



PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMA 2017. GADA REZULTĀTIEM

**PĒTĪJUMA
NOSAUKUMS:**

**Meža darbu mehanizācijas un meža
biokurināmā pētījumu programma**

IZPILDĪTĀJS:

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silva"

PASŪTĪTĀJS:

AKCIJU SABIEDRĪBA "LATVIJAS VALSTS MEŽI"

Līguma Nr.

5-5.9.003v-101.16.47

**PĒTĪJUMA
ZINĀTNISKAIS
VADĪTĀJS:**

**Dr. Andis Lazdiņš, LVMI Silava vadošais
pētnieks**

Salaspils, 2018

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir izstrādāt, aprobēt un ieviest praksē inovatīvas tehnoloģijas un darbu plānošanas instrumentus meža tehnikas ietekmes uz vidi mazināšanai, jaunaudžu mašīnizētas kopšanas ciršu un galvenās cirtes efektivitātes un ražīguma, koksnes resursu tehniskās un ekonomiskās pieejamības, kā arī meža vērtības palielināšanai.

Sagaidāmie rezultāti:

- i. Risinājumi konkurētspējīgai mežizstrādei mežos uz augsnēm ar mazu nestspēju;
- ii. Risinājumi mežizstrādes izmaksu un audzes bojājumu samazināšanai jaunaudžu kopšanas cirtēs un meža infrastruktūras objektu apauguma novākšanas cirtēs;
- iii. Degvielas patēriņa samazinājums mežizstrādē un biokurināmā sagatavošanā;
- iv. Ieteikumi meža apsaimniekošanas darbu plānošanas, t.sk. mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas uzlabošanai un kopšanas ciršu izmaksu samazināšanai;
- v. Kopšanas cirtēs nodarbināto meža mašīnu operatoru zināšanu novērtējums un priekšlikumi meža mašīnu operatoru apmācības pilnveidošanai;
- vi. Priekšlikumi jaunaudžu kopšanas ciršu vadlīniju pilnveidošanai;
- vii. Semināri LVM darbiniekiem un pakalpojumu sniedzējiem par pētījumu rezultātiem un atziņām.

Pētījumu programmas izpildes termiņš: 2016. gada 8. marts – 2020. gada 1. decembris.

2017. gadā pilnveidota risu mērīšanas iekārta un izgatavots jauns telemetrisko datu uzkrāšanas modulis, kas uzstādīts MeKA nomātajam Vimek harvesteram. Risu veidošanās mēriekārtu pēc izmēģinājumiem laboratorijas apstākļos uzstādīts SIA ASP Pluss pievedējtraktoram un iegūti sākotnējie dati ražošanas apstākļos. Turmākajos pētījumos iekārta jāizmēģina poligona apstākļos ar kopšanas ciršu forvarderu un ražošanas apstākļos ar galvenās cirtes forvarderu, strādājot kailcirtēs. Šajos izmēģinājumos 2018. gadā raksturosim tehnoloģisko koridoru seguma noturību un kravas lieluma ietekmi uz augsnes bojājumu intensitāti. Kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos, kur tehnoloģiskie koridori izvietoti perpendikulāri ūdens plūsmas virzienam, ierīkoti ilglaicīgu novērojumu parauglaukumi augsnes sablīvējuma ietekmes uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem novērtēšanai. Ilglaicīgi izmēģinājumu objekti ierīkoti arī grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtēšanai. Šajās platībās noteikta augsnes penetrācijas pretestību uz atbērtnes, pa kuru nav pievesti kokmateriāli, un pievešanas neskartā audzes daļā. Turpinās ūdens filtrācijas ātruma analīzes un gruntsūdens līmeņa monitorings. Šos darbus plānots pabeigt 2018. gada oktobrī. 2017. gadā turpināta pārmitro platību identificēšanas metožu aprobēšana, izmantojot LiDAR un citus datus. Kontrolētos

apstākļos pļavā uz organiskas augsnes novērtēta atbalsta ķēžu ar blīvu posmu izvietojumu ietekme uz risu veidošanos, degvielas patēriņu un augsnes sablīvējumu. Sagatavoti noslēguma ziņojumi par pievedējtraktoru Kranman un Logbear izmēģinājumiem, kā arī harvesteru Vimek darba ražīguma rezultātiem. Pētījumā novērtēts augsnes sagatavošanas ražīgums un paliekošo koku bojājumi kopšanas cirtēs, lai izstrādātu vienādojumus augsnes sagatavošanas virziena pret nogabala garenasi ietekmes uz augsnes apstrādes izmaksām un prognozējamo atstājamo koku bojājumu īpatsvaru kopšanas cirtē, ko attiecīgajā platībā veiks pēc 20-40 gadiem.

Saistībā ar aizkavēšanos risu mērītāja izgatavošanā, tikai 2018. gadā iegūsim empīriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnes atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma, apsekojot 6 ha galvenās cirtes cirsma ar ekstremāliem pievešanas apstākļiem. Izvēloties audzes ar ekstremāliem pievešanas apstākļiem, turpināti kāpurķēžu pievedējtraktora Logbear izmēģinājumus, taču izmēģinājumus vajadzēja pārtraukt sakarā ar traktora bojājumiem. 2017. gadā izmēģinājumi netika atsākti. Sadarbībā ar SIA Niedrāji salīdzinātas kausa ar pacelšanas funkciju ("tilta" kausa) izmantošanas priekšrocības un trūkumi, pievedot kokmateriālus kopšanas cirtēs, kā arī novērtētas dubultkausa un šķīrotāju iespējamās priekšrocības un trūkumi, pievedot kokmateriālus kopšanas cirtēs. Kravas lieluma ietekmi uz risu dziļumu un augsnes sablīvējumu kontrolētos apstākļos poligonā uz organiskas augsnes novērtēsim 2018. gada pavasarī, jo 2017. gadā tas nebija iespējams sakarā ar aizkavēšanos risu monitora izgatavošanā. 2017. gadā turpināta harvesteru galvas padeves veltņu radīto iespaidumu novērtēšana dažādiem kokmateriālu veidiem. Šos darbus pabeigsim 2018. gadā pēc ziemas sezonas mērījumu un ražīguma uzskaites darbu pabeigšanas. 2017. gadā izstrādāta metodika koku augstuma novērtēšanai jaunaudzēs, izmantojot LiDAR datus.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" (*LVMI Silava*) sadarbībā ar aģentūru "Meža pētīšanas stacija", SIA "Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts" u.c. uzņēmumiem. Empīrisku datu ieguvei, analīzi un starpziņojuma sagatavošanu nodrošināja LVMI Silava darbinieki M. Okmanis, G. Spalva, K. Polmanis, K. Pužuls, L.L. Krumšteds, G. Rozītis, D. Lazdiņa, G. Petaja, A. Butlers, G. Saule, Z. A. Zvaigzne, J. Ivanovs, R. Gailis, T. Štāls, K. Pužuls, A. Lazdiņš.

SUMMARY

The aim of the research is elaboration, approbation and practical implementation of innovative technologies and work planning instruments to decrease environmental impact of forest machinery and to improve efficiency of mechanized thinning of young stands, as well as the final felling; to increase productivity, technical and economic accessibility of wood resources and forest value.

The expected research results:

- Solutions for competitive logging in forests on soils with low load capacity;
- Solutions to reduce logging costs and stand damages;
- Decrease of fuel consumption in logging and preparation of biofuel;
- Suggestions for improvement of forest management planning, including preparation of technological logging maps, and decreasing thinning costs;
- Knowledge assessment of forestry machine operators, who work in thinning, and suggestions for improvement of education for forestry machine operators;
- Suggestions for improvement of guidelines of new stand thinning;
- Workshops for staff of the Joint stock company “Latvia's State forests” and service providers about research results and conclusions.

The program duration: March 8, 2016 – December 1, 2020.

During the study period in 2017 the existing equipment for ultrasonic measurement of ruts depth and acquisition of telemetric data of forwarder was improved and new unit was built to use with different forest machines to acquire data on environmental conditions, fuel consumption and geographical coordinates. The second unit is installed on Vimek harvester rented by MeKA company. Laboratory experiments with ruts depth measurement unit are planned for second half of September and then the equipment will be installed on middle class forwarder operated by ASP Pluss company. The equipment then will be tested in polygon and later in real operational conditions, where we will compare ruts formation depending from stand characteristics like dominant species, site type and load size. The load size experiments will be only implemented in the polygon. Another experiment on impact of soil compacting in strip roads on water flow is established in 6 stands, where strip roads were installed in perpendicular to dominant slope thus hampering water flow. Characteristics like soil texture, water penetration rate and soil compaction were determined in these plots. Similar experiment was established on newly build drainage ditches (3 sites), where impact of soil compaction during roundwood forwarding on water penetration rate will be determined. Another activity continued in 2017 is evaluation of different methods for classification of wet areas in

forest using high resolution LiDAR data and Sentinel II satellite image data. New type of wide and dense steel tracks was tested in polygon to compare these tracks with ECO-Baltic tracks, which is the most common type of tracks in Latvia nowadays. Final reports were elaborated on the studies about productivity of Kranman forwarder and Vimek harvester. Intermediate report on Logbear tracked forwarder was prepared and updated according to recent measurement data. Final report will be elaborated after completion of field studies in very complicated forwarding conditions. Productivity of soil scarification using disc trencher and stem damages of trees remaining after commercial thinning were determined to elaborate equations characterizing correlation between number of stem damages and number of strip-roads, which is affected by direction of soil scarification.

It is planned to continue to acquire field measurement data on soil bearing capacity depending from soil moisture, dominant species and amount of transported roundwood in 2018 in final felling sites. Stands with very low soil bearing capacity were selected for additional tests with Logbear forwarder, however the trials were not implemented due to unsolved technical issues with the forwarder. In cooperation with SIA Niedrāji impact of grip with tilt function on productivity and stem damages of remaining trees in thinning were evaluated resulting in very promising increase of productivity and reduction of damages, while grip with tilt function was used. Similarly, impact on productivity of sorting grip and additional sorters in loading compartment of forwarder in thinning were evaluated, however in this case results remains unclear and further studies in final felling and thinnings with higher density of logs are needed. Impact of load size on soil damages (rut depth and compaction) will be evaluated in 2018 in a grassland polygon with organic soil. Acquisition of field data on depth of dints in roundwood depending on type of feed rollers, stem dimensions and tree species will be also continued in winter 2018.

Research is conducted in Latvian State forest research institute “Silava” (*LSFRI Silava*) in a collaboration with agency “Forest research station”, Limited liability company “Forest and Wood Products Research and Development Institute”, Joint stock company “Latvia's State Forests” and other companies. Empirical data collection, analysis and preparation of interim report were provided by LVMI Silava staff M. Okmanis, G. Spalva, K. Polmanis, K. Pužuls, L.L. Krumšteds, G. Rozītis, D. Lazdiņa, G. Petaja, A. Butlers, G. Saule, Z. A. Zvaigzne, J. Ivanovs, R. Gailis, T. Štāls, K. Pužuls, A. Lazdiņš.

Saturs

Kopsavilkums	2
Summary.....	4
2017. gada darba uzdevumi.....	9
Darba uzdevumu izpildes gaita 2017. gadā	13
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju	13
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi.....	13
Risu mērīšanas ierīces pilnveidošana.....	13
Empīriski dati risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma.....	17
Izpētīt augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem	18
Grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums	23
Aprobēt metodiku pārmitro platību identificēšanai, izmantojot LiDAR un citus datus.....	27
Atbalsta ķēžu pētījums	33
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā	36
Pievedējtraktora Kranman Bison 10000 6WD izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā uz augsnēm ar mazu nestspēju	36
Harvestera Vimek 404 T6 izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā	37
Logbear pievedējtraktora izmēģinājumi.....	42
“Tilta” kausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē	44
Att. 21: John Deere 810 D pievedējtraktors ar greiferi ar pacelšanas funkciju.....	45
Dubultkausa un kokmateriālu šķirotāju ietekmes uz ražīgumu un kopšanas ciršu izpildes kvalitāti novērtējums	47
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs	50
Kravu lieluma ietekme uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem.....	50
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos	51
Padeves veltņu ietekme uz darba ražīgumu	51
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai	52
Empīrisku datu ieguve augsnes sagatavošanas darba ražīguma un paliekošo koku bojājumu modelēšanai.....	52
LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai.....	56
Darba uzdevumi 2018. gadā.....	66

Attēli

Att. 1: Rises dziļuma aprēķinu vizualizācija: AC – uz sāniem vērtais ultraskaņas vilnis, AB – uz leju vērtais ultraskaņas vilnis.	14
Att. 2: Cirsma atlasītais koridors sadalīts sektoros ArcMap aplikācijā.	15
Att. 3: Laboratoriskais izmēģinājums, pārvietojoties pāri diviem mākslīgiem šķēršļiem.	16
Att. 4: Rezultāti no viena analizēta pievešanas ceļa, pieņemot konstantu ultraskaņas sensoru augstumu.	17
Att. 5: Parauglaukumu izvietojums.	18
Att. 6: Objekta shēma.	20
Att. 7: Parauglaukuma piemērs (506-14-15), kurā redzami augsnes penetrācijas pretestības mērījumu rezultāti 0-40 cm dziļumā.	20
Att. 8: Ūdens filtrācijas ātruma noteikšanas paraugu un gruntsūdeņu aku izvietojuma shēma.	21
Att. 9: Parauglaukumu izvietojums.	24
Att. 10: Objekta un datu ievākšanas shēma.	25
Att. 11: Parauglaukumu izvietojums sadalījumā pa meža tipiem.	27
Att. 12: Caurteku izgriešana DEM virsmā.	28
Att. 13: Ieplaku rastra kartes piemērs.	29
Att. 14: Virsmas slīpuma rastra kartes piemērs.	30
Att. 15: Saga wetness indeksa kartes piemērs.	31
Att. 16: Rastra datu paraugošana.	32
Att. 17: Ķēžu izmēģinājumu poligona novietojums (gaiši brūnais laukums nogabala centrā).	34
Att. 18: Prognozējamā risu veidošanās dinamika, neizmantojot ķēdes.	35
Att. 19: Risu veidošanās salīdzinājums starp darba metodēm.	36
Att. 20: “Tilta” kausa (greifers ar pacelšanas funkciju) konstrukcijas un pielietošanas piemērs.	45
Att. 21: John Deere 810 D pievedējtraktors ar greiferi ar pacelšanas funkciju.	45
Att. 22: Izmēģinājumu objekta novietojums.	46
Att. 23: Škirotāji un dubultkauss.	48
Att. 24: John Deere 1110D ECO III pievedējtraktors ar greiferi, kas aprīkots ar papildus satveršanas mehānismu.	48
Att. 25: Izmēģinājumu objekta novietojums.	49
Att. 26: Ierīce vāgu dziļuma mērīšanai.	53
Att. 27: Izmantotie meža resursu monitoringa parauglaukumi.	58
Att. 28: DEM (kreisajā pusē) un DSM (labajā pusē).	59
Att. 29: Lokālie maksimumi (kreisajā pusē) un lokālo pacēlumu virsotnes (labajā pusē).	60
Att. 30: CHM modelis (kreisajā pusē) un ar kokiem klātā teritorija (labajā pusē).	61
Att. 31: Vidējais koku augstums.	63
Att. 32: Koku skaita salīdzinājums.	64

Tabulas

Tab. 1: Darba uzdevumi 2017. gadā.....	9
Tab. 2: Atlasīto audžu taksācijas rādītāji	21
Tab. 3: Dendrometriskie rādītāji izpētes laukumos	21
Tab. 4: Augsnes paraugu blīvums un granulometriskais sastāvs	22
Tab. 5: Penetrācijas pretestības mērījumi	26
Tab. 6: Pievedējtraktora pilnās masas izmaiņas atkarībā no darba metodes	35
Tab. 7: Atlasīto audžu taksācijas rādītāji	46
Tab. 8: Izmēģinājumos izmantoto mežaudžu raksturojums	49
Tab. 9: Padeves veltņu iespaidumu mērījumi vasarā.....	51
Tab. 10: Padeves veltņu iespaidumu mērījumi rudenī.....	51
Tab. 11: Padeves veltņu iespaidumu mērījumu kopsavilkums sugu un kokmateriālu veidu griezumā.....	51
Tab. 12: Augsnes sagatavošanas ražīguma datu kopsavilkums (min. ha ⁻¹)	53
Tab. 13: Manevrēšanas laiks (sek. joslai)	53
Tab. 14: Bojājumu uzskaites datu kopsavilkums.....	54
Tab. 15: Bojājumu uzskaites datu kopsavilkums.....	54
Tab. 16: Koridoru raksturojums	55
Tab. 17: Darba uzdevumi 2018. gadā.....	66
Tab. 18: Priekšlikumi darba uzdevumiem 2019. gadā, kuru uzsākšanu var īstenot jau 2018. gadā.....	70

2017. GADA DARBA UZDEVUMI

2017. gada darba uzdevumi apkopoti Tab. 1. Šajā gadā īstenotas darbības visās pētījumu programmas prioritārajās jomās, izņemot apmācības aktivitātes. Kopumā darba uzdevumi īstenoti atbilstoši pētījumu programmas laika grafikam, taču atsevišķu aktivitāšu izpildi aizkavēja tehnikas pieejamība vai nepiemēroti laika apstākļi. Aktivitātēm, kas saistītas ar tehnikas ietekmi uz augsni izpēti, mainīta metodika, pārnesot izmēģinājumus uz poligonu, kurā pētījumu var veikt kontrolētos apstākļos. Atsevišķas aktivitātes, kas saistītas ar risu veidošanās monitoru izmantošanu, saistībā ar aizkavēšanos monitoru izgatavošanā ir pārceltas uz 2018. gadu.

Tab. 1: Darba uzdevumi 2017. gadā

Darba uzdevums	Darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju			
Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi	Pilnveidot risu mērīšanas iekārtu atbilstoši 2016. gada izmēģinājumu rezultātiem	<ul style="list-style-type: none"> Pilnveidota risu mērīšanas iekārta un tās tehniskā specifikācija, tajā skaitā ultraskaņas sensoru blokiem nodrošināta bezvadu datu pārraide. Vadības modulis telemetrijas datu ievākšanai. Aprēķinu metode risu raksturošanai. 	-
	Iegūt empīriskus datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnes atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma. Mežizstrādi veic ar ķēdes motorzāģi, attālums starp pievešanas ceļiem 20 m, mežizstrādes atliekas kaudzēs	1. Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, ietverot analīzi par darba ražīguma, risu veidošanās, un grunts nestspējas likumsakarībām.	Izmēģinājumus plānots veikt tehnikas testēšanas poligonā, bet izmēģinājumus ražošanas apstākļos – 2018. gadā, veicot riu veidošanās monitoringu SIA ASP izstrādātajās cirsmais
	Izpētīt augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem. Izmērīt augsnes penetrācijas pretestību kopšanas cirtē izstrādājamās audzēs, kurās tehnoloģiskie koridori ierīkoti perpendikulāri gruntsūdeņu plūsmai. Nosaka ūdens filtrācijas ātrumu uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā audzes daļā un ierīko gruntsūdeņu akas ūdens līmeņa mērīšanai,	<ol style="list-style-type: none"> Ierīkoti izmēģinājumu objekti. Aprakstīti analīžu rezultāti. Sākotnējais ziņojums par ūdens filtrācijas ātrumu un augsnes sablīvējumu. 	Trīs mežaudzes ar mālsmits augsni (Mr un Dm meža tipi) un smilšmāla augsni (Vr un Gr meža tipi), kur mežizstrāde veikta 2016. gada vasarā (maijs - septembris)
	Grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums. Izmērīt augsnes penetrācijas pretestību uz atbērtnes, pa kuru nav pievesti kokmateriāli, un pievešanas neskartā audzes daļā. Nosaka ūdens filtrācijas ātrumu uz atbērtnes un pārējā audzes daļā un ierīko gruntsūdeņu akas ūdens līmeņa mērīšanai,	<ol style="list-style-type: none"> Augsnes sablīvējuma novērtējums pirms un pēc pievešanas. Augsnes ūdens caurlaidības mērījumu rezultāti. Sākotnējie ūdens līmeņa izmaiņu mērījumi. 	Grāvju atbērtne pie 60-80 gadus vecas E vai P audzes (As, Ap, Am meža tipi), kas nav kopta vismaz 10 gadus, kas atrodas pie no jauna izbūvēta ceļa ar grāvja atbērtni, pa kuru nav braukusi smagā tehnika. Pievedamais apjoms vismaz 300 m ³

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
	<p>Aprobēt metodiku pārmitro platību identificēšanai, izmantojot LiDAR un citus datus.</p> <p>Pētījuma ietvaros aprobēt dažādas pārmitro vietu identificēšanas metodes un salīdzināt faktiskos un teorētiskos veģetācijas raksturojuma datus, tajā skaitā izstrādāt un integrēt zemes virsmas augstuma, koku augstuma un ūdens līmeņa augstuma rastra kartes.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot Latvijas apstākļiem rekomendējamus algoritmus pārmitro platību identificēšanai. Darba uzdevumi turpmākajiem etapiem. 	Platības ar izteiktāku reljefu, āreņi un sausieņi vidēja vecuma skujkoku audzēs.
Atbalsta ķēžu pētījums	<p>Izmēģināt izplatītāko atbalsta ķēžu un nestandarta risinājumu – smagākas, bet šaurākas ķēdes ar blīvu posmu izvietojumu – pievešanā uz organiskajām augsnēm ar smagiem pievešanas apstākļiem, imitējot kopšanas cirtes darba izpildes nosacījumus galvenajā cirtē kūdrenu meža tipā lapkoku un skujkoku audzēs. Darba metodes - ECO-Baltic ķēdes uz abiem tandēmiem un <i>Koneosapalvelu</i> ķēdes uz abiem tandēmiem. Kopšanā izmantota tradicionālā darba metodes ar vienmērīgi izvietotiem pievešanas ceļiem kuru attālums ir 20 m. Pirms mežizstrādes nozāgē pamežu, ko saliek uz pievešanas ceļiem. Mežizstrādi veic ar harvesteru. Kokmateriālu veidi atbilstoši standarta darba uzdevumam. Kokmateriālu uzskaiti veic sadalījumā pa pievešanas ceļiem. Izmēģinājumam nepieciešamas 8 audzes. Katrā audzē salīdzina katru tehnikas komplektu, izmēģinājumu variantu sadalot pa koridoriem. Alternatīvs risinājums ir Latvijā izgatavoto ķēžu testēšana, tajā skaitā izmantojot ultraskaņas sensoru iekārtu risu veidošanās raksturošanai</p>	<ol style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā ietekmes uz augsni, izmaksu, degvielas patēriņa un darba ražīguma salīdzinājums 	Izmēģinājumi veikti testēšanas poligonā plavā uz kūdras augsnes, attiecīgi mainot arī izmēģinājumu metodiku.
Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (vēlīnas sastāva un agrīnas krājas) cirtēs un apauguma novākšanā.			
Pievedējtraktora Kranman Bison izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā uz augsnēm ar mazu nestspēju	Sagatavot noslēguma ziņojumu	<ol style="list-style-type: none"> Noslēguma ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, tajā skaitā tehnisko risinājumu un darba metožu izpētes rezultātu ziņojums. 	-
Harvestera Vimek 404 T6 izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā	Papildināt aprēķinus ar informāciju, kas nepieciešama ražošanas plānošanai. Sagatavot pētījuma noslēguma ziņojumu	<ol style="list-style-type: none"> Noslēguma ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem. 	-
Logbear pievedējtraktora izmēģinājumi ziemā.	Turpināt kāpurķēžu pievedējtraktora <i>Logbear</i> izmēģinājumus pievešanā no organiskām augsnēm. Kopšanā izmantota darba metodes ar vienmērīgi izvietotiem pievešanas ceļiem. Mežizstrādes atliekas un pamežs kaudzēs, ko pieved ar <i>Logbear</i> . Apaļo kokmateriālu sagatavošanas prasības un skaits atbilstoši AS "Latvijas Valsts meži" darba uzdevumam. Cirsma izstrāde - mašīnizēti vai ar BMZ. Audzēm, kurām tas pieejams, noskaidro risu veidošanās un iepaklu izvietojuma sakarības	<ol style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma 2016. un 2017. gada rezultātiem – darba ražīgums un kokmateriālu pievešanas izmaksas. 	3 audzes, Kp, Ks, valdošā suga – skujkoki, kopšanas cirtē, līdz 2 ha (kopā 300 m ³), pievešanas ceļa garums līdz 300 m.
Tilta kausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē.	<p>Salīdzināt standarta un tilta kausu izmantošanas priekšrocības un trūkumus, pievedot kopšanas cirtē izstrādātus kokmateriālus:</p> <ol style="list-style-type: none"> ar tilta funkciju aprīkota kausa un standarta kausa izmēģinājumus veic vienās un tajās pašās audzēs. Kausus montē uz viena un tā paša pievedējtraktora, izmēģinājumiem piesaistot vienus un tos pašus pievedējtraktora operatorus; izmēģinājumi notiek uz sausām minerālaugsnēm, lai pievešanas apstākļi neradītu papildus ietekmi uz darba ražīgumu; 	<ol style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem – paliekošo koku bojājumi, darba ražīgums un kokmateriālu pievešanas izmaksas. Priekšlikumi darba metodes ieviešanai praksē. 	3-4 audzes (kopā 10 ha), sausieņi (Mr, Ln, Dm), vecums līdz 40 gadiem, valdošā suga E vai P (vismaz 70%), plānota 1. krājas kopšanas cirtē, pievešanas ceļa garums līdz 500 m.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
	<p>3. pēc pievešanas nosaka audzē paliekošo koku bojājumu apjoms un jāizanalizē šo bojājumu cēloņi.</p> <p>Pētījums ietver:</p> <ul style="list-style-type: none"> aktīvo datu ieguves fāzi, kas notiek pavasarī un ietver darba laika uzskaiti, pievestā apjoma novērtēšanu, paliekošo koku bojājumu uzskaiti; monitoringu ražošanas apstākļos tilta mehānisma izturības novērtēšanai. <p>Darba metodes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Standarta greifera satvērējs Standarta greifera satvērējs ar tilta kausa funkciju. <p>Katrai darba metodei katrā audzē nepieciešami 2 tehnoloģiskie koridori.</p>		
Dubultkausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē, izmantojot kravas šķirotājus	<p>Salīdzināt dubultkausa un standarta kausa izmantošanas priekšrocības un trūkumus, piedodot kopšanas cirtē izstrādātus kokmateriālus un izmantojot kravas šķirotājus:</p> <ul style="list-style-type: none"> dubultkausa un standarta kausa izmēģinājumus veic vienās un tajās pašās audzēs. Kausus montē uz viena un tā paša pievedējtraktora, izmēģinājumiem piesaistot vienus un tos pašus pievedējtraktora operatorus. Pirms izmēģinājumu uzsākšanas operatoram 2 nedēļas jāadaptējas jaunajai darba metodei; izmēģinājumi veicami uz sausām minerālaugsnēm, lai pievešanas apstākļi neradītu papildus ietekmi uz darba ražīgumu; pētījuma aktīvā, jeb datu ieguves fāze, notiek vasarā un ietver darba laika uzskaiti, pievestā apjoma novērtēšanu, paliekošo koku bojājumu uzskaiti kopšanas cirtē; pēc pievešanas nosaka audzē paliekošo koku bojājumu apjomu un izanalizē šo bojājumu cēloņus. <p>Darba metodes kopšanas cirtē:</p> <ol style="list-style-type: none"> Standarta greifera satvērējs, pievedējtraktors aprīkots bez šķirotājiem Standarta greifera satvērējs, pievedējtraktors aprīkots ar šķirotājiem Dubultais greifera satvērējs, pievedējtraktors aprīkots bez šķirotājiem Dubultais greifera satvērējs, pievedējtraktors aprīkots ar šķirotājiem. <p>Katrai metodei 2 tehnoloģiskie koridori katrā cirsma.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem – darba ražīgums un kokmateriālu pievešanas izmaksas. Priekšlikumi harvesteru darba metožu pilnveidošanai, lai palielinātu dubultkausa un šķirotāju efektivitāti. 	3-4 audzes (kopā 10 ha), sausieņi vai āreņi (Mr, Ln, Dm, As), vecums līdz 40 gadiem, valdošā suga E vai P (vismaz 70%), plānota 2. vai 3. krājas kopšanas cirte, pievešanas ceļa garums līdz 500 m.
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs.			
Kravu lieluma ietekme uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem kopšanas cirtēs.	Veikt pētījumu nogabalā ar sliktu augsnes nestspēju (<i>uz organiskas augsnes</i>) un sagatavot noslēguma ziņojumu. Mežizstrāde ar harvesteru, pievešanā 3 metodes – 50, 75 un 100% kravas piepildījums.	<ol style="list-style-type: none"> Ziņojums par izmēģinājuma rezultātiem, Ieteikumi pētījuma rezultātu ieviešanai praksē, Prezentācija AS “Latvijas valsts meži” darbiniekiem. 	Izmēģinājumu plānots veikt testēšanas poligonā uz kūdras augsnes, vienlaicīgi veicot risu dziļuma mērīšanas aprīkojuma izmēģinājumus.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Darba uzdevums	Darbības un metodika	Sagaidāmie nodevumi	Nepieciešamās audzes
Padeves veltņu ietekme uz darba ražīgumu.	Novērtēt harvesteru galvas padeves veltņu (gan standarta, gan saudzīgo) radītos iespaidumus dažādiem kokmateriālu veidiem, uzmērot tos ar parauglaukumu metodi dažādās galvenās cirtes un kopšanas cirtes cirsīs. Ņemt vērā arī gadalaika ietekmi. Sīkāk darāmo darbu izvērsums savstarpēji saskaņojams pētījuma gaitā. prd failu analīze LVM, Niedrāji, galvenā un krājas cirte. Mēris vai nu LVM vai mēs. Rūpnīcā I krava ar mietiem Seminārā arī par padeves veltņiem. Izmēģinājumos veicama darba laika uzskaitē atsevišķās platībās, lai sinhronizētu automātiskās un manuālās darba laika uzskaites datus, uz lauka veicama bojājumu uzskaitē.	1. Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, tajā skaitā padeves veltņu tipa un bojājumu sakarībām krājas kopšanas un galvenajā cirtē.	6 cirsas galvenajā cirtē un 8 cirsas kopšanas cirtē darbam ar saudzīgajiem padeves veltņiem un 5 cirsas (2 GI un 3 KKC) parasto padeves veltņu kontroles datu iegūšanai.
Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai.			
Empīrisku datu ieguve augsnes sagatavošanas darba ražīguma un bojājumu modelēšanai.	Uzskaitīt augsnes gatavotāju darba laiku un noteikt audzē palikušo koku bojājumu telpisko izvietojumu. Raksturot, kādu kopējo ietekmi uz darba ražīgumu un potenciālajiem ieguvumiem un/vai zaudējumiem mežizstrādē rada augsnes gatavotāja kustības virziena maiņa attiecībā pret nogabala garenasi. Visās platībās nosaka arī mineralizēto laukumu, izmantojot aerofotouzņēmumus	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā: a) augsnes gatavotāja manevrēšanas ietekme uz darba ražīgumu un paliekošo koku bojājumu izvietojumu (koridoru galos un pārējā audzes daļā); b) augsnes gatavotāja darba ražīguma prognozēšanas modelis.	10 ha, tajā skaitā puse platību Vr, Gr meža tipā, no kurām 50% platību veikta zaru izvešana, un puse platību Ln, Dm meža tipā, no kurām 50% platību veikta zaru pievešana
	Pētnieciskais uzdevums ir noskaidrot kopšanas cirtē atstājamo koku bojājumu izvietojuma (koridoru galos un pārējā audzes daļā), kā arī koridoru garuma un bojāto atstājamo koku skaita sakarības, lai ar iegūtajiem datiem raksturotu augsnes gatavotāja darba virziena maiņas ietekmi uz atstājamo koku bojājumu intensitāti.	1. Vienādojumi bojājumu apjoma raksturošanai, atkarībā no koridoru garuma un skaita.	2016. gada kopšanas cirtes skujkoku audzēs sausieņu meža tipos, kuru garākā mala ir vismaz 300 m un robojums nepārsniedz 30%. 4.-6. desmitgades egļu audzes Dm un Vr meža tipā un 4.-7. vecuma desmitgades priežu audzes Ln un Mr meža tipā, 15 ha priedes un 15 ha egles audzes ar savienotiem tehnoloģiskajiem koridoriem un tikpat liela audžu platība ar nesavienotiem koridoru galiem.
LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai	Pilnveidot metodes biokurināmā ieguvei piemērotu audžu atlasīšanai, izmantojot LiDAR datus, tajā skaitā: • atlasīt dažāda vecuma skujkoku un lapkoku audzes, izmantojot 2016. gada un citu gadu pētījumos izmantotās jaunaudžu atlases datu kopas; • iegūt empīriskus datus audzes vidējā koku faktiskā augstuma un no lāzerskenēšanas datiem interpolētā koku augstumu salīdzināšanai dažāda vecuma skujkoku un lapkoku audzēs; • noteikt audžu vidējā koka augstumus, interpolējot lāzerskenēšanas datus un salīdzināt tos ar rezultātiem, kas iegūti, vidējā koka augstumu nosakot ar instrumentālās uzmērīšanas metodēm.	1. Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot vienādojumus datu interpolēšanai un koku augstuma pieauguma ekstrapolēšanai.	-

