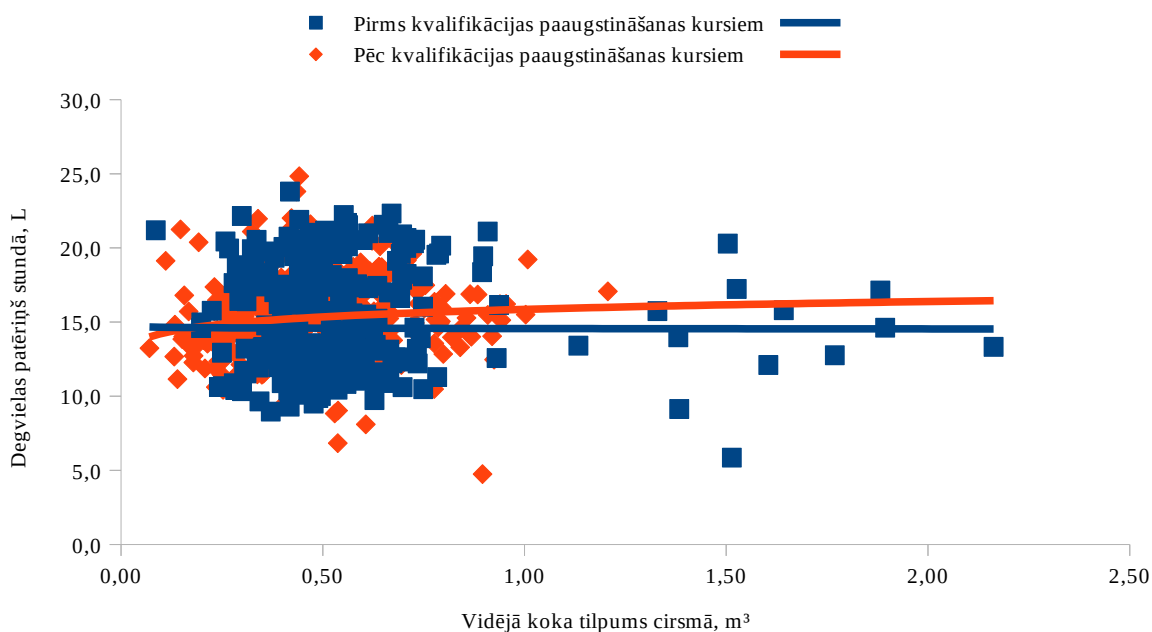
Salīdzinot vidējos degvielas patēriņa rādītājus 1 m^3 sagatavošanai, nav konstatētas būtiskas atšķirības cismās, kas izstrādātas pirms un pēc operatoru profesionālās kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem (Att. 32). Turpretim, degvielas patēriņš stundā pēc kursu pabeigšanas būtiski palielinās (Att. 33), radot šķietamību, ka apmācība ir pasliktinājusi operatoru sniegumu, ja vērtē tikai degvielas patēriņa rādītājus. Faktiski operatoru profesionālās kvalifikācijas paaugstināšana ir uzlabojusi operatoru prasmes un spēju izmantot mežizstrādes mašīnu iespējas pilnvērtīgāk.



Att. 31: Darba ražīgums galvenās cirtes cismās pirms un pēc kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.



Att. 32: Degvielas patēriņš 1 m³ sagatavošanai galvenās cirtes cismās pirms un pēc kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.



Att. 33: Degvielas patēriņš stundā galvenās cirtes cirsmās pirms un pēc kvalifikācijas paaugstināšanas kursiem, atkarībā no apstrādājamo koku dimensijām.

Harvestera degvielas patēriņa datu apstrādes aizkavēšanās saistīta ar programmēšanas pakalpojuma izpildi, veidojot programmu *.drf datu konvertēšanai *.csv formātā. Datu pārveidošanai bija nepieciešama Ponsse IT departamenta iesaistīšana failu specifikāciju noskaidrošanai, kas būtiski paildzināja procesu. Ponsse sniedza atbalstu bez atlīdzības un izteica gatavību turpināt sadarbību jaunā Stanford standarta uzskaites failu analīzes programmas izveidē.

Pētījumu programmas pētījumu jomas “Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē” rezultātu atskaiti sagatavosim pēc lauka izmēģinājumu pabeigšanas, nosakot degvielas patēriņu kokmateriālu pievešanā uz minerālaugsnēm un organiskām augsnēm, atkarībā no tehnikas noslodzes.

Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai

Cirsmā atstājamo koku bojājumu izvietojuma sakarību analīze

Pētnieciskais uzdevums ir veikt 2017. gadā ievāktu empīrisko datu analīzi ir noskaidrot kopšanas cirtē atstājamo koku bojājumu izvietojuma (koridoru galos un pārējā audzes daļā) sakarības, lai ar iegūtajiem datiem raksturotu augsnes gatavotāja darba virziena maiņas ietekmi uz atstājamo koku bojājumu intensitāti.

Saskaņā ar pētījuma metodiku, augsnes sagatavošanas darba laika uzskaitē veikta 28 ha platībā, tajā skaitā 21 ha Ln, Dm un Dms meža tipā uz mālsmits augsnēm un

7 ha platībās Gr meža tipā uz smilšmāla augsnēm (Tab. 22). Mežizstrādes atliekas ieklāta ceļos 17,6 ha platībā, novestas – 10,4 ha platībā.

