

PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERĢORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums VIMEK HARVESTERA 404 T5 UN
PIEVEDĒJTRAKTORA 610 RAŽĪGUMS
JAUNAUDŽU KOPŠANĀ ZVIEDRIJĀ

Līguma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Pārskata Nr. 2015/09

Pārskata versija 1.0

Izpildes laiks 20.10.2014 - 20.05.2015

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis bija iepazīties ar zviedru mežizstrādes tehnikas ražotāja Vimek piedāvāto mazgabarīta mežizstrādes tehniku, veikt jaunaudžu kopšanas un kokmateriālu pievešanas darba laika uzskaiti Zviedrijas apstākļos un sagatavot vērtējumu par tehnikas pielietošanas iespējām Latvijā.

Pētījuma laikā sadarbībā ar uzņēmuma Vimek pārstāvjiem, kas organizēja lauka izmēģinājumus, sagatavotas rekomendācijas mazās tehnikas pielietošanai mūsu mežos līdz 60 gadus vecās audzēs.

Latvijā spēkā esošie normatīvi nepieļauj šāda veida tehnikas izmantošanu kopšanas cirtēs Latvijā. Tas saistīts ar tehnoloģisko koridoru procentuāli aizņemto platību, kas saskaņā ar Latvijas normatīvu prasībām nedrīkst pārsniegt 20 % no audzes. Mazgabarīta tehnika mežizstrādē izveido līdz 2.5 m platu brauktuvi (tehnoloģisko koridoru) ik pa 10 m (strādājot ar maksimālo manipulatora izlīci). Praksē zviedru operatori nestrādā ar maksimālu izlīci, jo tas negatīvi ietekmē tehnikas stabilitāti, kā arī darba ražīgumu), tāpēc attālums starp koridoriem ir vēl mazāks. Zviedrijā mazo harvesteru un pievedējtraktoru iebrauktos ceļus neskaita kā koridoru, jo to ierīkošanai netiek nozāģēti valdaudzes koki, proti, netiek nozāģēti 20 % no audzes, kā pie mums, bet audzes daļa, kas atrodas zem ceļiem, ir kvalitatīvi izkopta un netiek īpaši izdalīta.



Att. 1: Tehnika un audzes Zviedrijā veiktajos izmēģinājumos¹.

Četras dienas divām tehnikas vienībām (harvesteram un pievedējtraktoram) veikta galveno darba laika elementu uzskaitē, sagatavojot pārskatu par pilnu mašīnas operatora maiņu (8 stundas dienā). Iegūtie dati Latvijā izmantoti, lai izvērtētu Vimek tehnikas pielietošanas iespējas Latvijas apstākļos. Lai iegūtie darba laika uzskaites dati būtu salīdzināmi ar Latvijas apstākļiem, veikti arī visi nepieciešamie audzes uzmērīšanas darbi pirms un pēc kopšanas, kā arī veikta koku bojājumu uzskaitē.

¹ Foto: A. Zimelis.

LVMI Silava zinātniekus Zviedrijā pavadīja Vimek tirdzniecības pārstāvis Urban Lundström, kurš konsultēja Latvijas pētniekus un dalījās pieredzē par mazās tehnikas pielietojanu Zviedrijā. Jautājumus, kas attiecās uz mežsaimniecību un kvalitātes prasībām Zviedrijā, skaidroja viens no zviedru mežizstrādes firmas vadītājiem, ar kuru tikšanos bija noorganizējis Urban Lundström.

Pētījuma laikā iegūta informācija mežizstrādes tehnikas ražīguma noskaidrošanai, kā arī analizēta situācija par tehnikas un tehnoloģijas pārneses iespējām mūsu valstī. Būtiskākās mazās tehnikas priekšrocības ir vismaz divas reizes mazākas izmaksas, nekā vidējās klases harvesteram un pievedējtraktoram (Vimek komplekta cena, kurā iekļauts harvesters un pievedējtraktors, ir ap 250000 EUR, bet vidējās klases mežizstrādes tehnikas komplekta cena ir ap 650000 EUR), kā arī būtiski mazāks degvielas patēriņš (Vimek harvesters patērē 4 L h⁻¹, bet vidējās klases harvesters – 11 L h⁻¹) un mazākas izmaksas apkopēm. Mazā tehnika rada mazāku ietekmi uz vidi (augšnes sablīvēšanās, risas) un mazāku ietekmi uz paliekošās audzes veselības stāvokli (izmēģinājumu laikā koku un augšnes bojājumi netika konstatēti).

Saskaņā ar sākotnējiem rezultātiem harvestera Vimek 404 T5 ražīgums, zāgējot vidēji 9 cm resnūs kokus, ir vidēji 5,7 m³ tiešā darba laika stundā (aprēķinā ietverts darba laiks, kas patērēts kokmateriālu sagatavošanai, neskaitot iebraukšanu un izbraukšanu no audzes, kā arī darba ciklus, kas nenoslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu). Harvestera tiešā darba laika īpatsvars no lietderīgā darba laika ir 94 %. Pievedējtraktora Vimek 610 vidējā krava ir 5 m³, darba laika patēriņš kravas sagatavošanai kopšanas cirtēs ir 17 min., izkraušanai – 5 min., bet vidējais braukšanas ātrums ir 23 m min⁻¹.

LVMI Silava zinātnieki īpaši pateicas par atbalstu izmēģinājumu organizēšanā uzņēmumiem Vimek AB, SIA "Baltic FCS" un AS "Latvijas valsts meži". Izmēģinājumos un datu analizē piedalījās LVMI Silava speciālisti A. Zimelis, A. Lazdiņš, U. Prindulis.