DARBA UZDEVUMU IZPILDES GAITA 2017. GADĀ

Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju

Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi

Risu mērīšanas ierīces pilnveidošana

Darba uzdevums 2017. gadā ir pilnveidot risu mērīšanas iekārtu atbilstoši 2016. gada izmēģinājumu rezultātiem, tajā skaitā aprīkot vadības bloku ar iekšēju barošanas avotu, kas nodrošinātu elektroenerģijas padevi īslaicīgu ķēdes pārrāvumu gadījumā, kā arī signalizētu par elektroenerģijas padeves traucējumiem. Sensoru bloki aprīkoti ar bezvadu datu pārraides iekārtām un autonomiem barošanās avotiem, kā arī nodrošināta iespēja mainīt sensoru novietojuma leņķi. Sagaidāmais rezultāts 2017. gadā ir pilnveidota risu mērīšanas iekārta un tās tehniskā specifikācija, tajā skaitā aprēķinu metode risu veidošanās procesa raksturošanai un papildus vadības modulis telemetrijas datu ievākšanai.

Iekārtas testētas citu darba uzdevumu ietvaros ([Empīriski dati risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma](#) un [Kravu lieluma ietekme uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem kopšanas cirtēs](#)), vispirms iegūstot reprezentablu datu kopu izstrādāto vienādojumu pārbaudei kontrolējamos apstākļos. Risu mērīšanas iekārtas 2017. gadā uzstādītas SIA ASP Pluss pievedējtraktoram John Deere 810, kā arī kāpurķēžu pievedējtraktora prototipam Ponsse Buffalo OnTrack; savukārt, telemetrijas datu ievākšanas bloka funkcionalitāte pārbaudīta ar MeKA nomāto Vimek harvesteru. Risu mērīšanas bloks plānots pārbaudīts kontrolējamos apstākļos ar mākslīgiem noteikta augstuma šķēršļiem un pēc tam arī kopšanas cirtē, taču kopšanas cirtei specifiskie apstākļi (rises izraudzītajās cirmās faktiski neveidojās) nesniedza datus matemātiskajai analīzei noderīgus datus, apstiprinot manuālos mērījumos iegūto atziņu, ka cirmā nav risu, jo atšķirība starp zemes virsmas augstumu uz treilēšanas ceļa būtiski neatšķiras no augstuma ārpus treilēšanas ceļa.

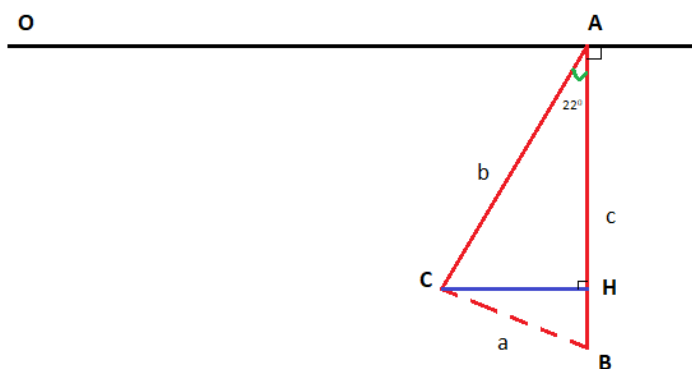
Sensoru bloka pārbūvi veica SIA "Mītavas roboti". Visus 2017. gada rudens mēnešus turpinājās jauno iekārtu adaptēšana ražošanas apstākļiem un kļūdu novēršana, kas radīja aizkavēšanos darbu izpildē.

2017. gadā izstrādāta vienādojumu kopa risu dziļuma un izvietojuma analīzei. Datu bāzes analīze un matemātiskie aprēķini ir veikti *Microsoft Excel 2016* vidē, papildus izmantojot *ArcMap* aplikācijā sagatavotos slāņus un datu tabulas. Datu analīze sastāv no četrām daļām:

- ģeometriskās analīzes;
- braucienu analīzes;
- telpiskās analīzes;
- nenoteiktības aprēķina.

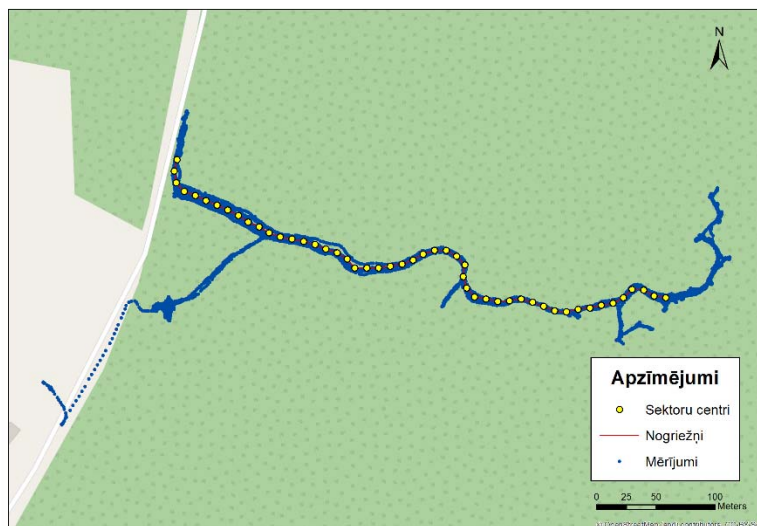
Risas dziļumu aprēķina katram blokam atsevišķi, kā rezultātā katrā aprēķinā izmanto vienam blokam piederošus 2 ultraskaņas sensorus (kopā tie ir 4) un iegūs 2 rezultātus. Risas dziļuma aprēķināšanai izmanto uz sāniem vērsta ultraskaņas viļņa garuma reizinājums ar kosinusa leņķi starp abiem sensoriem, no kura atņemts uz leju vērsta viļņa garums (Att. 1, 1. vienādojums, skats no pievedējtraktora aizmugures).

$$AC \cos(\angle BAC) - AB \quad (1)$$



Att. 1: Risas dziļuma aprēķinu vizualizācija: AC – uz sāniem vērstais ultraskaņas vilnis, AB – uz leju vērstais ultraskaņas vilnis.

Datu telpiskai analīzei mērījumus apvieno sektoros, ko veido apļveida poligoni ar noteiktu rādiusu, attiecīgi, katram mērījumam piešķir sektora un pārbrauciena numuru, kas atkarīgs no pieņemta katra nākošā brauciena sākuma laika. Piemērā Att. 2 redzams maģistrālais ceļš, kurš ir sadalīts 50 sektoros. Sektoru lielumu var noteikt atbilstoši datu kvalitātei – cik derīgi mērījumi iegūti izmēģinājumos. Pēc sektoru un brauciena numura piešķiršanas veic braucienu analīzi. Visiem mērījumu punktiem, kam nav kvalitatīvi dati par risām, bet ir degvielas patēriņa un citu mērījumu dati, piešķir sektora un brauciena kodu atbilstoši minimālajam un maksimālajam mērījumu laikam atbilstošajā sektorā, nodrošinot to, ka visiem datiem ir piešķirta sektora un brauciena pazīme.

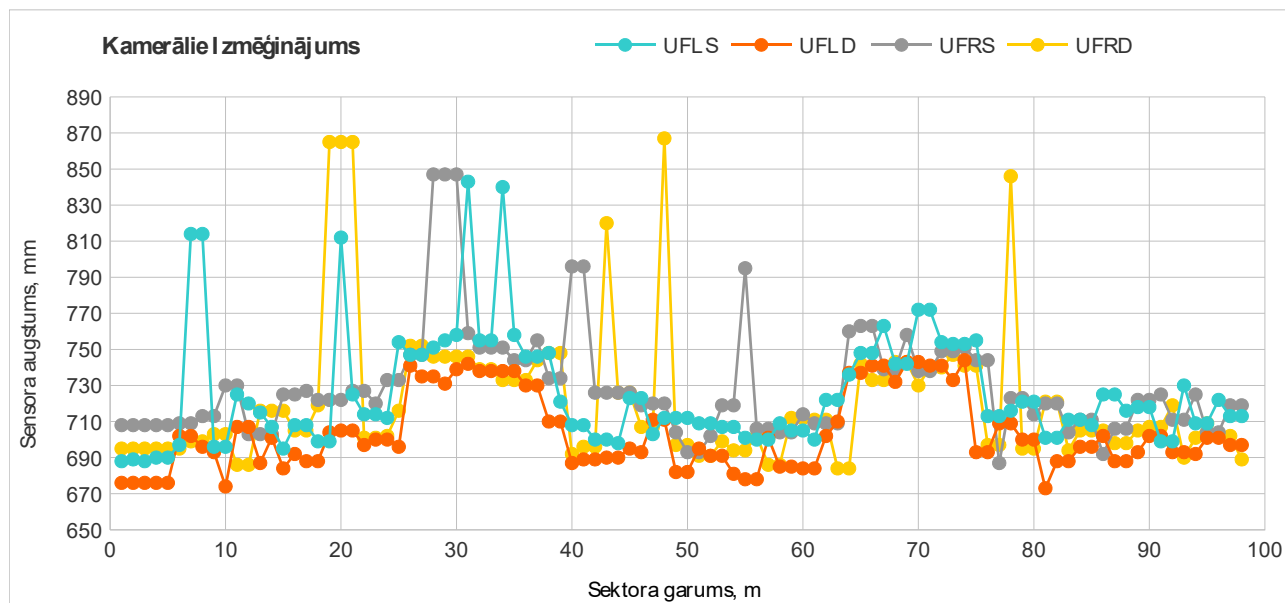


Att. 2: Cirsma atlasītais koridors sadalīts sektoros ArcMap aplikācijā¹.

Telpiskajā analīzē katram sektoram aprēķina mērījumu skaitu, patērēto degvielu, nobraukto attālumu, vidējo ātrumu, risu dziļumu virs noklusējuma vērtības, kā arī risu vidējo dziļumu ultraskaņas sensoru bloku griezumā. Analizējot sektoru datus, raksturo katru pievesto kravu un risu veidošanās dinamiku audzē.

Laboratoriski izmēģinājumi tika veikti 2017. gada rudenī, ar mākslīgiem zināma augstuma šķēršļiem, lai novērtētu datu precizitāti un pārbaudītu aprēķinu vienādojumus. Sensoru bloku darbība pārbaudīta gan pēc reāllaika novērojumiem, gan arī veicot testa braucienus kontrolētā vidē. Testa braucienos iegūtā datu kvalitāte ir apmierinoša un nekādi darbības traucējumi netika konstatēti. Laboratoriskajos izmēģinājumos, risu mērīšanas sistēmai pārvietojoties pāri mākslīgi izveidotiem šķēršļiem, attālums līdz zemes virsmai palielinās (apmēram par 50 mm), kas atbilst šķēršļa patiesajam augstumam (Att. 3).

¹ Kartes pamatnē OpenStreetMap



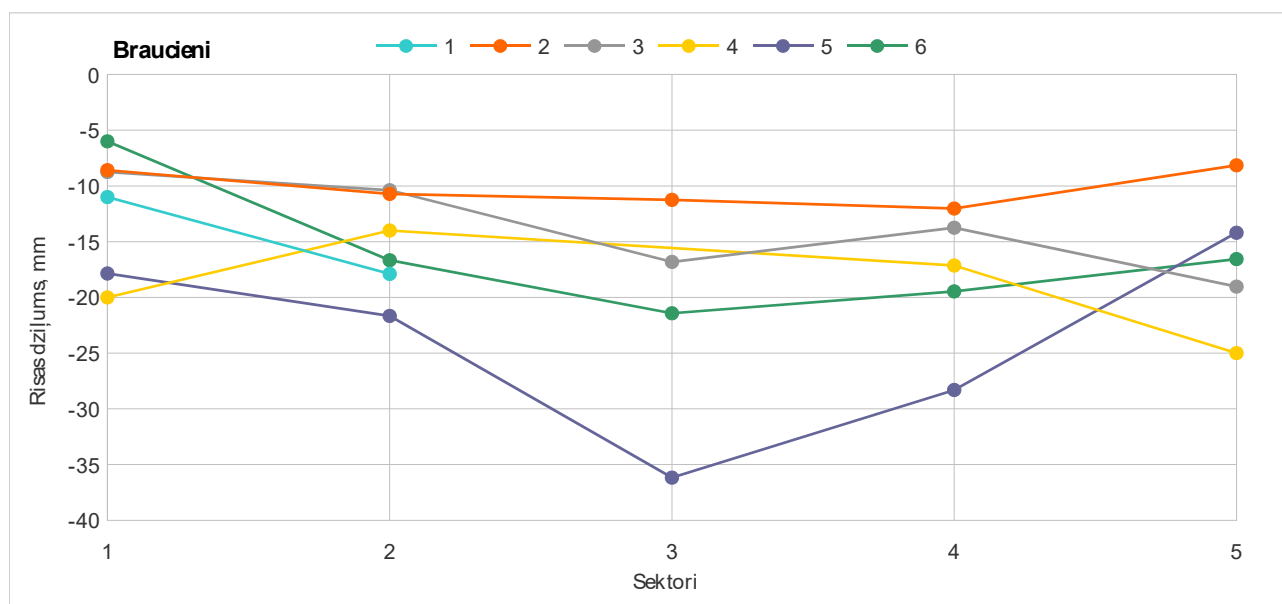
Att. 3: Laboratoriskais izmēģinājums, pārvietojoties pāri diviem mākslīgiem šķēršļiem².

Pēc veiksmīgiem laboratoriskajiem izmēģinājumiem risu uzmērīšanas sistēma uzstādīta SIA ASP Pluss pievedējtraktoram John Deere 810, lai pārbaudītu sistēmas darbību praksē. Izmēģinājuma laikā ievākto datu kvalitāte ir mazāka nekā plānots – konstatēta problēma ar signāla raidīšanu un uztveršanu starp sensoru blokiem un vadības bloku, kas atrisināta, pievienojot papildus ārējo antenu.

Datu ievākšanas laikā tika secināts, ka ultraskaņas sensoru darbības kvalitāti būtiski ietekmē virsma un tās leņķis attiecībā pret sensoru blokiem, kā rezultātā samazinājās aprēķinos izmantojamais derīgais datu apjoms. Neskatoties uz nekvalitatīvo datu īpatsvaru, pēc to filtrācijas ir novērojama risu veidošanās dinamika.

Risu dziļuma aprēķināšanai izmantotas 2 metodes: pieņemot, ka ultraskaņas sensoru augstums ir konstants; veicot aprēķinus starp abiem (leju un uz sāniem vērsta) sensoriem. Izmantojot konstantu ultraskaņas sensoru augstumu, iegūti viendabīgāki rezultāti, jo uz leju vērsta ultraskaņas sensora mērījumus var ietekmēt risā esošais ūdens un dubļi, laika apstākļi, gan arī citi ultraskaņas izplatību ietekmējoši faktori. Kvalitatīvo datu apjomu pēc to filtrācijas lauka apstākļos (uz pievedējtraktora) būtiski samazinās, kā rezultātā pagaidām vēl nevar salīdzināt risu dziļumus matemātiski pēc katra brauciena, taču var gūt priekšstatu par risu veidošanās kopēju tendenci un vidējo risu dziļumu. Apskatītajā piemērā krasi atšķirīgi dati iegūti piektajā braucienā, kur risas dziļums pievešanas ceļa vidusdaļā ir fiksēts ievērojami lielāks nekā pārējos braucienos, kas varētu būt skaidrojams ar pievedējtraktora sasvēršanos, jo tehnikas novietojums pret zemes virsmu (x, y, z plaknes) aprēķinos netika ņemts vērā; kā arī iespēju, ka traktors pārvietojies pa blakus esošajām risēm pēdējā braucienā (Att. 4).

² UFLS – kreisais uz sānu vērsta ultraskaņas sensors; UFLD – kreisais uz leju vērsta ultraskaņas sensors; UFRS – labais uz sānu vērsta ultraskaņas sensors; UFRD – labais uz leju vērsta ultraskaņas sensors.



Att. 4: Rezultāti no viena analizēta pievešanas ceļa, pieņemot konstantu ultraskaņas sensoru augstumu.

Izmēģinājumus turpināsim 2018.gadā poligonā ar kūdrainu augsni pētījumu [Empīriski dati risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma](#) un [Kravu lieluma ietekme uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem kopšanas cirtēs](#) ietvaros. Īpašu uzmanību pievēršim tam, kā mainās iegūto datu kvalitāte, atkarībā no ultraskaņas sensoru uzstādītajiem leņķiem un atstarojošās virsmas, pagriežot uz āru arī perpendikulāri uz leju vērsto sensorus. Tāpat meklēsim tehniskos risinājumus datu kvalitātes uzlabošanai, piemēram, nomainot sensorus vai aprīkojot tos ar filtriem traucējošo signālu slāpēšanai. 2018. gadā pilnveidosim telpisko datu apstrādes metodi, lai varētu izvērtēt katru pievesto kravu, kā arī pilnveidot datu apstrādes metodi, to maksimāli automatizējot. 2018. gadā analizēsim datus, kas iegūti no Vimek harvesterā uzstādītā telemetrisko datu uzkrāšanas bloka. 2018.gadā sagatavosim pētījumu noslēguma ziņojumu, iekļaujot tajā 2017. un 2018.gada izmēģinājumu rezultātus.

Empīriski dati risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma

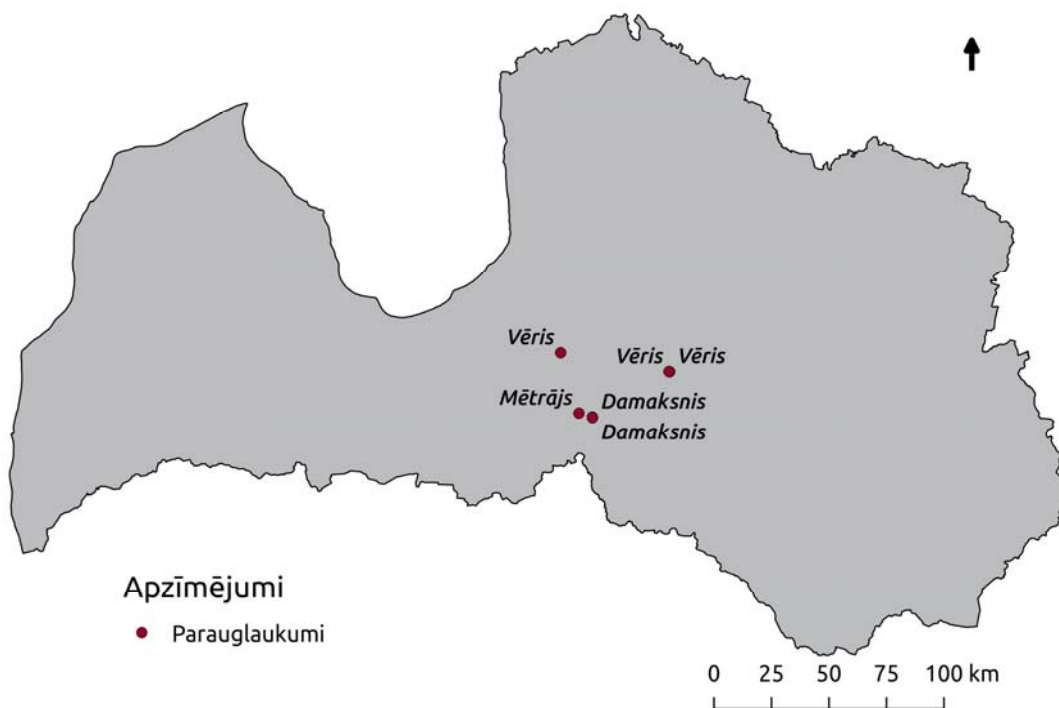
Pētījuma ietvaros sākotnēji plānojām iegūt datus risu veidošanās un zaru ceļu seguma noturības raksturošanai organiskās augsnēs atkarībā no augsnes mitruma, valdošās sugas un pārvesto kokmateriālu apjoma. Ņemot vērā 2016. gada izmēģinājumu rezultātus, kā arī datus, kas iegūti, salīdzinot dažādas ķēdes pļavā ar organisku augsni, secināts, ka korekta rezultāta iegūšanai izmēģinājums jāveic poligonā, kur rezultātus neietekmē operatora ieradumi un neviendabīgi darba apstākļi. Turpmākajos pētījuma etapos poligonā iegūtās atziņas pārbaudīsim praksē, salīdzinot tehnoloģisko koridoru nestspēju 2017. gadā izstrādātās cismās un veicot praktiskus izmēģinājumus skujkoku un

lapkoku audzēs ar smagiem un ekstrēmiem pievešanas apstākļiem, tajā skaitā 3 ha E audzes (E vismaz 50%) Ks vai Kp un 3 ha P vai B audzes Nd, Db vai Lk meža tipos, pievešanas ceļa garums līdz 500 m, cirsmas platība vismaz 1 ha, Zemgales, Vidusdaugavas vai Ziemeļkurzemes reģions (kopējais pievesto kokmateriālu apjoms 600 + 400 m³). Mērījumus veiks galvenās cirtes cirmās ar ekstrēmiem pievešanas apstākļiem.

Izpētīt augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem

Pētījuma ietvaros novērtēs augsnes sablīvējuma ietekmi uz ūdens filtrācijas ātrumu mežaudzēs, kur tehnoloģiskie koridori ierīkoti perpendikulāri gruntsūdens plūsmai. 2017. gadā ierīkoti 6 izmēģinājumu objekti, kuros ievākti paraugi ūdens filtrācijas ātruma noteikšanai uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā audzes daļā, raksturotas augsnes fizikālās īpašības, tajā skaitā ūdens filtrācijas ātrums un ierīkotas gruntsūdens akas pastāvīgai ūdens līmeņa mērīšanai. Augsnes analīzes veic Latvijas Universitāte.

Pētījuma ietvaros ierīkoto izmēģinājumu objektu izvietojums parādīts Att. 5.



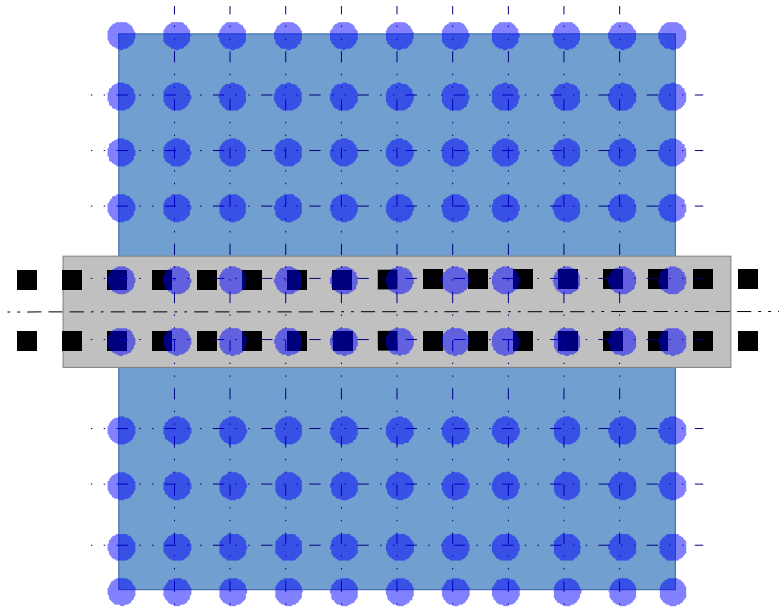
Att. 5: Parauglaukumu izvietojums.

Darba uzdevumi, kas izpildīti 2017. gadā:

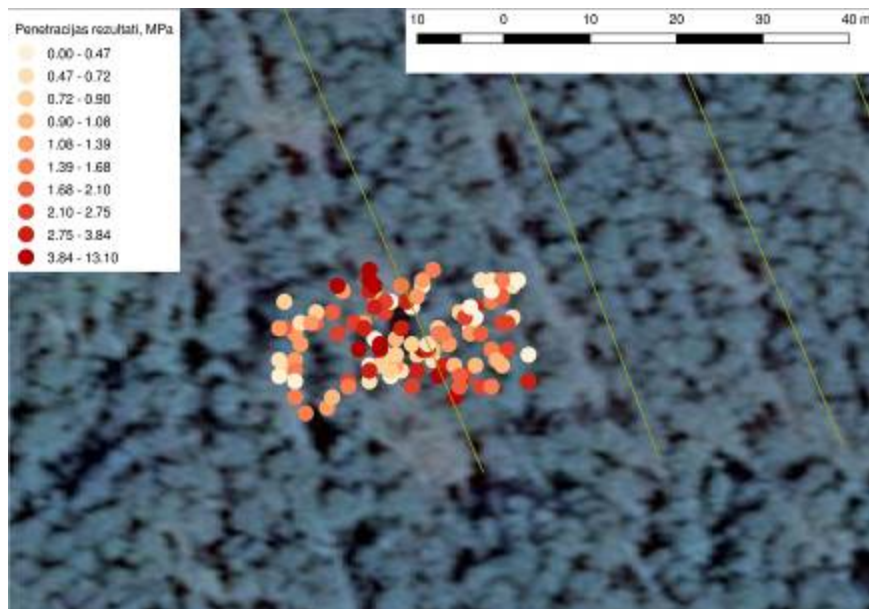
1. izveidoti izpētes objektu digitālie reljefa modeļi (DEM) un noteikts augsnes ūdens plūsmas virziens, identificējot platības, kurās tehnoloģiskie koridori var aizkavēt augsnes ūdens plūsmu;

2. noteikti mežaudžu taksācijas rādītāji ūdens plūsmas monitoringa objektos, ierīkojot 40 x 40 m lielus taisnstūrveida parauglaukumus (Att. 6), kas ietver ūdens plūsmas mērījumu vietu un 10 m platu buferjoslu ap tiem. Parauglaukumos noteikts visu par 4 cm resnāko koku caurmērs un 10 koku augstums augstumliknes izstrādāšanai. Taksācijas rādītāju ekstrapolēšanai noteikts tehnoloģiskā koridora platums mērījumu vietā;
3. noteikta augsnes penetrācijas pretestība katrā izmēģinājumu objektā, veicot mērījumus uz koridora un abpus koridoram. Katrā objektā ierīkots viens 20 x 20 m liels parauglaukums, kura centrālā ass iet caur tehnoloģiskā koridora centru. Augsnes penetrācijas pretestības mērījumi veikti ik pēc 2 m, veidojot regulāru mērījumu tīklu (Att. 6). Katrā parauglaukumā veikts 121 mērījums. Mērījumi veikti 1 atkārtumā katrā punktā. Mērījumu rezultātu piemērs redzams Att. 7;
4. pēc penetrācijas pretestības uzmērīšanas petrologera neskartā platībā uz tehnoloģiskā koridora un 6 m attālumā no tehnoloģiskā koridora centra 3 atkārtojumos ievākti 100 cm³ lieli nesajaukti paraugi augsnes ūdens caurlaidības mērīšanai (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm dziļumā). Paraugiem, kas ievākti abpus tehnoloģiskajam koridoram piezīmēts, vai tie ievākti augšpus vai lejpus ūdens plūsmas virzienam (Att. 8);
5. ievāktie augsnes paraugi nodoti Latvijas Universitātes laboratorijai ar mērķi noteikt ūdens filtrācijas ātrumu;
6. LVMI Silava laboratorijā paraugiem noteikti tādi rādītāji kā augsnes blīvums un granulometriskais sastāvs;
7. parauglaukumos, kuros noteikta augsta gruntsūdens līmeņa klātbūtne, ūdens līmeņa monitoringa nolūkos ierīkotas 1,5 m dziļas gruntsūdens akas. Akas ierīkotas abpus tehnoloģiskajam koridoram;
8. gruntsūdens aku relatīvais augstums ir noteikts ar nivelēšanas metodi. Uzmērīšana veikta, lai precīzāk noteiktu gruntsūdens svārstības.