Tab. 22: Audzes, kurās veikta augsnes sagatavošanas darba laika uzskaitē⁸

Nogabala atslēga	Platība, ha	Meža tips	Bonitāte	Valdošā suga	Mežizstrādes atliekas	Augsnes sagatavošanas virziens pret pievešanas ceļiem ⁹
80-09-07-604-333 17-1	4,52	Dm	I	Priede	Novestas	Jaukts ¹⁰
80-09-07-604-353 15-0	1,42	Ln	II	Priede	Novestas	Jaukts
80-09-07-604-358 9-2	1,97	Ln	II	Priede	Ieklātas ceļos	Jaukts
80-09-07-604-358 9-0	3,82	Ln	I	Priede	Ieklātas ceļos	Jaukts
80-09-07-604-374 12-3	0,52	Ln	II	Priede	Novestas	Jaukts
80-09-07-604-374 14-0	0,60	Dm	I	Egle	Novestas	Paralēli
80-09-07-604-374 11-0	2,85	Ln	II	Priede	Novestas	Paralēli
80-09-07-604-374 15-0	0,47	Dm	I	Bērzs	Novestas	Paralēli
80-09-07-604-375 4-2	0,83	Ln	II	Priede	Ieklātas ceļos	Paralēli
80-09-07-604-375 8-1	2,34	Dm	II	Priede	Ieklātas ceļos	Paralēli
69-04-07-611-151 15-0	7,01	Gr	I	Osis	Ieklātas ceļos	Paralēli
80-09-07-604-375 5-0	1,67	Dms	II	Priede	Ieklātas ceļos	Paralēli

Atstājamo koku bojājumiem fiksē attālumu no tehnoloģiskā koridora sākuma, kā arī bojājumu tipu – stumbra vai sakņu bojājums. Nenosaka bojāto koku attālumu līdz tehnoloģiskā koridora centram. Uzskaitītos bojātos kokus nepieciešamības gadījumā marķē ar krāsu. Katru bojāto koku raksturo ar audzes un tehnoloģiskā koridora numuru, kā arī bojātā koka attālumu no tehnoloģiskā koridora sākuma. Par bojājumiem neuzskata pameža un paaugas koku mehāniskus bojājumus. Par koridora sākumu visos gadījumos izvēlas ceļa vai krautuves pusē esošos koridoru galus.

Pētījumā konstatēts ka augsnes sagatavošanas ražīgumu izmēģinājumu platībās būtiski neietekmē augšanas apstākļi un mežizstrādes atlieku ieklāšana ceļos. Vidējais darba laika patēriņš 1 ha apstrādei ir 44 min., tajā skaitā manevrēšanai joslu galos patērēti 12% produktīvā darba laika. Manevrēšanai patērētais laiks slejas galā ir vidēji 20 sek.

Vidējais attālums starp vagām neatšķiras, neatkarīgi no tā, vai mežizstrādes atliekas novestas vai ieklātas ceļos; savukārt, ietekme uz vagu dziļumu ir būtiska – mežizstrādes atlieku novešana būtiski palielina vagu dziļumu, uzlabojot augsnes apstrādes kvalitāti. Mežizstrādes atlieku novešanas sakarība ar meža atjaunošanās kvalitāti jānoskaidro turpmākajos pētījumos, veicot meža augšanas gaitas monitoringu izmēģinājumos ierīkotajās platībās.

⁸ Atbilstoši datubāzei MEDUS.

⁹ Jaukts – nenoteikts vai mainīgs virziens.

¹⁰ Pusē platības paralēls un otrajā pusē – perpendikulārs pievešanas ceļiem.

Mehānisko bojājumu īpatsvars tehnoloģisko koridoru galos krājas kopšanas cirtēs būtiski palielinās; vidējais bojājumu īpatsvara pieaugums koridoru galos (manevrēšanas josla – līdz 15 m no cirsmas malas), salīdzinot pārējo tehnoloģiskā koridora daļu, ir 45% egļu audzēs un 68% priežu audzēs. Lielāks bojāto koku īpatsvara pieaugums manevrēšanas joslās ir priežu audzēs. Tomēr pētījumā nav konstatēta koridoru savienošanas ietekme uz bojāto koku skaitu un īpatsvaru. Modelējot augsnes gatavošanas un mežizstrādes dizaina ietekmi uz bojāto koku īpatsvaru, izmantojami sugai specifiski parametri.

Pētījumā nav konstatēta būtiska korelācija starp tehnoloģisko koridoru garumu un bojāto koku skaitu un īpatsvaru, taču vērojama bojāto koku skaita un īpatsvara samazināšanās, pieaugot koridoru garumam. Pētījums pamato retāku audžu veidošanas priekšrocības jaunaudžu kopšanas cirtēs, jo sabiezinātās audzēs bojāto koku skaits būtiski pieaug.

Pētījumā izstrādātais aprēķinu modelis pierāda, ka augsnes sagatavošanas dizaina pielāgošana optimālam tehnoloģisko koridoru izvietojumam kopšanas cirtēs, ko veiks 20-30 gadus pēc augsnes gatavošanas, nav lietderīga, ja vien to nenosaka dabas aizsardzības vai citi nosacījumi (nogāzes slīpums, dabiskās straumes, pārmitrās ieplakas, potenciāli saudzējamas dabas vērtības).

LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai

Pētījuma mērķis ir aprobēt 2017. gadā izstrādāto metodiku koku augstuma noteikšanai pieaugušās audzēs Meža resursu monitoringa (MRM) parauglaukumos:

- izraudzīties pieaugušas (saimnieciskās izmantošanas vecumā) skujkoku un lapkoku audzes MRM parauglaukumos, kuros mērījumi veikti tajā pašā gadā, kad iegūti LiDAR dati;
- noteikt audžu vidējā koka augstumu, interpolējot LiDAR datus un salīdzināt iegūtos rezultātus ar empīriski iegūtajiem datiem.