Saturs

Kopsavilkums	2
Ievads	6
Darbā izmantotās mašīnas.....	6
Darba metodes.....	10
Metodika	14
Pētījumu objekti.....	14
Darba metodes.....	14
Darba laika uzskaitē.....	14
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	16
Biomases un krājas aprēķini.....	16
Bojājumu uzskaitē.....	17
Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze.....	18
Darba rezultāti	22
Mežaudžu raksturojums.....	22
Kopšanas darba ražīgums.....	24
Pievešana.....	30
Kopšanas kvalitāte.....	31
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	32
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	32
Jutīguma analīze.....	34
Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	35
Secinājumi un ieteikumi praksei	37
Literatūra	38

Attēli

Att. 1: Tehnika un audzes Zviedrijā veiktajos izmēģinājumos1.....	2
Att. 2: Vimek 404T5 harvesters2.....	6
Att. 3: Vimek 404T5 harvestera griezējgalva (Vimek, 2013).....	7
Att. 4: Vimek 610 pievedējtraktors3.....	8
Att. 5: Vimek 610 pievedējtraktora kauss2.....	9
Att. 6: Vimek 610 pievedējtraktora pakalējā tilta piedziņa4.....	9
Att. 7: Kokmateriālu novietošana cirsmā.....	11
Att. 8: Kokmateriālu novietošana kravas tilpnē.....	12
Att. 9: Koka atzarošana atbilstoši prasībām.....	12
Att. 10: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.....	15
Att. 11: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	17
Att. 12: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.....	22
Att. 13: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.....	23
Att. 14: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.....	23
Att. 15: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.....	24
Att. 16: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.....	24
Att. 17: Nozāgēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.....	25
Att. 18: Nozāgēto koku krājas sadalījums pēc nozāgēto koku caurmēra.....	26
Att. 19: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	28
Att. 20: Stundā tiešā darba laika sagatavojamo kokmateriālu un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	29
Att. 21: Mežizstrādes darba ražīgums (tonnas tiešā darba stundā) atkarībā no nozāgējamā koka caurmēra.....	29
Att. 22: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums pievešanā.....	30
Att. 23: Jutīguma analīze.....	35
Att. 24: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzarotu sikkoku piegādes scenārijā.....	36

Att. 25: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.....	36
---	----

Tabulas

Tab. 1: Mežaudžu raksturojums pirms kopšanas.....	14
Tab. 2: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	15
Tab. 3: Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	16
Tab. 4: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	16
Tab. 5: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	17
Tab. 6: Pašizmaksas aprēķinu gaita.....	18
Tab. 7: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas.....	22
Tab. 8: Nozāgētās audzes daļas raksturojums atbilstoši parauglūkumu uzmērījumiem.....	22
Tab. 9: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	26
Tab. 10: Tiešā darba laika īpatsvars.....	26
Tab. 11: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, sek. m ⁻³	27
Tab. 12: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvesteru darba laika uzskaites datiem.....	27
Tab. 13: Galvenie pievešanas darba ražīguma rādītāji.....	30
Tab. 14: Ievades dati pievešanas pašizmaksas aprēķiniem.....	31
Tab. 15: Pievešanas ražīguma rādītāji, sek. m ⁻³	31
Tab. 16: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī.....	32
Tab. 17: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins.....	33
Tab. 18: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze.....	34
Tab. 19: Mežaudžu kopšanas izmaksas pārrēķinot uz 1 ha.....	34

IEVADS

Darbā izmantotās mašīnas

Vimek 404 T5 harvesters ir viena no mazākajām sērijveidā ražotajām mežizstrādes mašīnām, kas maskā vismaz 2 reizes mazāk par "mazās klases" harvesteriem tradicionālā izpratnē (Lundberg, 2013a; Vimek, 2013).

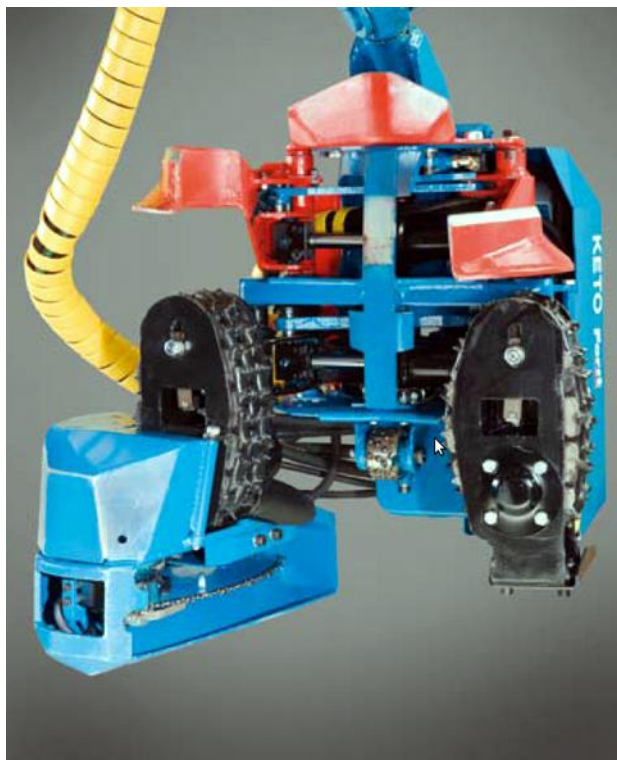


Att. 2: Vimek 404T5 harvesters².

Harvesters ir aprīkots ar Keto Forst (vai jaunākajiem modeļiem Keto Forst Silver) griezējgalvu (Att. 3), kas piemērota viena vai vairāku nelielu koku vienlaicīgai apstrādei. Griezējgalva sver 300 kg un spēj apstrādāt līdz 30 cm resnus kokus. Griezējgalvas darbības vadības sistēma ir automatizēta. Griezējgalvu var aprīkot arī ar celmu apstrādes aprīkojumu. Saskaņā ar ražotāja rekomendācijām Vimek 404 T5 ir piemērots grāvju tīrīšanai un apauguma novākšanai, taču praksē šo mašīnu arvien vairāk izmanto kopšanas cirtēs. Harvesteru var aprīkot arī ar nelielām kniebējgalvām vai citu ražotāju griezējgalvām, pielāgojot mašīnu specifiskiem darba apstākļiem. Griezējgalva var būt aprīkota ar elipsoīda formas sliedi, kas samazina ķēdes nomešanas risku, strādājot ar maziem kokiem un krūmiem.

² Foto: A. Zimelis.

Griezējgalvas uzkrītošākā nepilnība ir spēja veikt atzarošanu tikai vienā virzienā, t.i. lai veiktu atkārtotu atzarošanu, stumbrs ir jāpārtver, apgriežot galvu otrādi, vai arī koks jālaiž caur ruļļiem atpakaļ ar atbrīvotiem atzarošanas nažiem.



