

ZIŅOJUMS

PAR PĒTĪJUMU PROGRAMMAS

MEŽA DARBU MECHANIZĀCIJAS UN MEŽA BOKURINĀMĀ PĒTĪJUMU
PROGRAMMA

PĒTĪJUMU JOMAS

MAZĀ UN NESTANDARTA MEŽIZSTRĀDES TEHNIKA KOPŠANAS (VĒLĪNAS
SASTĀVA UN AGRĪNAS KRĀJAS) CIRTĒS UN APAUGUMA NOVĀKŠANĀ
DARBA UZDEVUMU IZPILDI

Pētījuma nosaukums **JAUNĀ PROSILVA PIEVEDĒJTRAKTORA
PROTOTIPA IZMĒĢINĀJUMI KOPŠANAS
CIRTĒS SOMIJĀ UZ AUGSNĒM AR MAZU
NESTSPĒJU**

Līguma Nr. **3. 5.5-5.1-000p-101-12-8**

Ziņojuma Nr. **2016-05**

Ziņojuma veids **Noslēguma ziņojums**

Izpildes termiņš **01.03.2016 - 01.09.2016**

Izpildītājs **Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"**

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir novērtēt vidējās klases ProSilva pievedējtraktora prototipu, kura priekšējās kāpurķēdes aizstātas ar lielām riepām, nodrošinot tikpat lielu saskares virsmas laukumu kā iepriekšējai versijai ar kāpurķēdēm uz visiem tiltiem, lielāku mobilitāti un būtiski mazāku mašīnas masu, tajā skaitā noteikt darba ražīgumu un ražošanas izmaksas, balstoties uz mežizstrādātāju un mašīnu ražotāju sniegto informāciju par iegādes un uzturēšanas izmaksām. Izmēģinājumi veikti Somijā, 5 dienas, paralēli fiksējot augsnes nestspēju un bojājumus, lai iegūtie dati būtu salīdzināmi ar Latvijā veikto pētījumu rezultātiem.

Pētījumā konstatēts, ka ProSilva pievedējtraktora prototips, kura priekšējā ass aprīkota ar lielām riepām, ir piemērots kokmateriālu pievešanai ekstremālos apstākļos uz kūdras augsnēm. Vidējais darba ražīgums kūdrēnī ir 16 m³ stundā (pievešanas ceļa garums 200 m, braukšanas ātrums 2,8 km h⁻¹, vidējā krava 9,7 m³). Darba ražīgumu var palielināt, pareizi veidojot (fraktējot) kravas un izmantojot motivējošāku operatoru darba apmaksas sistēmu. Darba ražīgumu var palielināt, arī aprīkojot kausu ar *tilt* funkciju, kas būtiski atvieglo kokmateriālu izcelšanu no audzes, kā arī samazinātu paliekošos audzes bojājumus. Risu garums kūdrēnī, neskatoties uz smagiem pievešanas apstākļiem, nepārsniedz Latvijā noteiktos ierobežojumus. Taču risu garumu un paliekošo koku bojājumu apjomu var samazināt vēl vairāk, mainot operatoru darba stilu (braucot tikai pa tehnoloģiskajiem koridoriem un savlaicīgi pakojot pagrieziena vietas). Pievedējtraktora darba stundas pašizmaksas aprēķini ir jāprecizē pēc tam, kad ProSilva pievedējtraktori ar riepām uz priekšējām asīm parādīsies pārdošanā un ražotājam vai servisa kompānijām būs pieejami faktiskie apkopes izmaksu dati. Pievešanas pašizmaksu ietekmē pievedējtraktora noslodze, kravas lielums un pievešanas attālums. Plānojot šādas tehnikas izmantošanu Latvijā, ir jāizvērtē tās izmantošanas dažādošanas iespējas, veidojot kompleksus iepirkumus par tehnikas pakalpojumiem, piemēram, pievešana un koksnes pelnu izkliešana, nodrošinot vismaz 4000 stundu noslodzi gadā. Latvijā ieteicams izmantot ProSilva pievedējtraktorus ar pagarinātu rāmi (5 m), kuros var iekraut divas līdz 3 m garu kokmateriālu rindas, lai maksimāli efektīvi izmantotu mašīnas iespējas gan kopšanas, gan galvenajā cirtē. Izmēģinājumos testētais pievedējtraktora prototips rada priekšrocības tehnikas izmantošanai visu gadu.

Somijā veikto izmēģinājumu rezultāti apstiprina ProSilva pievedējtraktora prototipa piemērotību un konkurētspēju ekstremālos pievešanas apstākļos, taču pagaidām pietrūkst informācijas par šī pievedējtraktora darba stundas izmaksām un tehnisko gatavību. Darba metožu pilnveidošanai un trūkstošo datu (*darba ražīgums atkarībā no kravas lieluma, rāmja pagarināšanas ietekme*) iegūšanai lietderīgi veikt izmēģinājumus Latvijā, imitējot kopšanas cirtes apstākļus galvenajā cirtē purvaiņu un kūdreņu meža tipos.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" (LVMI Silava) sadarbībā ar AS "Latvijas valsts meži" un ProSilva Oy. Empīriskos datus ieguvu, analīzi un pārskata sagatavošanu nodrošināja LVMI Silava darbinieki A. Zimelis, A. Lazdiņš, G. Spalva.

Saturs

Kopsavilkums	2
Ievads	4
Izmēģinājumu objekti un Darba metodika	7
Pētījumu objekti.....	7
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	8
Darba laika uzskaitē.....	9
Darba metodes.....	10
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	12
Biomases un krājas aprēķini.....	13
Pieņēmumi izmaksu un ieņēmumu aprēķiniem.....	13
Darba rezultāti	16
Darba ražīgums.....	16
Ietekme uz vidi.....	19
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	23
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	23
Jutīguma analīze.....	24
Secinājumi un ieteikumi praksei	27
Literatūra	28

Attēli

Att. 1: Pievedējtraktora ProSilva spiediens uz augsni sadalījumā pa asīm P1=P2 un P3=P4.....	5
Att. 2: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls.....	7
Att. 3: Koku skaita sadalījums.....	8
Att. 4: Tehnikas fotogrāfija raksturīgos apstākļos.....	9
Att. 5: ProSilva S6 harvesters ar kāpurķēdēm riepu vietā uz priekšējiem tandēmiem.....	11
Att. 6: ProSilva pievedējtraktora priekšējie riteņi.....	12
Att. 7: Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	13
Att. 8: Pievešanas darba laika relatīvais sadalījums.....	17
Att. 9: Pievešanas darba laika salīdzinājums kūdrenī un slapjajā damaksnī.....	18
Att. 10: Mehānisko bojājumu sadalījums pēc koku skaita.....	20
Att. 11: Augsnes sablīvējums kūdrenī – kopsavilkums.....	21
Att. 12: Augsnes sablīvējums kūdrenī.....	21
Att. 13: Augsnes sablīvējums minerālaugsnē – kopsavilkums.....	22
Att. 14: Relatīvais mitruma saturs augšējās virskārtā.....	23
Att. 15: Jutīguma analīze krājas kopšanas cirtē.....	26

Tabulas

Tab. 1: Mežaudžu raksturojums.....	8
Tab. 2: Pievedējtraktora specifikācijas.....	9
Tab. 3: Uzskaitītās darba operācijas.....	10
Tab. 4: Pieņēmumi izmaksu aprēķinos.....	14
Tab. 5: Pievešanas darba laika sadalījums (min. kravai).....	16
Tab. 6: Pievešanas darba laika sadalījums (min. m-3).....	17
Tab. 7: Pievešanas darba ražīguma galvenie rādītāji.....	18
Tab. 8: Modelēti maksimālā darba ražīguma rādītāji (min. kravai).....	19
Tab. 9: Risu garums un paliekošo koku mehāniskie bojājumi.....	19
Tab. 10: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze.....	24

IEVADS

Kompānija ProSilva ražo vairākus harvesteru modeļus un 1 pievedējtraktora modeli, kas var būt aprīkots ar kāpurķēdēm uz priekšējiem un aizmugurējiem tandēmiem. Rūpnīcas ražošanas apjoms nepārsniedz 20 mašīnas gadā. Kompānijas galvenā produkcija ir 6 riteņu harvesteri (S5 un S6 modeļi), kam uzstādītas John Deere vadības iekārtas un griezējgalva. Šie harvesteri ir par aptuveni 10 % lētāki, nekā analogiska John Deere produkcija, nodrošinot tādu pašu komforta līmeni un ierastus darba apstākļus. Tāpēc ProSilva harvesterus iegādājas uzņēmumi, kas pieraduši strādāt ar John Deere, bet vēlas samazināt izmaksas. Igaunijā strādā 6 ProSilva harvesteri.

Populārākais pievedējtraktora modelis ir kāpurķēžu traktors 15-4ST, ko uzņēmums ražo jau gandrīz 10 gadus. ProSilva 15-4ST ir viens no lielākajiem un, tajā pat laikā, saudzīgākajiem pret vidi pievedējtraktoriem, ko izmanto gan kopšanas cirtēs, gan galvenajā cirtē kokmateriālu pievešanai no platībām ar mazu augsnes nestspēju (organiskās augsnes un pārmitras minerālaugsnes). Latvijā strādā 1 ProSilva 15-4 ST pievedējtraktors, ko izmanto kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē; visbiežāk tas pieved kokmateriālus no cirmām ar gariem un ar riteņtraktoriem neizbraucamiem pievešanas ceļiem, tāpēc pievešanas izmaksas ProSilva ir salīdzinoši lielas. ProSilva 15-4ST galvenās priekšrocības ir noturība uz augsniem ar mazu nestspēju, kas vairākas reizes pārsniedz standarta ar kāpurķēdēm aprīkota pievedējtraktora rādītājus, kā arī lielā kravnesība (15 tonnas), kas ļauj būtiski samazināt kumulatīvo spiedienu uz augsni, vairākkārtīgi braucot pa vienu un to pašu ceļu (Kaleja *et al.*, 2015).