Ūdens līmeņa mērītāji uzstādīti sadarbībā ar LLU speciālisti Ingu Grīfeldi. Turpmāk ūdens līmeņa mērījumus veiks sadarbībā ar LLU, kopīgi sagatavojot zinātnisku publikāciju par iegūtajiem rezultātiem. Augsnes filtrācijas ātruma analīzes veic LU speciālisti. Šo darbu deleģēšana saistīta ar finansējuma piešķiršanas zinātniskās izpētes infrastruktūras attīstībai aizkavēšanos.

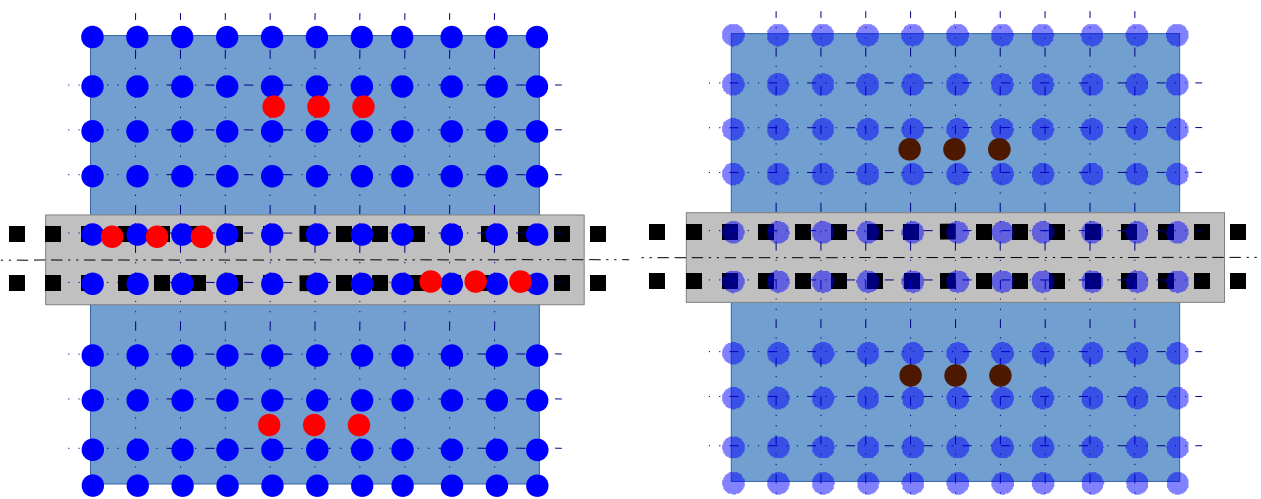


Att. 6: Objekta shēma³.



Att. 7: Parauglaukuma piemērs (506-14-15), kurā redzami augsnes penetrācijas pretestības mērījumu rezultāti 0-40 cm dziļumā.

³ Zilais kvadrāts iezīmē parauglaukuma robežas, pelēkais taisnstūris ir tehnoloģiskais koridors ar ar tumšākā krāsā iezīmētām traktora sliedēm, bet zilā krāsā iezīmētie punkti ir augsnes penetrācijas pretestības mērījumu vietas.



Att. 8: Ūdens filtrācijas ātruma noteikšanas paraugu un gruntsūdeņu aku izvietojuma shēma⁴.

Izmēģinājuma atlasīto audžu taksācijas rādītāji doti Tab. 2. Trīs mežaudzes ir platībās ar mālsmilts augsni (Mr un Dm meža tipi) un 3 audzes platībā ar smilšmāla augsni (Vr un Gr meža tipi). Mežizstrāde veikta 2016. gada vasarā (maijs – septembris).

Kokaudzes dendrometriskie rādītāji izpētes parauglaukumos, ieskaitot 10 m platu buferjoslu, doti Tab. 3.

Tab. 2: Atlasīto audžu taksācijas rādītāji⁵

Atslēga	Platība, ha	Meža tips	Bonitāte	Valdošā suga	Vecums	Vidējā koka augstums, m	Vidējā koka caurmērs, cm	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
70-22-07-503-148 18-0	1,8	Vr	1a	E	53	24	29	25	285
70-22-07-503-149 13-0	2,1	Vr	1a	E	53	24	26	24	273
80-29-07-501-224 6-0	3,8	Vr	1a	E	28	13	15	18	133
80-29-07-505-93 11-0	5,4	Mr	1	P	51	20	19	26	247
80-29-07-506-14 15-0	3,1	Dm	1a	P	68	27	28	23	279
80-29-07-506-14 7-0	1,2	Dm	1a	P	68	28	29	26	326

Tab. 3: Dendrometriskie rādītāji izpētes laukumos

Saisinātā atslēga ⁶	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka augstums, m	Valdaudzes vidējā koka augstums, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējais koks, m ³
501-224-6	E	700	22	20	23	27	262	0,375
503-148-18	E	450	32	26	27	37	451	1,003
503-149-13	E	350	34	27	27	33	415	1,185
505-93-11	P	450	23	22	22	19	196	0,435
506-14-15	P	500	32	30	31	42	577	1,154
506-14-7	P	450	26	25	26	26	298	0,662

⁴ Sarkanā krāsā iezīmētie punkti ir ūdens filtrācijas ātruma noteikšanas vietas, tumši brūnā krāsā (labajā pusē) iezīmētas gruntsūdeņu akas.

⁵ Atbilstoši datubāzei MEDUS.

⁶ Kvartālu apgabals – kvartāls – nogabals.

Datu ieguves process, kas ietver augsnes risu veidošanās procesa izvērtējumu, ievāktu augsnes paraugu analīzi un telpisko datu analīzi, ir izpildes stadijā. Augsnes blīvuma un granulometriskais sastāva analīžu rezultātu kopsavilkums dots Tab. 4.

Tab. 4: Augsnes paraugu blīvums un granulometriskais sastāvs

Data	Objekts ⁷	Dziļums, cm			
		0-10	10-20	20-40	40-80
Augsnes blīvums, kg m ⁻³	501-224-6	1132,6	1478,4	1691,0	1686,3
	503-148-18	993,7	1299,0	1458,2	1609,0
	503-149-13	1164,0	1347,0	1543,0	1673,8
	503-93-11	1527,4	1479,6	1337,4	1186,5
	506-14-15	1556,8	1434,7	1289,2	1269,4
	506-14-7	1545,1	1355,3	1347,1	528,4
Augsnes skeleta frakcija (> 2 mm, %)	501-224-6	0,2	0,1	0,0	0,2
	503-148-18	0,4	0,7	1,0	1,3
	503-149-13	0,5	0,5	1,9	7,6
	503-93-11	0,0	0,0	0,0	0,0
	506-14-15	0,0	0,0	0,0	0,0
	506-14-7	0,0	0,0	0,0	0,0
Smilšu frakcija (2mm – 63 μm, %)	501-224-6	43,6	43,3	29,3	27,0
	503-148-18	60,0	60,4	62,8	59,7
	503-149-13	62,2	59,7	61,7	69,2
	503-93-11	98,0	95,5	95,2	93,3
	506-14-15	97,9	97,3	96,4	95,7
	506-14-7	99,3	98,6	98,0	96,4
Putekļu frakcija (63 – 2μm, %)	501-224-6	46,2	41,3	47,5	54,3
	503-148-18	30,6	30,8	29,0	22,8
	503-149-13	28,0	32,1	31,4	18,9
	503-93-11	1,5	3,9	4,0	4,5
	506-14-15	1,9	2,6	3,0	3,7
	506-14-7	0,6	1,3	1,6	3,6
Māla frakcija (< 2μm, %)	501-224-6	10,2	15,4	23,2	18,7
	503-148-18	9,5	8,7	8,2	17,5
	503-149-13	9,9	8,2	6,8	11,8
	503-93-11	0,5	0,7	0,7	2,2
	506-14-15	0,2	0,1	0,5	0,6
	506-14-7	0,1	0,1	0,4	0,0

2018. gadā gruntsūdens akās reizi mēnesī noteiksim ūdenī izšķīdušā skābekļa saturu, kā arī novērtēsim koku sīksakņu biomasu augsnes virskārtā abpus tehnoloģiskajiem koridoriem un pašos tehnoloģiskajos koridoros. Piecu gadu laikā pēc kopšanas cirtes lietderīgi veikt koku radiālā pieauguma analīzi abpus tehnoloģiskajam koridoram, lai novērtētu koku augšanas gaitas un ūdens režīma izmaiņu sakarības.

⁷ Kvartālu apgabals – kvartāls - nogabals

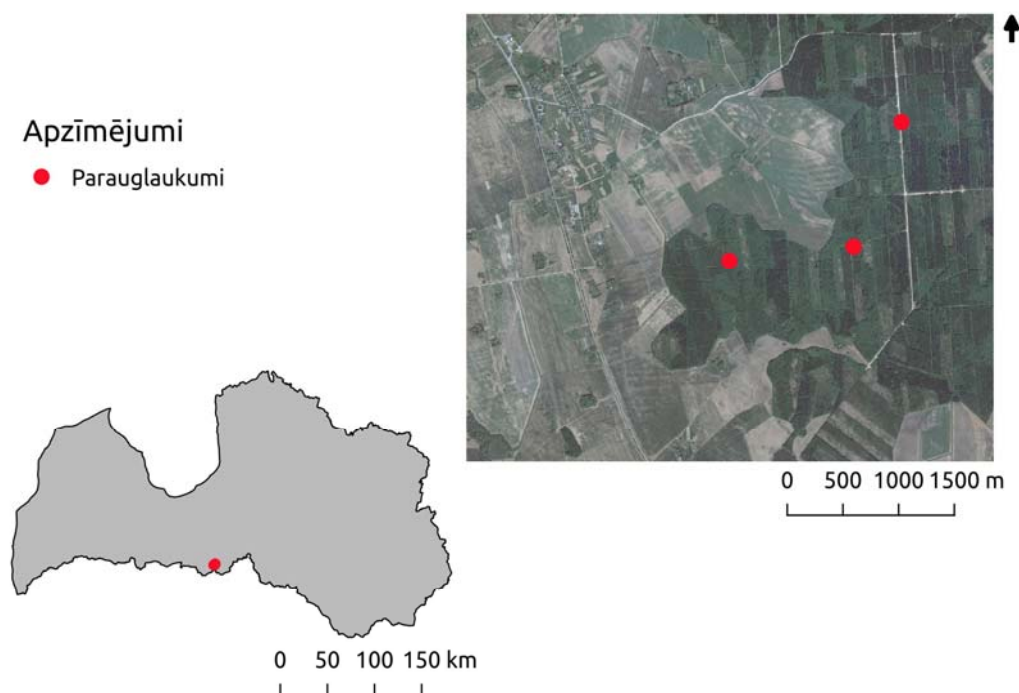
Grāvju atbērtnu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums

Pētījuma mērķis ir noteikt augsnes ūdens sablīvējuma un filtrācijas ātruma izmaiņas uz grāvju atbērtņēm kokmateriālu pievešanas rezultātā. Darba uzdevumi 2017. gadā:

1. ierīkot izmēģinājumu objektus;
2. noteikt augsnes penetrācijas pretestību uz atbērtnes, pa kuru nav pievesti kokmateriāli, un pievešanas neskartā audzes daļā;
3. atkārtoti noteikt penetrācijas pretestību un ūdens filtrācijas ātrumu pēc kokmateriālu pievešanas;
4. mežaudzē iepretim sablīvētajai atbērtnes daļai un kontroles laukumiem jāierīko gruntsūdens akas ilglaicīgu novērojumu veikšanai.

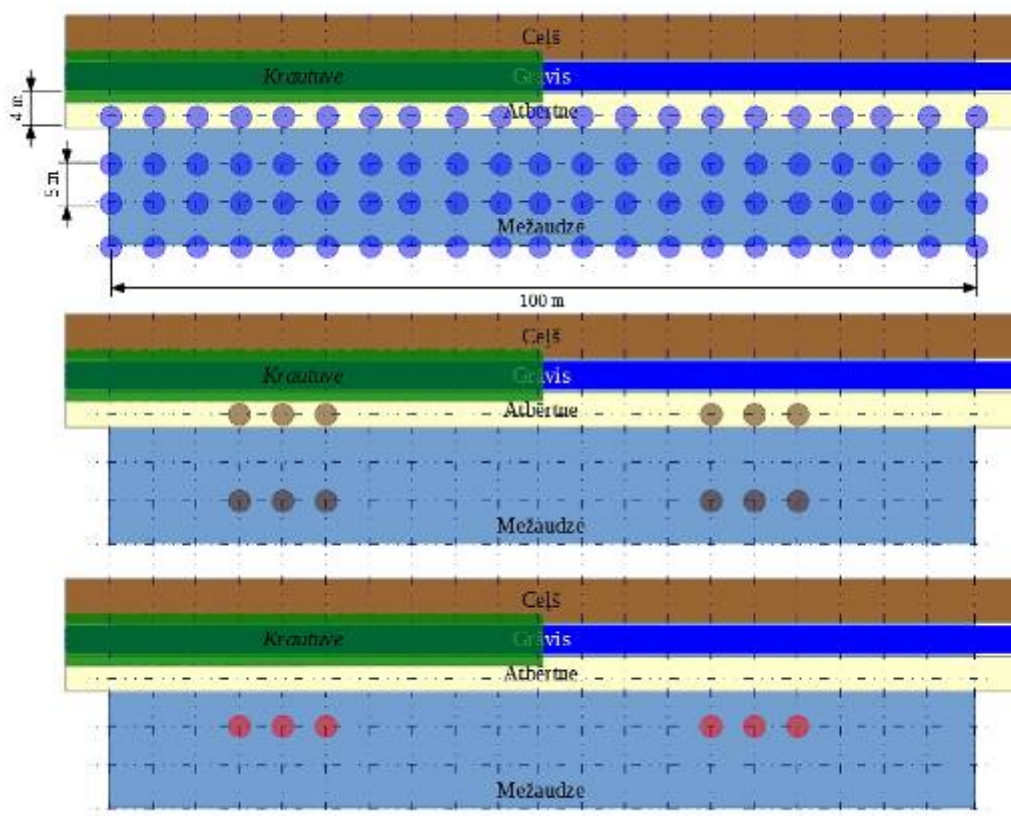
Izmēģinājumu objektu atlases kritēriji paredzēja, ka izmēģinājumos iekļautajām audzēm jābūt 60-80 gadus vecām audzēm (As, Ap, Am), kas nav kopta vismaz 10 gadus un kas robežojas vai atrodas tuvu cirsmam, ko plānots izstrādāt galvenajā cirtē 2017. gada rudenī. Tāpat svarīgs nosacījums bija audžu atrašanās pie no jauna izbūvēta ceļa ar grāvja atbērtni, pa kuru nav braukusi smagā tehnika. Vēlamais zāgējama un pa atbērtni pievedamais kokmateriālu apjoms vismaz 300 m³.

Pētījuma ietvaros ierīkoto izmēģinājumu objektu izvietojums dots Att. 9. Sākotnēji bija paredzēts ierīkot 1 izmēģinājumu objektu, taču, ņemot vērā riskus, kas saistīti ar mitruma režīma svārstībām un iespējamajām atšķirībām atbērtņu sākotnējā stāvoklī, Ceraukstes apkārtnē ierīkoti 3 izmēģinājumu objekti. Darba uzdevuma izpildi aizkavēja ilgstoša piemērotu izpētes objektu atlase.



Att. 9: Parauglaukumu izvietojums.

Pētījuma laikā 3 objektos tika ierīkoti 6 parauglaukumi, katrā no objektiem attiecīgi ierīkots 1 kontrollaukums un viens parauglaukums, kas atbilst krautuvei. Gan parauglaukumā, gan kontrollaukumā veikti augsnes penetrācijas pretestības mērījumi, katrā no laukumiem veicot 42 mērījumus. Augsnes penetrācijas pretestības mērījumi veikti gan uz atbērtnes, gan pieguļošās mežaudzes malā. Mērījumi veikti 1 atkārtojumā katrā punktā. Objektu konfigurācijas un datu ievākšanas shēma atainota Att. 10. Kontrollaukums un parauglaukums kopā veido 100 m garu posmu, kam pa vidu ir vismaz 50 m pārtraukums (attēlā nav atainots). Augsnes penetrācijas pretestības mērījumi veikti ik pēc 5 m, tādējādi veidojot režģi. Paraugu ievākšana notikusi pēc shēmā ar brūnajiem punktiem atainotā principa, savukārt gruntsūdens aku izvietojums atainots ar sarkanajiem punktiem.



Att. 10: Objekta un datu ievākšanas shēma.

Pēc penetrācijas pretestības uzmērīšanas penetrolōgera neskartā platībā 3 m attālumā no atbērtnes 3 atkārtojumos ievākti 100 cm³ lieli nesajaukti paraugi augsnes ūdens caurlaidības mērīšanai (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm un 40-80 cm dziļumā). Ievāktie augsnes paraugi nodoti Latvijas Universitātes laboratorijai ar mērķi noteikt ūdens filtrācijas ātrumu. LVMI Silava laboratorijā paraugiem noteikti tādi rādītāji kā augsnes blīvums un tās sadalījums pa frakcijām.

Parauglaukumos ūdens līmeņa monitoringa nolūkos ierīkotas gruntsūdens akas. Katrā no parauglaukumiem un kontrollaukumiem ierīkotas 3 gruntsūdens akas. Gruntsūdens aku relatīvais augstums ir noteikts ar nivelēšanas metodi. Uzmērīšana veikta, lai precīzāk noteiktu gruntsūdens svārstības pēc kokmateriālu pievešanas.

Ūdens līmeņa mērītāji uzstādīti sadarbībā ar LLU speciālisti Ingu Grīfeldi. Turpmāk ūdens līmeņa mērījumus veiks sadarbībā ar LLU, kopīgi sagatavojot zinātnisku publikāciju par pētījuma rezultātiem. Augsnes filtrācijas ātruma analīzes veic LU speciālisti. Šo darbu deleģēšana saistīta ar ERAF finansējuma piešķiršanas zinātniskās izpētes infrastruktūras attīstībai aizkavēšanos.

2018. gadā plānots apkopot augsnes filtrācijas ātruma, sablīvējuma, granulometriskā sastāva un sākotnējos gruntsūdens līmeņa izmaiņu monitoringa rezultātus, kā arī

izstrādāt DEM platībai pirms kokmateriālu pievešanas. Aktualizētu reljefa modeli plānots izstrādāt 2018. gadā, izmantojot LVMI Silava aprīkojumu.

Izmēģinājuma ietvaros veiktie penetrācijas pretestības mērījumu rezultāti apkopoti Tab. 5. Visos objektos konstatēts, ka augsnes penetrācijas pretestība līdz pat 80 cm dziļumam uz atbērtnes ir mazāka vai tāda pati kā mežaudzē.

Tab. 5: Penetrācijas pretestības mērījumi

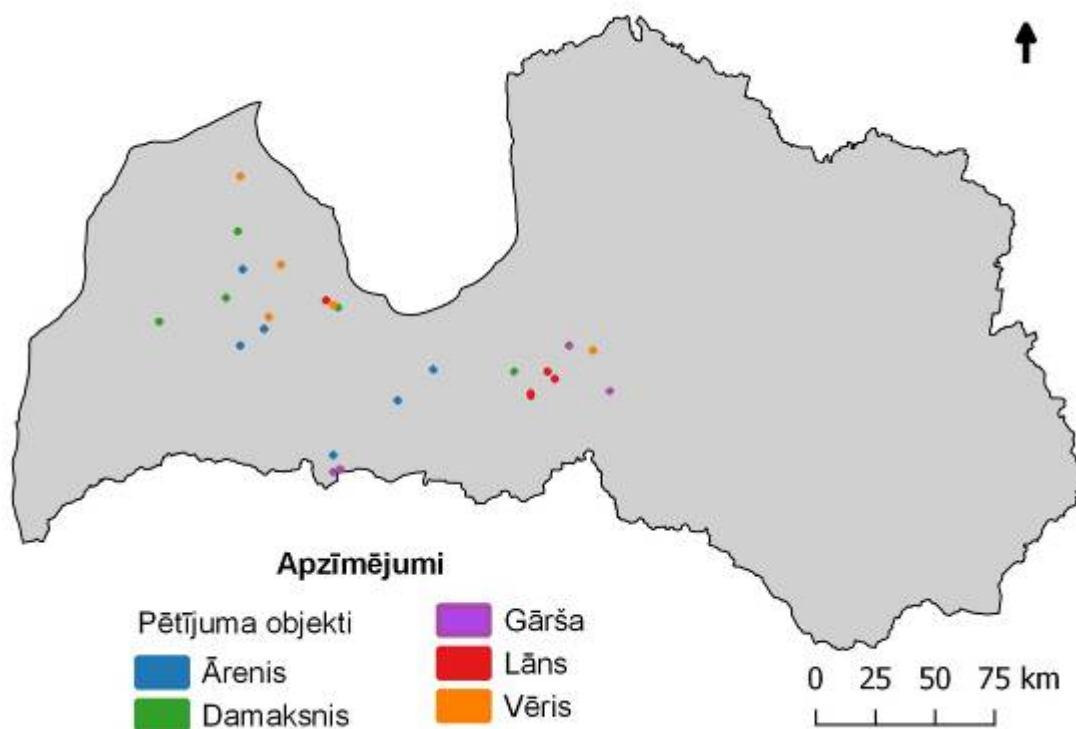
Objekts ⁸	Variants	Mērījuma vieta	Augsnes slānis				
			0-10 cm	0-20 cm	0-40 cm	20-40 cm	40-80 cm
509-148-9	Kontrolē	A	0,16	0,52	1,33	1,59	2,19
		5 m	0,05	0,36	0,97	1,89	4,35
		10 m	0,11	0,39	1,08	1,9	4,88
		15 m	0,02	0,14	0,95	2	4,52
		20 m	0,17	0,32	1,02	1,84	4,65
	Krautuve	A	0,11	0,39	1,04	1,29	3
		5 m	0,19	0,57	0,82	1,62	3,56
		10 m	0,08	0,37	1,07	1,77	4,15
		15 m	0,04	0,54	1,04	2,02	4,63
		20 m	0,12	0,38	1,12	1,42	4,31
509-152-6,12	Kontrolē	A	0,17	0,53	0,8	1,06	2,71
		5 m	0,22	0,53	1,32	1,87	3,08
		10 m	0,09	0,39	1,39	2,03	3,11
		15 m	0,28	0,84	1,27	1,66	2,89
		20 m	0,22	0,8	1,32	2,14	3,61
509-152-9	Krautuve	A	0,19	0,59	0,81	1,19	3,03
		5 m	0,2	0,48	1,99	2,91	3,93
		10 m	0,06	0,83	2,16	2,96	3,73
		15 m	0,08	0,39	1,13	1,68	3,74
		20 m	0,36	0,96	1,74	1,88	3,76
509-153-12	Kontrolē	A	0,08	0,38	1,26	2,53	4,16
		5 m	0,2	0,39	2,19	3,52	4,84
		10 m	0,14	0,75	2,66	3,3	4,34
		15 m	0,23	1,12	2,63	4,39	5,14
		20 m	0,23	0,97	2,11	3,45	5,24
509-154-11	Krautuve	A	0,11	0,53	1,09	1,66	3,61
		5 m	0,26	0,61	1,48	2,22	3,81
		10 m	0,08	0,52	1,51	2,26	3,49
		15 m	0,21	0,62	1,19	2,21	3,62
		20 m	0,21	0,31	1,17	1,74	3,34

⁸ Kvartālu apgabals – kvartāls – nogabals.

Aprobēt metodiku pārmitro platību identificēšanai, izmantojot LiDAR un citus datus

Pētījuma ietvaros aprobētas dažādas pārmitro vietu identificēšanas metodes un salīdzināti faktiskie un teorētiskie veģetācijas raksturojuma dati, tajā skaitā izstrādātas zemes virsmas augstuma, koku augstuma un ūdens līmeņa augstuma rastra kartes.

Pētījuma ietvaros 2017. gadā ierīkoti 25 objekti pārmitro vietu identificēšanas metožu pielietošanas iespēju izvērtēšanai, izmantojot punktveida parauglaukumu metodi. Ierīkoto objektu izvietojums dots Att. 11. Objekti izvēlēti tā, lai tie pēc iespējas pilnīgāk reprezentētu āreņu un sausieņu mežu augšanas apstākļu tipus, kā arī atrastos uz pēc iespējas dažādākas ģenēzes kvartāra perioda ģeoloģiskajiem nogulumiem. Pētījuma teritorija pārklāj Latvijas centrālo un rietumu daļu LiDAR datu pārklājuma zonā. Katrs no izvietotajiem objektiem ir 1 km² liels un tas atbilst karšu lapas M 1:2000 TKS-93 lapas parametriem. Visiem objektiem izveidotas buferzonas, kas atbilst apkārtesošo, pieguļošo karšu lapu konfigurācijai.



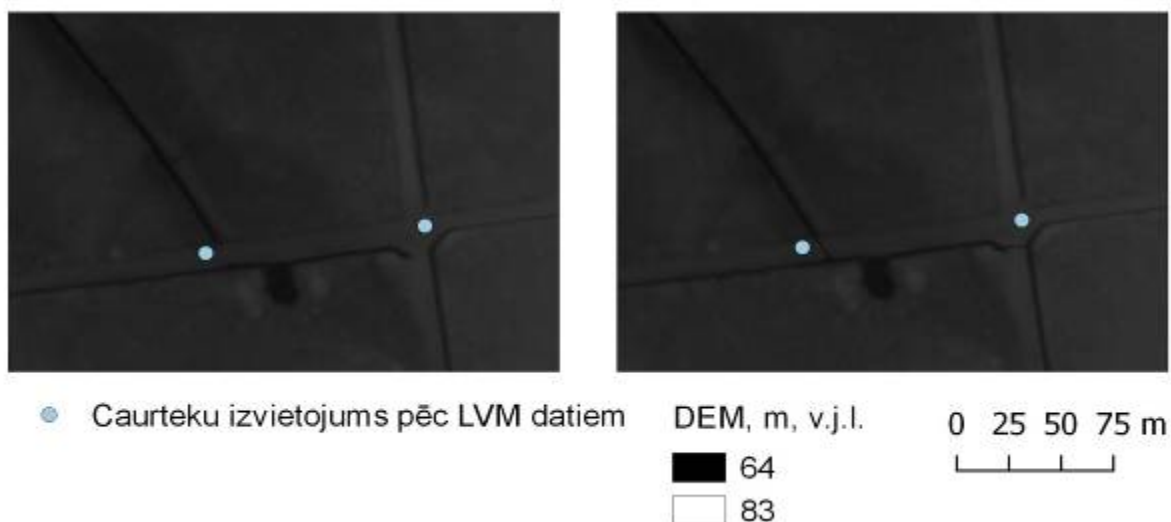
Att. 11: Parauglaukumu izvietojums sadalījumā pa meža tipiem.

Katrā no objektiem izvietoti līdz 10 parauglaukumi, kas kopumā veido 228 punktveida parauglaukumus. Lauka darbu laikā katrā punktā ir noteikti tādi parametri, kā meža tips, audzes šķērslaukums, augsnes penetrācijas pretestība līdz 80 cm dziļumam, augsnes granulometriskais sastāvs, kūdras slāņa biezums, glejošanās horizonta dziļums un gleja izteiktība, kā arī gruntsūdens līmenis.

Pētījumā pieņemts, ka kūdras slāņa un/vai izteikta glejošanās horizonta klātbūtne liecina par pārmitriem augsnes apstākļiem; savukārt, ja kūdras slānis parauglaukumā nav konstatēts un glejošanās pazīmes ir neizteiktas vai arī nav konstatējamas, pieņem, ka šajos parauglaukumos ir optimāli mitruma apstākļi.

Pētījuma laikā visiem objektiem un to buferzonām ir izveidoti DEM ar rastra šūnas izšķirtspēju 1, 2, 5, 10 un 25 m. Šis process tika veikts Global Mapper programmatūras vidē starp LiDAR punktiem veicot triangulāciju, no kuras attiecīgi ar *Nearest Neighbor* metodi tika veidoti DEM rastra attēli.