LiDAR dati, kas nepieciešami DEM un DSM modeļu izstrādei iegūti no Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA). Pētījumā kopumā izmantoti 85 meža resursu monitoringa parauglaukumi. Datu apstrāde veikta, par pamatu izmantojot no LiDAR datiem veidotus DEM un DSM, pēcāk digitālās virsmas modeli noteikti lokālie maksimumi. Tālāk apstrādājot iegūto lokālo maksimumu rastra attēlu, noteiktas visu teritorijas pacēlumu virsotņu (koku galotnes, pauguriņi u.c.) atrašanās vietas. Lai no iegūtajiem pacēlumu virsotņu datiem iegūtu informāciju par koku augstumiem, ar *r.mapcalc* rīku izveidots Koku vainagu augstuma modelis (CHM). Rastra karte ar individuālu koku augstumiem tālāk transformēta vektoru formātā ar Grass GIS rīku *r.to.vect.*, transformācijai izvēloties poligonu formātu. Poligonu dati tālāk transformēti uz punktu formātu izmantojot *v.centroids* rīku. Veicot šādu darbību iegūst punktveida objektu mākonī, kurā katrs punkts attiecināms uz, no LiDAR datiem iegūtu,

individuālu, dešifrētu koku. Iegūto rezultātu pārbaudei un salīdzināšanai ar mežu monitoringa parauglaukumu datubāzē esošo informāciju, parauglaukumu poligonu *shp slānim ar GRASS GIS rīka *v.vect.stats* palīdzību pievienota poligonus pārklājošo punktveida objektu statistiskā informācija. Tā rezultātā monitoringa parauglaukumu slāņa atribūtu tabula papildināta ar atribūtiem par iekļauto koku vidējo augstumu un citiem rādītājiem.

Pētījumā secināts, ka Latvijā pieejami LĢIA uzturēti LiDAR dati ir izmantojami koku augstuma noteikšanai mežaudzes līmenī, tomēr individuālu koku noteikšanai LiDAR punktu mākoņa blīvums ir nepietiekams. Individuālu koku izšķiršana iespējama pieaugušās audzēs, kurās veikta krājas kopšana un attālums starp kokiem pārsniedz 1,5 m. Audzēs, kurās koku blīvums ir augstāks, ir nepieciešami dati ar lielāku punktu blīvumu.

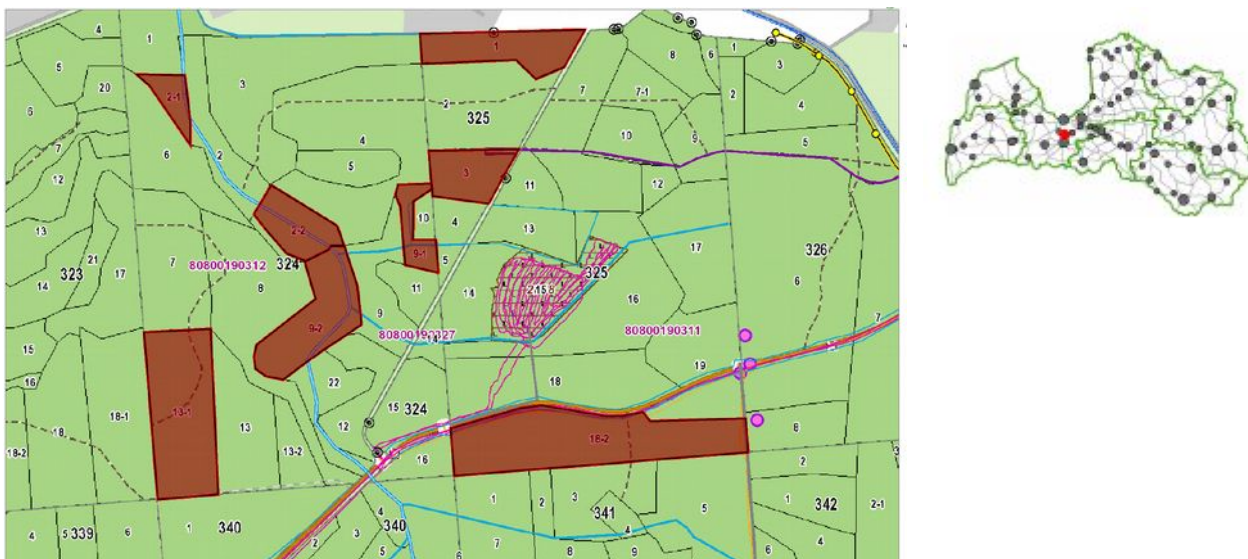
Izmantotā metodoloģija liecina, ka koku augstums LiDAR datos ir vidēji par 1-2 m zemāks nekā mērījumos (MRM parauglaukumos). Pieaugušās skujkoku audzēs tendences līkne ir ar ticamu determinācijas koeficientu, līdz ar to, izmantojot regresijas vienādojumus, potenciāli varētu noteikt aptuvenos koku augstumus arī citās pieaugušās skujkoku audzēs. Koku augstuma noteikšanai jaunaudzēs būtu nepieciešami LiDAR dati ar lielāku punktu blīvumu.

Lai labāk novērtētu pielietotās metodoloģijas iespējas individuālu koku dešifrēšanā, koku manuāla uzmērīšana un skenēšana ar lāzerskeneri būtu jāveic paralēli. Precīzi nomērot koku augstumu un nosakot to atrašanās vietas plaknē, piedāvātajai individuālu koku izšķiršanas metodikai būtu jāuzrāda labāki rezultāti.

Informatīvu pasākumu organizēšana AS “Latvijas valsts meži” darbiniekiem un pētījuma rezultātu prezentēšana izglītības iestādēs

Informatīvie pasākumi ir pārcelti uz 2019. gada februāri, kad organizēsim demonstrējumus AS “Latvijas valsts meži” darbinieku un pakalpojumu sniedzēju profesionālās kvalifikācijas paaugstināšanai. Semināra ietvaros notiks mašīnizētas jaunaudzju kopšanas paraugdemonstrējumi, izmantojot Vimek 404 SE harvesteru, kas aprīkots ar Bracke C12 darba galvu (plāvēju), Cutlinc cleaner SCR3 darba galvu un virszemes noteces vagu veidošanas iekārtu.