Pētījumi par ProSilva 15-4 ST darba ražīgumu un izmaksām veikti 2014. gadā, salīdzinot šo traktoru ar John Deere 810, kas aprīkots ar ķēdēm visiem tandēmiem vai tikai aizmugurējiem tandēmiem, kā arī John Deere 810, kas aprīkots ar plastmasas ķēdēm uz visiem tandēmiem. 2014. gadā veiktajā pētījumā vidējais darba laika patēriņš kravas veidošanai bija 60 minūtes, izkraušanai – 29 minūtes, braukšanas laiks – 17 minūtes (pievešanas ceļa garums 850 m), vidējā krava – 8 tonnas (9,6 m³) vai 53 % no pievedējtraktora faktiskās ietilpības. Vērtējot kokmateriālu pievešanas pašizmaksu, pētījumā secināts, ka ProSilva pievedējtraktors ir ekonomiski nerentabls apstākļos, kur pievešanu var veikt ar riteņtraktoriem, kas aprīkoti ar ķēdēm uz visiem tandēmiem (Kalēja *et al.*, 2014).

Galvenie ProSilva pievedējtraktora trūkumi, kas konstatēti 2014. gada pētījumā, ir lielas iegādes izmaksas. Galvenās problēmas, kas saistītas ar izraudzīto darba metodi jeb “cilvēcisko faktoru”, ir tīrkravu veidošana (operatori cenšas katrā kravā likt tikai viena veida kokmateriālus, būtiski palielinot pārbraucienos patērēto laiku) un nepilnu kravu veidošana.

2015. gadā, sadarbībā ar SIA “Serviss Betta”, veikti atkārtoti izmēģinājumi ar ProSilva 15-4 ST pievedējtraktoru. Izmēģinājumu mērķis ir noskaidrot faktisko pievedējtraktora degvielas patēriņu un kravas lielumu atbilstoši izkrauto kokmateriālu svērumu datiem, precizējot 2014. gadā veiktos pašizmaksas aprēķinus. Pētījumos konstatētais ProSilva 15-4 ST

pievedējtraktora degvielas patēriņš nepārsniedz analogas kravnesības riteņtraktoru rādītājus. Ekstremālos apstākļos, kad riteņtraktors jau pēc dažiem pārbraucieniem izveido rīses, bet, izmantojot kāpurķēžu traktoru, risu veidošanās sākas pēc līdz 5 reizes lielāka kokmateriālu apjoma pievešanas, ProSilva pievedējtraktora degvielas patēriņš var būt pat mazāks, nekā riteņtraktoram.

Pētījumā konstatēts, ka ProSilva 15 4ST ar standarta rāmi nevar iekraut divas 3 m garu kokmateriālu rindas, attiecīgi, pievedējtraktora optimālu noslodzi var nodrošināt, tikai pievedot līdz 2,5 m vai vismaz 5 m garus kokmateriālus. 2015. gadā veikto izmēģinājumu rezultāti pierādīja, ka ProSilva 15-4 ST pievedējtraktora izmantošanas iespējas nav pilnībā apzinātas, un turpmākajos izmēģinājumos jāpilnveido pievešanas darba metodes, tajā skaitā jāizstrādā nosacījumi efektīvākai kravas telpas izmantošanai (Lazdiņš & Zimelis, 2015b).

2015. gadā ProSilva kompānija izstrādāja modificētu 15-4ST prototipu, kurā priekšējās ķēdes aizstātas ar lielu riepu (platums 75 cm, augstums 150 cm) pāri. Ķēžu aizstāšanas mērķis ir samazināt mašīnas masu un izmaksas, kā arī uzlabot tās manevrētspēju akmeņainā apvidū, kā arī palielināt pievedējtraktora efektivitāti lielos pievešanas attālumos. Uz augsni ar mazu nestspēju ķēžu aizstāšanas radīto spiediena uz augsni pieaugumu kompensē lielā riepu virsma un hidrauliskā līdzsvarošanas sistēma, kas ļauj izlīdzināt spiedienu uz priekšējām un aizmugurējām asīm, kā arī spiedienu uz abām mašīnas pusēm (Att. 1). Lai palielinātu ķēžu izmantošanas laiku, ir palielināts ķēžu biezums.



Att. 1: Pievedējtraktora ProSilva spiediens uz augsni sadalījumā pa asīm P1=P2 un P3=P4.

Jaunā pievedējtraktora prototipa izmantošanas iespējas pagaidām nav pētītas; atšķirībā no kāpurķēžu modeļa, kura darba ražīgums un ietekme uz augsni vērtēts mežu pētīšanas institūtā Metla (tagad Luke) un Metsateho, pozicionējot šo pievedējtraktoru kā vispilnīgāko, uz doto

brīdi, tehnisko risinājumu kokmateriālu pievešanai no organiskām augsnēm. LVMI Silava sadarbībā ar AS "Latvijas valsts meži" un ProSilva Somijā 2016. gadā veiktie izmēģinājumi ir pirmais zinātniskais pētījums ar jauno pievedējtraktora prototipu.

IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

ProSilva pievedējtraktora darba laika uzskaites izmēģinājumi veikti Jyväskylä pašvaldībā Somijā. Izmēģinājumi veikti 4 audzēs, tajā skaitā akmeņainā teritorijā, kas atbilst Dms un Dm meža tipam – 'Paugurs (1)' atbilstoši Att. 2 numerācijai; meliorētā platībā ar vismaz 1 m biezu kūdras slāni, kas atbilst Ks meža tipam – 'Kūdrenis (2)' atbilstoši Att. 2 numerācijai; kūdrenim piegulošā platībā uz minerālaugsnes ar optimāliem pievešanas apstākļiem un bērzu stādījumā bijušajā lauksaimniecības zemē – 'Bērzu audze (3)' atbilstoši Att. 2 numerācijai. Padziļināta analīze veikta 'Paugurs (1)' un 'Kūdrenis (2)' audzēs iegūtajiem datiem. Turpmāk šīs audzes apzīmētas, attiecīgi, ar kodiem 1-1-1 un 1-1-2 (Tab. 1), bet bērzu audze – ar kodu 1-1-3.



Att. 2: Pētījumu objektu kartogrāfiskais materiāls¹.

Valdošā suga abās audzēs ir priede, taču kūdrenī ir būtisks egles piemistrojums 2. stāvā. Mežaudžu taksācijas rādītāji noteikti pēc kokmateriālu pievešanas, vienlaikus nosakot arī tehnikas radītos mehāniskos bojājumus.

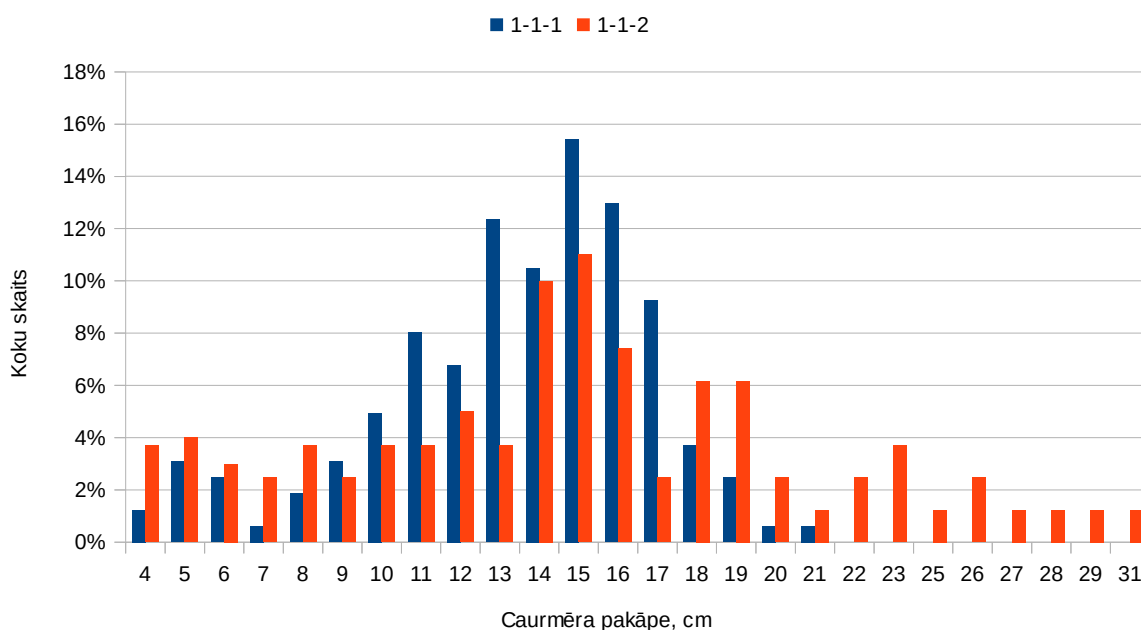
¹ Kartogrāfiskais materiāls sagatavots ar Quantum GIS programmu.

Vidējā koka caurmērs pēc kopšanas abās audzēs ir 13,4 cm, arī šķērslaukums abās audzēs ir vienāds, neskatoties uz atšķirīgu paliekošo koku skaitu (kūdrēnī ir par 20 % mazāk koku, taču tie ir augstāki, Tab. 1). Kūdrēnī saglabāti arī nenozāģēti pameža koki – 690 gab. ha⁻¹.

Tab. 1: Mežaudžu raksturojums

Objekts	Meža tips	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ³ ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Pameža koku skaits, gab. ha ⁻¹	Pameža koku caurmērs, cm	Pameža koku augstums, m
1-1-1	Dms/Dm	P	4,7	1 013	13,4	13,3	15	55	108	188	3	4
1-1-2	Ks	P	0,7	810	13,4	14,0	15	57	129	690	2	3

Koku caurmēra pakāpju sadalījums ir līdzīgs abās audzēs – visvairāk ir 14-16 cm resnu koku, taču kūdrēnī sastopami arī 22-31 cm resni koki (Att. 3), attiecīgi, arī nozāģēto koku sadalījumā pārstāvēts plašāks caurmēru diapazons. Jāatzīst, ka harvesteru operators bija centies nozāģēt tikai tievāko caurmēra pakāpju kokus un resnie koki zāģēti tikai atsevišķos gadījumos.



Att. 3: Koku skaita sadalījums.

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

Izmēģinājumos izmantots ProSilva pievedējtraktora prototips, kas aprīkots ar kāpurķēdēm uz aizmugurējām asīm un lielām riepām uz priekšējās ass (Att. 4). Priekšējās riepas izmēģinājumu laikā bija aprīkotas ar agresīvām tīkliņķēdēm, kas palīdz pārvietoties akmeņainā apvidū, taču, iespējams, ir traucējošas uz organiskām augsnēm, jo var palielināt augsnes un sakņu bojājumu apjomu.