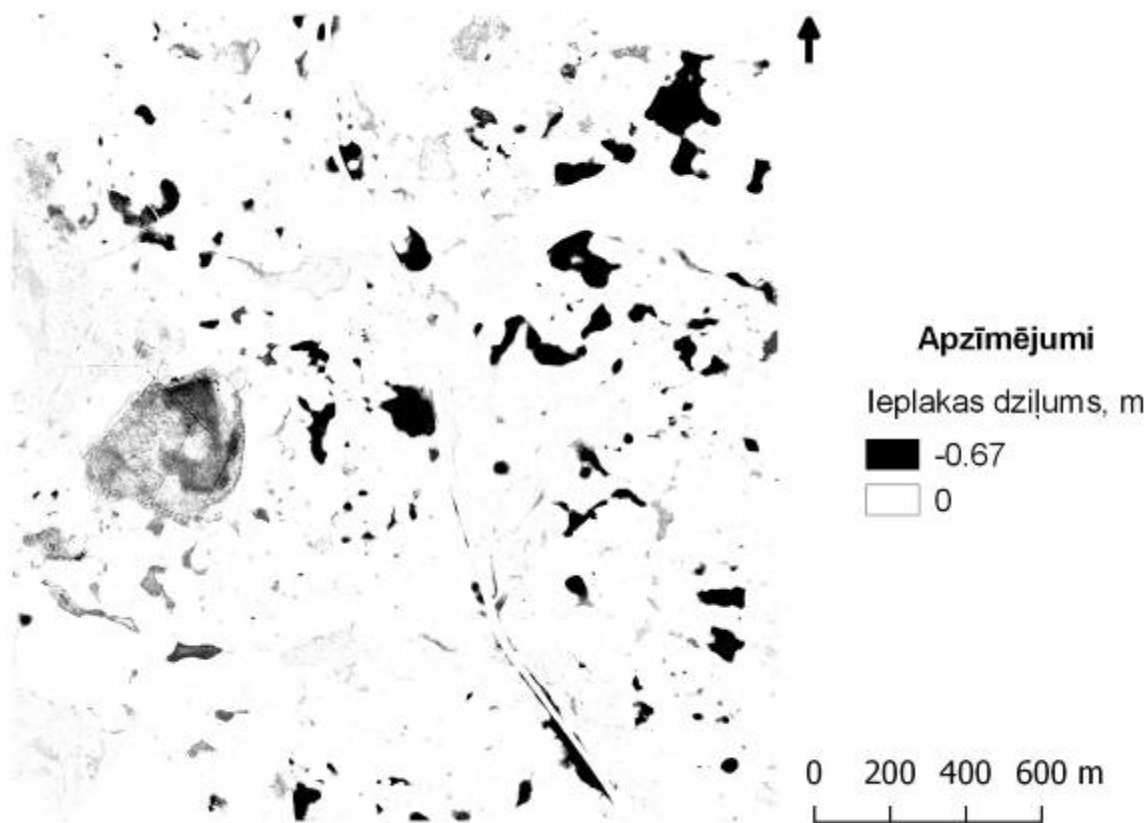
DEM ar izšķirtspēju 1 un 2 m papildus apstrādāti Whitebox programmā. Šīs darbības mērķis bija grāvju caurteku izgriešana reljefa modelī, tādējādi padarot iespējamu ūdens plūsmas modelēšanu. Problēmas vizuāls atveidojums redzams Att. 12. Kreisajā pusē esošajā attēlā atainota situācija kāda tā izskatās DEM, savukārt labajā pusē caurteku vietās izgriezti pazeminājumi. Caurteku atrašanās vietu dati iegūti no LVM datubāzes un reljefa modeļa korekcija notika tikai tajās vietās, kurās caurtekas uzrādītas. Pieņemts, ka šī datubāze ir pilnīga un datu precizitāte dabā nav pārbaudīta. Lai varētu veikt reljefa koriģēšanu, iepriekš sagatavoti līniju vektordati, kas reprezentē grāvjus, caurtekas un ceļus. Izmantojot *Whitebox* rīku *Burn Streams at Roads* ceļu un grāvju krustpunktos automātiski iedezināti pazeminājumi, kas atbilst caurtekai un augstumu vērtības šajā griezumā atbilst abpus ceļam esošā grāvja gultnes apakšējai daļai. Mazākas izšķirtspējas DEM rastru nav koriģēti, jo tajos grāvju tīkls sāk izzust un arī precīzs to dziļums nav nosakāms, līdz ar to ceļu tīkls neveido “dambjus” un datu apstrādes laikā nebloķē ūdens noteci.



Att. 12: Caurteku izgriešana DEM virsmā.

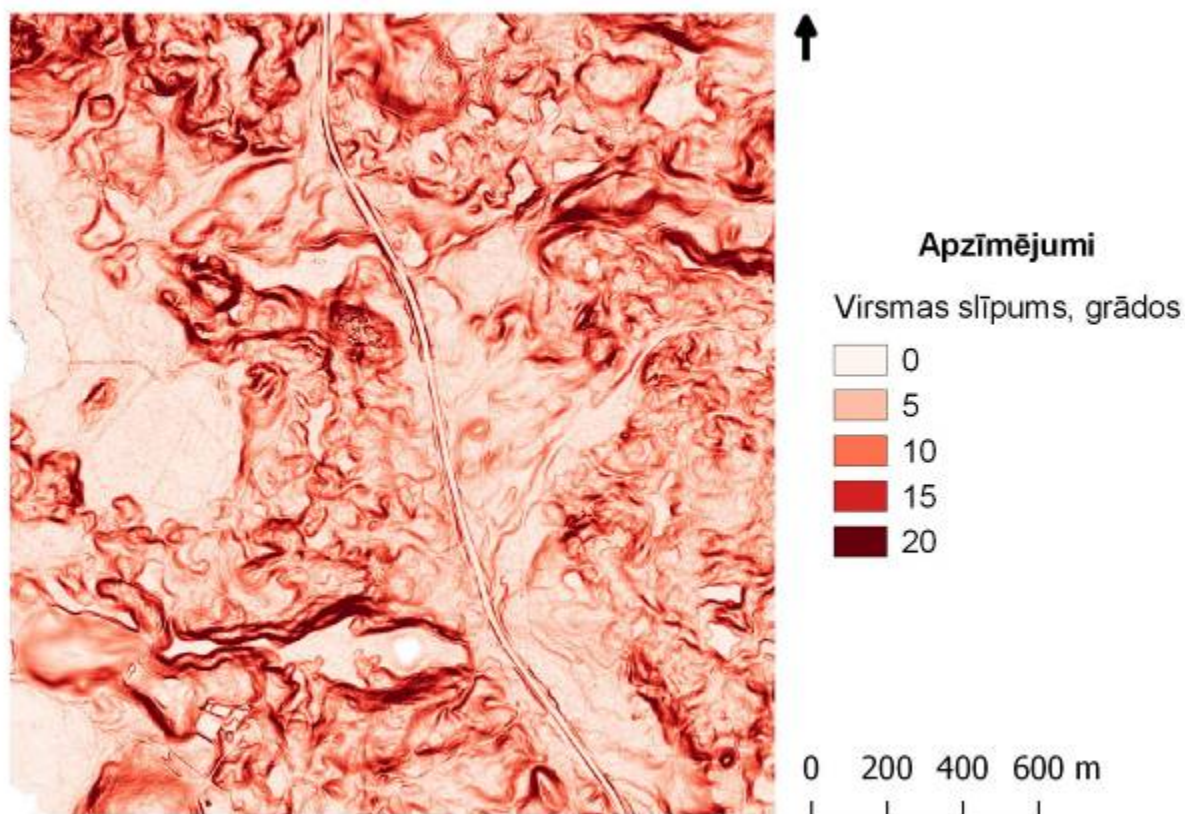
Lai iegūtu datus par lokālām ieplakām un to telpisko izvietojumu, DEM rastra attēli apstrādāti QGIS vidē ar SAGA GIS algoritmu *Fill sinks* (Wang & Liu, 2006). Šādā veidā iegūtas jaunas rastra kartes ar aizpildītām ieplakām. Izmantojot rastra kalkulatora

palīdzību un atņemot aizpildīto DEM no oriģinālā DEM, iegūta ieplaku telpiskā informācija. Att. 13 atainots ieplaku rastra kartes piemērs Tukuma apkārtnē. Attēla kreisajā daļā redzams pelēcīgs laukums, kur ir meliorēts purvainš apgabals, Pārējās tumšajās teritorijās meliorācija nav veikta un tajās potenciāli var būt traucēta ūdens aprīte, kā arī atkarībā no ģeoloģisko nogulumu granulometriskā sastāva var veidoties pārmitri apstākļi.



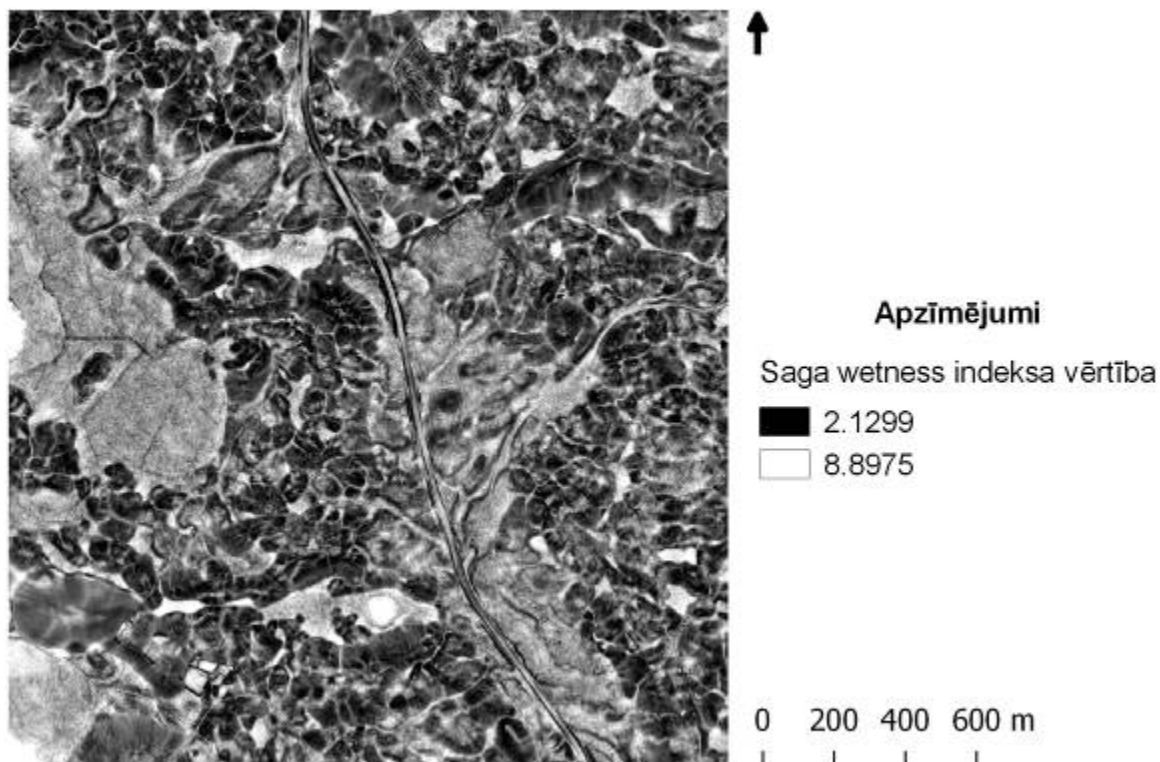
Att. 13: Ieplaku rastra kartes piemērs.

Turpmākā datu apstrādes procesā veikta reljefa nogāžu slīpuma analīze. QGIS vidē, izmantojot *r.slope* algoritmu, katram no objektiem izveidota virsmas slīpuma karte. Att. 14 atainots virsmas slīpuma rastra kartes piemērs (teritorija tā pati kas Att. 13). Pētījumā pieņemts, ka palielinoties virsmas slīpumam, samazinās pārmitru apstākļu veidošanās risks konkrētā teritorijā. Pārmitriem apstākļiem potenciāli vispateicīgākie virsmas slīpuma rādītāji ir ar mazu virsmas slīpumu, kā arī mazu slīpuma variāciju tuvākajā apkārtnē, vai arī relatīvi stāvas nogāzes lejasdaļā reljefam pārejot līdzenā virsmā.



Att. 14: Virsmas slīpuma rastra kartes piemērs.

Nākamajā datu apstrādes etapā QGIS vidē izmantots *Saga wetness index* algoritms, kurš ir balstīts uz modificētiem sateces baseina platības aprēķiniem (*Modified Catchment Area*, Böhner et al., 2002; Böhner & Selige, 2006). Tradicionālo topogrāfisko mitruma indeksu aprēķina, pieņemot, ka ūdens plūsma pa Zemes virsmu pārvietojas kā plāna plēvīte no šūnas uz šūnu. Savukārt *Saga* mitruma indekss (*Saga wetness index*) lielāku uzmanību pievērš katras šūnas vertikālajam attālumam no blakus esošas straumes vai cita ūdens objekta. Izmantojot šo algoritmu, ieteicams norādīt arī teritorijā dominējošo augsnes spēju uzsūkt ūdeni infiltrācijas procesā. Pētījuma laikā gan šāds parametrs nav norādīts. Att. 15 redzams *Saga* mitruma indeksa rastra kartes piemērs, kur augstākās vērtības norāda potenciāli mitrākās vietas reljefā. Dotajā attēlā teritorija ir tā pati, kas iepriekšējos 2 attēlos. Attēlā redzams, ka šis algoritms gaišākas (mitrākas) teritorijas konstruē gan ieplakās, gan garenās struktūrās, kuras reprezentē iespējamus ūdens straumju akumulācijas areālus.



Att. 15: Saga wetness indeksa kartes piemērs.

Papildus LiDAR datiem izmantoti arī Sentinel-2 multispektrālie satelītattēli. Šie dati izmantoti, jo tie samērā augstā izšķirtspējā pārklāj Latvijas teritoriju dažādos veģetācijas perioda laikos un dažādi spektru kanāli tiek izdalīti atsevišķos rastra attēlos, kas nodrošina to apstrādāšanas iespējas. Pētījumā izmantoti sarkanā un infrasarkanā spektra kanāli, iegūstot no tiem tiešus lasījumus, kā arī šo spektru kombinācija, aprēķinot NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). NDVI indeksu var aprēķināt, izmantojot rastra kalkulatoru:

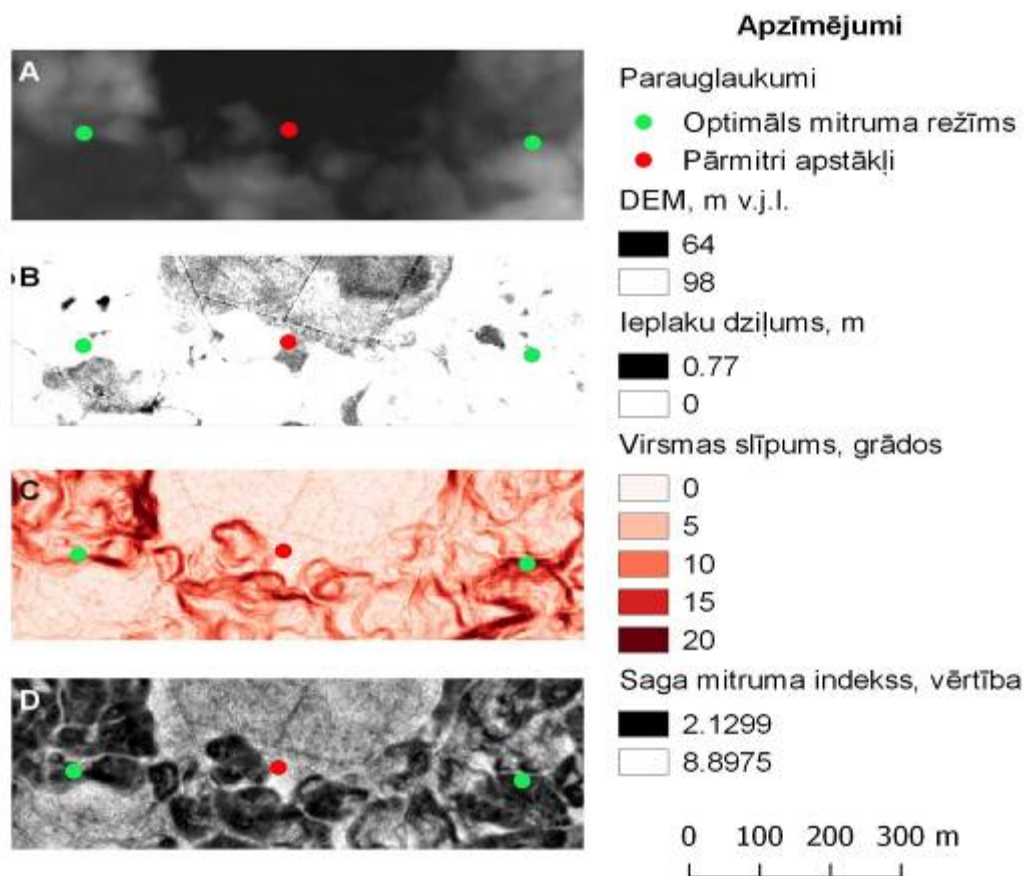
$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}, \text{ kur} \quad (2)$$

NIR – Infrasarkanā krāsas spektrs;
VIS – Sarkanā krāsas spektrs.

NDVI izmantots veģetācijas pētījumos, jo dažādas virsmas gaismu atstaro savādāk, tā, piemēram, veselīga veģetācija absorbē vairumu no redzamās gaismas spektriem, tomēr vairumu no infrasarkanā spektra gaismas viļņiem tā atstaro. Savukārt veģetācija, kas ir neveselīga, vai arī reta, atstaro vairumu no redzamās gaismas spektra viļņiem un absorbē infrasarkanā gaismu. Tāpat arī dažādu sugu koku vainagi ar atšķirīgām īpašībām dažādos gadalaikos, gaismas viļņus atstaro atšķirīgi.

Lai informāciju no rastra kartēm un attēliem pārnestu uz ierīkotajiem parauglaukumiem datu veidā tika izmantots QGIS rīks *Raster statistics for polygons*. Parauglaukumi no

punktiem tika pārveidoti uz riņķveida poligoniem ar 10 m rādiusu un jaunizveidoto poligonu laukums kalpoja kā datu nolasīšanas areāls. Šīs darbības rezultātā parauglaukumu atribūtu datiem pievienotas statistiskās vērtības par visiem izveidotajiem rastra slāņiem. Rastra attēlu paraugošanas piemērs attēlots Att. 16, kur sarkanie punkti reprezentē pārmitrus, savukārt zaļi – optimālus mitruma apstākļus.



Att. 16: Rastra datu paraugošana.

Tā kā pētījumā pieņemts, ka kūdras slāņa un glejošanās horizonta klātbūtne norāda uz pārmitriem augsnes apstākļiem, secināts, ka kūdras slānis un izteiktas glejošanās pazīmes ir novērojamas paraugošanas punktos, kuru tuvākā apkārtnē atrodas ieplakās ar mainīgu vidējo dziļumu, atkarībā no augsnes granulometriskā sastāva. Šīs robežvērtības noteiktas, par pamatu izmantojot 10 m rādiusa buferzonu ap paraugošanas punktu un beznoteces ieplaku karti, kas izveidota DEM modeli ar 2 m izšķirtspēju. Glacigēnajos nogulumos 94% mitrās augsnes atrodas ieplakās, kuru vidējais dziļums pārsniedz 1,3 cm, glaciolimmiskajos nogulumos 70% šādas augsnes atrodas ieplakās ar 1 cm dziļumu, savukārt fluviālajos nogulumos ieplakas dziļums ir 2,8 cm 83% no mitrajām teritorijām. Kūdras uzkrāšanās un izteikta glejošanās ir ievērojami mazāka seklākās ieplakās, attiecīgi 90% no sausajām augsnēm uz glacigēnajiem nogulumiem atrodas teritorijās, kuru vidējā ieplakas vērtība ir mazāka par 1,3 cm, glaciolimmiskajos nogulumos 90% no sausajām augsnēm šī vērtība ir mazāka par 1 cm, savukārt

fluviālajos nogulumos 89% no šīm augsnēm vidējā ieplakas vērtība nepārsniedz 2,8 cm. Augsnēm uz eolajiem nogulumiem ieplakas dziļumam saistība ar pārmitriem apstākļiem nav novērota, savukārt novērota saistība ar NDVI (*Normalized difference vegetation index*) vērtībām. Pateicoties tam, ka mitrajām augsnēm ir būtiska ietekme uz koku sugu sastāvu, mitrās augsnes uz eolajiem nogulumiem var identificēt pēc NDVI vērtībām. 75% no ieplakās konstatētajām mitrajām augsnēm NDVI vērtība ir lielāka par 0,9, kamēr 100% no paraugošanas punktiem sausos apstākļos šī vērtība ir zemāka.

Turpmākā pētījuma gaitā paredzēts pētīt sezonālas ūdens plūsmas/straumes un to ietekmi uz mitruma apstākļiem. Šajā pētījuma etapā 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 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 šķērsgrīzumā, vienreiz sezonā nosaka augsnes kvalitatīvās īpašības. 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 cirsmais. Izmēģinājumus plānots atkārtot 3 cirsmais, pirms tam izveidojot ieplaku, koku augstuma un sugu sastāva (skujkoks vai lapkoks) kartes, izmantojot LiDAR un Sentinel-2 datus.

Atbalsta ķēžu pētījums

Pētījuma mērķis bija novērtēt Somijā ražoto ķēžu piemērotību darbam smagos pievešanas apstākļos. Dažādu apstākļu ietekmes rezultātā sākotnēji izvirzītais pētījuma mērķis mainīts, pētījuma ietvaros salīdzinātas ECO-Baltic un Latvijā izgatavotas platas atbalsta ķēdes ar sablīvētiem ķēžu posmiem apaļo kokmateriālu pievešanā uz organiskām augsnēm smagos pievešanas apstākļos.

Izmēģinājumi veikti AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotā pļavā (501-365-54), kura atrodas Vidusdaugavas mežsaimniecībā (Att. 17). Pētījumam izmantotā pļavas platība 0,9 ha, kuru sadalīta 4 daļās, katra daļa ir izmēģinājumu kopums ar atsevišķu darba metodi.



Att. 17: Ķēžu izmēģinājumu poligona novietojums (gaiši brūnais laukums nogabala centrā).

Izmēģinājumu objektos sākotnēji nozāģēti krūmi, nozāģētos materiālus nokraujot uz pļavas ārējās robeža, kur izmēģinājumi nav plānoti. 45⁰ leņķī pret grāvi marķēti pieci 90 m gari ceļi. Abos brauktuvju galos ierīkotas pievedējtraktora apgriešanās vieta, tādējādi izmēģinājuma platībās nodrošinot pievedējtraktora taisnvirziena kustību bez pagriezieniem.

Izmēģinājumos izmantots Ponsse Buffalo 2015. gada modelis ar uzlabotu dzinēju. Pievedējtraktors Ponsse Buffalo noslogots maksimāli, kokmateriālus kravas tilpnē kraujot 2 rindās, pieļaujamo masu vienmērīgi sadalot uz tandēmiem. Izmēģinājuma laikā tiek izmantota konstanta lieluma krava, kas pirms izmēģinājuma uzsākšanas uzmērīta

Izmēģinājumos salīdzinātas 5 darba metodes:

1. EcoBaltic ķēdes uz visiem tandēmiem;
2. EcoBaltic ķēdes uz aizmugurējiem tandēmiem;
3. pievedēktraktors bez ķēdēm.
4. platas ķēdes uz aizmugurējiem tandēmiem;
5. platas ķēdes uz visiem tandēmiem;

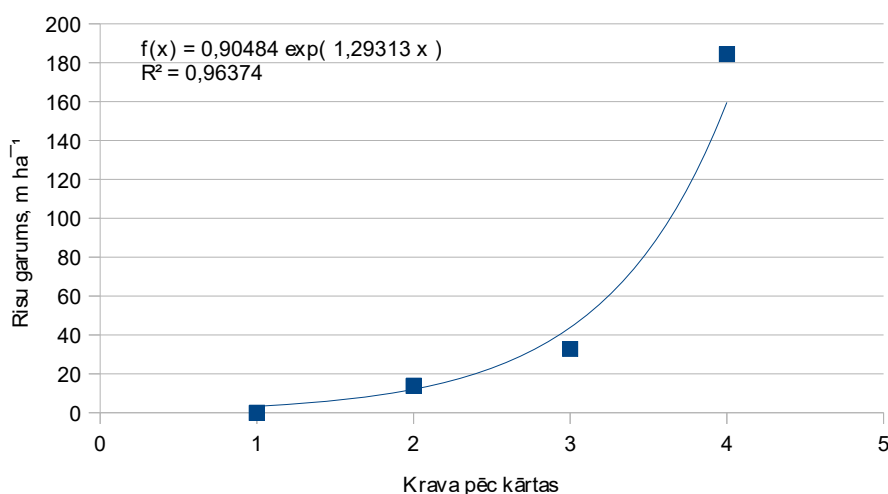
Kontrolēto izmēģinājumu poligonā pievedējtraktora kravas tilpnē uzkrasti 13770 kg apaļo kokmateriālu. Mazākā pievedējtraktora pilnā masas bija bez ķēdēm 33,57 tonnas,

bet lielākā pilnā masa ar SIA Vairogi izgatavotajām ķēdēm uz visiem tandēmiem 37,67 tonnas (Tab. 6).

Tab. 6: Pievedējtraktora pilnās masas izmaiņas atkarībā no darba metodes

Darba metodes Nr.	Pievedējtraktora pašmasa, kg	Uzkrauto apaļo kokmateriālu masa, kg	Atbalsta ķēdes, kg	Pievedējtraktora pilna masa, tonnas
1.	19800	13770	2810	36,38
2.	19800	13770	1440	35,01
3.	19800	13770	-	33,57
4.	19800	13770	2440	36,01
5.	19800	13770	4100	37,67

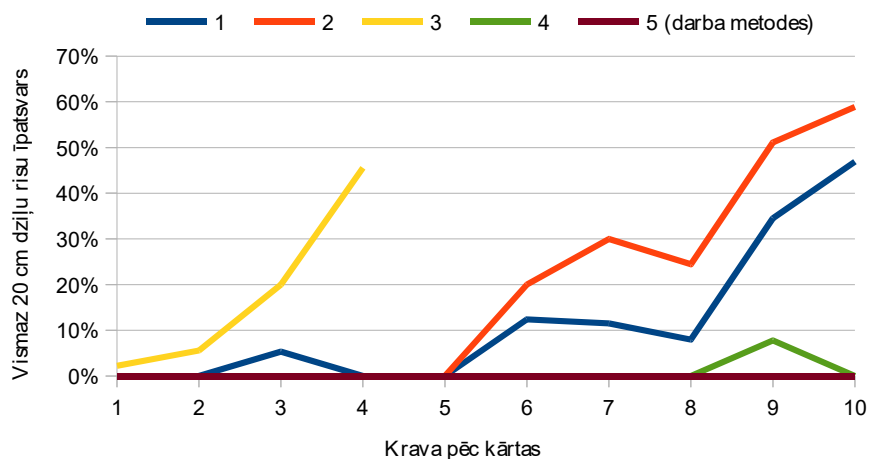
Saskaņā ar izmēģinājuma rezultātiem, pievedējtraktors, kurš nebija aprīkots ar atbalsta ķēdēm (3. darba metode) uzrādīja sliktākus rezultātus, proti, pētījums pārtraukts jo pastāvēja pievedējtraktora nogrimšanas risks, risu dziļumam sasniedzot 40 cm (7. risu dziļuma grupa atbilstoši pētījumā pieņemtajam risu dziļuma sadalījumam, Att. 18). Analizējot lauku darbos iegūtos datus, vērojama sistemātiska risu dziļuma un garuma palielināšanās. Risas, kuru dziļums pārsniedz 20 cm, ir novērojamas jau 2. braucienā un ar katru nākamo braucienu strauji progresē. Trešajai darba metodei nav aprēķināta patērētā degviela, jo paraugkopa sastāv tikai no 4 braucieniem kuru ilgums vidēji ir 1,5 min.



Att. 18: Prognozējamā risu veidošanās dinamika, neizmantojot ķēdes.

Sliktākais rezultāts sasniegts ar pievedējtraktoru bez ķēdēm, kas spēja veikt tikai 4 braucienus, kamēr par 20 cm dziļāku risu garums sasniedza 50% no koridora garuma. Mazliet labāks rezultāts bija ar 2. darba metodi, kurā uz aizmugurējā tandēma bija ECO-Baltic ķēdes (Att. 19). Pievedējtraktors ar šādu komplektāciju līdzvērtīgos apstākļos, pievedot 130 m³ apaļo kokmateriālu, izveidotu risas, kas atbilst 327 m ha⁻¹. Vidējais degvielas patēriņš izmēģinājumos bija 17,7 L h⁻¹. Arī pievedējtraktors, kurš bija aprīkots ar ECO-Baltic ķēdēm uz visiem tandēmiem, pārsniedza maksimāli pieļaujamo risu garumu. Pētījuma ietvaros tas atbilda 208 m ha⁻¹. Degvielas patēriņš bija 17,6 L h⁻¹,

attiecīgi, būtiski neatšķirās no rādītājiem mašīnai, kas aprīkota ar ķēdēm tikai uz aizmugurēja tandēma. Ceturtajai un arī 5. darba metodei pēc 10 pievestām kravām par 20 cm dziļākas risas neveidojas. Bet arī šajās darba metodēs ir vērojamas būtiskas seklāku risu garuma atšķirības. Noņemot platās atbalsta ķēdes no priekšējā tandēma, līdz 15 cm dziļu (3. grupa) risu garums sasniedz 18% no koridora garuma. Degvielas patēriņš, izmantojot platās ķēdes, būtiski nepieaug, tas ir vidēji 17,6 L h⁻¹.



Att. 19: Risu veidošanās salīdzinājums starp darba metodēm.

Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas cirtēs un apauguma novākšanā

Pievedējtraktora Kranman Bison 10000 6WD izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā uz augsnēm ar mazu nestspēju

Pētījuma mērķis ir noskaidrot Kranman Bison 10000 6WD pievedējtraktora pielietojšanas iespējas kopšanas cirtēs mežaudzēs ar normāliem un sarežģītiem pievešanas apstākļiem, vienlaicīgi nosakot ražīgumu, pievedējtraktora vidējo kravas lielumu, kustības ātrumu, kā arī kokmateriālu pievešanas izmaksas. Izmēģinājumi veikti 2016. gadā, bet 2017. gada uzdevums bija izmēģinājumu noslēguma ziņojuma sagatavošana.