Demonstrējumi plānoti AS “Latvijas valsts meži” valdījumā esošās meža platībās Misas meža iecirknī netālu no apdzīvotas vietas “Dzērumi” Ķekavas novadā.



Att. 34: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls.

Semināra ietvaros plānots informēt par:

- audžu raksturojumu pirms un pēc kopšanas darbiem un ieteikumiem mašinizēti kopjamo audžu atlasei;
- kopšanas darbu ražīguma rādītājiem, izmantojot Bracke C12 un Cutline cleaner SCR3 darba galvas;
- par virsūdeņu novadīšanas iespējām jaunaudžu kopšanu apvienojot ar virszemes noteces vagu veidošanu.

2019. gada rudenī organizēsim semināru AS “Latvijas valsts meži” darbinieku un pakalpojumu sniedzēju profesionālās kvalifikācijas paaugstināšanai. Semināra ietvaros plānots informēt par sasniegtajiem rezultātiem pievešanas darbos izmantojot greiferi ar pacelšanas mehānismu un greiferi ar dubultsatvērēju. Lai sekmīgi īstenotu šo darba uzdevumu, ir jāizraugās AS “Latvijas valsts meži” krājas kopšanas ciršu izstrādes pakalpojuma sniedzējs, uz kura tehnikas jāuzstāda paceļamais kauss, kas nodrošinās datu ieguvu ražošanas apstākļos, paraleli veicot arī mežizstrādes kvalitātes kontroli, novērtējot bojāto atstājamo koku īpatsvaru un salīdzinot to ar pakalpojumu sniedzēja sekmēm pirms paceļamā kausa uzstādīšanas.

2012 un 2013. gada kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildpieauguma raksturošana

Pētījuma mērķis ir noskaidrot mašinizētas jaunaudžu kopšanas ietekmi uz paliekošo koku augšanu un saglabāšanos, pielietojot dažādas kopšanas metodes un tehnoloģijas.

Darba uzdevumā iekļautas audzes, kuras koptas 2012 un 2013. gadā (pagājušas vismaz 5 veģetācijas sezonas kopš mežizstrādes) ar dažādiem mašīnu sastāviem (Tab. 23).

Tab. 23: Mašīnu sastāvi jaunaudzju kopšanas izmēģinājumos

Harvesters	Darba galva	Pievedejtraktors
John Deere 1070E	H 754	Timberjack 810B
John Deere 1070	Bracke C16.b	John Deere 810 E
John Deere 1070	Bracke C16.b	Timbear
Timbear		Timbear
Rottne H8		Rottne

2017. gadā pārmērīti pastāvīgie parauglaukumi un analizēti krājas pieaugumi 2012. gadā koptajās audzēs. 2018. gadā apsekoti 2013. gadā kopšanas cirtēs ierīkoti pastāvīgie parauglaukumi (katra parauglaukuma platība 400 m²). Katrā parauglaukumā izmērīti koku caurmēri un ievākti 10 valdaudzes koku urbumi pieaugumu dinamikas noteikšanai un fiksēti nedzīvie koki atmiruma noteikšanai. Urbtājiem koki izmērīti attālumā līdz tehnoloģiskajam koridoram un noteikti virszemes daļu bojājumi un veidi. Pētījuma ietvaros vērtētas darba metodes (pamežs zāģēts vai atstāts, pievesta visa nozāģētā biomasa vai tikai standarta sortimenti), attāluma no tehnoloģiskā koridora un bojājuma ietekme uz koku augšanu.

Mežaudžu augšanas gaitas novērtējums 2018. gadā uzsākts 20 audzēs (Tab. 24), kurās 2011.-2013. gados veikti mašinizētas jaunaudzju kopšanas ciršu izmēģinājumi. Lielākā daļa (12 gab.) ir bērza audzes Skrīveru apkārtnē, kurās 2013. gadā kopšanas cirtes veiktas ar vidējās klases harvesteriem John Deere 1070 un Rottne H8 un kompaktklases harvesteriem Timber, izmantojot 3 veidu paketējošās darba galvas un Bracke C.16 biomasas darba galvu. Pārējās apsektās audzes atrodas Kokneses apkārtnē (6 egles, 1 bērza un 1 priedes audze) un tajās kopšanas cirtes cirtes veiktas ar John Deere 1070 harvesteru, kas aprīkots ar standarta darba galvu, kas aprīkota ar paketēšanas nažiem, un Moipu 300 darba galvu, kas papildus aprīkota ar viena asmens giljotīnu.

Tab. 24: Mežaudžu raksturojums

Audzis kods	Platība, ha	Valdosa koku suga	Meža tips	Audzis vidējā koka caurmēris 1,3 m augstumā, cm	Uzmērīto parauglaukumu skaits audzē	Koku skaits, gab. ha ⁻¹ pēc kopšanas cirtes izpildes	Lapu laukuma indeksa mērījumi ¹¹	Koksnes urbumu skaits ¹²
502-423-5	3,8	B	Grs	14,9	3	1150	x	x
502-423-6	3,6	B	Grs	15,1	8	1069	x	x
502-426-10	3,2	B	Grs	13,0	8	1575	x	x

¹¹ Ar "x" apzīmētas platības, kurās veikts lapu laukuma indeksa mērījums.