Pievedējtraktora tehniskās specifikācijas pagaidām nav pieejamas, taču galvenie rādītāji ir tādi paši kā līdz šim ražotajam ProSilva. Jaunais prototips ir nedaudz vieglāks, nekā kāpurķēžu modelis (Tab. 2).



Att. 4: Tehnikas fotogrāfija raksturīgos apstākļos².

Tab. 2: Pievedējtraktora specifikācijas

Rādītājs	Parametri
Dimensijas	Garums 9317 mm Platums 2800 mm Klīrenss 702 mm Kravnesība 15 t Pašmasa aptuveni 18 tonnas
Hidrauliskā sistēma	Slodzes sensori pārkraušanas novēršanai Sūknis 190 cm ³ Hidrostatiska transmisija
Dzinējs	Iveco N67 ENT Jauda 175 kW Griezies moments 1020 Nm @ 1400 rpm
Kravas telpa	Garums 4000 mm Tilpums 4,5 m ³
Manipulators	Kesla 800T
Ķēdes	Aizmugurē – 75 cm platas ķēdes ar noliektiem galiem labākas saķeres nodrošināšanai, priekšā 75 cm plati riteņi

Darba laika uzskaitē

Darba laika uzskaitē izdalītas 15 operācijas un citi darba laika elementi (Tab. 3). Piezīmēs norādīts kravu aizpildījums un saturs, darba pārtraukumu iemesli un citas darbības, kas neatbilst iepriekš noteiktajiem darba laika elementiem. Darba laika uzskaitē neietver mašīnu

² Foto: Jukka-Pekka Syvälahti.

sagatavošanu darbam, kas aizņem aptuveni 1 stundu dienā, taču darba laika uzskaitē ietverta kustīgo daļu ieeļļošana, ko veic maiņas laikā. Operatoru maiņu grafiks ir 2 x 8 h. Ja tehnikai ir nepieciešams neliels remonts, darbinieks ierodas darbā 1 h agrāk.

Tab. 3: Uzskaitītās darba operācijas

Darba laika veids	Nr.	Operācija	Paskaidrojums
Produktīvais (lietderīgais) laiks	1.	Iebrauc	Iebraukšana audzē bez kravas
	2.	Sniedzas	Manipulatora izvirzīšana kokmateriālu satveršanai
	3.	Satver	Kokmateriālu pakas savākšana
	4.	Ieceļ	Kokmateriālu pakas iecelšana kravā
	5.	Kārto kravu	Kravas kārtošana, uzkritušo koku novietošana kravā
	6.	Brauc cīsmā	Pārvietošanās pa cīsmu iekraušanas laikā
	7.	Pako ceļu	Mežizstrādes atlieku un sīkkoku ieklāšana ceļos
	8.	Izbrauc	Izbraukšana no cīsmas ar kravu
	9.	Sniedzas izkraujot	Manipulatora izvirzīšana izkraušanas laikā
	10.	Satver izkraujot	Kokmateriālu pakas savākšana
	11.	Izkrauj	Kokmateriālu pakas izcelšana un novietošana krautnē
	12.	Kārto krautuvi	Krautnes kārtošana (galu pielīdzināšana, nokritušo kokmateriālu pacelšana u.c.)
	13.	Brauc krautuvē	Pārvietošanās gar krautni
	14.	Citas darbības	Darbi, kas neatbilst standarta darba operācijām (sīki remontu un apkopes darbi, ceļ izpēte u.c.)
Pārējais darba laiks	15.	Pauze	Ar darba izpildi nesaistīts laiks – pārtraukums ēšanai smēķēšanai u.c., neskaitot garākus pārtraukumus, kad dzinējs ir izslēgts.

Darba metodes

Mežizstrāde veikta ar ProSilva S6 harvesteru, kura priekšējie riteņi tandēmi aizstāti ar kāpurķēdēm (Att. 5). Harvestera konstrukcija ļauj pašrocīgi nomainīt priekšējā tandēma ķēžu sistēmu uz riteņu sistēmu. Harvesteris gatavoja 2-3 kokmateriālu veidus, galvenokārt, papīrmalku, biokurināmo un sīkbaļķus. Kokmateriālu garums 3-5 m, attiecīgi, pievedējtraktors krāva kokmateriālus 1 rindā. Mežizstrādes atliekas cīsmā atstātas izklaidus, izņemot vietas, kur harvesteris nevarēja izbraukt, nesapakojis ceļu, tāpēc nepieciešamības gadījumā pievedējtraktora operatoram vajadzēja vākt un likt ceļos zarus un sīkkokus. Harvestera un pievedējtraktora operatori lika zarus perpendikulāri ceļam, t.i. tādā veidā, kas piemērots riteņtraktoram, bet ne kāpurķēžu traktoram, kuram labāku noturību nodrošina paralēli ceļam novietoti zari. Vietas, kur traktors veic pagrieziena manevru, ir raksturīgākās augsnes un sakņu bojājumu vietas kūdrenī.

Izmēģinājumos piedalījās 2 operatori, abi veidoja jauktas kravas, ko šķiroja augšgala krautuvē. Operatoru samaksa ir par darba stundām. Abiem operatoriem ir iepriekšēja darba pieredze kopšanas cirtēs, taču nav pietiekošas praktiskas pieredzes ar šāda veida tehniku, tāpēc operatori izvairījās kraut pilnas kravas un būtiski vairāk laika, nekā tas būtu nepieciešams, pavadīja pārbraucienos.

Izmēģinājumos izmantots pievedējtraktora modelis ar īsu rāmi (4 m). Kāpurķēžu pievedējtraktora versijai ir modelis ar pagarinātu rāmi, kurā var sakraut divas 3 m garas papīrmalkas rindas, bet jaunajam prototipam šāda opcija pagaidām nepastāv. Ņemot vērā rūpnīcas tehniskās iespējas un vēlmi sadarboties ar klientiem, iegādājoties jaunu vai atjaunotu pievedējtraktoru, noteikti var pasūtīt arī pagarinātu (5 m) rāmi, kas ļauj pievest 2 papīrmalkas pakas un efektīvāk izmantot tehnikas kapacitāti Latvijas apstākļos.

Izmēģinājumu laikā pievedējtraktora priekšējie riteņi bija aprīkoti ar agresīvām tīkliņķēdēm (Att. 6). Latvijā kopšanas cirtēs šādu ķēžu izmantošana nav pieļaujama, tāpēc vērtējot mašīnas izmantošanas iespējas Latvijā, noteikti jāveic izmēģinājumi smagos pievešanas apstākļos bez ķēdēm vai ar plātnišu tipa ķēdēm uz priekšējās ass.



Att. 5: ProSilva S6 harvesters ar kāpurķēdēm riepu vietā uz priekšējiem tandēmiem.



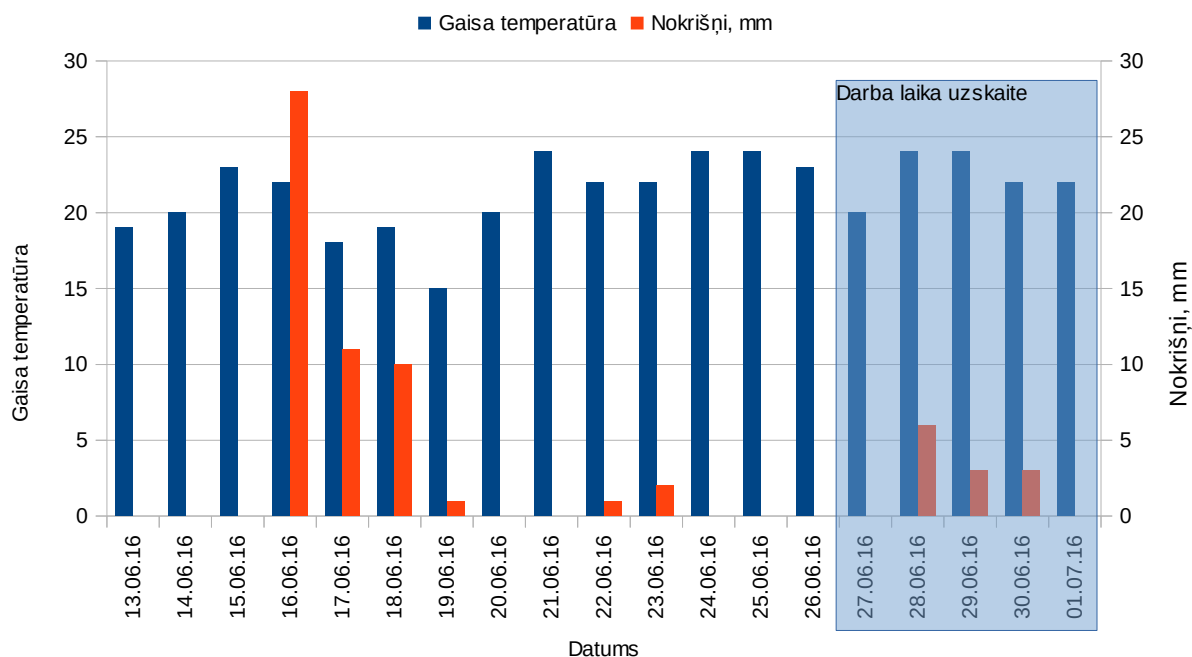
Att. 6: ProSilva pievedējtraktora priekšējie riteņi³.

Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā bija 20-25 °C. Periodisks lietus lija no 28. līdz 30. jūnijam (kopā šajā laikā nolija 12 mm nokrišņu, Att. 7), taču lielākās lietussgāzes šajā apvidū bija 2 nedēļas pirms izmēģinājumu uzsākšanas (3 dienu laikā nolija 49 mm nokrišņu).

Akmeņainajā mežaudzē iepriekš nolijušais lietus būtiski neietekmēja pievešanas apstākļus, bet kūdrenī pievešanas apstākļi būtiski pasliktinājās – augsnes virskārta bija pielijusi un kļuvusi nenoturīga. Augsnes nestspējas samazināšanās visvairāk izpaudās pagrieziena manevru izpildīšanas vietās; pārāk strauji pagriežoties, tūlīt veidojās dziļas rises.