Att. 3: Vimek 404T5 harvestera griezējgalva (Vimek, 2013).

Harvesters ir aprīkots ar CAT C2.2T dzinēju (44 kW, 2700 RPM) (iepriekšējās versijās Kubota V2003T dzinējs); mašīnas platums 1,8 m (ar lielākām riepām – 2,15 m), garums – 3,35 m; riepu izmērs 405/70-24; krāna MOWI 2046 izlice 4,6 m, masa 400 kg; klīrenss – 40 cm; masa – 4400 kg; degvielas patēriņš – 4 L stundā; vadības sistēma – Motomit IT (nodrošina apaļo kokmateriālu sagatavošanu un uzskaiti atbilstoši AS “Latvijas valsts meži” prasībām. Mašīnas pirmās sērijveida versijas ražošana uzsākta 2001. gadā.

Otrreizējā tirgū ir neliels Vimek harvesteru piedāvājums, to cena, atkarībā no tehniskā stāvokļa, svārstās no 110000 EUR līdz 145000 EUR. Baltijas valstīs šādi harvesteri pagaidām netiek izmantoti.

Vimek 610 pievedējtraktors (Att. 4) nav unikāls savā klasē, taču tas ir viens no nedaudzajiem sērijveidā ražotajiem mazās klases pievedējtraktoriem. Traktors ir aprīkots ar CAT C2,2T (44 kW, 2700 RPM) dzinēju; riepu izmērs 500/60-22,5 (priekšā) un 400/60-15.5 (2 pāri aizmugurē); mašīnas klīrenss ir 40 cm; garums 6,8 m; kravnesības tilpnes laukums 1,65 m²; augstums – 1,97 m; kravnesība 5000 kg, pašmasa – 4700 kg; krāna MOWI P25 izlice ir 5,2 m un maksimālā kapacitāte ir 330 kg.



Att. 4: Vimek 610 pievedējtraktors³.

Pievedējtraktora kauss (Att. 5) ir aprīkots ar tā saukto "tilt" funkciju, kas ļauj pārvietot stāvus paceltus kokus, būtiski samazinot paliekošās audzes bojājumus kopšanas cirtēs. Pievedējtraktora pakalējais tilts ir aprīkots ar piedziņas mehānismu (Att. 6), kas uzlabo mašīnas caurejamību sarežģītos braukšanas apstākļos (Lundberg, 2013b).

³ Foto: <http://www.balticfcs.lv/?m=1>.



Att. 5: Vimek 610 pievedējtraktora kauss².



Att. 6: Vimek 610 pievedējtraktora pakalējā tilta piedziņa⁴.

Latvijā Vimek 606 TTex pievedējtraktori netiek izmantoti, arī otrreizējā tirgū šo mašīnu piedāvājums ir neliels. Lietotu pievedējtraktoru cenas ir 75000-91000 EUR, atkarībā no tehniskā stāvokļa; jauna mašīna maksā ap 100000 EUR.

Darba metodes

Operatoriem, kuri veic kopšanu Zviedrijas mežos, ir citādas prasības darbu izpildei, nekā Latvijā, piemēram, nav tik strikti nosacījumi dokumentācijas (tehnoloģiskās kartes)

⁴ Foto: <http://vimek.se/en/prod/606-ttex/>.

izmantošanā. Līdz ar to zviedru operatoru attieksme pret darba izpildi ir citāda, jo lēmumi, kas nosaka izcērtamo koku izvēli vai koridoru izveidi ir atstāti operatoru ziņā, proti, harvestera operators pilnībā atbild par kopšanas darbu izpildes kvalitāti. Šāda darba organizācija var būtiski atvieglot operatora darbu, taču tā prasa arī ārkārtīgi lielu profesionalitāti un pieredzi, lai lēmumu pieņemšana būtu "automatizēta".

Lai nodrošinātu lielu meža mašīnām darba ražīgumu, meža kopšanas laikā operatoriem ir ne tikai jāzāgē, bet arī jāmarķē tehnoloģiskie koridori; proti, ik pēc noteikta laika viņi "izstaigājas" (atpūšas) un, atgriežoties pie koku gāšanas, darba ražīgums ir lielāks, salīdzinājumā ar to, kāds bija pirms atpūtas. Par visefektīvāko maiņas ilgumu atdzīts 4 stundas, taču praksē tik īsas maiņas neizmanto.

Vērtējot meža kopšanas darba paņēmienus, izmantojot mazo tehniku, strikti definētu darba metodi nevar izdalīt, jo darba specifika un tehnikas iespējas prasa spēju adaptēties un pielāgot darba metodi specifiskiem apstākļiem. Ja salīdzina pašu kopšanu, tad tāpat kā Latvijā, arī Zviedrijā veido maģistrālo tehnoloģisko koridoru, attiecīgi, no kura atzarojas tehnoloģiskie koridori bez noteikta virziena un platuma. Atkarībā no audzes biežības operators pieņem lēmumu par tehnoloģisko un "spoku ceļu" izvietojumu. Audzē, kas izkopta šī projekta ietvaros veikto izmēģinājumu laikā, pielietoti 2 risinājumi:

1. tehnoloģiskie koridori izvietoti perpendikulāri maģistrālajam koridoram, proti, visi ceļi iet pret kalnu, līdz ar to spoku ceļus veidoja reti;
2. risinājums izmantots audžu relatīvi līdzienākajās vietās, veidojot nosacīti haotisku tehnoloģisko koridoru tīklu (bija gadījumi, kad starp koridoriem nav "spoku ceļu", bet lielākoties starp tehnoloģiskajiem koridoriem atrodas 1 vai 2 "spoku ceļi").