¹² Ar "x" apzīmētas platības, kurās

Audzes kods	Platība, ha	Valdība koku suga	Meža tips	Audzes vidējā koka caurums 1,3 m augstumā, cm	Uzmērīto parauglankumu skaits audzē	Koku skaits, gab. ha ⁻¹ pēc kopšanas cirtes izpildes	Lapu lankuma indeksa mērījumi	Koksnes urbumu skaidas
502-427-11	0,8	Ba	Ap	15,9	3	1167	x	x
502-427-6	2,1	B	Db	9,7	6	1858	x	x
502-434-1	3,2	B	Grs	12,2	6	1250	x	x
502-434-2	2,4	B	Grs	15,3	6	1100	x	x
502-436-1	1,8	B	Gr	12,3	6	1250	x	x
502-438-3	2,6	B	Grs	11,8	6	1408	x	x
502-438-4	3,4	B	Grs	13,0	5	1350	x	x
502-438-7	3,8	B	Gr	14,8	8	1044	x	x
503-307-6	2,0	B	As	10,5	8	1075	x	x
503-300-12	5,4	E	Dm	14,1	6	1033	x	x
503-312-1	0,9	E	As	17,2	3	717	x	x
503-317-7	3,4	E	Dm	15,4	6	933	x	x
503-318-30	2,5	E	Dm	18,5	6	817	x	x
503-329-1	4,9	E	Dm	16,5	6	908	x	x
503-379-27	2,8	E	Vr	17,2	6	1025	x	x
503-432-8	1,5	B	Vr	13,6	6	678	x	x
503-487-9	2,8	P	Ln	14,9	6	942	x	x

Pētījuma ietvaros apsekoto un no jauna ierīkoto parauglankumu saraksts dots Tab. 25. Veicot datu sākotnējo apstrādi, konstatēts, ka atsevišķu parauglankumu centru koordinātes noteiktas neprecīzi, tāpēc šajās platībās 2019. gadā atkārtoti noteiksim parauglankumu centru ģeogrāfiskās koordinātes.

Ierīkotajos parauglankumos ievāktas 1170 radiālā pieauguma urbumu skaidas, kas 2018. gadā ieskenētas, lai noteiktu radiālo pieaugumu, kas veidojies pēdējo 10 gadu laikā. Visos apsektajos izmēģinājumu objektos veikti lapu lankuma indeksa mērījumi.

Tab. 25: Parauglankumu atrašanās vietas mežaudzēs

Audzes kods	PL Nr.	PL koordinātas LKS92		Audzes kods	PL Nr.	PL koordinātas LKS92	
		x	y			x	y
502-423-5	1	56.71439	25.05858	502-426-10	1	56.71309	25.08159
502-423-5	2	56.71502	25.05901	502-426-10	2	56.71367	25.08197
502-423-5	3	56.71613	25.05939	502-426-10	3	56.71351	25.08155
502-423-6	1	56.71434	25.05992	502-426-10	4	56.71383	25.08146
502-423-6	2	56.71504	25.06015	502-426-10	5	56.71325	25.08103
502-423-6	3	56.71566	25.06054	502-426-10	6	56.71374	25.08101

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Audzes kods	PL Nr.	PL koordinātas LKS92		Audzes kods	PL Nr.	PL koordinātas LKS92	
		x	y			x	y
502-423-6	4	56.71584	25.06018	502-426-10	7	56.71354	25.08051
503-312-1	1	56.69993	25.58293	502-426-10	8	56.71398	25.08044
503-312-1	2	56.69951	25.58289	502-427-11	1	56.71368	25.08199
503-312-1	3	56.69967	25.58297	502-427-11	2	56.71300	25.08318
502-438-4	1	56.70897	25.08499	502-427-11	3	56.71259	25.08325
502-438-4	2	56.71035	25.08575	503-487-9	1	56.664026	25.801833
502-438-4	3	56.71044	25.08594	503-487-9	2	56.663892	25.802308
502-438-4	4	56.71032	25.08625	503-487-9	3	56.663603	25.801506
502-438-4	5	56.71045	25.08688	503-487-9	4	56.663525	25.801993
502-427-6	1	56.71582	25.08447	503-487-9	5	56.663256	25.801191
502-427-6	3	56.71468	25.08383	503-487-9	6	56.663052	25.801524
502-427-6	4	56.71432	25.08401	503-300-12	1	56.70065	25.58566
502-427-6	5	56.71481	25.0845	503-300-12	2	56.70085	25.5862
502-427-6	6	56.71521	25.08443	503-300-12	3	56.70099	25.58691
502-434-1	1	56.71376	25.05843	503-300-12	4	56.70156	25.58707
502-434-1	2	56.71	25.06	503-300-12	5	56.70166	25.58473
502-434-1	3	56.71343	25.05788	503-300-12	6	56.70223	25.58369
502-434-1	4	56.7133	25.05761	503-317-7	4	56.7005	25.63936
502-434-1	5	56.71354	25.05727	503-317-7	5	56.70042	25.63999
502-434-1	6	56.71386	25.05704	503-317-7	6	56.69998	25.63973
502-434-2	1	56.71217	25.06056	503-317-7	7	56.69973	25.64012
502-434-2	2	56.71244	25.06028	503-317-7	8	56.69937	25.63984
502-434-2	3	56.71304	25.06029	503-317-7	9	56.69916	25.64008
502-434-2	4	56.71328	25.06004	503-329-1	1	56.68542	25.64748
502-434-2	5	56.7134	25.05981	503-329-1	2	56.68536	25.64675
502-434-2	6	56.71355	25.05956	503-329-1	3	56.68524	25.64624
502-436-1	1	56.71367	25.07204	503-329-1	8	56.68576	25.64681
502-436-1	2	56.71328	25.07165	503-329-1	9	56.68594	25.64652
502-436-1	3	56.71363	25.07143	503-329-1	10	56.686	25.64747
502-436-1	4	56.71424	25.0717	503-379-27	1	56.64739	25.60349
502-436-1	5	56.71423	25.07149	503-379-27	2	56.64781	25.6037
502-436-1	6	56.71429	25.07117	503-379-27	3	56.6474	25.60382
502-438-3	1	56.71053	25.08393	503-379-27	4	56.64711	25.60397
502-438-3	2	56.71096	25.08429	503-379-27	5	56.64762	25.60432
502-438-3	3	56.71146	25.08495	503-379-27	6	56.64734	25.60442
502-438-3	4	56.71049	25.0846	503-432-8	1	56.69392	25.68769
502-438-3	5	56.71115	25.08555	503-307-6	1	56.69774	25.54171