³ Foto: A. Zimelis & G. Spalva.

Att. 7: Laika apstākļi izmēģinājumu laikā⁴.

Biomases un krājas aprēķini

Pievestais kokmateriālu apjoms noteikts atbilstoši operatoru veiktajai uzskaitē, salīdzinot to ar hronometrētāju novērtējumiem un strādīgos gadījumā izvēloties konservatīvāko vērtību. Kravas lielums pārrēķināts uz kokmateriālu tilpumu ar mizu. Vairumā gadījumu pievedējtraktora operatori veidoja nepilnas kravas, izmantojot mašīnas kravnesību par aptuveni 50 %.

Veicot turpmākos izmēģinājumus ar šāda veida mašīnām, ir jāizmanto manipulatora svāri, lai noteiktu faktisko kravas lielumu un sagatavotu priekšlikumus maksimāli efektīvai kravas telpas izmantošanai.

Pieņēmumi izmaksu un ieņēmumu aprēķiniem

Izmēģinājumā veikta pievedējtraktora darba laika uzskaitē, bet ievades dati mežizstrādes sistēmas izmaksu novērtēšanai (harvestera un kokvedēja darba ražīgums un izmaksas aizgūti no iepriekš Latvijā veiktiem pētījumiem, Lazdiņš & Zimelis, 2015). ProSilva pievedējtraktora mainīgās jeb operacionālās izmaksas ir viens no nezināmajiem, jo mašīna ir tikai prototipa stadijā un pagaidām nav ilgstošu novērojumu par uzturēšanas izmaksām. Aprēķinos izmantoti izmaksu rādītāji, kas raksturo traktora kāpurķēžu versiju (Kalēja *et al.*, 2014; Lazdiņš & Zimelis, 2015b). Degvielas patēriņš pieņemts atbilstoši kāpurķēžu pievedējtraktora degvielas patēriņa mērījumu rezultātiem (Lazdiņš & Zimelis, 2015b). Tehnikas operatoru izmaksas pieņemtas atbilstoši Valsts ieņēmumu dienesta atalgojuma monitoringa datiem. Izmaksu pieņēmumu apkopojums dots Tab. 4.

⁴ Avots: <http://www.accuweather.com>.

Tab. 4: Pieņēmumi izmaksu aprēķinos

Rādītājs	Harvesters	ProSilva pievedējtraktors	Kokvedējs
Investīcijas			
Bāzes mašīna			
Bāzes mašīnas cena, EUR	€ 355 000	€ 300 000	€ 171 429
Nolietojuma periods, darba stundās	25 000	20 000	20 000
Nolietojuma periods, gados	5	5	6
Procentu likme, %	5%	5%	5%
Atlikusī vērtība, %	25%	25%	15%
Atlikusī vērtība, EUR	€ 88 750	€ 75 000	€ 25 714
Aprīkojums			
Kauss & griezējgalva			
Cena, EUR	€ 52 000	€ 3 000	
Nolietojuma periods, darba stundās	15 000	12 000	
Nolietojuma periods, gados	3	3	
Procentu likme, %	5%	5%	
Atlikusī vērtība, %	15%	15%	
Atlikusī vērtība, EUR	€ 7 800	€ 450	
Ķēdes & cits aprīkojums			
Cena, EUR	€ 15 000		
Nolietojuma periods, darba stundās	20 000		
Nolietojuma periods, gados	4		
Procentu likme, %	5%		
Atlikusī vērtība, %	15%		
Atlikusī vērtība, EUR	€ 750		
Personāls			
Algas likme, EUR stundā	€ 6,61	€ 5,00	€ 5,71
Sociālais nodoklis, %	24%	24%	24%
Produktīvās darba dienas gadā	260	260	210
Darba stundas maiņā	8	8	8
Mašīnas operatoru skaits	2	2	3
Virsstundas maiņā	4	2	2
Algas likme par virsstundām, EUR stundā	€ 6,61	€ 5,00	€ 5,71
Maiņu skaits dienā	2	2	2
E0/E15	85%	85%	85%
Mašīnas pārvietošana uz treilera, reizes gadā	50	50	
Vidējais mašīnas pārvietošanas attālums, km	40	40	
Dīkstāve pārvietošanas laikā, stundas	2,0	2,0	
Dienas nauda, EUR dienā personai	€ 6,00	€ 6,00	
Apmācība, EUR gadā personai	€ 186	€ 186	
Apdrošināšana, EUR gadā personai	€ 357	€ 357	€ 357
Citas personāla izmaksas, EUR gadā	€ 1 500	€ 1 500	
Apdrošināšana, EUR gadā	€ 714	€ 714	€ 1 071
Tehnikas uzturēšanas izmaksas			

Rādītājs	Harvesters	ProSilva pievedējtraktors	Kokvedējs
Degviela, EUR/L	€ 0,91	€ 0,91	€ 0,91
Smērvielas, EUR/400 g (1000 ml)	€ 4,13	€ 4,13	
Degvielas patēriņš, L E15 stundā	12	12	
Degvielas patēriņš, L 100 km			50
Treilera degvielas patēriņš, L/100 km	50	50	
Tehnikas pārvietošanas attālums 1 virzienā, km	68	68	
Smērvielu patēriņš, g (ml) E15 stundā	18	18	15
Apkope un remonts, EUR E15 stundā	2,3	3,0	1,4
Pārvietošanās izmaksas, EUR pārbraucienam	€ 102	€ 102	
Pameža zāģēšana, EUR ha	€ 120		
Nodokļi, EUR gadā	€ 43	€ 43	€ 950
Apdrošināšana, EUR gadā	€ 4 438	€ 3 750	€ 1 971

Izmaksu aprēķinos pieņemts, ka pievedējtraktors nostrādā pie viena īpašnieka 20000 stundas. ProSilva iesaka citādu sadarbības modeli – pēc 12000 stundu nostrādāšanas kompānija apmaina pievedējtraktoru pret jaunu, piemaksājot cenas atšķirību. Otrreiz ProSilva parasti maina tehniku, kas nostrādājusi 23-25 tūkst. stundas. Pēc tam tehnika vairs neatgriežas pie ražotāja. Kompānijas pārstāvis apmeklējuma laikā neatklāja lietoto mašīnu atpirkšanas cenu, taču, izskatot sludinājumus tehnikas pārdošanas portālos, konstatēts, ka vienam no Somijā pārdotajiem ProSilva 15-4ST (nostrādātas 9600 stundas) sākotnējā cena bija 275000 €, attiecīgi mašīnas vērtības samazinājums ir vismaz 25 %.

DARBA REZULTĀTI

Pētījumā vērtēts pievešanas darba ražīgums, pievešanas izmaksas un ietekme uz vidi (augšnes sablīvējums, paliekošo koku bojājumi, risu garums). Padziļināta analīze veikta datiem, kas iegūti akmeņainajā platībā, kas atbilst Dms/Dm meža tipam (1-1-1) un platībā uz organiskās augsnes, kas atbilst Ks meža tipam (1-1-2).

Darba ražīgums

Kopējais izmēģinājumos pievestais kokmateriālu apjoms (ar mizu) ir 145 m³, darba laika uzskaitē veikta 16 kravām. Vidējā krava ir 9,1 m³. Darba laika sadalījums visās audzēs dots Tab. 5. Produktīvā darba laika patēriņš 1 kravas sagatavošanai, pievešanai un izkraušanai ir 43,9 min., kopējais darba laika patēriņš kravai ir vidēji 57,1 min., tajā skaitā kūdrenī kravas sagatavošanai patērētas 36,4 min. produktīvā darba laika. Akmeņainajā platībā (1-1-1) divreiz vairāk laika patērēts kravu veidošanai un braukšanai. Vidējais braukšanas ātrums ir 2,8 km h⁻¹. Kūdrenī (1-1-2) un akmeņainajā platībā (1-1-1) braukšanas ātrums pa pievešanas ceļu būtiski neatšķiras.

Salīdzinot kūdreni un akmeņaino platību, būtiski lielākas kravas (vidēji 9,7 m³) vestas no kūdreņa (1-1-2), taču šo rādītāju varēja būtiski palielināt, izvairoties no pustukšu kravu pievešanas. Akmeņainajā platībā (1-1-1) galvenais kravu lielumu ierobežojošais faktors ir pievedējtraktora stabilitāte nelīdzenā reljefā.

Tab. 5: Pievešanas darba laika sadalījums (min. kravai)

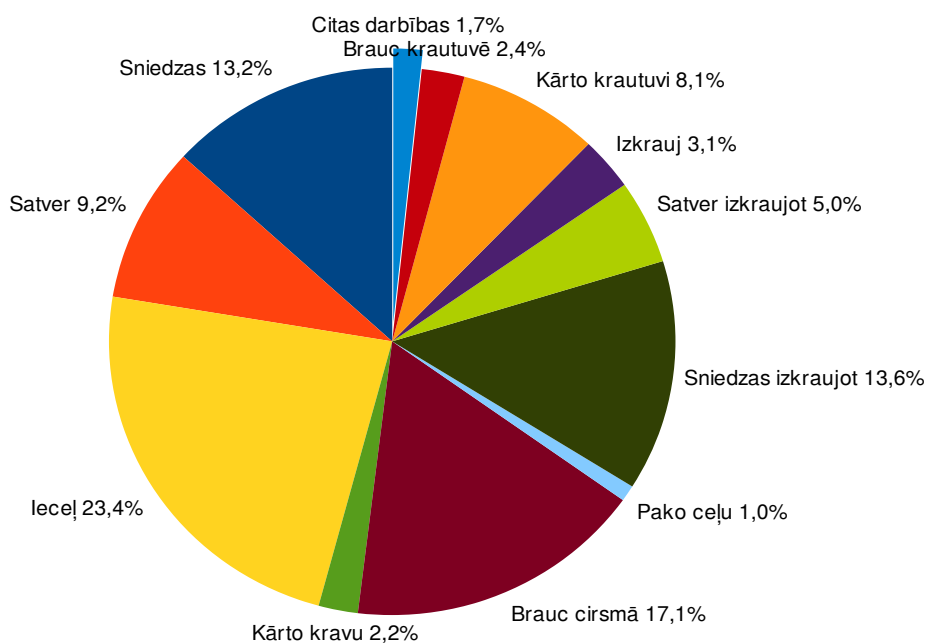
Audzē	Pievestais daudzums, m ³	Kravu skaits	Vidējā krava, m ³	Iebrauc	Sniegzas	Satver	Ieceļ	Kārto kravu	Brauc cīsmā	Pako ceļu	Izbrauc	Sniegzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrāj	Kārto krautuvī	Brauc krautuvē	Citas darbības	Pauze	Kopējais laiks	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai	Braukšana
1-1-1	23	3	7,6	14,2	6,4	6,5	12,5	1,7	13,6	0,0	10,2	2,4	2,3	3,7	1,7	0,8	0,1	17,3	93,3	76,1	40,7	11,0	24,4
1-1-2	97	10	9,7	4,7	4,2	2,5	7,3	0,7	4,0	0,6	3,8	1,8	1,0	3,0	0,9	0,5	1,4	7,7	44,0	36,4	20,7	7,2	8,5
Visas audzes	145	16	9,1	6,2	4,8	3,3	8,5	0,8	6,2	0,3	1,3	5,0	1,8	1,1	2,9	0,9	0,6	13,3	57,1	43,9	25,3	7,4	11,2