Kranman Bison 10000 pievedējtraktors 2016. gada izmēģinājumos nostrādāja 697 stundas, tajā skaitā Meža pētīšanas stacijas mežos ap 250 stundām. Kopumā pētījuma ietvaros pievestas 230 kravas apaļo kokmateriālu, tajā skaitā 63 kravas no platībām, kas koptas ar ķēdes motorzāģi un 167 kravas no platībām, kas koptas ar Vimek harvesteru. Vidējā pētījuma ietvaros pievestā krava ir 2,0 m³ (maksimāli pieļaujama kravas apjoms ir 2,5 m³, attiecīgi, vidējais kravas piepildījums ir 80%). Vidēji vienas apaļo kokmateriālu kravas pievešanai patērētas 33 min. produktīvā darba laika (produktīvā darba laika īpatsvars ir 94% no traktora motorstundām). Vidējais pievešanas ceļa garums izmēģinājumā iekļautajās platībās bija 286 m. Degvielas

patēriņš Kranman pievedējtraktoram ir būtiski mazāks – 0,8 L m³, bet John Deere 810 pievedējtraktoram, attiecīgi, 1,6 L m³.

Kranman Bison 10000 darba stundas pašizmaksa ar 5% peļņas likmi ir 20 € (produktīvās stundas pašizmaksa ir 24 €). Apaļo kokmateriālu pievešanas pašizmaksa, nostrādājot gadā 1172 produktīvās stundas, ir 7,14 € m³.

Pētījumi parāda, ka Kranman Bison 10000 pievedējtraktors piemērots nelielu cirsmu vai atsevišķu koku pievešanai jaunaudžu, krājas kopšanas un sanitārajās kopšanas cirtēs, kā arī galvenajā cirtē nelielās cirmās, kur prognozējama nelielu dimensiju apaļo kokmateriālu sagatavošana, izmantojot mežizstrādē rokas motorinstruments – 3-4 ķēdes motorzāģi un Kranman Bison 10000 pievedējtraktors 1 brigādē. Plānojot pievešanu, jāpārlicinās par prognozējamām kokmateriālu dimensijām, lai neizmantotu traktoru cirmās, kur pievešana radītu tehnikas pārslodzi. Pievedējtraktors var strādāt uz augsnēm ar mazu nestspēju, taču darbu var būtiski apgrūtināt celmi un rises, kas veidojušās mežizstrādē iepriekšējā aprītē vai kopšanas cirtē.

Gada laikā, nostrādājot 1172 produktīvās stundas, Kranman Bison 10000 pievedējtraktors var pievest 3,3 tūkst. m³ apaļo kokmateriālu. Ražīguma palielinājums iespējams, izmantojot tehniku vairākās maiņās, taču, veicot mežizstrādi ar ķēdes zāģiem, šāds risinājums ir praksē grūti īstenojams.

Neatkarīgi no tā, vai apaļie kokmateriāli sagatavoti ar ķēdes motorzāģi vai Vimek harvesteru, 1 m³ apaļo kokmateriālu pievešanai patērētas 16 min. produktīvā darba laika. Kaut arī atsevišķu darba operāciju analīze uzrādīja statistiski būtiskas atšķirības, galvenajos ražīguma rādītājos statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas.

Salīdzinot kokmateriālu pievešanu sarežģītos un normālos pievešanas apstākļos, konstatēts, ka sarežģītos pievešanas apstākļos 1 m³ apaļo kokmateriālu pievešanai patērēts par 15% vairāk produktīvā laika, nekā normālos pievešanas apstākļos, taču atšķirība nav statistiski būtiska, ņemot vērā datu izkliedi.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem Vimek harvestera izmantošana ļauj samazināt kokmateriālu sagatavošanas un pievešanas pašizmaksu par 2,9 € m³, salīdzinājumā ķēdes motorzāģi sagatavoto kokmateriālu ražošanas izmaksām.

Pievešanas izmaksas būtiski ietekmē pievešanas attālums un tehnikas noslodze (gada laikā nostrādātās stundas). Pievešanas attālumam palielinoties no 200 m līdz 1600 m, pievešanas pašizmaksa palielinās 4 reizes. Tehnikai jāstrādā vismaz 1000 stundas gadā, pretējā gadījumā pievešanas pašizmaksa būtiski palielinās uz fiksēto izmaksu rēķina.

Harvestera Vimek 404 T6 izmēģinājumi kopšanas cirtēs Latvijā

Pētījuma mērķis ir novērtēt Vimek 404 T5 harvestera ražīgumu kopšanas cirtē, nosakot meža tipa, mežaudzes atjaunošanas veida, regulāru un neregulāru brauktuvju un sagatavoto apaļo kokmateriālu struktūras ietekmi uz ražīgumu. Pētījumā novērtēta arī

mežizstrādes ietekme uz vidi, analizējot atstājamo koku bojājumus pēc mežizstrādes un pievešanas darbiem, izmantojot dažādus pievedējtraktorus. Mežizstrādes izmēģinājumi veikti 2016. gadā, bet 2017. gada uzdevums bija izmēģinājumu noslēguma ziņojuma sagatavošana.

Pētījumā salīdzināti dati, kas iegūti, izmantojot Vimek 404 T5 harvesteru pavasara un vasaras sezonās. Ar terminu “pavasara kopšana” konkrētā pētījuma ietvaros saprot laiku no 29.02.2016 līdz 26.04.2016, bet ar terminu “vasaras kopšana” saprot laiku no 03.06.2016 līdz 15.08.2016. Pavasara kopšana veikta 6, bet vasaras kopšana – 7 mežaudzēs LVM valdījumā esošās meža platībās Kandavas un Vanemas meža iecirkņos. Kopšanas darbi pavasarī veikti 16,8 ha platībā, bet vasarā – 9,6 ha platībā. Pavasarī izkoptajās platībās nozāģēti 13 993 koki, jeb 1109 m³ (vidējā nozāģētā koka D_{1,3} = 10 cm, stumbra tilpums – 0,08 m³) bet vasarā izkoptajās platībās nozāģēti 8 073 koki, jeb 350 m³ (vidējā nozāģētā koka D_{1,3} = 9 cm, stumbra tilpums – 0,04 m³). Lielākā daļa no pētījuma ietvaros izkoptajām platībām ir skujkoku audzes.

Pavasari veiktajos izmēģinājumos 1 m³ apaļo kokmateriālu ar mizu sagatavošanai vidēji patērētas 9,2 minūtes, bet vasarā – 11,7 minūtes produktīvā darba laika. Pavasarī produktīvā darba laika īpatsvars no kopējā darba laikā bija par 14% mazāks nekā vasarā, kas saistīts ar griezējgalvas kalibrēšanai papildus patērējamo laiku. Vasarā ar kalibrēšanu saistītās problēmas tehnikas ražotājs atrisināja, uzstādot jaunu griezējgalvu. Pavasarī produktīvajā stundā apstrādāto koku skaits bija par 30% mazāks, nekā vasaras izmēģinājumos, kas saistīts ar lielākām vidējā nozāģējamā koka dimensijām pavasara izmēģinājumos. Turpretim, produktīvajā darba stundā sagatavojamo kokmateriālu daudzums bija par 22% mazāks vasaras izmēģinājumos, kas arī saistīts ar mazākām zāģējamo koku dimensijām.

Pētījuma noslēguma ziņojumā secināts, kas pavasarī Vimek 404 T5 harvestera ražīgums bija 6,5 m³ stundā. Saskaņā ar LVM apkopotajiem datiem līdzīgos apstākļos (zāģējamo koku tilpums), dažādu kontraktoru ražības rādītāji ir robežās no 4,6 līdz 7,1 m³ harvestera darba stundā (5,8-8,8 m³ produktīvajā stundā), attiecīgi, Vimek sniegums pavasarī atbilda vidējiem ražīguma rādītājiem atbilstoši esošajai ražošanas praksei. Vasaras izmēģinājumos ražīguma rādītāji būtiski uzlabojās (ražīgums 5,1 m³ produktīvajā stundā pie vidējā koka stumbra tilpuma 0,04 m³), sasniedzot labākos ražīguma rādītājus LVM krājas kopšanas cirtēs. Ražīguma atšķirības vasarā un pavasarī, zāģējot vienādu izmēru kokus, saistītas ar griezējgalvas nomainīšanu, kas ļāva būtiski samazināt darba laika patēriņu mērierīču kalibrēšanai.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem Vimek harvesters piemērots līdz 0,3 m³ lielu koku zāģēšanai. Šajā dimensiju kategorijā Vimek uzrāda vismaz tikpat labus ražīguma rādītājus, kā vidējās klases harvesteri. Pētījumā apstiprinātās pieņēmums, ka izvairīšanās no tievāko (D_{1,3} < 8 cm) kociņu zāģēšanas, var uzlabot ražīguma rādītājus. Zāģējot par 0,3 m³ lielākus kokus, Vimek harvestera ražīgums vairs nepieaug tik strauji vai pat krītas un šajā dimensiju kategorijā Vimek nevar konkurēt ar vidējās klases

harvesteriem. Lielāku koku zāgēšana palielina arī mehānisko slodzi uz mašīnas mezgliem, tāpēc, pat, ja Vimek izmantošana teorētiski ļauj samazināt mežizstrādes izmaksas, zāgējot lielu dimensiju kokus, tas nav ieteicams, lai nepaātrinātu mašīnas nolietošanos.

Pavasara izmēģinājumos mežizstrādes ražīguma rādītāji platībās bez pameža ir būtiski labāki, nekā platībās ar pamežu. Būtisku ietekmi uz ražīguma rādītājiem šādās platībās rada mazāko dimensiju koku apstrāde. Vasaras izmēģinājumos uzrādītie ražīguma rādītāji platībās ar retu pamežu, ir būtiski labāki, nekā citos variantos. Tas nozīmē, ka rets pamežs netraucē harvestera darbu.

Mežizstrādes ražīgumu ietekmē arī meža tips. Pavasara izmēģinājumos labākie ražīguma rādītāji iegūti damaksnī, bet vasaras izmēģinājumos – šaurlapju ārenī. Meža tipa ietekme lielā mērā saistīta ar audzes individuālo raksturojumu (pameža koku skaits, vainaga augstums utt.). Kopumā auglīgajos meža tipos ražīguma rādītāji ir mazāki, nekā mazāk auglīgajos. Iespējams, ka tas saistīts ar lielāku vainaga biomasu un lielākām zaru dimensijām auglīgajos meža tipos.

Pētījumā konstatēta meža atjaunošanas veida ietekme uz ražīgumu, taču šī ietekme nav saistīta ar augsnes sagatavošanu, bet gan sugu sastāvu un koku caurmēra sadalījumu. Pavasara izmēģinājumos ražīguma rādītāji ir salīdzinoši labāki mežaudzēs, kas atjaunotas mākslīgi, tomēr statistiski būtiskas atšķirības, salīdzinot abus meža atjaunošanas veidus nav konstatētas. Vasaras izmēģinājumos mežizstrādes ražīguma rādītāji platībās, kuras atjaunojušās dabiski, mazākajās caurmēra pakāpēs (līdz 17cm) ir labāki, taču, caurmēram pārsniedzot 17 cm, labāki ražīguma rādītāji konstatēti platībās, kuras atjaunotas mākslīgi. Atšķirības ir statistiski būtiskas, taču neapstiprina hipotēzi, ka mazās mežizstrādes tehnikas ražīgums samazinās platībās, kurās veikta augsnes sagatavošana.

Vimek harvestera ražīgumu ietekmē “spoku ceļu” skaits. Ierīkojot starp tehnoloģiskajiem koridoriem 2 “spoku ceļus”, ražīgums būtiski samazinās, bet bojāto atstājamo koku skaits palielinās. Lai saglabātu atstājamo bojāto koku īpatsvaru zem 2%, tehnoloģisko koridoru un “spoku ceļu” kopgarumam jābūt līdz 1000 m ha⁻¹, t.i. jāierīko 1 “spoku ceļš” starp 2 tehnoloģiskajiem koridoriem, kas, savukārt, ierīkojami ik pēc 20 m.

Vērtējot zāgējamo koku sugas ietekmi uz ražīguma rādītājiem, pavasara izmēģinājumos konstatēts, ka, zāgējamo koku $D_{1,3}$ pārsniedzot 16 cm, labāki ražīguma rādītāji iegūti, zāgējot lapkokus. Salīdzinot ražīguma rādītājus, kas iegūti, zāgējot egli un priedi, caurmēra pakāpēs līdz 15 cm labāki ražīguma rādītāji iegūti, zāgējot priedi, bet, ja $D_{1,3} > 15$ cm, lielāks ražīgums sasniegts, zāgējot egli. Vasaras izmēģinājumos statistiski būtiskas atšķirības konstatētas, zāgējot egli un lapkokus. Apstrādājot līdz 24 cm resnus kokus, labāki ražīguma rādītāji iegūti, zāgējot egli. Apstrādājot resnākus kokus, atšķirība nav būtiska.

Laika apstākļu ietekme uz ražīgumu vērtēta vasarā veiktajos izmēģinājumos. Statistiski būtiski labāki ražīguma rādītāji iegūti periodā bez ievērojamiem nokrišņiem, neatkarīgi nozāģējamo koku sugas.

Vismazākais produktīvā darba laika patēriņš (atskaitot braukšanu) 1 m³ pievešanai iegūts, izmantojot John Deere 810 pievedējtraktoru (5,5 min. m⁻³). Ar Logbear pievedējtraktoru pievešanai patērētas 5,9 min. m⁻³, ar Kranman Bison – 11,8 min. m⁻³. Vidējās klases pievedējtraktors iegūt būtiskas priekšrocības, pieaugot pievešanas attālumam. Turpmākajos pētījumos jāizvērtē Vimek 610 vai tam līdzvērtīga pievedējtraktora izmantošanas iespējas, strādājot tandēmā ar Vimek 404 T5 harvesteru, jo vidējās klases pievedējtraktoram nepieciešami platāki tehnoloģiskie koridori, kas, savukārt, samazina ienākumu gūšanas iespējas, izzāģējot tehnoloģiskos koridorus 2. kopšanas cirtē.

Vimek 404 T5 harvestera darba stundas izmaksas ar 5 % peļņas likmi ir 44 €. Mašīnu komplekts Vimek harvestera un Logbear pievedējtraktora kopējā darba stundas pašizmaksa ir 73 €. Komplektam Vimek harvesters un Kranman Bison 10000 pievedējtraktors darba stundas pašizmaksa ir salīdzinoši vismazākā – 63 €, bet komplektam Vimek harvesters un John Deere 810 pievedējtraktors – salīdzinoši vislielākā – 81 €. Mašīnu komplektam Vimek harvesters un Logbear pievedējtraktors apaļo kokmateriālu izstrādes un pievešanas izmaksas ir 12,50 € m³, mašīnu komplektam Vimek harvesters un John Deere 810 pievedējtraktors – 12,82 € m³, bet mašīnu komplektam Vimek harvesters un Kranman Bison 10000 pievedējtraktors – 14,90 € m³. Kokmateriālu izmaksas būtiski ietekmē pieņēmumi par tehnikas noslodzi un uzturēšanas izmaksām. Praksē izmaksas var atšķirties no teorētiski novērtētajām.

Veicot sistēmas analīzi, secināts, ka Vimek harvesteram vislabāk strādāt komplektā ar mazās klases pievedējtraktoru ar kravas apjomu 4-5 m³. Saskaņā ar jutīguma analīzes rezultātiem, mazās klases pievedējtraktors ir izdevīgāks arī tad, ja pievešanas attālums pieaug līdz 1,5 km. Kranman pievedējtraktors komplektā ar Vimek harvesteru var būt izdevīgs nelielās cirmās, kur pievedējtraktora transportēšana ar treileri būtiski palielinātu izmaksas. Šādos gadījumos pievešanu var veikt ar Kranman vai analogisku pievedējtraktoru, ko var pārvadāt vieglās mašīnas piekabē.

Vimek harvesters ir piemērots arī platībām ar sliktiem un ekstremāliem pievešanas apstākļiem, kur tas var aizstāt roku darbaspēku. Šādās platībās Vimek harvesteru komplektā ar Logbear F4000 pievedējtraktoru var izmantot kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē, ja zāģējamo koku dimensijas ir mazākas par 0,3 m³. Labos un vidējos apstākļos pievešanā ieteicams izmantot ritenētraktoru, kas ļauj samazināt pievešanas izmaksas, salīdzinot ar kāpurķēžu traktoru.

Vimek harvestera un mazās klases pievedējtraktora komplekts piemērots jaunaudžu un 1. krājas kopšanas cirtēm, gatavojot standarta kokmateriālu veidus. Teorētiski, balstoties uz Ziemeļvalstīs veiktu pētījumu rezultātiem, harvestera ražīgumu var palielināt,

nenosakot garuma ierobežojumus biokurināmā nogriežņiem un papīrmalkai, taču praksē šāds risinājums pagaidām nav iespējams, jo tā ieviešanu kavē spēkā esošie kokmateriālu kvalitātes standarti.

Saskaņā ar iepriekš veiktajiem pētījumiem par mežaudžu atlasīti biokurināmā sagatavošanai jaunaudzēs, LVM platībās nepieciešami 3-4 Vimek harvesteri un mazās klases pievedējtraktori. Aprēķins balstīts uz pieņēmumu, ka 5 gadu laikā izstrādā uz doto brīdi biokurināmā sagatavošanai pieejamos 18,6 tūkst. ha jaunaudzju (kopējais iegūstamā biokurināmā apjoms 374 tūkst. m³). Lai samazinātu kokmateriālu izmaksas, palielinot tehnikas noslodzi un samazinot tās pārvadāšanas izmaksas, ir jāplāno Vimek harvesteru nodarbināšana arī 1. krājas kopšanas cirtē un mežizstrādē platībās ar sliktiem pievešanas apstākļiem.

Pētījuma ietvaros izstrādāti priekšlikumi turpmākajiem Vimek harvestera pētījumiem, kas ietver jaunu mežizstrādes mašīnas pielietošanas jomu noskaidrošanu, kā arī darba apstākļu izvērtējumu mazajā tehnikā. Paralēli darba metožu pilnveidošanai ir jānosaka tehnikas radītās vibrācijas un skaņas spiediens kabīnē, veicot mežizstrādi audzēs ar dažādu dimensiju kokiem, kā arī jāizstrādā rekomendācijas maksimāli pieļaujamā un ieteicamā maiņas ilguma noteikšanai.

Turpmāko pētījumu gaitā jāizvērtē dažādu faktoru ietekmi uz mazgabarīta mežizstrādes tehnikas ražīgumu jaunaudzju kopšanas cirtēs, neparedzot apaļo kokmateriālu un biokurināmā gatavošanu. Šim nolūkam izmantojam Bracke C.12 griezējgalva ar ripzāģi, ko var izmantot piemēram, bērza izzāģēšanai priežu jaunaudzēs.

Pētījumā neizdevās noskaidrot kokmateriālu pašizmaksu un iespējamās audzes bojājumus, strādājot ar mazās klases pievedējtraktoru (Vimek 610 vai ekvivalentu), jo šāda tehnika izmēģinājumu laikā nebija pieejama. Tāpēc turpmākajos izmēģinājumos nepieciešams novērtēt mazās tehnikas komplekta (Vimek harvesteris un Vimek 610 vai analogisks pievedējtraktors) ražīgumu un izmaksas jaunaudzju un 1. krājas kopšanas cirtē, salīdzinot ar tehnikas komplektu, kurā izmantots vidējās klases pievedējtraktors.

Ņemot vērā būtisko tehnikas noslodzes ietekmi, ir jāmeklē risinājumi Vimek harvestera izmantošanai citos mežsaimniecības darbos. Tehnika ir noturīga uz augsniem ar mazu nestspēju, tāpēc pavasarī, kad daudzās jaunaudzēs noteikti mežizstrādes ierobežojumi, to var izmantot ievalku veidošanai meliorētās platībās, kā arī tīrīt nelielus piesērējušo grāvju posmus. Apjomīgiem rakšanas darbiem mašīna nav piemērota. Vimek un, it īpaši, Logbear pievedējtraktoru šajā laikā var izmantot, piemēram, minerālmēslojuma un pelnu izkliešanai. Mazo harvesteru un forvarderu var izmantot meža sēšanai, taču pagaidām pietrūkst informācijas gan par ražīgumu, gan pielietojamiem agregātiem, gan pakalpojumu organizāciju un operatoriem nepieciešamajām zināšanām. Turpmākajos pētījumos jāvērtē kompleksas Vimek harvestera izmantošanas iespējas meža apsaimniekošanā, tajā skaitā:

- mašīnu noslodzes plānošana;

- ražošanas izmaksas sastāva, krājas kopšanas un sanitārajās cirtēs;
- mašīnas izmantošana biotopu un piepilsētu mežu apsaimniekošanā, it īpaši platībās uz augsnēm ar mazu nestspēju;
- optimālais maiņas ilgums, veicot dažādus mežsaimnieciskus darbus;
- ražīguma un hidrosistēmas tehniskā stāvokļa novērtējums, izmantojot meža mašīnās biodegradablu hidraulisko eļļu;
- ĢIS algoritmu pielietošana ievalku izvietošanas plānošanai un kvalitātes kontrolei;
- ievalku veidošanas ietekme dažādos augšņu tipos (smalka granulometriskā sastāva minerālaugsnes un hidromorfās augsnes);
- sistēmu izstrāde mazgabarīta tehnikai piemērotu mežaudžu identificēšanā, vadoties no iepriekšējos pētījumos iegūtajiem ražīguma rādītājiem pie attiecīgām koku dimensijām un prognozējamā izstrādājamā apjoma.
- cirsmas tehnoloģisko shēmu izveide, kas paredz nākotnē paredzamos mežizstrādes darbus veikt izmantojot vidējas vai lielas klases mežizstrādes mašīnas, nezaudējot ražīgumu jaunaudžu kopšanā.
- darba metožu pilnveide mazgabarīta mežizstrādes tehnikai, atkarībā no mežizstrādes paņēmiena, tajā skaitā:
 - (zaru ieklāšanas pievešanas ceļos;
 - (koku gāšanas leņķa;
 - (atzarošanas un garumošanas vietas izvēles;
 - (slejas izstrādes platums atbilstoši cirsmas izstrādes tehnoloģijai;
- metodikas izstrāde kopšanas darbu kvalitātes noteikšanai un bojājumu novērtēšanai, veicot mežizstrādi ar mazgabarīta tehniku.

Vērtējot augsnes sagatavošanas ietekmi, lietderīgi veikt tehnikas vibrācijas mērījumus, lai noskaidrotu, vai platībā ar sagatavotu augsni vibrācijas rādītāji būtiski nepalielinās.

Pētījumu rezultāti ļaus samazināt mežizstrādes un citu mežsaimniecības darbu izmaksas, uzlabot operatoru darba apstākļus un radīs jaunas darba vietas mežsaimniecībā.

Logbear pievedējtraktora izmēģinājumi

Pētījuma mērķis ir noskaidrot ar kāpurķēdēm aprīkotu mazās klases pievedējtraktoru pielietošanas iespējas kopšanas cirtēs mežaudzēs ar sliktiem un ekstremāliem pievešanas apstākļiem (kūdreņu, purvainu, slapjainu un āreņu meža tipi), tajā skaitā noteikt ražīgumu, degvielas patēriņu, vidējo kravu, kustības ātrumu, kā arī ražošanas izmaksas, balstoties uz mežizstrādātāju un mašīnu ražotāju sniegtajai informācijai par

izmaksām. Daļa izmēģinājumu veikti 2016. gada rudenī, taču izmēģinājumu laikā pievešanas apstākļi bija optimāli un nevienā no audzēm nevarēja pārliecināties par pievedējtraktora darbību ekstremālos pievešanas apstākļos, tāpēc izmēģinājumi atsākti 2017. gada rudenī, veicot darba laika uzskaiti un ietekmes uz augsni mērījumus platībās ar ekstremāliem pievešanas apstākļiem, tomēr sakarā ar tehnikas bojājumiem šos izmēģinājumus nācās pārtraukt.

Pētījuma ietvaros plānots turpināt kāpurķēžu pievedējtraktora Logbear izmēģinājumus pievešanā uz organiskām augsnēm no cirmsmām, kas koptas mašinizēti vai ar benzīna motorzāģi. Audzēm, kurām tas pieejams, noskaidro risu veidošanās un ieplaku izvietojuma sakarības.

Izmēģinājumi veikti 2016. un 2017. gadā, veicot apaļo kokmateriālu pievešanu ar harvesteru un ķēdes motorzāģiem izstrādātās kopšanas cirtēs. Izmēģinājumus plānots turpināt 2017. gadā, veicot darba laika uzskaiti un augsnes bojājumu mērījumus īpaši sliktos pievešanas apstākļos.

Vidēji kravas veidošanai patērētas 15,5 min. produktīvā darba laika, bet izkrašanai – 4,7 min. produktīvā laika. Vidējā krava ir 3,6 m³, braukšanas ātrums – 45 m min.⁻¹.

Izmēģinājumos secināts, ka Logbear F4000 pievedējtraktors piemērots darbam ekstremālos un sliktos pievešanas apstākļos krājas kopšanas cirtē, izmantojot tehnikas komplektu – ķēdes motorzāģis vai augsnēm ar mazu nestspēju piemērots harvesters, kas nerada rises mežizstrādes laikā, un Logbear F4000 pievedējtraktors. Turpmākajos pētījumos jāvērtē šī pievedējtraktora izmantošanas iespējas jaunaudžu kopšanas cirtēs, sanitārajā un galvenajā cirtē uz augsnēm ar sliktu nestspēju.

Logbear F4000 pievedējtraktoru ieteicams izmantot platībās ar organiskām augsnēm, savlaicīgi ieplānojot pievešanu ar kāpurķēžu traktoru, lai tam nav jābrauc pa riteņtraktora, tajā skaitā harvestera, bojātu augsni, tādējādi zaudējot priekšrocības, ko rada kāpurķēžu tehnikas izmantošana. Logbear F4000 nav ieteicams izmantot cirmsmās, kur pirms tam riteņtraktors ie braucis rises pievešanas ceļos. Iespēju robežās šādās situācijās ir jāizvēlas cits pievešanas ceļš.

Kopšanas cirtē, strādājot 2 maiņās, Logbear F4000 pievedējtraktors var apkalpot 4 strādniekus ar ķēdes motorzāģiem vai 1 harvesteru. Pievedējtraktora ražīgums būtiski samazinās, pieaugot pievešanas attālumam. Nostrādājot 2905 produktīvā darba laika stundas gadā un pievedot kokmateriālus vidēji 270 m attālumā, Logbear F4000 var pievest 16,9 tūkst. m³ apaļo kokmateriālu (18,8 tūkst. m³ ar mizu).

Pētījumā nav konstatēta būtiska ražīguma atšķirība, pievedot ar ķēdes motorzāģi vai harvesteru sagatavotus kokmateriālus. Vidēji 1 m³ apaļo kokmateriālu pievešanai patērētas 9 min. produktīvā darba laika, kravas veidošanai vidēji patērētas 15,5 min. produktīvā darba laika, bet izkrašanai – 4,7 min. produktīvā darba laika. Vidējā krava ir 3,6 m³, braukšanas ātrums – 45 m min.⁻¹.

Logbear F4000 degvielas patēriņš ir būtiski mazāks, nekā vidējās klases pievedējtraktoriem – vidēji 4,9 L stundā ($0,7 \text{ L m}^{-3}$ atbilstoši modelētiem kokmateriālu pievešanas pašizmaksas aprēķinu rezultātiem). Pētījumā konstatēts, ka testētās degvielas uzskaites sistēmas interneta saskarsmes vide nav piemērota pētnieciskām vajadzībām un arī tehnikas īpašniekam sniedz neobjektīvu informāciju par degvielas patēriņu. Lai iegūtu mežizstrādes tehnikas monitoringam piemērotu datu kopu, jāpilnveido interneta saskarsmes vide, uzrādot degvielas patēriņu stundā, kā arī jāparedz kopsavilkumu sagatavošana cirsmu griezumā. Alternatīvs risinājums degvielas patēriņa rādītāju iegūšanai cirsmu griezumā ir datu uzkrāšanu tehnikā uzstādītā datorā, atsakoties no mobilās datu pārraidīšanas pakalpojuma.

Kokmateriālu pievešanas pašizmaksas ar 5 % peļņas likmi ir $6,83 \text{ € m}^{-3}$ (bez mizas). Pašizmaksu būtiski palielina lielāks pievešanas attālums un samazināta tehnikas noslodze (gadā nostrādāto stundu skaits). Viens no iespējamiem risinājumiem labākai Logbear F4000 darba organizēšanai kopšanas cirtēs ir starpkrautuvju ierīkošana cirmā, taču šis risinājums prasa būtiski lielāku ieguldījumu darbu plānošanā un izpildes kontrolē, lai izmaksu samazināšana vienā cirmā neradītu izmaksu pieaugumu vai pat zaudējumus, veicot pievešanu citās cirmās.

Vērtējot salīdzinoši ātro ķēžu un velkošo zobratu nolietojumu, pētījumā secināts, ka Logbear F4000 jāizmanto platībās ar organiskām augsnēm, savlaicīgi ieplānojot pievešanu ar kāpurķēžu traktoru, izvairoties no braukšanas pa minerālaugsnēm. Taču empīriskai šīs hipotēzes pierādīšanai nepieciešami ilgstoši dažādos apstākļos ekspluatētas tehnikas novērojumi. Ir jāizvairās no Logbear F4000 pievedējtraktora izmantošanas cirmās, kur pirms tam bijuši nesekmīgi mēģinājumi veikt pievešanu ar riteņtraktoru un ir jau izveidojušās dziļas rīses maģistrālajos ceļos vai ir bojāts zaru segums tehnoloģiskajos koridoros.