Uzsākot zāgēšanu, operators vispirms izzāgē kokus koridora vietā, gāžot tos braukšanas virzienā, tad izkopj audzi abpus iebrauktajam koridoram. Mazgabarīta harvesters var apstrādāt vairākus kokus, bet, ja koku vidējais caurmērs pietuvojas 10 cm, operators apstrādā katru koku atsevišķi. Zviedrijas kokmateriālu kvalitātes prasības ļauj veikt vairāku koku vienlaicīgu apstrādi (ir pielāides paliekošo zaru diametram un garumam, kā arī pašu kokmateriālu garumam, kas jaunaudzēs ir robežā no 2,2 līdz 5,5 m). Būtiskākā atšķirība no Latvijas apstākļiem, ir kokmateriālu kaudziņu izvietojums un skaits audzē; Zviedrijā to ir daudz mazāk un tās ir lielākas, jo kopējais kokmateriālu skaits jaunaudzju kopšanas cirtēs ir 2-3 vai pat 1, attiecīgi, operators var koncentrēties uz darba ražīguma palielināšanu, nedomājot par atsevišķu vērtīgāko kokmateriālu nogriežņu novietošanu atsevišķi no pārējiem nogriežņiem.

Pamežu pirms kopšanas, atkarībā no audzes biežības, saglabā vai arī izzāgē firmas kontraktori. Audzē, kurā mēs veicām zinātnisko izpēti pamežs netika zāgēts, jo tas nesasniedza noteiktu biežību, kas var traucēt mežizstrādei. Gadījumos, ka pamežs traucē kokmateriālu novietošanu, to nozāgē ar harvesteru. Diskusijā ar Zviedru operatoru apstiprinājies, ka arī harvestera operatori uzskata, ka ne visās cirmās ir jāinvestē līdzekļi pameža zāgēšanā. Būtībā, pamežs traucē tikai kokmateriālu novietošanu, jo pastāv risks, ka pievedējtraktors var satvert nenozāgētos pameža kociņus kopā ar kokmateriāliem, piesārņojot kautni ar augsni un koku celmiem. Pamežs ietekmē arī redzamību kopšanas laikā, bet svarīgs pameža kociņu augstums un biežība, sezona (ir vai nav lapas) un diennakts laiks (diena, nakts, saulriets), kad notiek kopšana. Diskusijās ar zviedru operatoriem noskaidrojās, ka arī Zviedrijā pastāv 24 stundu darbs 2-3 maiņās, jo tehnika ir tikpat dārga kā Latvijā, bet kokmateriālu cenas nav būtiski lielākas, kā pie mums. augstāka cena arī nav. Izmaksas tiek mazinātas uz tehnikas apkopju rēķina; proti, liela daļa tehnikas pieder nevis mežizstrādes uzņēmumiem, bet cilvēkiem, kuri

sniedz pakalpojumus un strādā ar šo tehniku. Līdz ar to viņiem ir daudz labāka attieksme pret tehniku. Maiņas ilgums darbam mežā ir 8 stundas, bet, atšķirībā no situācijas Latvijā, operatoram šajā laikā jāveic arī koridoru marķēšanu un citi ar darbu saistīti uzdevumi. Atalgojuma veidu (maksā pa stundām vai pa m³) nosaka meža īpašnieks katrā mežaudzē atsevišķi.

Kokmateriālu novietošana ir atbildīgs harvesteru operatora uzdevums; kokmateriālu novietošanu plāno tā, lai šajā procesā nebūtu jāveic liekas darbības, piemēram, jāzāgē pamežs. Zviedrijā tas ir iespējams, jo kokmateriālu veidu skaits jaunaudzēs ar mazām koku dimensijām nepārsniedz 3 gab. un visus vienā apstāšanās vietā sagatavotos kokmateriālus var nokraut vienā kaudzē (Att. 7).

Mazgabarīta tehnikas lielākās priekšrocības ir manevrētspēja un nelielā masa, kas ļauj samazināt ietekmi uz augsni un izmantot tehniku arī sliktos darba apstākļos uz augsnēm ar mazu nestspēju, kur lielākas mašīnas nevar strādāt. Pielietojot mazgabarīta tehniku, var samazināt arī paliekošo koku bojājumus. Latvijā paliekošo koku bojājumi nedrīkst pārsniegt 3% no koku skaita. Līdzīgi nosacījumi arī ir Zviedrijā, bet pētījumos iesaistītais mežizstrādātājs nodrošina bojājumu īpatsvaru līdz 1 % no paliekošajiem kokiem.



Att. 7: Kokmateriālu novietošana cismā.

Att. 7 redzamajā kokmateriālu kaudzē sakrauti visi kokmateriālu veidi kopā, un pievedējtraktors tos šķiro augšgala krautuvē. Kokmateriālus pievedējtraktora operators ievieto kravas tilpnē tā, lai būtu pēc tam vieglāk atpazīt nošķirojamus ("mazākumā" esošos) kokmateriālu nogriežņus. Tos kravas tilpnē novieto viena kausa platuma attālumā no aizsargrežģa (Att. 8), tādējādi patērējot mazāku laiku kokmateriālu šķirošanai augšgala krautuvē. Izmantojot šādu pieeju, ir izslēgta iespēja, ka dažādi kokmateriālu veidi saripo kopā un ir jālasa pa vienam ārā no kravas tilpnes (kā to bieži var redzēt darām pievedējtraktoru operatorus Latvijā). Kokmateriālu savākšanai izmanto greifera tipa kausu (Att. 5), kurš ir aprīkots ar hidrocilindru. Ar tā palīdzību kokmateriālu nogriežņus var pacelt no zemes ne tikai horizontālā, bet arī vertikālā virzienā. Ar šo funkciju ("tilt") panāk to, ka kokmateriālu nogriežņi izcelts pa to pašu trajektoriju, pa kuru harvesteri to novietoja. Šis arī ir viens no galvenajiem iemesliem, kāpēc zviedru operatori var strādāt ar tik mazu bojājumu skaitu.



Att. 8: Kokmateriālu novietošana kravas tilpnē.