Pārrēķinot uz darba laika patēriņu 1 m³ pievešanai, vislabākie rādītāji iegūti kūdrenī (1-1-2), produktīvais laiks – 2,9 min. m⁻³, neskaitot braukšanu, Tab. 6). Salīdzinot vidējos rādītājus, visvairāk laika patērēts kokmateriālu iecelšanai un pārbraucieniem cīsmā (kopā 40,5 % produktīvā darba laika, neskaitot iebraukšanu un izbraukšanu no audzes, Att. 8). Būtisku pievešanas darba ražīguma palielinājumu var panākt, aprīkojot pievedējtraktora kausu ar *tilt* funkciju, jo sagatavotie kokmateriāli visās izmēģinājumos iekļautajās audzēs bija 4-6 m garī un šādu kokmateriālu iecelšana kravā vertikālā stāvoklī ir daudz vienkāršāka.

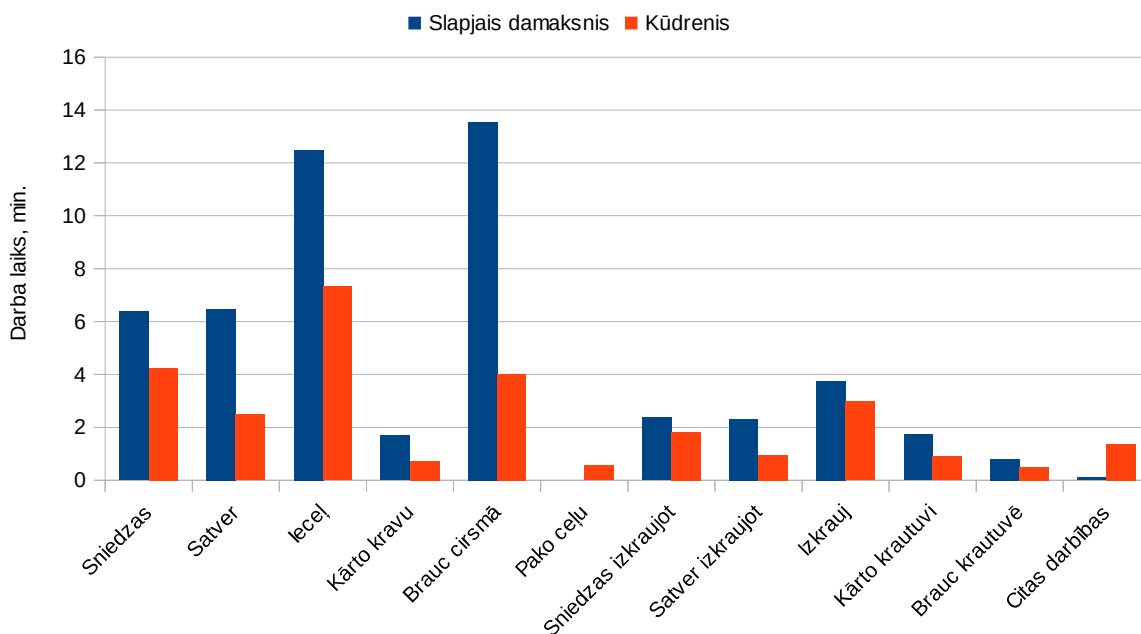
Akmeņainajā platībā (1-1-1) būtiski vairāk laika patērēts gan kravu veidošanai, gan izkraušanai. Daļēji tas skaidrojams ar mazākām koku dimensijām, taču būtiski lielāku ietekmi rada reljefs – lai ieceltu kravā 1 m³, akmeņainajā platībā pārbraucieniem patērēts 4 reizes vairāk laika (Att. 9). Ilgāks iecelšanas laiks akmeņainajā platībā saistīts ar vairākiem faktoriem – mazāki koki, attiecīgi, mazākas kokmateriālu pakas, ne vienmēr ērtākais tehnikas novietojums attiecībā pret kokmateriālu kaudzēm un lielāks paliekošo koku skaits, kas arī apgrūtina līdz 5 m garo kokmateriālu izcelšanu no audzes.

Tab. 6: Pievešanas darba laika sadalījums (min. m⁻³)

Audzē	Sniedzas	Satver	Ieceļ	Kārto kravu	Brauc cīrsnā	Pako ceļu	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto krautuvi	Brauc krautuvē	Citas darbības	Paūze	Kopējais laiks bez braukšanas	Produktīvais laiks bez braukšanas	Laiks iekraūšanai	Laiks izkraūšanai
1-1-1	0,84	0,85	1,64	0,22	1,78	0,00	0,31	0,30	0,49	0,23	0,11	0,01	2,27	9,07	6,80	5,36	1,44
1-1-2	0,44	0,26	0,75	0,07	0,41	0,06	0,19	0,10	0,31	0,09	0,05	0,14	0,79	3,65	2,87	2,13	0,74
Vidēji	0,53	0,37	0,94	0,09	0,69	0,04	0,55	0,20	0,13	0,32	0,10	0,07	1,46	5,47	4,01	2,79	0,81



Att. 8: Pievešanas darba laika relatīvais sadalījums.



Att. 9: Pievešanas darba laika salīdzinājums kūdrenī un slapjajā damaksnī.

Tab. 7 apkopoti galvenie darba ražīguma rādītāji. Kūdrenī (1-1-2) iekraušanas darba ražīgums ir 28 m³ stundā, bet izkraušanas darba ražīgums – 82 m³ stundā produktīvā darba laika. Produktīvā darba laika īpatsvars kūdrenī (1-1-2) un akmeņainajā platībā (1-1-1) ir līdzīgs – vidēji 83 %. Pārējās platībās, kas nav iekļautas datu analīzē produktīvā darba laika īpatsvars ir būtiski mazāks, tāpēc vidējais rādītājs izmēģinājumos ir tikai 77 %. Kūdrenī darba stundā ProSilva pieved 1,4 kravas kokmateriālu.

Tab. 7: Pievešanas darba ražīguma galvenie rādītāji

Variants	Iekraušanas ražīgums, m ³ darba stundā	Izkraušanas ražīgums, m ³ darba stundā	Kopā, m ³ darba stundā	Produktīvā laika īpatsvars	Kravas produktīvā laika stundā	Kravas kopējā darba laika stundā
1-1-1	11	42	6	82%	0,8	0,6
1-1-2	28	82	16	83%	1,7	1,4
Vidēji	21	74	12	77%	1,4	1,1

Pieņemot, ka pievedējtraktors ved tikai pilnas kravas (12 m³ izmēģinājumam atbilstošos apstākļos), darba ražīgums kūdrenī (1-1-2) teorētiski palielinātos par 4 %, bet akmeņainajā platībā – par 12 % (1-1-1, Tab. 8). Faktiskais darba ražīguma palielinājums būtu lielāks, jo, vedot pilnas kravas, samazinātos arī pārbraucieniem audzē patērētais laiks.

Pievedējtraktora kravnesība ir 17-18 m³ (pilna masa 33 tonnas). Izmēģinājumos vidējā krava bija 2 reizes mazāka par šo rādītāju (pilna masa vidēji 26 tonnas), attiecīgi, traktors strādāja ar nelielu slodzi. Nemainot rāmja garumu, pievedējtraktora maksimālo noslodzi kopšanas cirtēs var nodrošināt, pievedot par 5 garākus kokmateriālus. Palielinot rāmja garumu līdz 5 m, Latvijas apstākļos varētu maksimāli izmantot ProSilva kapacitāti, kraujot līdz 3 m garos kokmateriālus 2 rindās.

Tab. 8: Modelēti maksimālā darba ražīguma rādītāji (min. kravai)

Audze	Laiks iekraušanai, min.	Laiks izkraušanai, min.	Laiks braukšanai, min.	Pārtraukumi, min.	Kopējais laiks, min.	Produktīvais laiks, min.	Produktivitāte, m ³ stundā	Atšķirība no maksimālā darba ražīguma
1-1-1	64,3	17,3	24,4	17,3	123,2	106,0	6,8	88%
1-1-2	25,6	8,8	8,5	7,7	50,5	42,9	16,8	96%
Vidēji	33,5	9,8	11,2	13,3	67,7	54,4	13,2	94%