“Tilta” kausa un standarta kausa salīdzinājums kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē

Pētījuma mērķis ir salīdzināt “tilta” kausu (greifers ar pacelšanas funkciju) (Att. 20 un 21) un standarta kausu (standarta greiferi) apaļo kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē. Pētnieciskais uzdevums ir novērtēt standarta un “tilta” kausu izmantošanas priekšrocības un trūkumus kopšanas cirtē. “Tilta” kauss, papildus ierastajām greifera funkcijām, nodrošina iespēju iekraušānai vai izkraušānai paredzēto kokmateriālu saini ne vien pagriezt horizontālajā plaknē, bet arī pacelt saini līdz par 45° leņķī vertikālajā plaknē.



Att. 20: “Tilta” kausa (greifers ar pacelšanas funkciju) konstrukcijas un pielietošanas piemērs⁹.



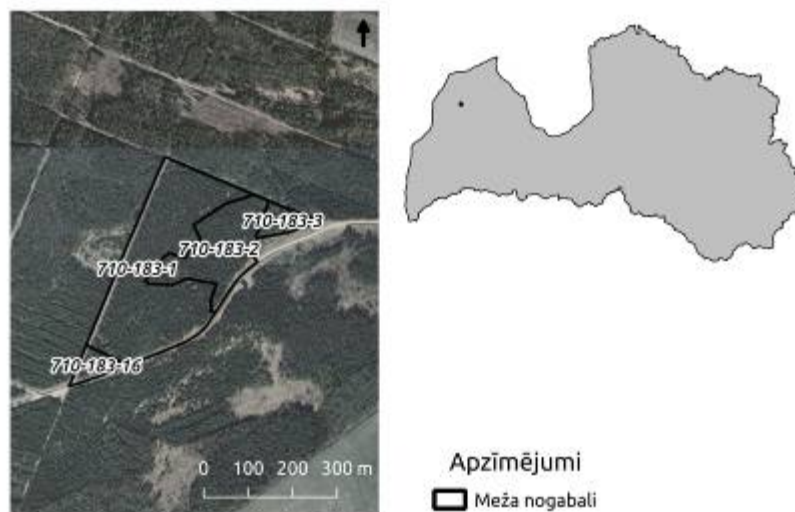
Att. 21: John Deere 810 D pievedējtraktors ar greiferi ar pacelšanas funkciju.

Izmēģinājuma atlasīto mežaudžu taksācijas rādītāji doti Tab. 7, objektu novietojums – Att. 22. Saskaņā ar mežaudžu atlasē kritērijiem daļa izmēģinājumam atlasīto audžu atrodas sausieņu meža tipā jeb uz sausām minerālaugsnēm un mežaudzēs valdoša koku suga (vismaz 70%) ir skujkoki.

⁹ Foto no <http://www.pickensfarmequipment.com>

Tab. 7: Atlasīto audžu taksācijas rādītāji

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
710-183-1	As	E	6,7	1 535	15,8	14,4	33	253
710-183-2	Dm	E	2,9	1 250	18,8	17,9	39	367
710-183-3	Vr	E	0,6	1039	21	22	36	387
710-183-16	Dm	E	0,3	1241	20	21	39	403



Att. 22: Izmēģinājumu objekta novietojums¹⁰.

Izmēģinājumos salīdzinātas 2 darba metodes:

- pirmās darba metodes ietvaros pievedējtraktoru aprīko ar greiferi ar pacelšanas funkciju;
- otrajā darba metodē izmanto standarta greiferi.

Ar pacelšanas funkciju aprīkota greifera un standarta greifera izmēģinājumi veikti vienā un tajās pašā cirsma, pievešanas darbos izmantojot John Deere 810 D pievedējtraktoru. Izmēģinājumi veikti 4 skujkoku audzēs Ziemeļkurzemes reģiona Rindas meža iecirknī Ances apkārtnē LVM valdījumā esošās meža platībās.

Pievešanas darbus veica divi operatori ar līdzīgu darba pieredzi, strādājot gan ar greiferi ar pacelšanas funkciju, gan standarta greiferi. Izmēģinājuma ietvaros veikta darba laika uzskaitē, pievestā apjoma novērtēšana un palielošo koku bojājumu uzskaitē.

Pievešanas darbi veikti laikā no 09.10.2017. līdz 13.10.2017. Kopumā detalizēta darba laika uzskaitē veikta 470 m³ apaļo kokmateriālu jeb 72 kravu pievešanai (vidējā krava 6.5 m³) ar John Deere 810 D pievedējtraktoru, kas aprīkots ar standarta greiferi un

¹⁰ Kartogrāfiskais materiāls – OpenStreetMap, MEDUS, GIS Latvija 10.2.

greiferi ar pacelšanas mehānismu. Lielākā daļa jeb 55% kokmateriālu pievesta ar pievedējtraktoru, kas aprīkots ar standarta greiferi.

Iegūtie rezultāti parāda, ka pievešanas darbos izmantojot otro darba metodi, 1 m³ pievešanai, izmantojot kausu ar pacelšanas funkciju, patērēts par 21% mazāk produktīvā darba laika, nekā, strādājot ar standarta kausu. Darba laika patēriņš samazinājies gan kokmateriālu iekraušanai, gan izkraušanai. Izmēģinājumos strādājuši 2 operatori, taču viņu ietekme uz vidējajiem ražīguma rādītājiem nav bijusi statistiski būtiska.

Paliekošo koku bojājumi par 21% mazāk konstatēti platībās, kurās pievešanas darbi veikti, izmantojot greiferi ar pacelšanas funkciju. Abos variantos bojāto koku īpatsvars nepārsniedza limitējošās vērtības.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem greifera ar pacelšanas funkciju ieviešana ražošanā kopšanas cirtēs ļautu būtiski palielināt ražīgumu un samazināt bojāto koku skaitu kopšanas cirtēs. Turpmākajos pētījuma etapos ir jāizstrādā rekomendācijas pacelšanas mehānismu izvēlei un jāveic tehnoloģijas ieviešanas monitorings ražošanas apstākļos, kā arī jāveic pievedējtraktoru operatoru apmācība.

Dubultkausa un kokmateriālu šķirotāju ietekmes uz ražīgumu un kopšanas ciršu izpildes kvalitāti novērtējums

Pētījuma mērķis ir salīdzināt pievedējtraktora dubultkausa (greifera, kas aprīkots ar papildus satveršanas mehānismu) un kravu šķirotāja (Att. 23) ietekmi uz ražīgumu kokmateriālu pievešanā kopšanas cirtē, salīdzinot ar standarta greiferi. Mežaudžu atlasī izmēģinājumiem veica AS "Latvijas valsts meži" darbinieki, izraugoties kopšanas cirtes sausieņu meža tipos uz sausām minerālaugsnēm, kur valdoša koku suga (vismaz 70%) ir skujkoki.



Att. 23: Škirotāji un dubultkauss¹¹.



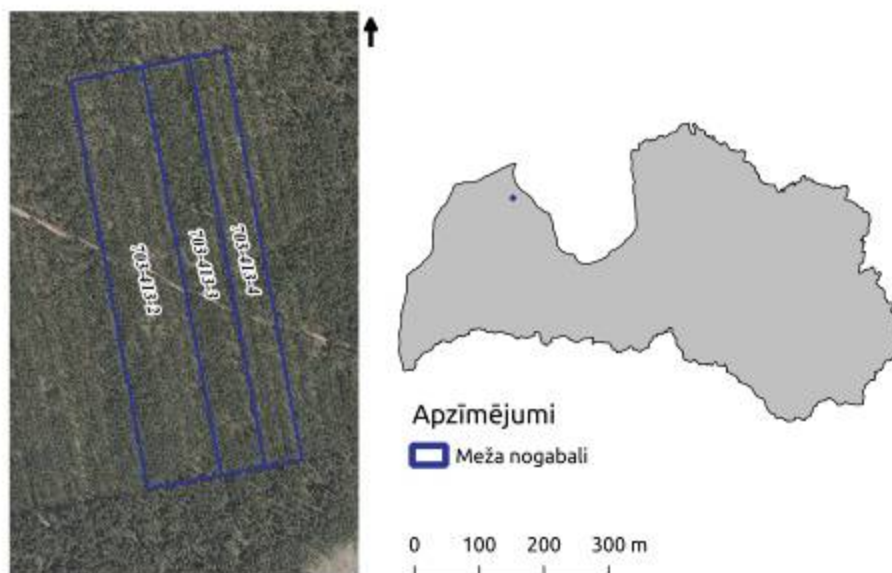
Att. 24: John Deere 1110D ECO III piedevjtraktors ar greiferi, kas aprīkots ar papildus satveršanas mehānismu.

¹¹ Foto <http://forestcentre.net.au>, <http://www.intrac.lt/>.

Izmēģinājumi veikti 3 skujkoku audzes (kopējā platība 15,2 ha) sila meža tipā Ziemeļkurzemes reģiona Raķupes meža iecirknī Anūžu apkārtnē LVM valdījumā esošās meža platībās. Izmēģinājuma atlasīto mežaudžu raksturojums dots Tab. 8, objektu novietojums parādīts Att. 25.

Tab. 8: Izmēģinājumos izmantoto mežaudžu raksturojums¹²

Atslēga	Platība, ha	Meža tips	Bonitāte	Sugu sastāvs	Krājāja, m ³ ha ⁻¹	Valdošā suga	H, m	D, cm	Vecums gados
82-08-07-703-413 3-0	4,49	SI	IV	10P52	196	Priede	12	11	52
82-08-07-703-413 2-0	7,12	SI	IV	10P56 +B56	230	Priede	13	11	56
82-08-07-703-413 4-0	3,60	SI	IV	10P58 +B80 P80	230	Priede	13	11	58



Att. 25: Izmēģinājumu objekta novietojums¹³.

Pievešanas darbos plānots izmantot divas darba metodes:

1. pievešanas darbi veikti ar John Deere 1110D ECO III piededējtraktoru, kura greifers aprīkots ar papildus satvērējiem, tādējādi vienlaicīgi ļaujot iekraut vairāk nekā vienu sortimenta veidu.
2. pievešanas darbi veikti ar John Deere 1110D ECO III piededējtraktoru, kas aprīkots ar standarta greiferi.

Pievešanas darbi veikti no 27.11.2017. līdz 02.11.2017. Kopumā detalizēta darba laika uzskaitē veikta 424 m³ apaļo kokmateriālu jeb 49 kravu pievešanai (vidējā krava 8,7 m³

¹² Atbilstoši datubāzei MEDUS.

¹³ Kartogrāfiskais materiāls – OpenStreetMap, MEDUS, GIS Latvija 10.2.

jeb 93% kravas piepildījums no maksimāli iespējamās) ar John Deere 1110D ECO III pievedējtraktoru, kas aprīkots ar standarta greiferi un greiferi ar papildus satveršanas mehānismu.

Iegūtie rezultāti parāda, ka pievešanas darbos izmantojot 2. darba metodi, 1 kravas un 1 m³ pievešanai tērēts attiecīgi par 2,3% un 1,4% mazāk produktīvā darba laika, taču atšķirība nav statistiski būtiska. Pievešanas ražīgums būtiski atšķīrās dažādām kravām, pārrēķinot uz darba laika patēriņu 1 m³ iekraušanai. Atsevišķos gadījumos, izmantojot dubultkausu, ražīgums bija labāks, nekā darba metodē ar standarta kausu. Saskaņā ar vizuāliem novērojumiem ražīguma pieaugums vērojams vietās ar lielāku kokmateriālu koncentrāciju, kur dažādi kokmateriālu veidi nokrauti vienā kaudzē. Izmēģinājumos šāda informācija netika fiksēta, tāpēc šo atziņu pagaidām nevar pierādīt. Lai pārbaudītu šo hipotēzi, izmēģinājumi ir jāturpina krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē, kur pievedamo sortimentu veidu skaits un koncentrācija uz platības vienību ir lielāka. Pētījumos jāiesaista pieredzējuši operatori, jo šajā pētījumā piedalījās operatori, kas līdz šim nebija strādājuši kopšanas cirtēs, tāpēc ražīgumu ietekmēja arī cilvēciskais faktors.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem kokmateriālu pievešanas izmaksas, izmantojot John Deere 1110D ECO III pievedējtraktoru, kas aprīkots ar standarta greiferi un greiferi ar papildus satveršanas mehānismu, izmēģinājumiem raksturīgajos apstākļos, ir attiecīgi 9,67 € m³ un 9,17 € m³.

Strādājot ar pirmo darba metodi, kas paredz pievešanas darbos izmantot greiferi ar papildus satvērējiem, ir par 0,1% mazāk bojāto koku, nekā, strādājot ar standarta greiferi, tomēr šis atšķirības nav statistiski būtiskas. Nevienā no variantiem bojāto koku īpatsvars nepārsniedza 1% no atstājamiem kokiem.

Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs

Kravu lieluma ietekme uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem

Pētījuma mērķis noskaidrot kravu lieluma ietekmi uz darba ražīgumu pievešanā sliktos un ekstremālos apstākļos, tajā skaitā novērtēt darba ražīgumu, degvielas patēriņa izmaiņas atkarībā no kravas lieluma, kā arī iegūt sākotnējo informāciju par ietekmi uz augsni atkarībā no darba metodes. Izmēģinājumos salīdzinātas 3 darba metodes – maksimāli pieļaujamā pievedējtraktora noslodze (100 % masas aizpildījums pēc tehniskās dokumentācijas), konvencionālā darba metode (vidēji 75 % kravas aizpildījums) un samazinātās slodzes metode (50 % kravu aizpildījums). Izmēģinājumus plānots veikt kontrolētos apstākļos, pļavā uz organiskas augsnes, kas ļauj izslēgt gan augšanas apstākļu nevienādīguma, gan operatora darba stila ietekmi.

Izmēģinājumus plānots veikt 2018. gada maijā, izmantojot telemetrisko datu un risu veidošanās monitoringa sensoru bloku (darba uzdevums [Risu mērīšanas ierīces](#)

[pilnveidošana](#)). Izmēģinājumu aizkavēšanās saistīta ar risu mērīšanas monitoru izgatavošanas termiņu pārcelšanos.

Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos

Padeves veltņu ietekme uz darba ražīgumu

Pētījuma mērķis ir novērtēt harvesteru galvas padeves veltņu (gan standarta, gan saudzīgo) radītos iespiedumus dažādiem kokmateriālu veidiem, uzmērot tos ar parauglaukumu metodi dažādās galvenās cirtes un kopšanas cirtes cismās. Mērījumus veiks 3 sezonās, tajā skaitā ziemas mērījumus veiks 2018. gada janvārī vai februārī, atkarībā no gaisa temperatūras šajos mēnešos. Pētījuma ietvaros 2018. gadā veiks atkārtotu darba laika uzskaiti atsevišķos izmēģinājumu objektos kopšanas un galvenajā cirtē.

Izmēģinājuma ietvaros padeves veltņu bojāto sortimentu skaits sadalījumā pa koku sugām un sortimentu veidiem dots Tab. 9.

Tab. 9: Padeves veltņu iespiedumu mērījumi vasarā

Cirtes veids	Padeves veltņi	Apaļo kokmateriālu veids					
		egle			priede		bērzs
		6x10	10x14	14x18	10x14	14x18	finieris
Galvenā cirte	Moipu	0	148	96	26	124	2
	standarta	16	66	90	21	53	34
Krājas kopšanas cirte	Moipu	126	220	101	126	92	0
	standarta	3	23	23	0	0	0

Izmēģinājuma ietvaros padeves veltņu bojāto sortimentu skaits sadalījumā pa koku sugām un sortimentu veidiem atspoguļots Tab. 10. Ievāktais datu apjoms atsevišķām koku sugām un kokmateriālu veidiem ir nepietiekošs. Tas skaidrojams ar nelabvēlīgiem laika apstākļiem. Rezultātā mežizstrādes apjoms samazināts cismās uz augsnēm ar mazu nestspēju.

Tab. 10: Padeves veltņu iespiedumu mērījumi rudenī

Cirtes veids	Padeves veltņi	Apaļo kokmateriālu veids					
		egle			priede		bērzs
		6x10	10x14	14x18	10x14	14x18	finieris
Krājas kopšanas cirte	Moipu	40	72	38	97	94	0
	standarta	0	66	17	0	0	29

Kopā veiktie mērījumi ar MOIPU padeves veltņiem pavasara, vasaras un rudens sezonā apkopoti Tab. 11.

Tab. 11: Padeves veltņu iespiedumu mērījumu kopsavilkums sugu un kokmateriālu veidu griezumā

Suga	Sortiments	Pavasaris	Vasara	Rudens
------	------------	-----------	--------	--------

		Kailcirte	KKC	Kailcirte	KKC	KKC
Egle	6x10	0	10	0	127	40
	10x14	3	19	148	204	72
	14x18	8	25	96	98	38
Priede	10x14	0	63	26	126	97
	14x18	2	40	26	26	94
Bērzs	FIB	19	0	77	0	0

Projekta ziņojumu sagatavosim pēc ziemas sezonas mērījumu un darba laika uzskaites izmēģinājumu pabeigšanas. Saskaņā ar darba metodi ziemas sezonas mērījumus uzsāksim, ka vidējā gaisa temperatūra samazināsies līdz -5°C .

Ieteikumi mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai

Empīrisku datu ieguve augsnes sagatavošanas darba ražīguma un paliekošo koku bojājumu modelēšanai

Pētījuma uzdevums ir izstrādāt vienādojumu kopu augsnes apstrādes virziena ietekmes uz augsnes apstrādes darba ražīgumu un bojājumu apjomu kopšanas cirtē raksturošanai, veicot mežizstrādi atjaunotajās platībās 20-40 gadus pēc augsnes apstrādes.

Pētījuma ietvaros veikta augsnes gatavotāju darba laika uzskaiti 27 ha platībā uz smilšmāla un mālsmilts augsnēm, kur zari atstāti ceļos vai izvesti biokurināmā sagatavošanai. Kopšanas cirtēs noteikts audzē palikušo koku bojājumu telpiskais izvietojums.

Apkopojot abu darba uzdevumu rezultātus, raksturosim, kādu kopējo ietekmi uz darba ražīgumu un potenciālajiem ieguvumiem un/vai zaudējumiem mežizstrādē rada augsnes gatavotāja kustības virziena maiņa attiecībā pret nogabala garenasi.

Visās platībās, kur veikta augsnes apstrādes darba laika uzskaitē, noteiksim mineralizēto laukumu, izmantojot aerofotouzņēmumus un LiDAR datus. Šo darba uzdevumu sakarā ar drona piegādes aizkavēšanos varēsim veikt tikai 2018. gadā veģetācijas sezonas sākumā.

2017. gadā noteikts augsnes sagatavošanas darba ražīgums. Augsnes sagatavošanas darba laika uzskaitē veikta 27 ha platībā. Rezultātu kopsavilkums, tajā skaitā manevrēšanai patērētais laiks parādīts Tab. 12 un Tab. 13. Vidējais darba laika patēriņš ir 46 min. ha^{-1} , tajā skaitā 47 min. ha^{-1} Ln un Dm (platībās ar mālsmilts augsni) un 44 min. ha^{-1} Gr meža tipā (platībās ar smilšmāla augsni). Vidēji augsnes gatavotājs veido 16 joslas ha^{-1} , vidēji pagriezieniem 1 joslā patērē 20 sek. Augsnes sagatavošanas laiks platībās, kur zari izvākti – 45 min. ha^{-1} ; bet platībās, kur zari ieklāti ceļos – 49 min. ha^{-1} (par 8% vairāk).

Platībās, kur veikta augsnes sagatavošanas darba laika uzskaitē, uzmērīts vagu dziļums, nosakot to 3 vietās katrā vagā, virzoties perpendikulāri augsnes sagatavošanas

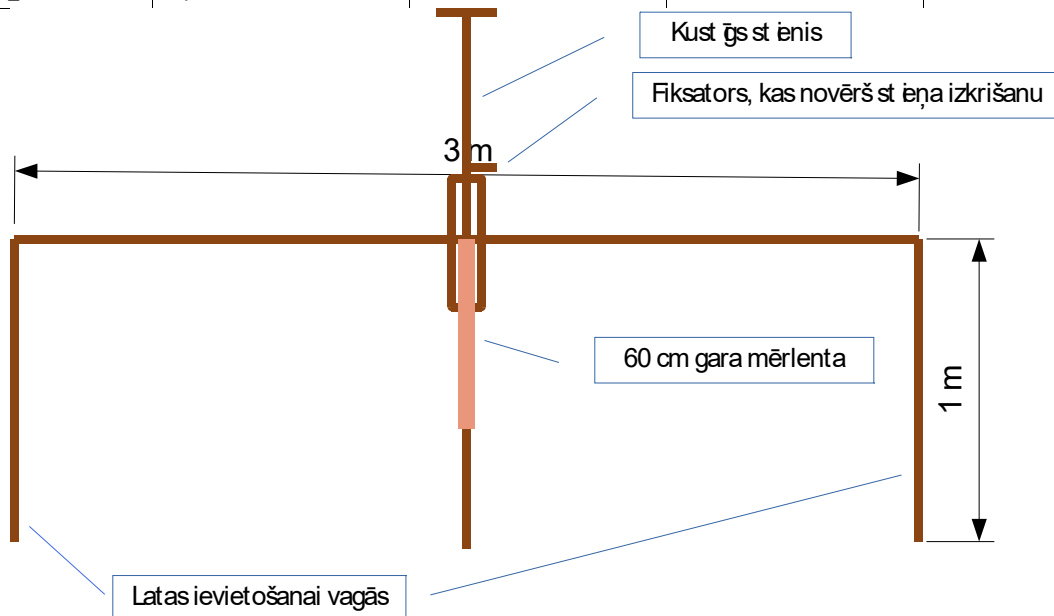
virzienam. Vagu dziļuma noteikšanai izveidota ierīce, kas nosaka 2 vagu vidējo dziļumu pret neapstrādāto joslu starp abām vagām (Att. 26).

Tab. 12: Augsnes sagatavošanas ražīguma datu kopsavilkums (min. ha⁻¹)

KV_nog	Mežizstrādes atliekas	Meža tips	Valdošā suga	Manevru skaits	Iebrauc	Izbrauc	Gatavojas darbam	Gatavo augsni	Manevrē	Brauc cīrsmā	Citi darbi	Pārējais laiks	Produktīvais laiks	Kopējais laiks	Kopējais darba laiks	Kopējais darba laiks bez iebraukšanas uz izbraukšanas
333_17	Novesti	Dm	P	21	1,84	1,49	-	33,82	6,69	1,39	0,51	-	46	47	46	42
353_15	Novesti	Ln	P	25	0,71	-	-	39,73	7,66	2,11	-	-	50	54	50	50
358_9	Ceļos	Ln	P	30	3,06	-	-	57,79	9,44	2,98	2,23	-	75	78	75	72
374_11	Novesti	Ln	P	17	0,31	0,53	0,06	30,87	6,74	1,70	0,14	-	40	37	40	40
374_12_14_15	Novesti	Ln	P	26	0,30	0,56	-	34,12	9,50	3,16	-	-	48	50	48	47
375_8_1	Ceļos	Ln	P	12	1,31	0,17	0,03	31,46	3,67	1,06	0,12	-	38	38	38	36
611_151_14_15	Ceļos	Gr	Ba	9	1,49	1,01	-	36,35	3,36	0,71	1,46	-	44	89	44	42

Tab. 13: Manevrēšanas laiks (sek. joslai)

KV_nog	Mežizstrādes atliekas	Meža tips	Valdošā suga	Manevrēšanas laiks, sek.
333_17	Novesti	Dm	P	19
353_15	Novesti	Ln	P	19
358_9	Ceļos	Ln	P	19
374_11	Novesti	Ln	P	24
374_12_14_15	Novesti	Ln	P	22
375_8_1	Ceļos	Ln	P	19
611_151_14_15	Ceļos	Gr	Ba	23



Att. 26: Ierīce vagu dziļuma mērīšanai.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Atstājamo koku bojājumi noteikti 19 audzēs 77 ha platībā. Uzskaites datu kopsavilkums un audžu raksturojums dots Tab. 14, Tab. 15 un Tab. 16.

Tab. 14: Bojājumu uzskaites datu kopsavilkums

Cirsmas kods	Variants	Meža tips	Sakņu bojājumi, gab. ha ⁻¹	Stumbra bojājumi, gab. ha ⁻¹	Vīsi bojājumi, gab. ha ⁻¹	Koku ar sakņu bojājumiem īpatsvars	Koku ar stumbra bojājumiem īpatsvars	Kopējais bojāto koku īpatsvars koku ar sakņu bojājumiem	Īpatsvars ārpus manevrēšanas joslām	Koku ar stumbra bojājumiem īpatsvars ārpus manevrēšanas joslām	Kopējais bojāto koku īpatsvars ārpus manevrēšanas joslām	Koku ar sakņu bojājumiem īpatsvars manevrēšanas joslās	Koku ar stumbra bojājumiem īpatsvars manevrēšanas joslās	Kopējais bojāto koku īpatsvars manevrēšanas joslās	Sakņu bojājumu īpatsvara pieaugums manevrēšanas joslās	Stumbra bojājumu īpatsvara pieaugums manevrēšanas joslās
501-224-6	E nesavienoti	Vr	10	27	37	1,0%	2,8%	3,9%	1,0%	2,6%	3,6%	1,0%	5,6%	6,7%	0,0%	117,5 %
503-279-7	E nesavienoti	Vr	9	22	31	1,2%	3,0%	4,1%	0,9%	2,8%	3,7%	2,3%	3,7%	6,0%	151,5 %	31,7%
503-280-4	E nesavienoti	Vr	8	22	30	1,0%	2,8%	3,8%	0,8%	2,6%	3,4%	1,4%	3,1%	4,5%	73,0 %	20,0%
505-106-1	P nesavienoti	Ln	0	5	5	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%	0,7%	0,7%	0,0%	67,8%
505-110-1	P savienoti	Mr	0	5	5	0,0%	0,6%	0,6%	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	1,0%	1,0%	0,0%	105,0 %
505-124-1	P nesavienoti	Mr	0	9	9	0,0%	1,3%	1,3%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%
505-144-2	P nesavienoti	Ln	0	4	4	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%	1,3%	1,3%	0,0%	262,5 %
505-144-4	P savienoti	Mr	0	1	1	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%
505-243-21	P savienoti	Ln	0	1	1	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
505-93-11	P nesavienoti	Mr	0	16	16	0,0%	1,9%	1,9%	0,0%	1,8%	1,8%	0,0%	3,1%	3,1%	0,0%	71,0%
505-93-9	P nesavienoti	Mr	0	6	6	0,0%	0,6%	0,6%	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	0,8%	0,8%	0,0%	59,6%
505-94-3	P nesavienoti	Mr	0	12	12	0,0%	1,1%	1,1%	0,0%	0,9%	0,9%	0,0%	2,5%	2,5%	0,0%	179,6 %
505-95-8	P savienoti	Mr	0	16	16	0,0%	2,0%	2,0%	0,0%	2,0%	2,0%	0,0%	2,0%	2,0%	0,0%	0,0%
505-95-9	P savienoti	Mr	0	6	6	0,0%	0,7%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%
607-59-1	E savienoti	Gr	9	61	71	1,2%	7,8%	9,0%	1,3%	8,2%	9,5%	1,3%	8,2%	9,5%	0,0%	0,0%
607-60-4	E savienoti	Gr	6	22	29	1,0%	3,4%	4,3%	0,9%	3,3%	4,2%	1,6%	4,1%	5,7%	79,3 %	23,9%
607-61-1	E nesavienoti	Gr	5	54	59	0,5%	5,7%	6,2%	0,5%	6,1%	6,7%	0,7%	6,1%	6,8%	31,3 %	0,0%
607-66-2	E savienoti	Gr	2	15	18	0,4%	2,8%	3,2%	0,3%	2,8%	3,0%	2,7%	3,4%	6,1%	960,8 %	24,0%
Visas cirsmas			3	16	19	0,3%	2,0%	2,3%	0,3%	1,9%	2,2%	0,7%	2,5%	3,2%	127,9 %	29,1%

Tab. 15: Bojājumu uzskaites datu kopsavilkums

Cirsmas kods	Variants	Audzies vecums	Bonitāte	Formula	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Valdošā suga	H, m	D, cm	Biezība	G, m ² ha ⁻¹	Koku skaits, gab. ha ⁻¹
--------------	----------	----------------	----------	---------	--	--------------	------	-------	---------	------------------------------------	------------------------------------

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Cirsmas kods	Variants	Audzes vecums	Boniāte	Formula	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Valdošā suga	H, m	D, cm	Biezība	G, m ² ha ⁻¹	Koku skaits, gab. ha ⁻¹
501-224-6	E nesavienoti	29	Ia	10E29 +B29 M29	140	E	13	16	7	19	945
503-279-7	E nesavienoti	35	I	10E35 +B35	157	E	15	18	6	19	747
503-280-4	E nesavienoti	34	I	9E1B34	148	E	15	17	6	18	793
505-106-1	P nesavienoti	27	Ia	10P27 ats E37	147	P	14	15	6	20	1132
505-110-1	P savienoti	34	I	10P34	125	P	14	15	5	17	962
505-124-1	P nesavienoti	30	Ia	10P30	123	P	15	17	5	16	705
505-144-2	P nesavienoti	36	II	10P36	111	P	13	16	5	16	796
505-144-4	P savienoti	41	II	10P41	131	P	15	18	5	17	668
505-243-21	P savienoti	76	I	10P76 +E36	295	P	26	26	7	25	471
505-93-11	P nesavienoti	52	I	10P52 +B31	227	P	21	19	7	23	811
505-93-9	P nesavienoti	40	I	10P40 ats B40	161	P	16	15	6	20	1132
505-94-3	P nesavienoti	40	II	10P40 +B27	139	P	14	15	6	19	1075
505-95-8	P savienoti	26	Ia	10P26	117	P	14	16	5	16	796
505-95-9	P savienoti	32	I	10P32	105	P	12	15	5	16	905
607-59-1	E savienoti	40	Ia	8E40 2B33 +A40	187	E	16	18	7	20	786
607-60-4	E savienoti	35	Ia	9E35 1B16 +A16 ats Ba21	224	E	19	21	7	23	664
607-61-1	E nesavienoti	35	Ia	10E35 +B27	245	E	16	18	7	24	943
607-66-2	E savienoti	31	Ia	8E2B31 ats M24	170	E	17	21	7	19	549
Visas cirsmas					178		16	18	7	20	812

Tab. 16: Koridoru raksturojums

Cirsmas kods	Variants	Koridoru skaits	Koridoru garums, m	Vidējā koridora garums, m	Koridoru garums ārpus manevrēšanas joslām, m	Manevrēšanas joslu kopgarums, m	Manevrēšanas joslu īpatsvars	Meža platība ārpus manevrēšanas joslām, ha	Manevrēšanas joslu platība, ha	ārpus manevrēšanas joslas īpatsvars
501-224-6	E nesavienoti	4	1808	452	1648	160	10%	3,5	0,3	92%
503-279-7	E nesavienoti	5	934	187	734	200	27%	1,9	0,4	82%
503-280-4	E nesavienoti	24	2131	89	1171	960	82%	3,5	1,9	64%
505-106-1	P nesavienoti	5	1803	361	1563	240	15%	3,0	0,5	86%
505-110-1	P savienoti	4	2073	518	1873	200	11%	4,1	0,4	91%
505-124-1	P nesavienoti	4	1258	315	1098	160	15%	2,1	0,3	87%
505-144-2	P nesavienoti	5	1572	314	1372	200	15%	2,9	0,4	88%
505-144-4	P savienoti	6	1569	262	1329	240	18%	3,1	0,5	87%
505-243-21	P savienoti	4	1782	446	1622	160	10%	3,6	0,3	92%

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Cirsmas kods	Variants	Koridoru skaits	Koridoru garums, m	Vidējā koridora garums, m	Koridoru garums ārpus manevrēšanas joslām, m	Manevrēšanas joslu kopgarums, m	Manevrēšanas joslu īpatsvars	Meža platība ārpus manevrēšanas joslām, ha	Manevrēšanas joslu platība, ha	ārpus manevrēšanas joslas īpatsvars
505-93-11	P nesavienoti	6	2325	388	2085	240	12%	4,7	0,5	91%
505-93-9	P nesavienoti	4	1192	298	1032	160	16%	2,4	0,3	88%
505-94-3	P nesavienoti	6	1600	267	1366	234	17%	3,2	0,5	87%
505-95-8	P savienoti	8	3150	394	2830	320	11%	2,7	0,6	81%
505-95-9	P savienoti	1	40	40	0	40	100%	0,1	0,1	50%
607-59-1	E savienoti	4	938	235	778	160	21%	1,9	0,3	85%
607-60-4	E savienoti	6	1807	301	1567	240	15%	3,6	0,5	88%
607-61-1	E nesavienoti	6	1661	277	1421	240	17%	2,5	0,5	84%
607-66-2	E savienoti	6	3637	606	3397	240	7%	7,3	0,5	94%
Visas cirsmas			31280	290	26886	4394	16%	55,9	8,8	86%

Aprēķinos izmantotais pieņēmums par manevrēšanas joslu garumu – 20 m katrā galā, vidēji 15% no mežaudžu platības. Bojājumu skaita pieaugums koridoru galos manevrēšanas joslās E audzēs – 45%, P audzēs – 68%, salīdzinot ar pārējo audzes daļu. Koku ar stumbra bojājumiem īpatsvars egļu audzēs ārpus koridoru galiem E audzēs – 4,1%, P audzēs – 0,8%.