Veicot kopšanu ar mazgabarīta tehniku, pastāv risks, ka koki ar lielāka caurmēra zariem (auguši saulainās, atklātās vietās) nebūs kvalitatīvi atzaroti (Att. 9). Šādiem gadījumiem ir nepieciešams benzīna motorzāģis. Veicot darba laika uzskaiti Zviedrijā veiktajos izmēģinājumos, kuru rezultāti raksturoti turpmākajās nodaļās, atzarošana ar motorzāģi netika ieskaitīta produktīvajā darba laikā. Harvesteru operatori izmanto benzīna motorzāģi arī lielāko koku nogāšanai un atzarošanai, lai saudzētu tehniku. Uzsākot mazgabarīta tehnikas izmantošanu mežizstrādē Latvijā, jānovērtē, cik izmaksā tādu koku, kura dimensijas ir tuvu harvesteru maksimālajām iespējām, nozāģēšana ar motorzāģi un cik liels ir šādu koku īpatsvars. Ir zināms, ka lielāko koku gāšana un atzarošana ar harvesteru negatīvi ietekmē harvesteru kalpošanas laiku un uzturēšanas izmaksas. Veicot lielāko koku nozāģēšanu ar motorzāģi, ir jāizstrādā arī attiecīgi drošības noteikumi, lai operators zāģēšanas laikā neatrastos mežā viens pats.



Att. 9: Koka atzarošana atbilstoši prasībām.

Darba laika uzskaites izmēģinājumos iesaistītais harvesteru operators pirms tam strādāja uz John Deere 1070 harvesteru, bet nesen uzņēmums nomainījis John Deere mašīnas pret Vimek harvesteriem. Galveni iemesli pārejai uz mazgabarīta tehniku ir:

- degvielas patēriņa samazinājums, kā arī mazākas izmaksas degvielas piegādei un uzglabāšanai. Arī Latvijā šis arguments ir nozīmīgs, jo degvielas piegādes un uzglabāšanas prasības ir vismaz tikpat stingras un nosaka ierobežojumus, piemēram, konteineru tipu marķējumam un pārvadājamās degvielas apjomam;

- tehnikas pārvadāšanai nepieciešams mazāks treileris;
- tehnikas cena, kā arī apkopes izmaksas ir būtiski mazākas;
- mazāks darbinieku skaits rentabilitātes nodrošināšanai (uz šādas tehnikas Zviedrijā strādā viens operators 8 stundas dienā);
- vienkāršākas apkopes un remontu, ko var veikt pats operators vai uzņēmuma mehāniķis; proti, nav nepieciešama dīleru specializētā tehnika (datori utt.);
- minimālas atšķirības darba ražīgumā, strādājot ar John Deere 1070 un Vimek harvesteru, kas nodrošina būtiski mazākas kokmateriālu sagatavošanas izmaksas vienādos darba apstākļos.

Vimek harvesteru izmanto arī kā ekskavatoru (meliorācijas sistēmu iztīrīšanai un ievalku veidošanai izcirtumos), kā arī agrotehniskajā kopšanā, aprīkojot to ar specializētu aprīkojumu. Harvestera cena un uzturēšanas izmaksas ir pietiekoši nelielas, tāpēc šāds pakalpojums nemaksā vairāk, kā standarta ekskavatora pakalpojums, bet labi organizētas plānošanas apstākļos izmaksas var arī būtiski samazināt. Taču šādu praksi ieviesuši tikai daži uzņēmumi Zviedrijā. Latvijā mikromeliorācijas pasākumu veikšanai izcirtumos un kopšanas cirtēs nepieciešama detalizēta informācija par reljefu un kartogrāfiskais materiāls darbu plānošanai nogabala vai cirmsmas līmenī. Iespējams, ka lietderīgāk rakšanas darbus veikt nevis ar harvesteru, bet pievedējtraktoru, kas maksā vēl mazāk, taču ir aprīkots ar tikpat jaudīgu hidromotoru (60 L min.⁻¹, 175 bāri).

METODIKA

Pētījumu objekti

Izmēģinājumi veikti Zviedrijā privātā mežā 2 iepriekš nekoptās egles audzēs (Att. 18). Abas jaunaudzēs iepriekš nebija koptas un raksturojās ar salīdzinoši lielu sākotnējo koku skaitu. Saskaņā ar zviedru operatora atzinumu šādās audzēs darba ražīguma rādītāji ir salīdzinoši mazi un ieņēmumi no kokmateriālu realizācijas var nenosegt ražošanas izmaksas.

Tab. 1: Mežaudžu raksturojums pirms kopšanas

Audzē	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka augstums, m	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹
1	3625	9,7	10,6	188	27
2	3500	10,9	13,6	295	33

Darba metodes

Zviedru harvestera operators pielietoja ikdienā izmantojamo darba metodi, neveidojot mežaudzē regulārus tehnoloģiskos koridorus, bet izvēloties ceļ atbilstoši mežsaimnieciskajām vajadzībām, kā arī izvairoties no pārmitrām vietām (vairāk nodaļā: Darba metodes). Vispirms operators izzāģēja kokus ceļa vietā, tad izkopa audzi uz abpus iebrauktajam ceļam. Lielāko daļu koku nozāģēja un apstrādāja pa vienam, gatavojot papīrmalkas un daļēji atzarota biokurināmā kokmateriālus. Abi kokmateriālu veidi atšķīrās pēc tievgaļa caurmēra, nogriežņu garums – 2,2-5,5 m. Kokmateriālu kaudzītes atsevišķos gadījumos tika marķētas ar krāsu.

Pamežs pirms kopšanas netika izzāģēts; harvesters notīrīja vietu, kur varētu atrasties kokmateriālu kaudzītes pievedējtraktoram vieglāk aizmiedzamais gals, taču darba laika patēriņš šai operācijai bija neliels, jo kopjamajās audzēs nebija pameža koku. Harvestera operators arī centās maksimāli izmantot vietējos apstākļus, novietojot kokmateriālu kaudzītes viegli aizsniedzamās atklātās vietās.

Ja harvestera operatoru neapmierināja atzarošanas kvalitāte, tad viņš ņēma motorzāģi un nozāģēja atlikušos zarus.

Pievedējtraktora operators pieveda atsevišķi biokurināmā un papīrmalkas kaudzītes, pilnībā izmantojot pievedējtraktora kravas tilpni (vidējā krava 5 m³), taču faktisko kravas lielumu, ņemot vērā kokmateriālu nogriežņu atšķirīgo garumu, ir grūti novērtēt. Arī pievedējtraktora operators izvēlējās sev optimālu braukšanas maršrutu audzē, sekojot harvestera izveidotajam tehnoloģisko koridoru tīklam.