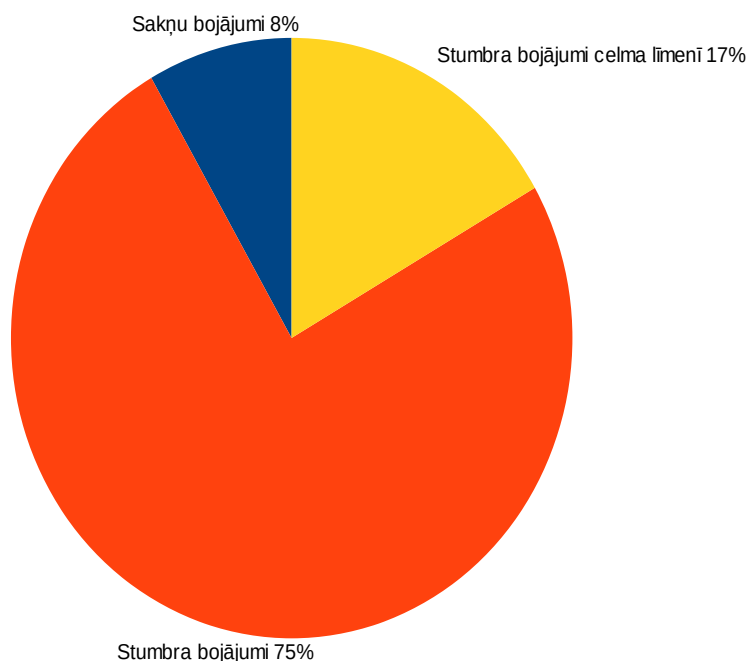
Ietekme uz vidi

Izmēģinājumos konstatēts, ka mežizstrādes un pievešanas laikā bojāto koku skaits ir salīdzinoši liels (abās audzēs vidēji 4,9 % koku ir ar mehāniskiem bojājumiem) un atbilst Latvijā līdzīgos izmēģinājumos (jaunaudžu kopšanas cirtēs) iegūtiem datiem. Atbilstoši darba laika uzskaites laikā veiktiem novērojumiem, šos bojājumus būtiski var samazināt, pielietojot kausu ar *tilt* funkciju, savlaicīgi veicot tehnoloģiskā koridora pakošanu, kā arī atbilstoši tehnikas parametriem veidojot pagriezienus audzē. Risu garums noteikts pievestajā platībā. Kūdreņi (1-1-2) tas ir 56 m ha⁻¹, bet akmeņainajā slapjā damakšņa daļā – aptuveni 2 reizes mazāk (Tab. 9). Pievedējtraktora līdzsvarošanas sistēma nodrošina to, ka priekšējie riteņi netiek pārslogoti un nerada palielinātu spiedienu uz augsni. Aizmugurējie tandēmi kopē virsmas reljefu, t.i., braucot pa nogāzi perpendikulāri slīpuma virzienam, viens tandēms atrodas zemāk, bet otrs augstāk, lai saglabātu kravu horizontālā stāvoklī. Braucot pa nogāzi, ProSilva izlīdzina vienmērīgi spiedienu uz visām asīm.

Tab. 9: Risu garums un paliekošo koku mehāniskie bojājumi

Objekts	Mehāniski bojāto koku skaits, gab. ha ⁻¹	Mehāniski bojāto koku krāja, m ³ ha ⁻¹	Mehāniski bojāto koku skaita īpatsvars	Risu garums, m ha ⁻³
1-1-1	50	6	4,9%	25
1-1-2	40	8	4,9%	56

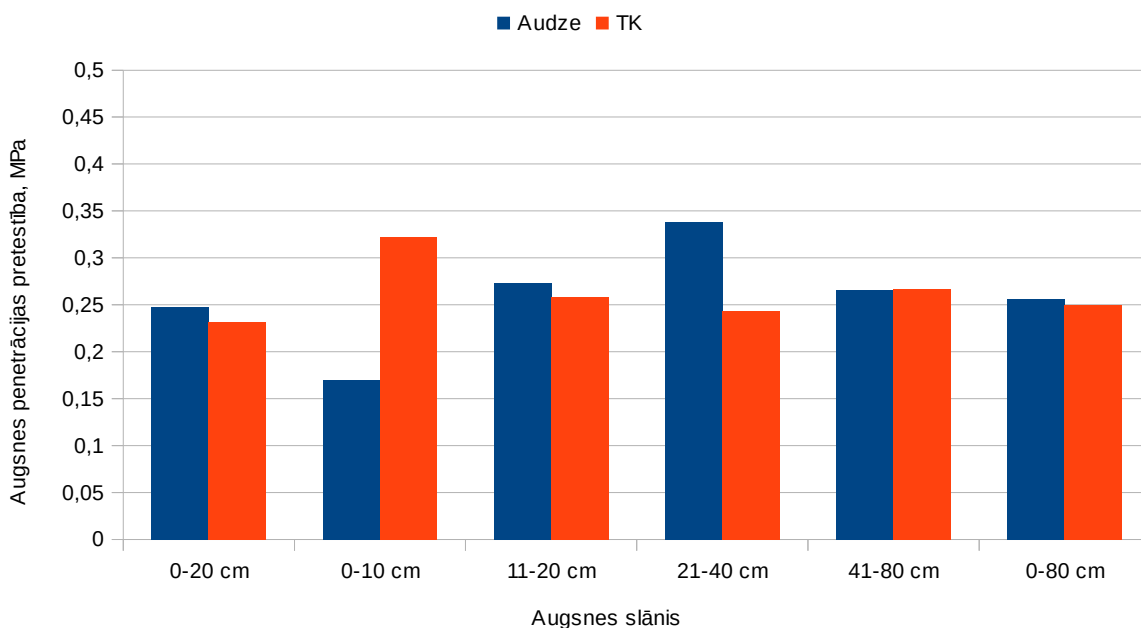
Lielākā daļa bojājumu ir stumbra mizas nobrāzumi, kas radušies mežizstrādes vai pievešanas laikā (Att. 10). Sakņu bojājumi veidojušies galvenokārt pagriezienu vietās, kur ķēdes ir iespiedušās augsnes virskārtā. Šos bojājumus izraisījis gan harvesters, gan pievedējtraktors.



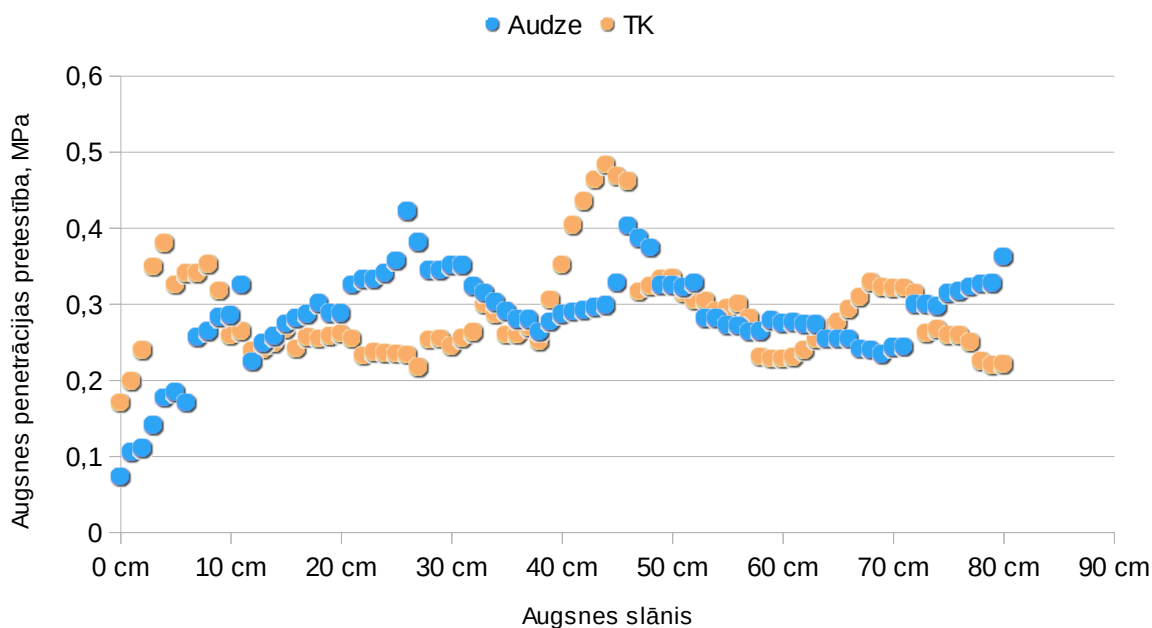
Att. 10: Mehānisko bojājumu sadalījums pēc koku skaita.

Augsnes penetrācijas pretestības noteikšanas mērķis bija salīdzināt pievešanas apstākļus ar līdzīgiem izmēģinājumiem Latvijā. 2015. gadā veiktajos izmēģinājumos ar riteņtraktora ķēdēm ar palielinātu virsmu augsnes virskārtas (11-20 cm) penetrācijas pretestība uz tehnoloģiskajiem koridoriem pēc pievešanas bija 1,1-1,3 MPa, atkarībā no pielietotās tehnikas (Lazdiņš & Zīmelis, 2015a). Somijā veiktajos izmēģinājumos kūdrēnī (1-1-2) augsnes penetrācijas pretestība uz tehnoloģiskā koridora 11-20 cm dziļumā ir 0,26 MPa un būtiski nepieaug arī dziļākajos augsnes slāņos (Att. 11). Tas nozīmē, ka augsnes nestspēja Somijas izmēģinājumu platībās ir būtiski mazāka, nekā smagākajos pievešanas apstākļos Latvijā veiktajos izmēģinājumos. ProSilva pievedējtraktoram šādi apstākļi neradīja grūtības, izņemot pagrieziena vietas, kur ķēdes viegli iegriezās kūdrā. Praksē tas nozīmē nepieciešamību savlaicīgi sapakot ceļus tehnoloģisko koridoru galos un veidot taisnus tehnoloģiskos koridorus cirmās ar smagiem pievešanas apstākļiem. Tehnoloģiskie koridori jāizvieto blīvāk, lai samazinātu pārbraucienu skaitu pa vienu un to pašu ceļu.

Kūdras augsnē (1-1-2) augsnes sablīvējums konstatēts tikai augsnes virskārtā, taču tas nav statistiski būtisks (Att. 11). Salīdzinot penetrācijas pretestību uz koridoriem un pārējā audzes daļā 0-80 cm dziļumā (Att. 12), redzams, ka tehnika sablīvējusi augsnes virskārtu (0-10 cm biezu augsnes slāni), bet dziļāk būtiskas izmaiņas nav konstatējamas.



Att. 11: Augsnes sablīvējums kūdrenī – kopsavilkums.