Darba uzdevuma izpildes aizkavēšanās saistīta ar vairākiem faktoriem, tajā skaitā LiDAR iekārtas un drona piegādes aizkavēšanos par aptuveni 9 mēnešiem, kā rezultātā nebija iespējami iekārtas izmēģinājumi un lauka darbu metodikas izstrādāšana lauka datu iegūšanai. Ar LiDAR piegādātā multispektrālā kamera tūlīt pēc piegādes nodota garantijas remontā, kas var vēl uz vairākiem mēnešiem aizkavēt attālās izpētes datu iegūvi augsnes sagatavošanas izmēģinājumu objektos. Empīriskos datus augsnes sagatavošanas kvalitātes attālinātai novērtēšanai varēs iegūt tikai 2018. gada maijā - jūnijā, tāpēc darba uzdevuma noslēguma ziņojumu sagatavosim līdz 2018. gada augusta beigām.

Augsnes sagatavošanas izpildes kvalitātes vērtējums ietvers ar multispektrālo kameru un parastu RGB kameru iegūtu uzņēmuma analīzi noteiktu mineralizētās joslas raksturojumu un vagu dziļuma mērījumu rezultātus, kā arī ar LiDAR ierīci iegūtu reljefa datu analīzi, nosakot vagu dziļumu apstrādātajās joslās. Izmēģinājumu mērķis ir izstrādāt praktiski pielietojamu metodi augsnes sagatavošanas kvalitātes raksturošanai atsevišķos objektos, izmantojot vienkārši iegūstamus darbības datus.

LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai

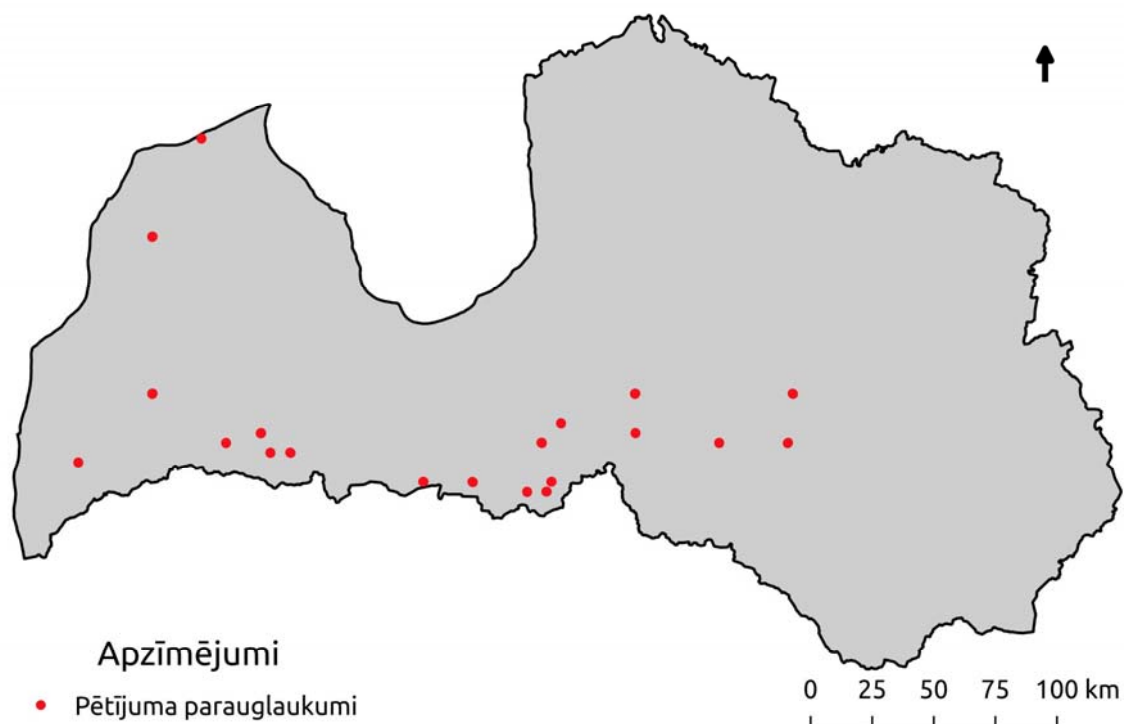
Pētījuma darba uzdevums ir pilnveidot metodes biokurināmā ieguvei piemērotu jaunaudžu atlasei, izmantojot LiDAR datus, tajā skaitā:

- izraudzīties dažāda vecuma skujkoku un lapkoku audzes, izmantojot 2016. gada un citu gadu pētījumos izmantotās jaunaudžu atlases datu kopas (Meža resursu monitoringa dati);
- noteikt audžu vidējā koka augstumus, interpolējot lāzerskenēšanas datus un salīdzināt tos ar rezultātiem, kas iegūti, vidējā koka augstumu nosakot ar instrumentālās uzmērīšanas metodēm.

LiDAR dati, kas nepieciešami DEM un DSM modeļu izstrādei, iegūti no Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA). Pētījumā izmantoti .las formāta dati un to vidējais punktu blīvums uz m^2 bija 4-14 $p\ m^{-1}$. Izmantojamajiem LiDAR datiem vertikālā precizitāte ir vismaz 12 cm (2 sigmas ar 95% ticamības līmeni pret Valsts ģeodēzisko tīklu) un horizontālā precizitāte ir vismaz 36 cm (2 sigmas ar 95% ticamības līmeni pret Valsts ģeodēzisko tīklu). Minimālās prasības pret punktu blīvumu ir 4 $p\ m^{-2}$, un vidējais zemes punktu blīvums ir 1,5 $p\ m^{-2}$ 14.

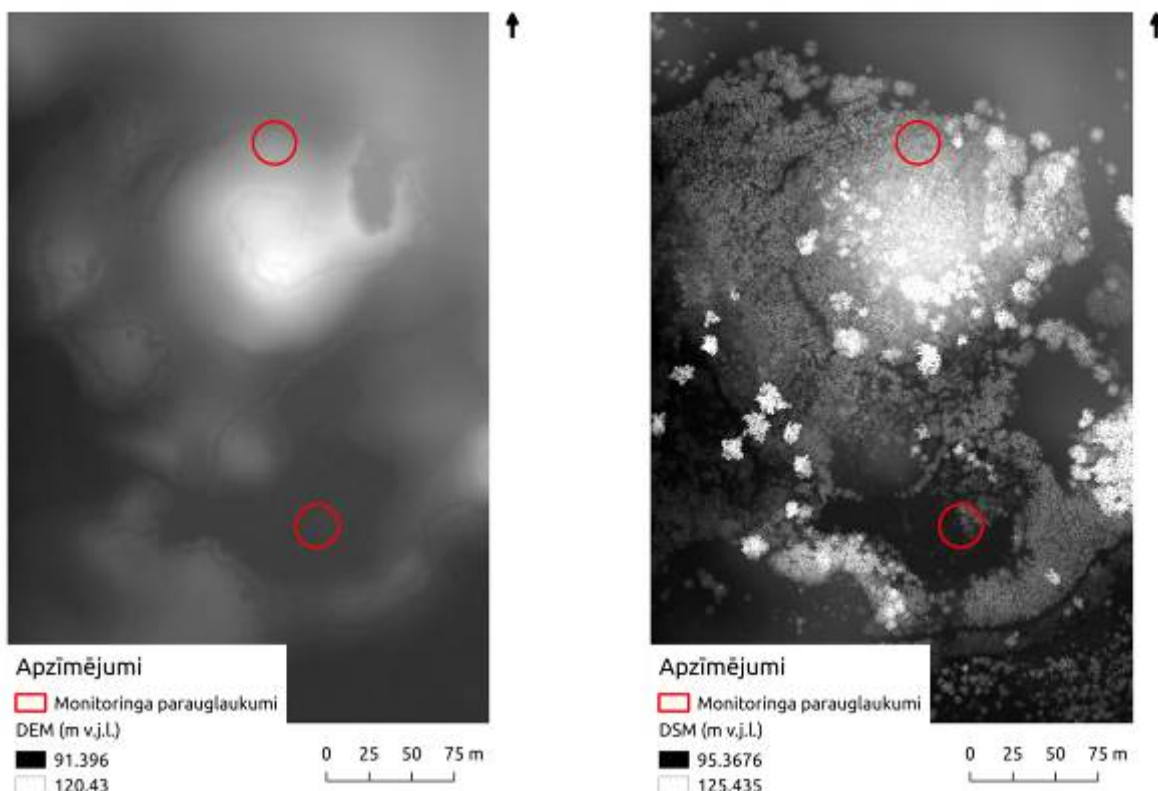
Pētījumā kopumā izmantoti 42 meža resursu monitoringa parauglaukumi (Att. 27). Pētījumā izmantoti parauglaukumi, LiDAR datu pārklājuma zonā, kuros, pēc monitoringa datiem, atrodas mežaudzes ar vidējo koku augstumu 8-15 m. Tā kā mežu monitoringa ietvaros parauglaukumu uzmērīšana notiek reizi 5 gados, tad tika atlasīti tikai tie parauglaukumi, kuros uzmērīšana notikusi +/- 1 gada robežās attiecībā pret LiDAR datu iegūšanu.

¹⁴ http://map.lgia.gov.lv/index.php?lang=0&cPath=5&txt_id=126



Att. 27: Izmantotie meža resursu monitoringa parauglaukumi.

Datu apstrāde veikta par pamatu izmantojot no LiDAR datiem veidotus DEM un DSM. Reljefa modeļa izšķirtspēja izvēlēta 2*2 m lielumā, tāpēc, ka Latvijā reljefs pārsvarā ir maz artikulēts un šāda izšķirtspēja ir pietiekama, lai kartētu meža topogrāfiju. Savukārt digitālais virsmas modelis ir veidots 0,5 * 0,5 m izšķirtspējā ar mērķi panākt pēc iespējas detālu koku vainagu reprezentāciju. Lielāka izšķirtspēja virsmas modelim nav iespējama salīdzinoši mazā LiDAR punktu blīvuma dēļ. DEM un DSM paraugi attēloti Att. 28. DEM un DSM modeļi veidoti Global Mapper vidē. Reljefa modeļa izstrādei izmantota triangulācija metode, savukārt virsmas modeļa izstrādei izmantota *binning* metode.



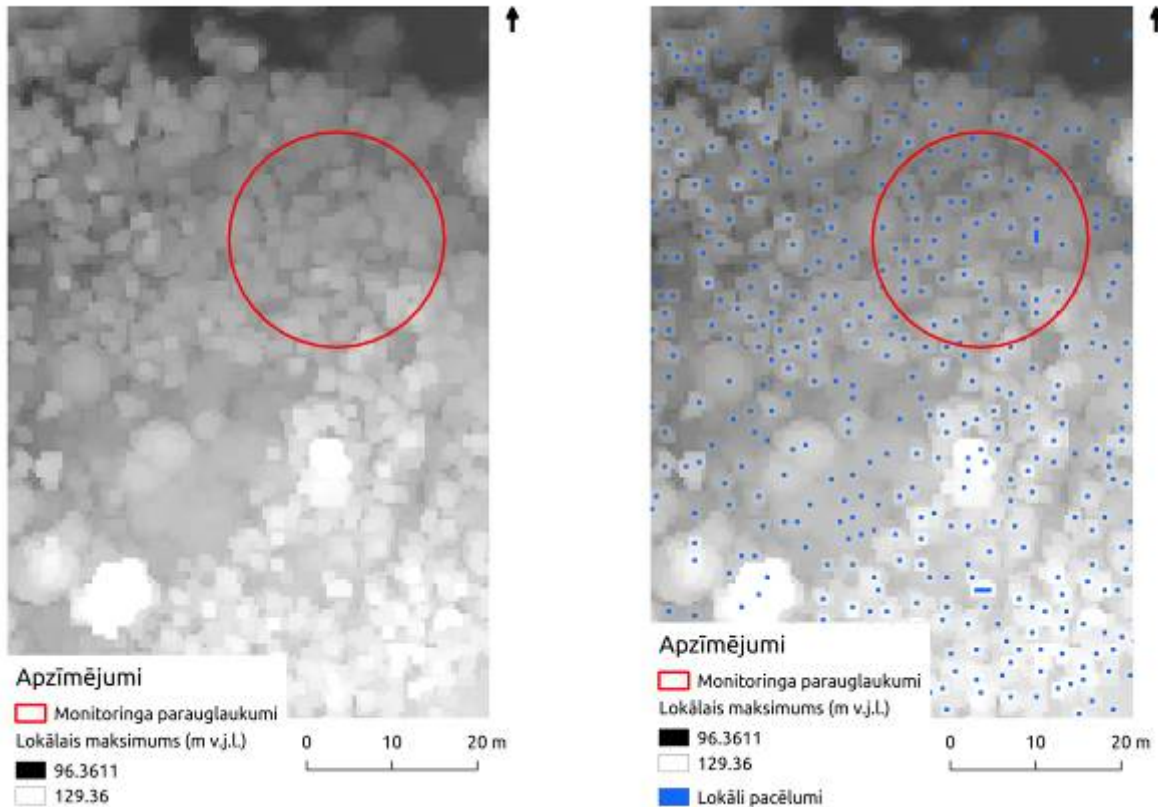
Att. 28: DEM (kreisajā pusē) un DSM (labajā pusē).

Nākamais solis pēc DEM un DSM izveidošanas ir lokālo maksimumu noteikšana digitālajā virsmas modelī. Šis solis jāveic, lai no DSM iegūtu jaunu rastra attēlu, kurā koku galotnes un citi zemes virsmas pacēlumi ir attēloti kā lokāli pacēlumi. Izmantojot slīdošā loga principu jaunizveidotajā rastra attēlā katrai šūnai tiek piešķirta vērtība, kas atbilst maksimālajai vērtībai DSM rastrā trīs šūnu diametrā. Tā kā DSM rastra šūnas izmērs ir 0,5 * 0,5 m, tad lokālajam pacēlumam (koka galotnei) jābūt 1,5 m attālumā no cita lokāla pacēluma, lai jaunajā rastra attēlā tas tiktu identificēts. Lai iegūtu detālāku lokālo maksimumu informāciju, nepieciešami LiDAR dati ar lielāku punktu blīvumu. Lokālo maksimumu rastra paraugs attēlots Att. 29. Šī un tālākās darbības ar rastra attēliem veiktas Grass GIS vidē. Lokālie maksimumi noteikti ar kaimiņu analīzes rīku *r.neighbors*.

Tālāk apstrādājot iegūto lokālo maksimumu rastra attēlu, noteiktas visu teritorijas pacēlumu virsotņu (koku galotnes, pauguriņi u.c.) atrašanās vietas. Tā kā lokālo maksimumu rastra attēlā pacēlumi attēloti kā deviņu šūnu (ar vienādām vērtībām) lieluma kvadrāti, izmantojot šo īpašību ir iespējams atrast vidējo šūnu deviņu šūnu kvadrātā. Lai rastra attēlā atrastu pacēlumu virsotnes izmantots Grass GIS rīks *r.mapcalc*. Izteiksmes logā ievadīta izteiksme:

$$\text{if}((X[-1,-1]==X[0,0])\&\&(X[-1,0]==X[0,0])\&\&(X[-1,1]==X[0,0])\&\&(X[0,-1]==X[0,0])\&\&(X[0,1]==X[0,0])\&\&(X[1,-1]==X[0,0])\&\&(X[1,0]==X[0,0])\&\&(X[1,1]==X[0,0]),1,\text{null}()) \quad (3)$$

X vērtība jāaizstāj ar lokālā maksimuma attēla slāņa nosaukumu. Lokālo pacēlumu virsotņu rastra attēls parādīts Att. 29.



Att. 29: Lokālie maksimumi (kreisajā pusē) un lokālo pacēlumu virsotnes (labajā pusē).

Lai no iegūtajiem pacēlumu virsotņu datiem iegūtu informāciju par koku augstumiem, nepieciešams izveidot Koku vainagu augstuma modeli (CHM). To izveido ar iepriekšminēto *r.mapcalc* rīku. Šoreiz izteiksmes logā ievada formulu, kas reprezentē digitālos reljefa un virsmas modeļus:

$$DSM - DEM \quad (4)$$

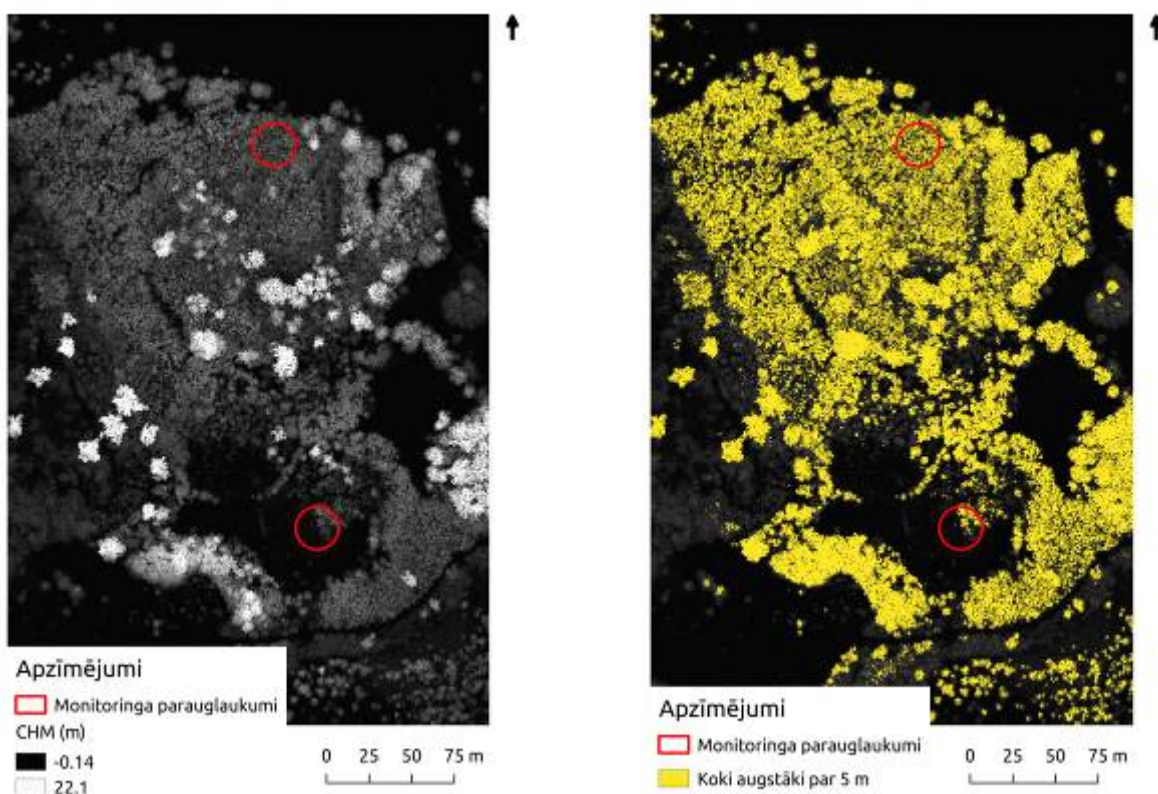
Tādējādi tiek iegūts rastra attēls, kura vērtības atspoguļo veģetācijas un citu objektu relatīvo augstumu virs augsnes virskārtas. CHM modelis grafiski parādīts Att. 30.

Tālākā rastra attēlu apstrādes gaita sevī ietver CHM modeļa filtrēšanu, jo no iepriekš iegūtajiem virsotņu datiem nepieciešams atlasīt tās virsotnes, kas attiecas uz kokiem, savukārt vērtības, kas attiecas uz reljefa pacēlumiem vai mazāku veģetāciju ir jāatmet.

Lai īstenotu šo soli Grass GIS *r.mapcalc* rīku izmanto CHM modeļa rastra attēla modificēšanai. Pēc meža likuma¹⁵ 1. panta 34. punktā minētās meža definīcijas izriet, ka minimālais koku augstums, lai teritoriju uzskatītu par mežu ir 5 m. Šāda koku augstuma vērtība izmantota, lai no CHM modeļa nofiltrētu vērtības, kas ir mazākas par 5 m. Izteiksmes rindā rakstāma formula:

$$\text{if}(X > 5, 1, \text{null}()), \text{ kur } X \text{ vietā rakstāms CHM modeļa rastra slāņa nosaukums} \quad (5)$$

Pēc CHM modeļa filtrācijas iegūtās ar kokiem klātās teritorijas atspoguļotas dzeltenā krāsā (Att. 30).



Att. 30: CHM modelis (kreisajā pusē) un ar kokiem klātā teritorija (labajā pusē).

Pēc CHM modeļa filtrācijas un ar kokiem klātās teritorijas identificēšanas ir iespējams dešifrēt individuālu koku atrašanās vietas. Rastra kalkulatorā *r.mapcalc* izteiksmes logā ievada izteiksmi:

¹⁵ <https://likumi.lv/doc.php?id=2825>

$\text{if}((X==1)\&\&(Y==1),1,\text{null}()),$ kur (6)
X vietā liekama rastra karte ar lokālo virsotņu atrašanās vietām,
Y vietā – rastra karte ar kokiem klāto teritoriju.

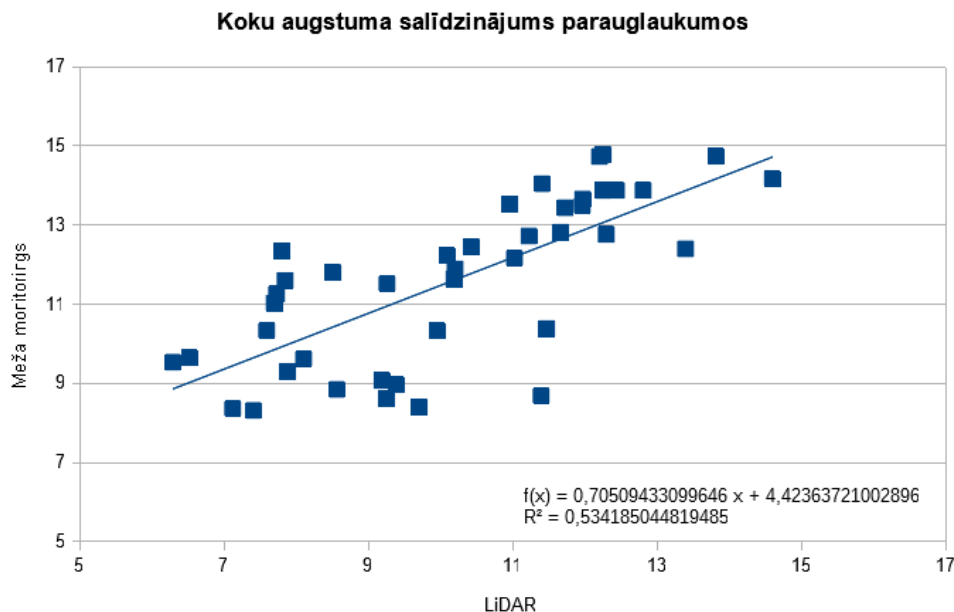
Iegūstot individuālu dešifrēto koku atrašanās vietas informāciju un kombinējot to ar CHM modeļa rastru, kurā attēloti relatīvie virsmas augstumi, nosaka katra identificētā koka augstumu. Lai iegūtu vēlamu rezultātu *r.mapcalc* izteiksmes logā ievada:

$\text{if}(X==1,Y,\text{null}()),$ kur (7)
X vietā liek individuālu koku rastra kartes slāņa nosaukumu,
Y vietā – CHM rastra kartes slāņa nosaukumu.

Rastra karti ar individuālu koku augstumiem tālāk transformē vektoru formātā ar Grass GIS rīku *r.to.vect*. Transformācijai izvēlas poligonu formātu, jo atsevišķās vietās rastra kartēs koku virsotnes dešifrētas ar vairāk nekā vienu pikseli. Poligonu datus tālāk transformē uz punktu formātu izmantojot *v.centroids* rīku. Veicot šādu darbību, iegūst punktveida objektu mākonī, kurā katrs punkts attiecināms uz individuālu, dešifrētu koku, kas iegūts no LiDAR datiem.

Lai iegūtos rezultātus pārbaudītu un salīdzinātu ar mežu monitoringa parauglaukumu datubāzē esošo informāciju, parauglaukumu poligonu .shp slānim ar Grass GIS rīka *v.vect.stats* palīdzību pievieno poligonus pārklājošo punktveida objektu statistisko informāciju. Tādējādi monitoringa parauglaukumu slāņa atribūtu tabula papildinās ar atribūtiem par iekļauto koku vidējo augstumu un citiem rādītājiem. Jaunos atribūtu tabulas datus tālāk salīdzina ar tur jau esošajiem datiem par vidējo koku augstumu.

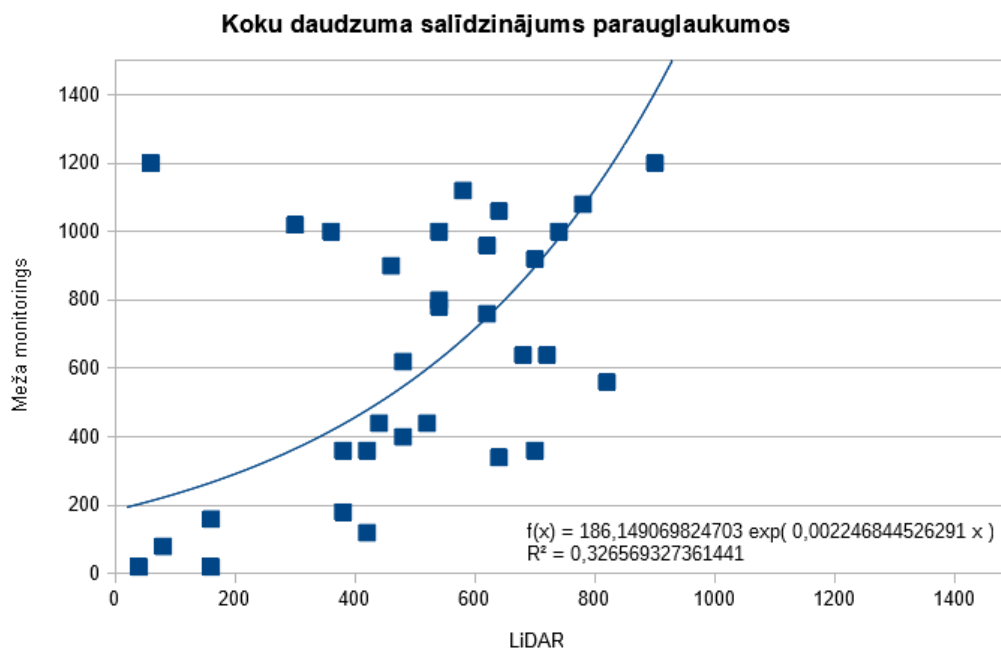
Iegūtie pētījuma rezultāti liecina, ka izmantotā metode ir izmantojama vidējā koku augstuma noteikšanai. Rezultāti rāda, ka no LiDAR datiem iegūtais koku augstums ir par aptuveni 1,42 m mazāks, nekā tas ir uzņēmēts un aprēķināts mežu monitoringa parauglaukumos. Veicot statistisko analīzi, noteikts, ka šī atšķirība ir statistiski būtiska. Grafiks, kurā attēlots no LiDAR datiem iegūtais vidējais koku augstums un vidējais koku augstums attiecīgajos meža monitoringa parauglaukumos redzams Att. 31.