Abiem operatoriem ir iepriekšēju pieredzi jaunaudzju kopšanā, taču harvestera operators pirms tam ir strādājis ar John Deere 1070.

Darba laika uzskaitē

Pētījuma ietvaros veikta kopšanas darba laika uzskaitē, izmantojot specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 10), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI. Pievešanas laikā noteikts pievedējtraktora pārvietošanās ātrums.



Att. 10: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika uzskaitē nav atsevišķi uzskaitīts degvielas patēriņš, pieņemot ražotāja dotos vidējos rādītājus. Harvesteru darba laiks iespēju robežās pielāgots motorstundu uzskaitē, t.i. pēc dzinēja noslāpēšanas darba laika uzskaiti aptur un atsāk tad, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts.

Izstrādes darba laika uzskaitē veikta 1 maiņā, dienas gaišajā laikā. Maiņas ilgums – 8-12 stundas, strādājot 1 maiņā dienā. Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāģējuma augstumā pēc acumēra) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 2 un Tab. 3. Pievešanas procesā pievedējtraktoriem uzskaitīts darba laika patēriņš un pievestās kravas.

Tab. 2: Izstrādes darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Sāsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	darba laika uzskaites cikla numurs
	dd	satverto koku vidējais caurmērs $d_{1,3}$, mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	pus	nozāģētie pusstumbri
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	koka satveršanas laiks
	zage	koka nozāģēšana
	noliek	stumbra pievilkšana un novietošana sortimentu kaudzē
	pamezs	pameža zāģēšana
	parzag	koku pārzāģēšana
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

Tab. 3: Pievešanas darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saišinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	piezimes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Efektīvais darba laiks	iebrau	iebraukšana cīsmā
	sniedz	sniegšanās pēc apaļajiem kokmateriāliem pie iekraušanas
	satver	apaļo kokmateriālu satveršana pie iekraušanas
	iecel	apaļo kokmateriālu iekraušana kravas tilpnē
	karto	apaļo kokmateriālu kārtošana kravas tilpnē
	brauc	pārvietošanās pa cīsmu iekraušanas laikā
	tk	apaļo kokmateriālu iekļāšana tehnoloģiskā koridorā
	izbrauc	izbraukšana no cīsmas
	izsnie	sniegšanās pēc apaļajiem kokmateriāliem pie izkraušanas
	satviz	satver kokmateriālu nogriežņus pie izkraušanas
	izkraj	sortimenta izkraušana, kas ilgst no sortimenta satveršanas brīža kravas tilpnē, līdz satverto sortimentu palaišanai vaļā krautuvē
	izkart	apaļo kokmateriālu satveršana pie izkraušanas
	parv	Pārvietošanās pie izkraušanas
	cits	citas ar darbu saistītas operācijas (izkritušo sortimentu pacelšana, sortimentu pielīdzināšana u.tt.)
Neefektīvais darba laiks	stop	darbības, kas nav saistītas ar darbu (atpūta, telefona sarunas u.c. darbības)

Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Gaisa temperatūra kopšanas izmēģinājumu laikā dienā bija 3-8 °C, naktī – -2-0 °C. 23. februārī bija nelieli nokrišņi (10 mm dienas laikā). Pārējās dienās laika apstākļi bija optimāli un nepasliktināja darba ražīgumu.

Biomases un krājas aprēķini

Mežaudzes krājas aprēķināšanai izmantota profesora I. Liepas izstrādāto aprēķina modeli, kur krāja aprēķināta katram koka stumbram individuāli (Liepa, 1996). Aprēķinos izmantots koka augstums un krūšaugstuma caurmērs.

Lai metodi varētu pielietot, nepieciešams zināt koka augstumu (H) un krūšaugstuma caurmēru ($D_{1.3}$). Aprēķinos izmantotā formula:

$$V = \Psi * L^{\alpha} * D^{\beta * \lg(L) + \phi}, \text{ kur}$$

V – krāja (m^3);

D – caurmērs 1,3 m augstumā (cm);

L – stumbra garums (m);

$\Psi, \alpha, \beta, \phi$ – koku sugai raksturīgi aprēķina koeficienti.

Koku sugai atbilstoši pārrēķina koeficienti doti Tab. 4

Tab. 4: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai

Koku suga	Ψ	α	β	ϕ
Priede	1,6541*10 ⁻⁴	0,56582	0,25924	1,59689

Koku suga	ψ	$\alpha\alpha$	$\beta\beta$	$\phi\phi$
Egle	$2,3106 \cdot 10^{-4}$	0,78193	0,34175	1,18811
Bērzs	$0,9090 \cdot 10^{-4}$	0,71677	0,16692	1,75701
Apse, blīgzna	$0,5020 \cdot 10^{-4}$	0,92625	0,02221	1,95538
Melnalksnis	$0,7950 \cdot 10^{-4}$	0,77095	0,13505	1,80715
Baltalksnis	$0,7450 \cdot 10^{-4}$	0,81295	0,06935	1,85346
Osis, goba, viksna, kļava	$0,8530 \cdot 10^{-4}$	0,73077	0,0682	1,91124

Audzēs koku virszemes biomasas aprēķināšanai izmantots biomasas aprēķina vienādojums:

$$\text{Virszemes biomasas (kg)} = x * D^y, \text{ kur}$$

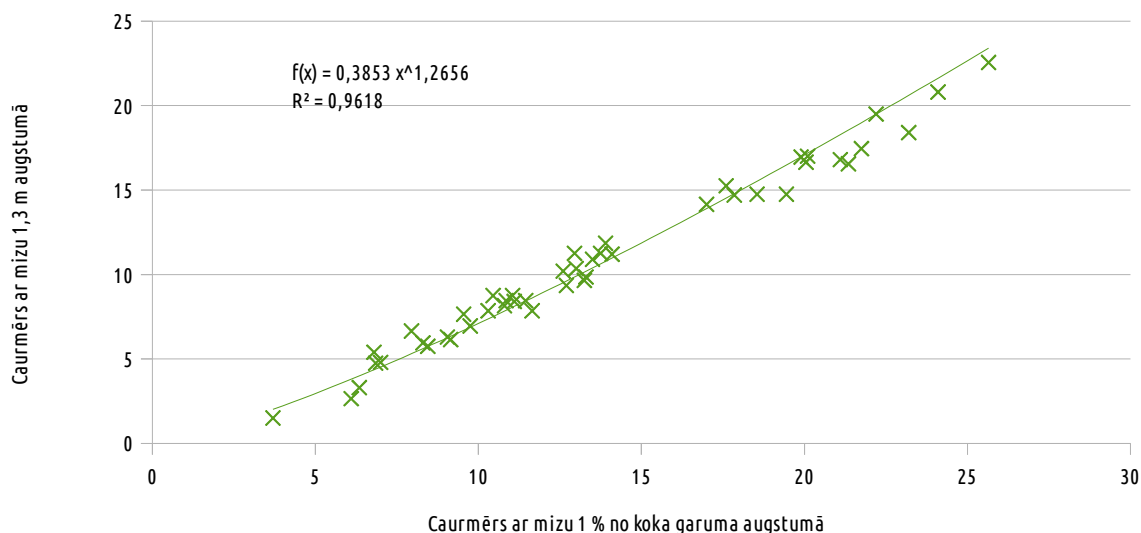
$$D - \text{caurmērs 1,3 m augstumā (cm)}.$$

X un Y pārrēķina koeficienti doti Tab. 5.

Tab. 5: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013)

Koku suga	xx	yy
Egle	0,00020	2,3519
Priede	0,00007	2,5639
Apse	0,00006	2,6631
Bērzs	0,00006	2,724

Darba laika uzskaites laikā mērīts celma caurmērs zāgējuma vietā. Aprēķinos pieņemts, ka zāgējuma vieta atbilst 1 % no koka stumbra garuma un krūšaugstuma caurmēra aprēķiniem izmantots atbilstošs vienādojums (Att. 11).



Att. 11: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013).

Bojājumu uzskaitē

Bojājumi uzskatīti visā audzē kokiem, kuru krūšaugstuma caurmērs lielāks par 4 cm. Tika nodalīti 4 veidu bojājumi: stumbra bojājumi līdz 0,5 m virs zemes, no 0,5 m uz augšu, iezāgējums un sakņu bojājums. Par bojājumu tika uzskatīts mizas nobrāzums gan stumbram,

gan saknei (sakne atrodas ne vairāk kā 70 cm attālumā no koka un saknes caurmērs vismaz 2 cm), ja kokam atsegtās koksnes laukums bija lielāks par 15 cm², iezāgējums bija vismaz 10 % no bojājuma vietā esošā caurmēra. Bojājumu uzskaitē tika veikta atsevišķi pēc audzes kopšanas un kokmateriālu pievešanas, pēc audzes kopšanas bojājumus atzīmējot un galīgo uzskaiti un koku uzmērīšanu veicot pēc kokmateriālu pievešanas.

Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze

Pašizmaksas aprēķins veikts saskaņā ar Tab. 6 doto pašizmaksas aprēķina gaitu. Aprēķinos izmantoti pētījumā iegūtie ražības rādītāji, kontraktoru un ražotāju sniegtā informācija par mašīnu uzturēšanas izmaksām, kā arī dati, kas nav iegūti konkrēto izmēģināju ietvaros, bet citos līdzīgos izmēģinājums, piemēram, dati par kokvedējiem, šķeldotājiem un šķeldu vedējiem.

Tab. 6: Pašizmaksas aprēķinu gaita

Rādītājs	Saīsinājums	izstrāde	pievešana	apaļkoku transports	šķeldošana	šķeldu transports	sīkkoksnes transports
Investīcijas							
Sākotnējās investīcijas, EUR				A			
Nolietojuma periods, gadi				B			
Aizdevuma procentu likme, %				C			
Atlikusī vērtība, EUR	D				$P = 0,15 * M$		
Investīciju koeficients	E				$Q = \frac{\frac{O}{100} * (1 + \frac{O}{100})^N}{(1 + \frac{O}{100})^N - 1}$		
Investīcijas, EUR gadā	F				$R = Q * (M - P)$		
Atalgojums							
Algas likme, EUR stundā				G			
Soc. nodoklis, %				H			
Darba dienas gadā				I			
Maiņas ilgums, stundas				J			
Virsstundas maiņā, stundas				K			
Virsstundu atalgojums, EUR stundā	L				$X = S$		
Maiņu skaits dienā				M			
Lietderības koeficients				N			
Tehnikas pārvietošana, reizes gadā				O			
Pārbrauciena ilgums, stundas				P			
Virsstundas gadā	Q				$AC = U * W * Y$		
Normālās darba stundas gadā	R				$AD = U * V * Y$		
Motorstundas gadā	S				$AE = (AD + AC) * Z - AA * AB$		

Rādītājs	Saīsinājums	izstrāde	pievešana	apaļkoku transportis	šķeldošana	šķeldu transportis	sīkkoksnes transportis
Atalgojums par normālo darbu, EUR gadā	T	$AF = S * AD$					
Atalgojums par virsstundām, EUR gadā	U	$AG = X * AC$					
Sociālais nodoklis, EUR gadā	V	$AH = (AF + AG) * T$					
Atalgojums kopā, EUR gadā	W	$AH = (AF + AG) * T$					
Operacionālās izmaksas							
Degviela, EUR L ⁻¹	X	$AJ = B$					
Smērvielas, EUR 400 g ⁻¹		Y					
Degvielas patēriņš, L ber. m ⁻³		Z					
Degvielas patēriņš motorstundā, L		AA					
Degvielas patēriņš, L 100 km ⁻¹		AB					
Smērvielas, g motorstundā		AC					
Remonti, EUR motorstundā		AD					
Šķeldotāja naži, EUR ber. m ⁻³		AE					
Pārvietošanās izmaksas, EUR pārbrauciens		AF					
Apdrošināšana, EUR gadā		AG					
Degvielas izmaksas, EUR gadā	AH	$AT = AM * AJ * AE$					
Smērvielas, EUR gadā	AI	$AT = AO * AK * AE$					
Remonti, EUR gadā	AJ	$AV = AP * AE$					
Tehnikas pārvešana, EUR gadā	AK	$AW = AR * AA$					
Operacionālās izmaksas kopā, EUR gadā	AL	$AX = AW + AV + AU + AT$					
Kopējās izmaksas, tūkst. EUR gadā	AM	$AY = \frac{AX + AI + AS}{1000}$					
Izmaksas darba stundā, EUR	AN	$AZ = \frac{AY}{AC + AD}$					
Izmaksas motorstundā, EUR	AO	$BA = \frac{AY}{AE}$					
EUR ber. m ⁻³ (tonna ³)	AP	$BB = \frac{AY * 1000}{BM}$					
Darba ražīgums							
Iekraušana, min kravai		AQ					
Izkraušana, min kravai		AR					

⁵ Pievedējtraktoram izmaksas izteiktas EUR tonnā.