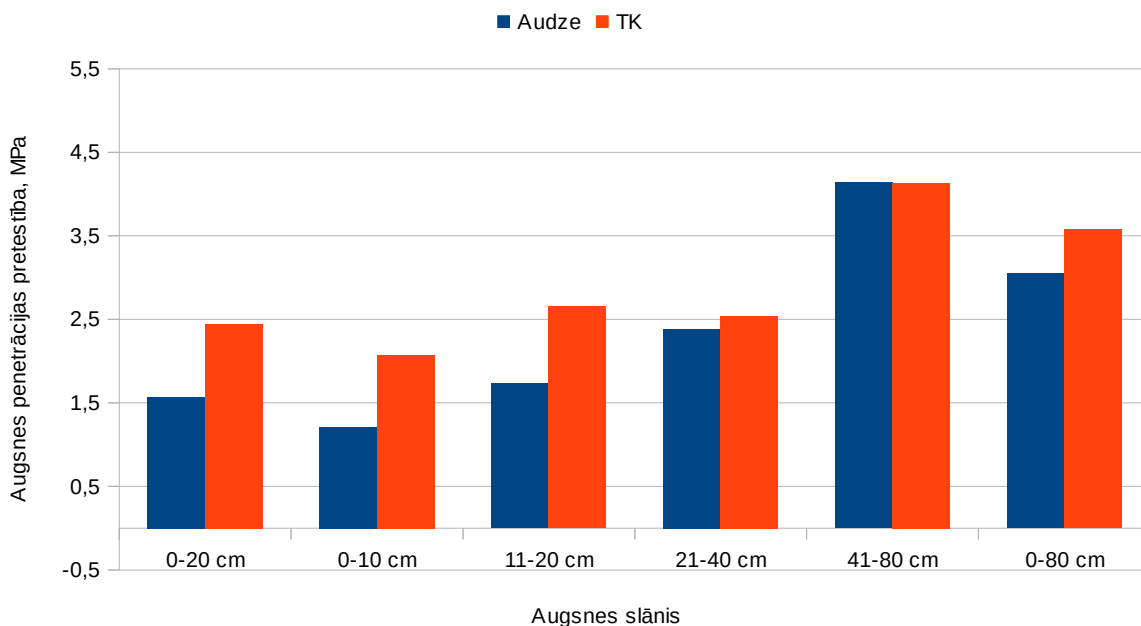


Att. 12: Augsnes sablīvējums kūdrenī.

Mīnerāaugsnē (1-1-1) konstatēts augsnes sablīvējums līdz 20 cm biezā augsnes virskārtas slānī, taču atšķirība nav statistiski būtiska (Att. 13). Korektu datu iegūvi šajā platībā traucēja augsnes akmeņainība, kas būtiski palielināja datu izkliedi. Iegūtie dati atbilst Latvijā veikto pētījumu atziņām par mīnerāaugšņu un nevis organisko augšņu sablīvēšanos pievešanas laikā. ProSilva pievedējtraktora ietekmi uz augsnes

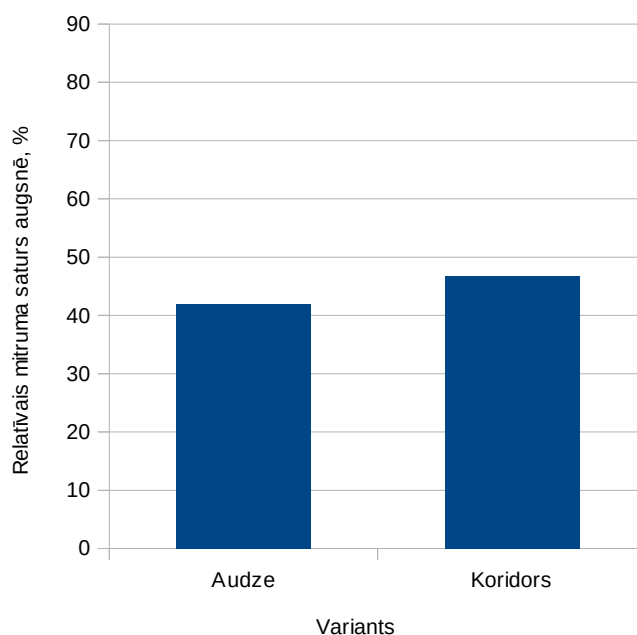
sablīvējumu minerālaugsnēs novērtēšanai nepieciešama plašāka datu kopa, kas iegūta līdzienā platībā, kurā nav akmeņu.

Sākotnējie augsnes penetrācijas pretestības mērījumu rezultāti norāda uz to, ka, lai arī ProSilva veiksmīgi strādā uz organiskām augsnēm ar mazu nestspēju, tas nenovērš vai samazina minimāli minerālaugšņu sablīvējumu. Veicot pievešanu ar ProSilva uz minerālaugsnēm, vietās, kur pastāv pārpurvošanās risks, kas saistīts ar ierobežotu gruntsūdeņu kustību, uz atkusušas augsnes ir jāizmanto zaru segums vai arī jāieplāno vieglāka pievedējtraktora izmantošana.



Att. 13: Augsnes sablīvējums minerālaugsnē – kopsavilkums.

Mitruma saturs augsnē kūdrājā (1-1-2) būtiski neatšķiras uz tehnoloģiskajiem koridoriem un pārējā audzes daļā (Att. 14). Vidējais relatīvā mitruma saturs augsnē uz tehnoloģiskā koridora ir 47 %, t.i. gandrīz puse no ceļa saguma ir ūdens.



Att. 14: Relatīvais mitruma saturs augsnes virskārtā.

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

ProSilva jaunā pievedējtraktora prototips pagaidām nav ieviests ražošanā un trūkst informācijas gan par šīs mašīnas sagaidāmo tirgus cenu, gan arī par uzturēšanas izmaksām. Aprēķinos pieņemtas ProSilva kāpurķēžu pievedējtraktora uzturēšanas izmaksas, kas balstītas uz kāpurķēžu ekskavatoru un vidējās klases ekskavatoru operacionālo izmaksu apvienojuma (Kalēja *et al.*, 2014). Faktiskās izmaksas un mašīnas tehnisko gatavību varēs novērtēt, veicot ilgstošu tehnikas izmantošanas monitoringu.

Mežizstrādē un koksnes piegādē nodarbinātās tehnikas izmaksu aprēķina rezultātu kopsavilkums, tajā skaitā pieņēmumi par harvestera un kokvedēja izmaksām, dots Tab. 10. Pievešanas pašizmaksa kūdrēnī (1-1-2) atbilst $2,5 \text{ € m}^{-3}$ (ar mizu), kopējās 1 m^3 sagatavošanas, pievešanas un izvešanas izmaksas, atbilstoši aprēķinu pieņēmumiem, ir 14 € m^{-3} .

Gada laikā, strādājot 4320 produktīvās stundas, ProSilva pievedējtraktors var pievest no kopšanas cirtēm 69 tūkst. m^3 kokmateriālu. Pievedējtraktora darba ražīgums ir par aptuveni 30 % lielāks, nekā harvestera darba ražīgums Latvijā līdzīgos apstākļos (koku dimensijas) veiktos izmēģinājumos (Kalēja *et al.*, 2015); attiecīgi, kopšanas cirtēs efektīvākā tehnikas kombinācija ir 3 harvesteri un 2 pievedējtraktori. Galvenajā cirtē ProSilva pievedējtraktora un harvestera darba ražīgums izlīdzināsies.

Tab. 10: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze

Rādītājs	Harvesters	ProSilva	Kokvedējs
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā			
Investīcijas	€ 85 679	€ 56 723	€ 30 464
Personāls	€ 60 928	€ 40 516	€ 33 204
Operacionālās izmaksas	€ 122 129	€ 67 338	€ 72 900
Plānotā peļņa	€ 13 437	€ 8 229	€ 6 828
Kopā, EUR gadā	€ 282 173	€ 172 805	€ 143 395
Ražīgums			
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	8,5	16,0	9,1
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms			
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m ³ gadā, tajā skaitā	44364	69162	32475
apaļie kokmateriāli, m ³ gadā	39906	62211	32475
biokurināmais, m ³ gadā	7120		
Rezultāts			
Kokmateriāli, EUR m ⁻³	€ 7,07	€ 2,50	€ 4,42

Jutīguma analīze

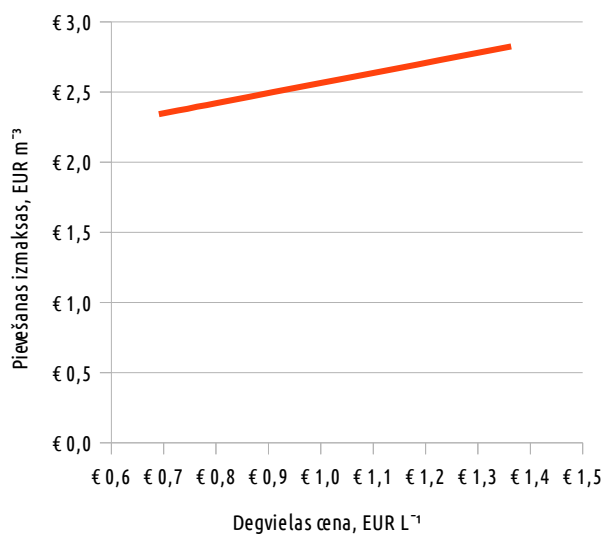
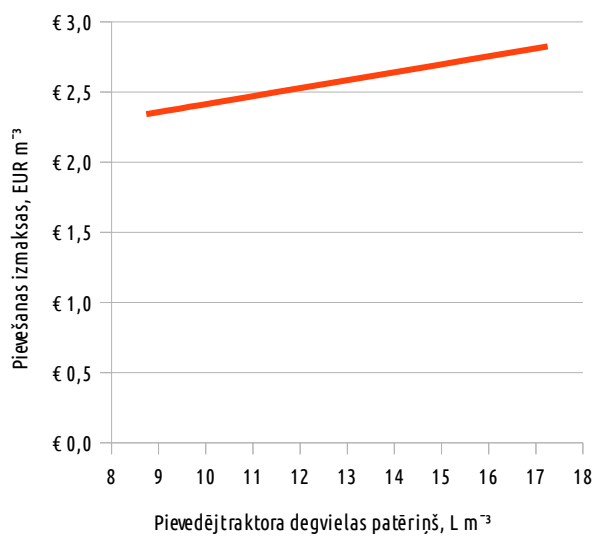
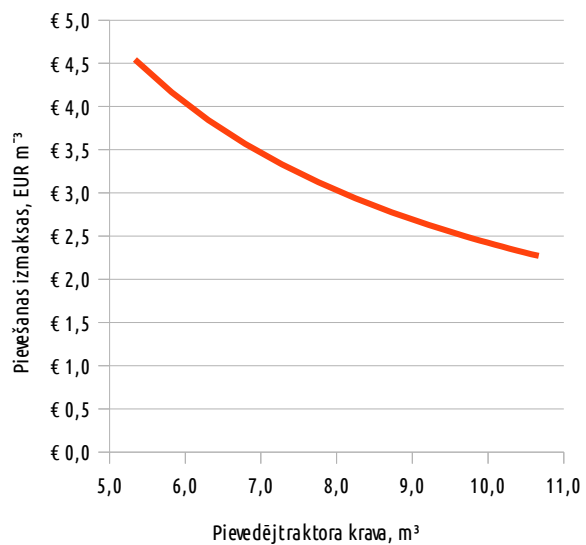
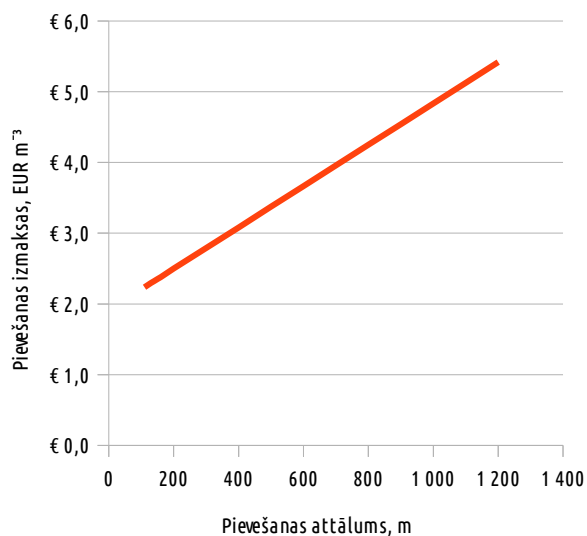
Pētījumā salīdzināts pievešanas attāluma, pievedējtraktora kravas lieluma, degvielas patēriņa, degvielas cenas un mašīnas tehniskās gatavības ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu (Att. 15).