Att. 31: Vidējais koku augstums.

Šādus rezultātus, iespējams, var skaidrot ar LiDAR datu specifiku, jo izmantoto datu punktu blīvums var nebūt pietiekams, lai uztvertie lāzera atstarojumi būtu trāpījuši koku galotnēs. Līdz ar to mazākas koku vērtības no LiDAR datiem iegūtajos rezultātos ir loģiskas. Arī LiDAR datu iegūšanas laiks ir atšķirīgs, un laika periodā starp lāzerskanēšanas darbiem un monitoringa laukumu uzmērīšanu koki varētu būt paaugušies. Atšķirīga ir arī vidējā koku augstuma noteikšanas metodika. Šajā pētījumā vidējais koka augstums ir noteikts kā aritmētiskais vidējais no visiem parauglaukumā esošajiem kokiem, savukārt monitoringa parauglaukumos, ja koku skaits parauglaukumā ir lielāks par 5, tad vidējais koku augstums tiek aprēķināts, izmantojot uzskaites koku mērījumus. Turpmākajā pētījuma gaitā ir paredzēts LiDAR datus iegūt patstāvīgi, vienlaicīgi nosakot koku augstumu ar tradicionālām mērīšanas metodēm.

Koku skaita noteikšana parauglaukumu robežās ir izdevusies tikai aptuveni (Att. 32). Statistiski koku skaita atšķirība, salīdzinot LiDAR datus analīzes un mērījumu rezultātu, ir būtiska.



Att. 32: Koku skaita salīdzinājums.

Koku skaita atšķirību var skaidrot ar izmantotās metodikas trūkumu – nespēju dešifrēt kokus, kas ir cieši piekļāvušies citiem kokiem (tuvāk par 1,5 m). Arī mazākos kokus, kas slēpjas zem koku vainagiem dešifrēt ir problemātiski.

Pētījuma laikā izdarītie secinājumi:

1. LiDAR dati ir izmantojami koku augstuma un to skaita noteikšanai, tomēr metodika jāpilnveido, lai identificētu arī tos kokus, kas cieši pieguļ lielākiem kokiem, kā arī tos, kas atrodas 2. stāvā un pamežā;
2. lai uzlabotu iegūto rezultātu precizitāti, nepieciešams izmantot LiDAR datus ar lielāku punktu blīvumu, tādējādi gūstot iespēju veidot rastra attēlus ar lielāku izšķirtspēju un lielāku rezultātu detalizāciju;
3. koku augstuma un skaita precizitātes pārbaudīšanai paralēli jāveic arī koku uzmērīšana un uzskaitē, lai novērstu situāciju, ka references dati rada papildus nenoteiktību;
4. metodikas pārbaudei datus jāievāc gan veģetācijas sezonas laikā, gan bezlapu periodā. Veģetācijas periodā lāzerskanerim ir iespēja precīzāk noteikt koku vainagu dimensijas un augstumu, savukārt bezlapu periodā var precīzāk uzmērīt augsnes virskārtu un koku struktūra zem vainagu līmeņa;
5. ātrākai datu apstrādei metodikā aprakstītos soļus ieteicams optimizēt un pēc iespējas apvienot. Ražošanas apstākļos lietderīgi izveidot atsevišķu rīku, kurā datu slāņus ievada kā opcijas, tādējādi samazinot risku kļūdīties izteiksmes rakstīšanā;

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

6. koku augstuma pieauguma salīdzināšana, izmantojot LiDAR datus, nebija iespējama sakarā ar izmantotās metodikas neprecizitāti un sakarā ar monitoringa parauglaukumu uzmērīšanas īpatnībām, jo tie uzmērīti visa veģetācijas perioda laikā, kamēr notiek straujākā koku augšana;
7. koku augstuma pieauguma monitoringam, iespējams, lietderīgi izmantot Sentinel-1 satelītdatus. Koku augstuma pieaugumus, izmantojot šo metodi, var noteikt mežaudzes līmenī, ne atsevišķu koku līmenī. Metodes pielietošanas nenoteiktība un pielietošanas iespējas vēl ir jāpārbauda praksē.

DARBA UZDEVUMI 2018. GADĀ

Tab. 17: Darba uzdevumi 2018. gadā

Pētījumu joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju	1. Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi	<p><u>Pārejošs no 2017. gada (monitoringa iekārta izgatavota 2017. gada oktobrī):</u> 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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ziņojums par izmēģinājumu rezultātiem, ietverot analīzi par darba ražīguma, risu veidošanās, un grunts nestspējas likumsakarībām. 	<ul style="list-style-type: none"> Audzū taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Augsnes penetrācijas pretestības mērījumi. Risu dziļums / veidošanās process. Telemetrisko datu uzskaitē. Telpisko datu analīze. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
		<p><u>Pārejošs no 2017. gada:</u> Raksturot augsnes sablīvējuma ietekmi uz gruntsūdeņu plūsmas ātrumu un augšanas apstākļiem 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos kopšanas cirtēs. Noteikt ūdens filtrācijas ātrumu (<i>LU nav pabeigtas analīzes, tāpēc šo datu analīze 2017. gadā nav iespējama</i>) 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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ziņojums par ūdens filtrācijas ātrumu un augsnes sablīvējuma sakarībām. Darba uzdevumi turpmākajiem etapiem. 	<ul style="list-style-type: none"> Augsnes paraugu ievākšana un ūdens filtrācijas ātruma noteikšana. Telpisko datu analīze. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
		<p><u>Pārejošs no 2017. gada:</u> Grāvju atbērtņu sablīvēšanas ietekmes uz ūdens plūsmu ietekmes novērtējums 2017. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos. Noteikt ūdens filtrācijas ātrumu (<i>LU nav pabeigtas analīzes, tāpēc šo datu analīze 2017. gadā nav iespējama</i>) 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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā pievešanas ietekmes uz ūdens plūsmu un ūdens caurlaidību raksturojums. 	<ul style="list-style-type: none"> Telpisko datu analīze. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumu joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
		<p><u>Pārejošs no 2017. gada:</u> 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 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 biežumu. Paralēli plānots monitorēt iepriekš identificētās iepakas līdzīgos apstākļos, nosakot mitruma režīma izmaiņas, kā arī uzsākt praktiskus mežizstrādes plānošanas izmēģinājumus, iezīmējot dabā iepakas un plānojot mežizstrādi atbilstoši mitruma režīmam cīsmās. Izmēģinājumus plānots atkārtot 3 cīsmās, pirms tam izveidojot iepakas, koku augstuma un sugu sastāva (skujkoks vai lapkoks) kartes, izmantojot LiDAR un Sentinel II datus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot Latvijas apstākļiem rekomendējamus algoritmus pārmitro platību identificēšanai. Darba uzdevumi turpmākajiem etapiem. 	<ul style="list-style-type: none"> Telpisko datu analīze. Mitruma režīma raksturošana. Risu mērīšana. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
<p>Mazā un nestandarta mežizstrādes tehnika kopšanas (vēlīnas sastāva un agrīnas krājas) cirtēs un apauguma novākšanā.</p>	2. Agrotehniskās kopšanas tehnoloģiskie risinājumi	<p>Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): Vizītes pie iekārtu ražotājiem un pakalpojumu sniedzējiem Somijā un Zviedrijā, kas agrotehnisko kopšanu (nevācot biomasu) veic mašinizēti, sadarībā ar Meža atjaunošanas pētījumu programmas izpildītājiem (<i>kopumā 4 izbraucieni, skaidrojami jautājumi – mērķa audzes, darba metodes un sezonālitate, kvalitātes prasības, izmaksas</i>). 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 izmēģinājumus var izmantot Vallius griezējgalvu ar 3-4 asmeņiem (www.valliusforestry.com, kontaktpersona jens.bjork@smparts.com) un Bracke C.12 griezējgalvu. Izmēģinājumu platībās kopšana veicama ar rokas motorinstrumentiem (kontroles laukumi), izmantojot pieredzējušus pakalpojumu sniedzējus, un mašinizēti.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Darba metodes izstrādāšana, vienošanās ar potenciālajiem pakalpojumu sniedzējiem un iekārtu piegādātājiem, cīsmu atlase un uzmērīšana (2018. gads). Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā mašinizētās agrotehniskās kopšanas ražīguma un izmaksu analīze un robežvērtības pakalpojumu sniegšanai (2019. gads). 	<ul style="list-style-type: none"> Audzū taksācijas rādītāji pirms darbu izpildes. Audzū taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Atstājamo koku bojājumi. Mežizstrādes darba laika uzskaitē. Telpisko datu analīze (<i>GPS sekošanas ierīces datu analīze</i>). Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
	3. Dažādu mašinizētas pameža zāģēšanas metožu un mehānismu salīdzināšana galvenajā un kopšanas cirtē¹⁶.	<p>Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): Pētījumā salīdzināsim pameža zāģēšanu ar rokas motorinstrumentiem un harvesteru griezējgalvas papildmehānismu MenSe (www.mense.fi) sīkkoku zāģēšanai, Bracke C.16 griezējgalvu, kas uzstādītas vidējās klases harvesteram, un Bracke C.12 griezējgalvu un standarta griezējgalvu, kas uzstādītas mazās klases harvesteram. Izmēģinājumus veiks galvenajā</p>	<ul style="list-style-type: none"> Izmēģinājumu veikšana (2018. gads) Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas mašinizētu pameža zāģēšanas metožu pielietošanai un robežvērtībām audžu atlasei (2019. gads) 	<ul style="list-style-type: none"> Audzū taksācijas rādītāji pirms darbu izpildes. Audzū taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes kopšanas cirtēs. Atstājamo koku bojājumi.

¹⁶ Pameža zāģēšana pirms GI ir AS Latvijas valsts meži definēts uzdevums.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumu joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
		<p>un krājas kopšanas cirtē. Bracke C.16 izmantosim galvenās cirtes cirmās, pārējos mehānismus galvenās un kopšanas cirtes cirmās, tajā skaitā mazās klases harvesteru ar standarta griezējgalvu testēsīm arī cirmās, kur pameža koki jāiekļāj 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 griezējgalvu paredzēsīm 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 plānosīm vienlaicīgi ar apaļo kokmateriālu pievešanu, iespēju robežās nodrošinot vismaz 3 nedēļu intervālu starp pameža koku nozāģēšanu un pievešanu, lai iegūtu sausāku biokurināmo un saglabātu cirmā skujās un lapās esošās barības vielas. Izmēģinājumos, kur pameža kokus zāģē biokurināmā sagatavošanai, arī lielāku dimensiju “malkas” kokus zāģēsīm vienlaicīgi ar pameža kokiem un pēc tam, veicot mežizstrādi ar harvesteru, novērtēsīm, vai vidējā zāģējamā koka dimensiju pieaugums radījis ražīguma un ieņēmumu pieaugumu. Izmēģinājumos ar Bracke C.16 griezējgalvu noteiksīm degvielas patēriņu. Izmēģinājumu varianti (<i>galvenajā cirtē – MenSe un Bracke C.12 nevācot sikkokus, Bracke C.16 vācot sikkokus un Keto Forst griezējgalva vācot sikkokus, kā arī liekot tos pievešanas ceļos; kopšanas cirtē – MenSe un Bracke C.12 nevācot sikkokus, Keto Forst griezējgalva vācot sikkokus, kā arī liekot tos pievešanas ceļos</i>).</p>		<ul style="list-style-type: none"> Mežizstrādes darba laika uzskaitē. Pievešanas darba laika uzskaitē. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs.	<p>4. Pašizmaksas modeļa izstrādāšana harvesteram ar Bracke C.16 griezējgalvu¹⁷.</p>	<p>Jauns darba uzdevums: Pētījuma mērķis ir izstrādāt pašizmaksas modeli harvesteram ar Bracke C.16 griezējgalvu (<i>pameža zāģēšanai kailcirtē – darba uzdevuma īstenošanai izmantojami pameža zāģēšanas darba uzdevumā iegūtie dati, grāvju trasēm un jaunaudžu kopšanas cirtēm</i>), kā arī novērtēt mašīnizētās jaunaudžu kopšanas ražīguma uzlabošanas un paliekošo koku bojājumu samazināšanas risinājumus (<i>“tilta” kausu un pievedējtraktora kausu ar zāģa sliedi</i>). 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 cirtēs, sagarumojot nozāģētos kokus ar Bracke C.16 griezējgalvu un kausu ar zāģi. Potenciālais pakalpojumu sniedzējs Niedrāji.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā mežizstrādes pašizmaksas modeļu pilnveidošana ražošanas izmaksu plānošanai. 	<ul style="list-style-type: none"> Audžu taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Audžu taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Atstājamo koku bojājumi. Mežizstrādes darba laika uzskaitē. Pievešanas darba laika uzskaitē. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
	<p>5. Biokurināmā sagatavošana krājas kopšanas cirtēs no mežizstrādes atliekām Sl, Mr, Mrs, Ln un Dm meža tipos¹⁸</p>	<p>Jauns darba uzdevums: 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 noteiksīm mežizstrādes un pievešanas ražīgumu, salīdzinot darba metodes, kad mežizstrādes atliekas iekļāj ceļos, atstāj izklaidus vai savāc kaudzēs un izved, kā arī novērtēsīm darba metodes</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas mežizstrādes atlieku vākšanai kopšanas cirtēs skujkoku audzēs. 	<ul style="list-style-type: none"> Audžu taksācijas rādītāji pirms darbu izpildes. Audžu taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Atstājamo koku bojājumi. Mežizstrādes darba laika uzskaitē. Pievešanas darba laika

¹⁷ Pašizmaksas modeļa izstrādāšana ir AS “Latvijas valsts meži” definēts darba uzdevums.

¹⁸ Darba uzdevumu definēja AS “Latvijas valsts meži”.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumu joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
		ietekmi uz paliekošo koku bojājumiem. Izmēģinājumos salīdzināmi 2 tipu harvesteri – ar pašmasu līdz aptuveni 16 tonnām un līdz 21 tonnai, ņemot vērā Zviedrijā veikto pētījumu rezultātus par dažādu harvesteru sniegumu kopšanas cirtēs. Abiem harvesteriem jābūt aprīkoti ar paralēlu manipulatoru. Darba laika uzskaites dati iegūstami gaisajā diennakts laikā.		uzskaitē. • Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos.	6. Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē	Jauns darba uzdevums: 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 (<i>pilnu un nepilnu</i>) un bez tās pa pievešanas ceļu, kā arī cirmā, braucot optimālos apstākļos pa zaru segumu un bez tā. Papildus novērtēsim ķēžu (<i>uz aizmugurējiem un uz abiem tandēmiem</i>) ietekmi uz degvielas patēriņu, braucot pa pievešanas ceļu. Izmēģinājumos salīdzināsim 2 populārākos kopšanas ciršus 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 veiksīm degvielas uzskaites monitoringu ražošanas apstākļos testēšanas poligonā iegūto datu kalibrēšanai. 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 veiksīm, izmantojot lielo datu kopas (<i>datu apstrādei piemērotā formātā eksportēti harvestera atskaišu faili un cirsmu dati, tajā skaitā nozāģēto koku raksturojums, sagatavotais un realizētais kokmateriālu apjoms kokmateriālu veidu griezumā, pievešanas apstākļi cirmā</i>). Analīzē 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.	• Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas degvielas patēriņa samazināšanai.	• Telemetrisko datu uzskaitē. • Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
Ietekmini mežizstrādes tehnoloģisko karšu sagatavošanas pilnveidošanai.	7. Cirmā atstājamo koku bojājumu izvietojuma sakarību analīze	Pārejošs no 2017. gada: Pētnieciskais uzdevums ir veikt 2017. gadā ievāktu empīrisku datu analīzi ir noskaidrot kopšanas cirtē atstājamo koku bojājumu izvietojuma (<i>koridoru galos un pārējā audzes daļā</i>) sakarības, lai ar iegūtajiem datiem raksturotu augsnes gatavotāja darba virziena maiņas ietekmi uz atstājamo koku bojājumu intensitāti.	• Vienādojumi augsnes sagatavošanas ražīguma un bojājumu apjoma prognozēšanai atjaunotajās audzēs, atkarībā no augsnes sagatavošanas virziena.	• Telpisko datu analīze. • Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
	8. LiDAR datu izmantošana koku augstuma novērtēšanai	Pārejošs no 2017. gada: Aprobēt 2017. gadā izstrādāto metodiku koku augstuma noteikšanai pieaugušās audzēs Meža resursu monitoringa parauglaukumos: • izraudzīties pieaugušas (<i>saimnieciskās izmantošanas vecumā</i>) skujkoku un lapkoku audzes Meža resursu monitoringa (MRM)	• Ziņojums par pētījuma rezultātiem, ietverot vienādojumus koku augstuma raksturošanai.	• Telpisko datu analīze. • Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījums u joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
		<p>parauglaukumos, kuros mērījumi veikti tajā pašā gadā, kad iegūti LiDAR dati;</p> <ul style="list-style-type: none"> noteikt audžu vidējā koka augstumu, interpolējot LiDER datus un salīdzināt iegūtos rezultātus ar empīriski iegūtajiem dariem. 		
<p>Priekšlikumi operatoru apmācības pilnveidošanai darbam kopsēšanas cirtēs</p>	<p>9. Informatīvu pasākumu organizēšana AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem un pētījuma rezultātu prezentēšana izglītības iestādēs</p>	<p>Jauns darba uzdevums:</p> <p>2018. gadā organizēsim demonstrējumus AS "Latvijas valsts meži" darbinieku un pakalpojumu sniedzēju profesionālās kvalifikācijas paaugstināšanai (<i>gada laikā plānoti 2 demonstrējumi</i>). Mašīnizētās jaunaudzū kopšanas tehnoloģiju pētījuma rezultātus un atziņas prezentēsim Latvijas Lauksaimniecības universitātes Meža fakultātes studentiem lekciju pamatkursa ietvaros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Organizēti 2 semināri AS "Latvijas valsts meži" darbiniekiem un pakalpojumu sniedzējiem. Pētījuma rezultāti prezentēti 90 min. ilgā lekcijā studentiem. 	<ul style="list-style-type: none"> Lekciju materiālu sagatavošana.
<p>Mežaudžu augšanas gaitas monitorings 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs</p>	<p>10. 2011., 2012 un 2013. gada kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildpieaugumu a raksturošana</p>	<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 ieguvu 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>	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Audzū taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Augsnes penetrācijas pretestības mērījumi Atstājamo koku bojājumi. Urbuma skaidu ievākšana un gadskārtu pieauguma analīze.

Tab. 18: Priekšlikumi darba uzdevumiem 2019. gadā, kuru uzsākšanu var īstenot jau 2018. gadā

Pētījums u joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
<p>Meža darbu mehanizācija uz augsnēm ar mazu nestspēju</p>	<p>1. Pievešanas apstākļu klasificēšanas pētījumi</p>	<p>Jauns darba uzdevums (pārejošs uz turpmākajiem pētījuma etapiem):</p> <p>Metodes aprobēšana automātiska meža ceļu, tehnoloģisko koridoru, stīgu un grāvju identificēšanai un datu vektorizēšanai, izmantojot LiDAR datus zem koku vainagiem esošajās teritorijās. Šādu datu ieguve palielina mežsaimniecisko darbību plānošanas automatizācijas iespējas un rada zināšanas, kas būtiskas potenciālo mežsaimniecisko risku identificēšanai, piemēram, platībās, kur tehnoloģiskie koridori var nosprostot dabiskās ūdenstece mežaudzē.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Aprobēta metode meža ceļu, stīgu un grāvju tīkla ģenerēšanai no LiDAR datiem, izmantojot rastra algebras palīdzību. Darba uzdevumi turpmākajiem etapiem. 	<ul style="list-style-type: none"> Telpisko datu analīze. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
	<p>2. Kniebēģalvas grāvju trasēs</p>	<p>Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu):</p> <p>Pētījuma mērķis ir turpināt 2015. gadā veiktos izmēģinājumus ar ekskavatoru, kas aprīkots ar griezējgalvu, šajā izmēģinājumā izmantojot vieglāku ekskavatoru (ar, attiecīgi, mazāku degvielas patēriņu), kas aprīkots ar kniebēģalvu ar 2 kustīgiem asmeņiem un padeves veltniem un atzarošanas nažiem kokmateriālu sagarumošanai.</p> <p>Izmēģinājumā testējamās metodes ir biomasas sagatavošana, atzarošana un malkas ražošana, kā arī atzarošana un biokurināmā un citu kokmateriālu veidu sagatavošana. Jārēķinās ar to, ka Latvijā izmantotajiem ekskavatoriem ar kniebēģalvām, visticamāk nebūs uzstādīta harvester vadības programma, tāpēc dažādu</p>	<ul style="list-style-type: none"> Cirsmu atlase un uzmērīšana, vienošanās ar potenciālo pakalpojumu sniedzēju (2019. gads) Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas ekskavatoru izmantošanai grāvju trašu apauguma izstrādē (2019. gads). 	<ul style="list-style-type: none"> Taksācijas rādītāji pirms darbu izpildes. Atstājamo koku bojājumi piegulošajās audzēs. Mežizstrādes darba laika uzskaitē. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumu joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
		kokmateriālu veidu gatavošana jāveic kā simulācija, darba metodi maksimāli pietuvinot reāliem darba apstākļiem. Sagatavotais materiāls, ņemot vērā iespējamās grūtības ar kvalitātes prasību izpildi, vajadzēs realizēt kā biokurināmo. Paralēli 2015. gadā izstrādātajos grāvjos plānots novērtēt apauguma atjaunošanos, atkarībā no darba metodes, tajā skaitā noteikt paaugas koku augstumu un skaitu. Iespējamais tehnikas pakalpojumu sniedzējs – SIA “Latvijas meliorācija” (http://latvijasmelioracija.lv/).		
	3. Sanitāro kopšanas ciršu izstrāde ar mazgabarīta tehniku	Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): Pētījuma mērķis ir novērtēt mazgabarīta tehnikas pielietošanas iespējas sanitārajās kopšanas cirtēs un atsevišķu koku izstrādē, tajā skaitā novērtēt paliekošo koku un augsnes bojājumus, izstrādāt kritērijus lēmuma pieņemšanas atbalstam, plānojot sanitāro cirsmu izstrādi ar mazgabarīta tehniku, un noteikt minimālo darba apjomu, pie kāda mazgabarīta mežizstrādes tehnikas komplekts ir rentabls sanitāro kopšanas ciršu izstrādei, paralēli sniedzot mežizstrādes pakalpojumus krājas kopšanas cirtēs. Mazgabarīta tehniku pētījumā salīdzināsim ar ražošanā iesaistītajiem pakalpojumu sniedzējiem, apsekojot statistiski reprezentablu skaitu sanitārās kopšanas ciršu cirsmu, kas izstrādātas mašinizēti un kur ir zināms izstrādātais apjoms un pakalpojuma izmaksas. Konvencionālo metožu darba laika uzskaiti pētījumā nav plānota.	<ul style="list-style-type: none"> • Darba metodikas izstrādāšana, vienošanās ar potenciālajiem pakalpojumu sniedzējiem, cirsmu atlase un uzmērīšana (2019. gads); • Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā pakalpojuma izmaksu aprēķini, salīdzinot ar konvencionālo mašinizēto mežizstrādi (2019. gads). 	<ul style="list-style-type: none"> • Audžu taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. • Atstājamo koku bojājumi. • Mežizstrādes darba laika uzskaiti. • Pievešanas darba laika uzskaiti. • Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas metodes kopšanas cirtēs.	4. Pievešanas ražīguma un augsnes bojājumu salīdzinājums pēc izstrādes ar 8 riteņu Ponsse Fox un 6 riteņu vidējās klases harvesteru izstrādātās kopšanas cirtēs uz augsnēm ar mazu nestspēju	Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): Pētījuma mērķis ir novērtēt, vai saudzīgākas (<i>tādas, kas rada mazāku spiedienu uz augsni</i>) mežizstrādes tehnikas izmantošana kopšanas cirtēs uz kūdras augsnēm ļauj būtiski samazināt augsnes bojājumus pievešanas laikā un palielināt pievešanas ražīgumu, mazāk darba laika tērējot ceļa pakošanai. Pētījumā salīdzināsim 8 riteņu Ponsse Fox un pēc masas analogisku 6 riteņu harvesteru kopšanas cirtē egļu audzē kūdrēnī. Cilvēciskā faktora ietekmes mazināšanai izmēģinājumos iesaistīsim pieredzējušus operatorus, kas līdz šim ir strādājuši gan kopšanas cirtēs, gan ar attiecīgajām mašīnām. Nepieciešamības gadījumā harvesteri jāapriko ar ķēdēm. Darba ražīguma dati iegūstami diennakts gaišajā laikā.	<ul style="list-style-type: none"> • Darba metodikas izstrādāšana, cirsmu atlase, vienošanās ar potenciālajiem pakalpojumu sniedzējiem (2019. gads). • Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā harvestera izvēles ietekmes uz pievešanas ražīgumu un augsnes bojājumiem raksturojums (2019. gads). 	<ul style="list-style-type: none"> • Audžu taksācijas rādītāji pirms darbu izpildes. • Audžu taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes • Atstājamo koku bojājumi. • Mežizstrādes darba laika uzskaiti. • Pievešanas darba laika uzskaiti. • Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.

Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma

Pētījumu joma	Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika	Nodevumi	Veicamie mērījumi
Risinājumi degvielas patēriņa samazināšanai meža darbos.	5. Degvielas patēriņa samazināšanas iespēju analīze mežizstrādē	Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): Harvestera degvielas patēriņa, ražīguma, sagatavoto kokmateriālu kvalitātes (padeves veltņu iespaidumu) un harvestera hidrosistēmā uzstādītā spiediena sakarību analīze. Priekšlikumu sagatavošana degvielas patēriņa samazināšanai, balstoties uz iegūtajiem pētījumu rezultātiem. Pētījumā salīdzināsim 2 harvesterus (1 kopšanas ciršu un 1 galvenās cirtes harvester), kas vienā un tajā pašā cirsma sagatavos kokmateriālus ar 3 dažādiem spiediena uzstādījumiem (<i>no maksimāla, kas saistīts ar lielāku degvielas patēriņu, līdz samazinātam spiedienam, kas saistīts ar mazāku degvielas patēriņu</i>), katrā izmēģinājumā sagatavojot 100 m ³ kokmateriālu. Izmēģinājumiem izvēlēsimies skujkoku cirsma, kur E un P pārstāvēta līdzīgā daudzumā. Ietekmes uz dažādu dimensiju koku izstrādes ražīgumu analīzei veiksimežizstrādes darba laika uzskaiti (<i>kopā 6 maiņas diennakts gaišajā laikā</i>). Pēc mežizstrādes izlases veidā veiksime dažādu dimensiju skujkoku kokmateriālu bojājumu (<i>padeves veltņu iespaidumu</i>) uzmērījumus.	<ul style="list-style-type: none"> Cirsmu atlase n uzmērīšana, lauka datu ieguve (2019. gads). Ziņojums par pētījuma rezultātiem, tajā skaitā rekomendācijas degvielas patēriņa samazināšanai (2019. gads). 	<ul style="list-style-type: none"> Telemetrisko datu uzskaitē. Mežizstrādes darba laika uzskaitē. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
	6. Nobrauktā attāluma un degvielas patēriņa kopsakarību analīze, izmantojot 3D datus	Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): Pētīja mērķis ir izvērtēt maršruta optimizācijas iespējas, izmantojot 3D reljefa datus, t.i. ievērtēt plānošanas algoritmos gan faktiski nobraukto attālumu, gan slodzes, braucot pret kalnu vai no kalna. Pētījuma ietvaros apskatīsim vairākus kokvedēja maršrutu datus un salīdzināsim 2D kartē nobraukto attālumu ar faktiski nobraukto attālumu, ko iegūsim, analizējot augstas izšķirtspējas reljefa datus. Paralēli apskatāmajos maršrutos kontekstā ar reljefu vērtēsim degvielas patēriņa uzskaites datus, lai novērtētu degvielas patēriņa izmaiņas, atkarībā no reljefa īpatnībām. Pētījums veiksime dažādos reljefa apstākļos (ar līdzenumiem, kāpumiem un kritumiem).	<ul style="list-style-type: none"> Darba metodika, izpētes objektu un potenciālo pakalpojumu sniedzēju atlase, datu logera izgatavošana (2019. gads) Pētījuma rezultātu pārskats, tajā skaitā faktiski un teorētiski nobrauktā attāluma sakarības un metodes faktiski nobrauktā attāluma raksturošanai. Degvielas patēriņa izmaiņu kopsakarību analīze (2019. gads). 	<ul style="list-style-type: none"> Telpisko datu analīze. Degvielas uzskaites datu analīze. Datu analīze un ziņojuma sagatavošana.
Mežaudžu augšanas gaitas monitoringss 2012.-2015. gados izkoptajās I un II vecumklases audzēs	7. 2011., 2012 un 2013. gada kopšanas ciršu izmēģinājumu objektos ierīkoto ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu pārmērīšana un krājas papildpieauguma raksturošana	Jauns darba uzdevums (pārejošs uz 2019. gadu): 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.	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Audzū taksācijas rādītāji pēc darbu izpildes. Augsnes penetrācijas pretestības mērījumi Atstājamo koku bojājumi. Urbuma skaidu ievākšana un gadskārtu pieauguma analīze.