Audzes kods	PL Nr.	PL koordinātas LKS92		Audzes kods	PL Nr.	PL koordinātas LKS92	
		x	y			x	y
502-438-3	6	56.71018	25.08419	503-307-6	2	56.6978	25.54231
502-438-7	1	56.70832	25.08278	503-307-6	3	56.6978	25.54297
502-438-7	2	56.70858	25.08274	503-307-6	4	56.69759	25.54262
502-438-7	3	56.70916	25.08315	503-307-6	5	56.69751	25.54211
502-438-7	4	56.7082	25.08303	503-307-6	6	56.69753	25.54139
502-438-7	5	56.70883	25.08338	503-307-6	7	56.69731	25.5409
502-438-7	6	56.70918	25.08407	503-307-6	8	56.69736	25.54141
502-438-7	7	56.70841	25.08364				
502-438-7	8	56.70779	25.08327				

2019. gadā jāapseko vēl 8 jaunaudzes (Tab. 26), kurās ilglaicīgo novērojumu parauglaukumi ierīkoti 2013. gadā. Saglabājoties esošajam datu ieguves un apstrādes tempam, pētnieciskā uzdevuma empīrisko datu ieguves sadaļu un datu apstrādi varēs pabeigt jau 2019. gadā.

Tab. 26: 2019. gadā apsekojamie izmēģinājumu objekti un audžu taksācijas rādītāji 2013. gada beigās

Cirsmas kods	Meža tips	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab, ha ⁻¹	Vidējais kvadrātiskais caurmērs, cm	Vidējais koku augstums, m	Šķerslaukums, m ² ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Virszemes biomasas, tonnas ha ⁻¹	Stumbra biomasas, t ha ⁻¹	Vidējais koks, m ³
503-318-17	Dm	1,2	E	833	13,6	11,4	12,0	74,6	64,2	27,6	0,37
503-331-16	Ln	3,3	P	1051	11,4	9,5	10,8	64,2	58,3	24,7	0,04
503-331-18	Ln	0,5	P	1038	11,3	10,5	10,5	62,7	55,7	25,7	0,25
503-455-13	Dm	3,6	E	1213	10,1	9,1	9,8	56,8	43,4	20,6	0,04
503-455-14	Dm	4,3	E	1185	13,1	10,4	16,0	98,1	88,6	35,6	0,06
503-479-12	Ln	2,4	P	1045	14,8	12,8	17,9	124,5	101,7	46,7	0,15
503-481-6	Ln	1,2	E	1171	12,1	11,7	13,5	90,7	67,6	33,5	0,14
503-499-4	Dm	2,6	P	909	13,9	10,7	13,8	85,0	79,2	32,2	0,15

PRIEKŠLIKUMI DARBA UZDEVUMIEM 2019.GADĀ

Priekšlikumi darba uzdevumiem 2019. gadā apkopoti Tab. 27. Darba uzdevumos iekļauti pētījumi, kas nepieciešami attālinātas pārmitro ieplaku dešifrēšanas metodes aprobēšanai ražošanas apstākļos, kā arī jaunu izpētes metožu apgūšanai, nodrošinot attālinātu iespēju ievākt liela mēroga mežizstrādes ražīguma datus.