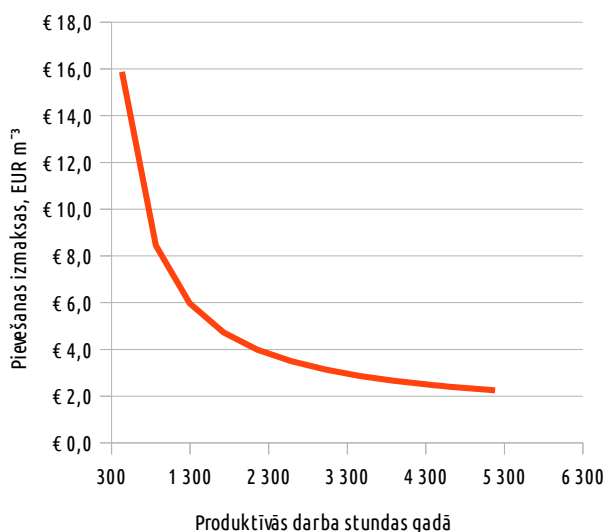
Pievešanas attālumam ir būtiska ietekme uz pašizmaksu. Ja pievešanas attālums palielinās līdz 1200 m, kokmateriālu pievešanas pašizmaksa palielinās līdz 5,42 € m⁻³ (2,2 reizes). Pievešanas attāluma pieaugumam būtu vēl lielāka ietekme sliktos pievešanas apstākļos, t.i., ja pievedējtraktoram ir jāpako ceļš.

Pievedējtraktora kravas lielumam arī ir būtiska ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu. Ja kravas lielums pieaug līdz 11 m³, tad pievešanas pašizmaksa samazinās līdz 2,27 € m⁻³, bet, ja krava ir tikai 5 m³, pievešanas pašizmaksa pieaug līdz 4,54 € m⁻³ (par 45 %, salīdzinot ar izmēģinājumā iegūtajiem rezultātiem).

Degvielas patēriņam (faktiski, mašīnas noslodzei), ir salīdzinoši neliela ietekme uz pievešanas pašizmaksu, tāpat arī degvielas cenai, salīdzinot minimālos degvielas cenas rādītājus pēdējo 2 gadu laikā un degvielas cenas pieaugumu par 50 %, ir salīdzinoši neliela ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu.

Vislielāko ietekmi uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu rada prognozētais produktīvo darba stundu skaits gadā. Ja produktīvo darba stundu skaits gadā samazinās līdz 1300, pievešanas pašizmaksa palielinās 2,5 reizes. Aprēķinos pieņemts, ka operatori saglabā mēnešalgu, neatkarīgi no tehnikas pieejamības, tāpēc ražošanas apstākļos, pie dažādām darba apmaksas sistēmām pašizmaksas pieaugums var nebūt tik straujš. Daudz straujāks izmaksu pieaugums sagaidāms tad, ja produktīvo darba stundu skaitu samazina neplānoti remontī.





Att. 15: Jutīguma analīze krājas kopšanas cirtē.

Pētījumā veiktā pievešanas pašizmaksas jutīguma analīze norāda uz nepieciešamību maksimāli nodarbināt ProSilva pievedējtraktoru, lai saglabātu kokmateriālu pievešanas pašizmaksu konkurētspējīgā līmenī. Ja pievedējtraktors strādā mazāk par 2000 stundām gadā, pievešanas pašizmaksa dubultojas. Optimāla noslodze ir vismaz 4000 produktīvās stundas gadā, kas atbilst aptuveni 4700 darba stundām. Lielākā daļa sludinājumu portālos pieejamo vai pārdoto ProSilva pievedējtraktoru gada laikā nostrādā vidēji 3000 stundas, attiecīgi, produktīvais laiks ir aptuveni 2500 stundas.

Lai palielinātu pievedējtraktora izmantošanas efektivitāti, jāvērtē arī alternatīvi šīs tehnikas izmantošanas veidi. Piemēram, pavasarī un vasarā pievedējtraktoru var apgādāt ar koksnes pelnu izkliedētāju un izmantot augsnes ielabošanas pasākumu īstenošanai kūdreņos un āreņos. Lielā kravnesība un noturība uz virsmām ar mazu nestspēju ir būtiskas priekšrocības šāda darba veikšanai. Ziemā ProSilva pievedējtraktors var strādāt pievešanā kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē, kā arī pārvadāt starpkrautuves sliktos pievešanas apstākļos.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Somijā veikto izmēģinājumu rezultāti apstiprina ProSilva pievedējtraktora prototipa, kura priekšējā ass aprīkota ar lielām riepām, piemērotību kokmateriālu pievešanai sliktos vai ekstremālos apstākļos uz kūdras augsnēm.
2. Vidējos darba ražīguma rādītājus kūdrenī (16 m³ stundā) var uzlabot, veidojot lielākas kravas un izmantojot motivējošāku operatoru darba apmaksas sistēmu (fiksētas stundu likmes vietā izmantojot kombinētu maksājumu, ko veido fiksēta stundu likme, darba ražīguma rādītāji un kvalitātes prasību izpilde). Darba ražīguma palielinājumu var panākt, arī izmantojot kausu ar *tilt* funkciju, kas būtiski atvieglo kokmateriālu izcelšanu no audzes.
3. Risu garums pat ekstremālos apstākļos nepārsniedz Latvijā noteiktos ierobežojumus un risu veidošanās, lielākoties, saistīta nevis ar tehnikas nepilnībām, bet gan ar harvesteru operatoru darba stilu, bieži nobraucot no tehnoloģiskajiem koridoriem un savlaicīgi nenopakojojot pagriezienu vietas. Harvesteru operatoru darba stils ir par iemeslu arī salīdzinoši lielam paliekošo koku bojājumu skaitam.
4. Pievedējtraktora darba stundas pašizmaksa novērtējums balstīts uz pieņēmumiem par mašīnas cenu un operacionālajām izmaksām, ko pagaidām nevar pārbaudīt, tāpēc ekonomiskie aprēķini ir jāprecizē pēc tam, kad šis pievedējtraktors parādīsies pārdošanā un ražotājam vai servisa kompānijām būs pieejami faktiskie apkopes izmaksu dati gada griezumā.
5. Pievešanas pašizmaksu visvairāk ietekmē pievedējtraktora noslodze, tāpēc, plānojot šādas tehnikas izmantošanu Latvijā, ir jāizvērtē dažādas tās izmantošanas iespējas, veidojot kompleksus iepirkumus par tehnikas pakalpojumiem, piemēram, pievešana no kopšanas cirtēm smagos apstākļos, koksnes pelnu izkliešana un pievešana no galvenās cirtes, kas kopā nodrošinātu vismaz 4000 stundu noslodzi gadā. Garantēta tehnikas izmantošana pozitīvi ietekmētu arī pakalpojuma piedāvājumu, pietuvinot pakalpojuma cenu tā pašizmaksai optimālos apstākļos.
6. ProSilva izmaksas būtiski ietekmē arī kravas lielums, tāpēc Latvijā lietderīgi izmantot pievedējtraktorus ar pagarinātu rāmi (5 m), kuros var iekraut 2 līdz 3 m garu kokmateriālu rindas. Pagarinātais rāmis ļautu efektīvāk izmantot pievedējtraktora kravnesību kopšanas cirtēs.

LITERATŪRA

1. Kaleja, S., Lazdins, A. & Prindulis, U. (2015). Evaluation of impact of different types of tracks on productivity and cost of differently equipped forwarders in thinning. *Proceedings of Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems*, Airport hotel ABC, 2015. pp 41–43. Airport hotel ABC.
2. Kalēja, S., Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2014). *Plastmasas ķēžu pielietojanas izmēģinājumi kokmateriālu pievešanā krājas kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014–10).
3. Kalēja, S., Zimelis, A. & Lazdiņš, A. (2015). *Darba metodes ietekme uz biokurināmā gatavošanas darba ražīgumu krājas kopšanā ar John Deere 1070D*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/02).
4. Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2015a). *Kāpurķēžu ar palielinātu virsmas laukumu izmēģinājumi kokmateriālu pievešanā no krājas kopšanas cirtēm uz augsnēm ar mazu nestspēju*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/11).
5. Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2015b). *ProSilva 15-4ST pievedējtraktora degvielas patēriņa un krāvesības novērtējums krājas kopšanas cirtēs*. Salaspils. (2015–18).