Tab. 27: Priekšlikumi 2018. gada darba uzdevumiem

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Izpildes termiņš
Metodikas aprobācija mitruma satura izmaiņu izpētei mežizstrādes atliekās un daļēji atzarotā sīkkoksnē	Metodikas izstrāde un aprobācija mežizstrādes atlieku un citu cietā biokurināmā veidu žūšanas un atkārtotas samirkšanas likumsakarību izpētei, izmantojot specializētu konteinertipa aprikojumu ilgstošiem mitruma satura izmaiņu novērojumiem	Metodika mitruma saturu izmaiņu raksturošanai mežizstrādes atliekās un daļēji atzarotā sīkkoksnē	2 gadi
Atbalsta rīks biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas plānošanai audzēs ar koku augstumu līdz 15 m, izmantojot AGM modeli un iepriekšējo gadu pētījumos iegūtos ražīguma un izmaksu rādītājus	Atbalsta rīka izveidošana biokurināmā un apaļo kokmateriālu ražošanas plānošanai, integrējot LVMI Silava izstrādāto augšanas gaitas modeli (AGM), ražības, izmaksu un ieņēmumu plānošanas modeli nokurināmā sagatavošanai jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēs, izmantojot veselu koku un daļēji atzarotu sīkkoku sagatavošanas tehnoloģiju	Vienādojumi augšanas gaitas, mežizstrādes ražīguma, kokmateriālu iznākuma, kā arī izmaksu un ieņēmumu analīzei, instrukcija modeļa pielietošanai	1 gads
Metodikas izstrādāšana StanFord2010 standarta formāta datu izmantošanai darba ražīguma un telemetrisko datu analīzē	StanFor2010 standarts ļauj iegūt vispusīgu datu kopu, kas raksturo mežizstrādes un pievešanas ražīgumu, tehnikas noslodzi un degvielas patēriņu. Darba uzdevuma sākotnējais mērķis ir izstrādāt un aprobēt risinājumus, kas ļauj raksturot darba ražīgumu attālināti, būtiski samazinot izpētes darbu izmaksas un mazinot ar hronometrētāja klātbūtni saistītu cilvēcisku faktoru ietekmi uz rezultātiem. Turpmākajos pētījuma etapos izpētei paredzētos risinājumus varēs adaptēt ražošanas monitoringa vajadzībām. Pētījuma ietvaros paredzēts veikt StanFord2010 faila struktūras analīzi un izveidot datorprogrammu darba laika uzskaites, degvielas patēriņa un citu telemetrijas datu analīzei, integrējot video reģistratora un StanFord2010 darba ražīguma datus, veicot attālinātu darba laika uzskaiti ražošanas apstākļos	Programmas prototips attālinātai ražīguma datu ievākšanai un analīzei, izmantojot video reģistratoru un mašīnas darba uzskaites datus	1 gads
Metodikas aprobācija ģeoradara, augšnes virskārtas mitruma mērījumu, griezes pretestības mērīšanas un penetrolģera pielietošanai augšnes nestspēju raksturojošu datu ieguvei un augšnes nestspējas prognozēšanas tabulu izstrādāšanai	Pētījuma ietvaros aprobēsim ģeoradara, griezes pretestības mērīšanas un penetrolģera pielietošanas iespējas lielu datu kopu ieguvei augšnes nestspējas raksturošanai, atkarībā no augšnes mitruma, sezonas un nogulumiežu tipa. Pētījumu veiksim smagos pievešanas apstākļos kūdreņos un purvainos, veicot atkārtotu mērījumu sērijas visā sezonas laikā. Pētījuma 2. etapā atkārtosim pētījumu uz minerālaugsnēm (āreņos un slapjajos). Izmēģinājumiem izraudzīsimies saimnieciski nozīmīgāko koku sugu audzes uz dažādiem nogulumiežiem galvenās cirtes un kopšanas cirtēm (kūdreņos) raksturīgā vecumā. Pētījuma turpmākajos etapos iegūtos rezultātus plānots integrēt ar LiDAR un Sentinel 1 datu analīzi, lai	Metodika datu ieguvei augšnes nestspējas raksturošanai, atkarībā no valdošās sugas, mitruma režīma un nogulumu tipa	2 gadi

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Izpildes termiņš
	izstrādātu vienkāršu attālinātu pievešanas apstākļu prognozēšanas sistēmu		
Meža grāvju dešifrēšanas metodes aprobēšana	Šobrīd pieejamie virszemes meliorācijas GIS dati ir nepilnīgi un mēdz saturēt telpiskas nobīdes, līdz ar to ir nepieciešams veikt uzlabojumus. Precīza meliorācijas sistēmu telpiskā informācija, tajā skaitā grāvja gultnes dziļuma raksturojums, nodrošinās iespēju apzināt meliorēto mežu platību un novērtēt šo sistēmu funkcionālo stāvokli, kā arī plānot to uzturēšanas un atjaunošanas darbības, neveicot darbietilpīgus lauka mērījumus grāvju raksturošanai. Plānotās darbības ietver meliorācijas sistēmas atpazīstošu algoritmu izstrādi un apgūšanu. Plānots izmantot LĢIA uzturētos LiDAR un ortofoto datus. Pētījuma pirmajā etapā izstrādāsim meliorācijas sistēmu telpiskos datus pilot teritorijai iecirkņa mērogā, kurā nākošajā pētījuma etapā plānots pilnveidot izstrādāto metodi	Izstrādātā metodika, meliorācijas sistēmu telpiskie dati vektoru formātā iecirkņa mēroga pilotteritorijai	2 gadi
Caurteku dešifrēšanas metodes izstrādāšana un aprobēšana	LĢIA uzturētie LiDAR dati ir pavēruši iespējas veikt augstas precizitātes Zemes virsmas reljefa analīzi dažādās ar mežsaimniecību saistītās sfērās. Tomēr mitruma režīma un ūdens aprites analīze lokālā mērogā ir apgrūtināta saistībā ar caurteku attēlojumu digitālajos reljefa modeļos. Ūdens noteces modelēšanas nolūkos nepieciešams veikt caurteku izgriešanu reljefa modelī, tomēr sakarā ar telpisko datu par caurteku izvietojumu neesamību tas šobrīd jādara manuāli. Pētījumā plānots izveidot telpiskajā analīzē bāzētus algoritmus caurteku dešifrēšanai, par pamatnosacījumu izvirzot nepieciešamību savā starpā savienot vienā virzienā tekošas secīgas ūdensteces. Plānots izmantot LĢIA uzturētos LiDAR datus. Pētījuma pirmajā etapā izstrādāsim algoritmus caurteku dešifrēšanai pilotteritorijai, kurā pētījuma 2. etapā, veicot empīriskus mērījumus, novērtēsim metodes precizitāti un galvenos nepieciešamos uzlabojumus	Izstrādātā metodika, caurteku telpiskie dati vektoru formātā pilotteritorijai iecirkņa mērogā	2 gadi
Pārmitro ieplaku karšu veidošanas algoritmu aprobēšana iecirkņa mēroga pilotteritorijā	Pēc grāvju un caurteku dešifrēšanas metodes izstrādāšanas izveidosim pārmitro vietu karti iecirkņa mēroga pilotteritorijai, izmantojot iepriekšējos pētījuma etapos izstrādāto metodi pārmitro teritoriju identificēšanai. Pētījuma nākošajā etapā empīriski noskaidrosim izstrādātās kartes precizitāti, kā arī nepieciešamos uzlabojumus, lai uzlabotu dešifrēšanas kvalitāti	Pārmitro ieplaku rastra karte pilotteritorijai	2 gadi
Automatizēta atbērtnes šķērsošanas vietas izvēles	Grāvju atbērtnes ir mākslīgi veidots paaugstinājums, kas var traucēt virszemes noteci no meža uz grāvi. Infrastruktūras veidotājiem ir	Aprobēta metodika atbērtņu izvietojuma plānošanai un objekti izstrādātās metodikas	1 gads

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Izpildes termiņš
algoritma izstrāde un aprobešana ievalku izvietojuma plānošanai virszemes ūdens noteces nodrošināšanai	nosacījums izveidot atbērtni šķērsojošas ievalkas, tomēr to atrašanās vietas tiek izvēlētas intuitīvi un tādējādi šīs ievalkas var būt neefektīvas vai arī to ierīkošana saistīta ar lielām izmaksām. Pētījumā izveidosim metodiku ievalku izvietojuma modelēšanai kvartāla vai nogabala līmenī, kas, pamatojoties uz reljefa informāciju, norādītu vietas, kurās ir nepieciešamas atbērtni šķērsojošas ievalkas.	demonstrēšanai	
Jaunaudžu kopšanas tehnoloģiskie risinājumi (h 2-4 m)	Praktisku izmēģinājumu veikšana ar vismaz 2 iekārtām mašinizēti, izmantojot mazās klases harvesteru vai nelielu kāpurķēžu ekskavatoru , Izmēģinājumi veicami apstākļos, kur rokas motorinstrumentu izmantošana būtiski sadārdzina pakalpojuma pašizmaksu. Saskaņā ar sākotnējo izpēti izmēģinājumos var izmantot Vallius darba galvu ar 3-4 asmeņiem (www.valliusforestry.com) un Bracke C.12 darba galvu. Izmēģinājumu platībās kopšana veicama ar rokas motorinstrumentiem (kontroles laukumi), izmantojot pieredzējušus pakalpojumu sniedzējus, un mašinizēti.	Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā mašinizētās jaunaudžu kopšanas ražīguma un izmaksu analīze un robežvērtības pakalpojumu sniegšanai	1 gads
2011., 2012 un 2013. gada kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildpieauguma raksturošana	2018. gada rudenī pagājuši 5-7 gadi kopš izmēģinājumu ierīkošanas un varēs noteikt krājas papildpieaugumu, 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. 2018. gadā veikta empīrisko datu ieguve iepriekš ierīkotajos ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos, tajā skaitā 2018. gada rudenī iegūtas 10 gadu pieauguma skaidas un uzsākta gadskārtu analīze. Paraugu ievākšanu un datu analīzi pabeigsim 2019. gadā. Augsnes sablīvējuma mērījumus uz tehnoloģiskajiem koridoriem koridoriem veiks izlases veidā 2019. gadā, platībās, kur konstatētas ekstremālas sablīvējuma vērtības.	Pabeigta ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu uzmērīšana aptuveni 50 ha platībā (<i>puse no kopējā prognozētā darba apjoma</i>). Ievāktas koku urbumu skaidas no aptuveni 500 kokiem (<i>līdz 10 koki parauglaukumā, vismaz 30 koki katrā mežaudzē</i>). Pabeigti lapu laukuma indeksa mērījumi visos parauglaukumos.	2 gadi
Pārmitro vietu identificēšanas un mitruma režīma izmaiņu raksturošanas metožu pilnveidošana	2018. gads bija ārkārtīgi nelabvēlīgs mitruma režīma monitoringam, pateicoties ilgstošam sausumam, kas padarīja neiespējamu mitruma režīma monitoringu, tāpēc darba uzdevumu plānots turpināt 2019. gadā. Darba uzdevuma ietvaros plānota potenciāli pārmitro vietu noteikšana, veicot sezonālo un pastāvīgo straumju analīzi . Pētījumā veicamās analīzes mērķis ir sagatavot atbalsta informāciju tehnoloģisko karšu plānošanai, kas ļautu novērst dabisko straumju aizsprostošanas mežizstrādes laikā. Iegūtā informācija papildinās priekšstatu par mitruma režīmu mežaudzēs, uzrādot vietas, kur tehnoloģisko koridoru un	Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot Latvijas apstākļiem rekomendējamus algoritmus pārmitro platību identificēšanai. Darba uzdevumi turpmākajiem etapiem.	1 gads

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Izpildes termiņš
	pievešanas ceļu izvietošana perpendikulāri dabiskajām straumēm var pasliktināt mitruma režīmu un veicināt pārpurvošanos. Darba uzdevuma īstenošanai plānots atlasīt vairākas teritorijas ar iepriekš identificētām straumju atrašanās vietām un vairākas reizes gadā novērtēt augsnes mitrumu straumes šķēsgriezumā, vienreiz sezonā nosaka kūdras biezumu.		

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

4. AS "Latvijas valsts meži". (2008). *Kopšanas ciršu rokasgrāmata*. Rīga.
5. AS Latvijas valsts meži. (2014). *Tehniskās prasības mežizstrādes tehnikai*. Rīga.
6. Glode, D., & Sikstrom, U. (2001). Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. *Silvia Fennica*, 35(1), 71–83.
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. <https://doi.org/10.15159/AR.18.207>
8. Markku, M. (1979). Makeri harvester. *Metsätehon ktsaus*.
9. Meirons, Z. (2002). *Kvartāra nogulumi. M.:1:200 000*. Valsts ģeoloģijas dienests.
10. Meirons, Z. (b.g.). Kvartāra nogulumi. No *Latvijas ģeoloģiskā karte, M 1:200 000*. Rīga: Valsts ģeoloģijas dienests.
11. Persson, P. (2012). *Mežizstrādes darbi komandā*. AM resources Oy.
12. Ussitalo, J. (2010). *Introduction to Forest Operations and Technology*.