Rādītājs	Saīsinājums	izstrāde	pievešana	apaļkoku transportis	šķeldošana	šķeldu transportis	sīkkoksnes transportis
Gaidīšanas laiks min kravai					AS		
Vidējais ātrums ⁶ , m min ⁻¹ ; km h ⁻¹					AT		
Attālums vienā virzienā ⁷ , m; km	AU	-	BG=C	-		BG=D	
Braukšanas laiks, min	AV		$BH = \frac{BG * 2}{BF}$ (pievedējtraktors)		$BH = \frac{BG * 2}{BF} * 60$ (kravas mašīnas)		
Mašīnas darba laiks kravai, min	AW		BI = BH + BC + BD + BE				
Mašīnas darba laiks kravai, stundas	AX		$BJ = \frac{BI}{60}$				
Vidējā krava ⁸ , ber. m ³ (sausnas tonnas)			AY		BK = H		
Darba ražīgums, ber. m ³ (tonnas ⁹) motorstundā	AZ	-	$BL = \frac{BK}{BJ}$	96,51	$BL = \frac{BK}{BJ}$		
Ražošana, ber. m ³ gadā	BA		BM = BL * AE * J				
Krāja, ber. m ³ ha ⁻¹			BB				
Kopējais darba laiks, ha	BC				$\frac{BN}{J}$	$BO = \frac{BL}{Z}$	
Ražošana, ha gadā	BD				$BP = \frac{BM}{BN}$		
Ietekme uz vidi							
Degvielas patēriņš, L gadā	BE		BQ = AM * AE				
Degvielas patēriņš, L ber. m ³	BF		$BR = \frac{BQ}{BM}$				
Oglekļa emisijas, kg ber. m ³	BG		BS = BR * K * L				
Oglekļa saturs koksņē, kg ber. m ³	BH		$BT = \frac{1}{J}$				
Oglekļa bilance	BI		$BU = \frac{BT}{BS}$				

⁶ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km h⁻¹; pievedējtraktoram – m min⁻¹.

⁷ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km; pievedējtraktoram – m.

⁸ Sausnas tonnās izsaka pievedējtraktora kravu.

⁹ Sausnas tonnas pievedējtraktora darba ražīguma apzīmēšanai.

DARBA REZULTĀTI

Mežaudžu raksturojums

Mežaudžu uzmērīšana veikta pēc kopšanas darbu izpildes, novērtējot kopšanas kvalitāti un mežaudzes taksācijas rādītājus. Pēc kopšanas vidējā koka caurmērs palielinājās 1. audzē no 9,7 cm līdz 10,3 cm un 2. audzē no 10,9 cm līdz 12,1 cm (Tab. 7), paliekošais šķērslaukums, attiecīgi, ir 17 un 23 m² ha⁻¹. Saskaņā ar parauglaukumu mērījumu datiem nozāgētā 1. audzē ir 73 m³ ha⁻¹ un 2. audzē – 89 m³ ha⁻¹ (Tab. 8).

Audzē saglabāto koku skaits ir salīdzinoši liels, arī atbilstoši Zviedrijas standartiem un kopšanas intensitāte būtu jāpalielina, saglabājot abās audzēs ne vairāk kā 1500 kokus ha⁻¹.

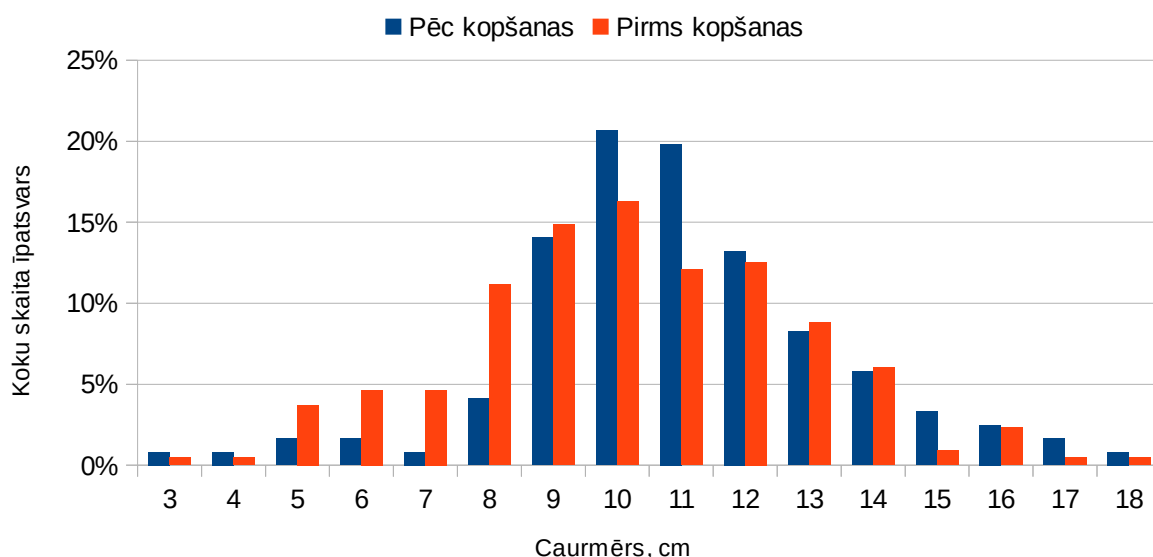
Tab. 7: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas

Audzē	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka augstums, m	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹
1	2025	10,3	10,9	115	17
2	2000	12,1	14,3	206	23

Tab. 8: Nozāgētās audzes daļas raksturojums atbilstoši parauglaukumu uzmērījumiem

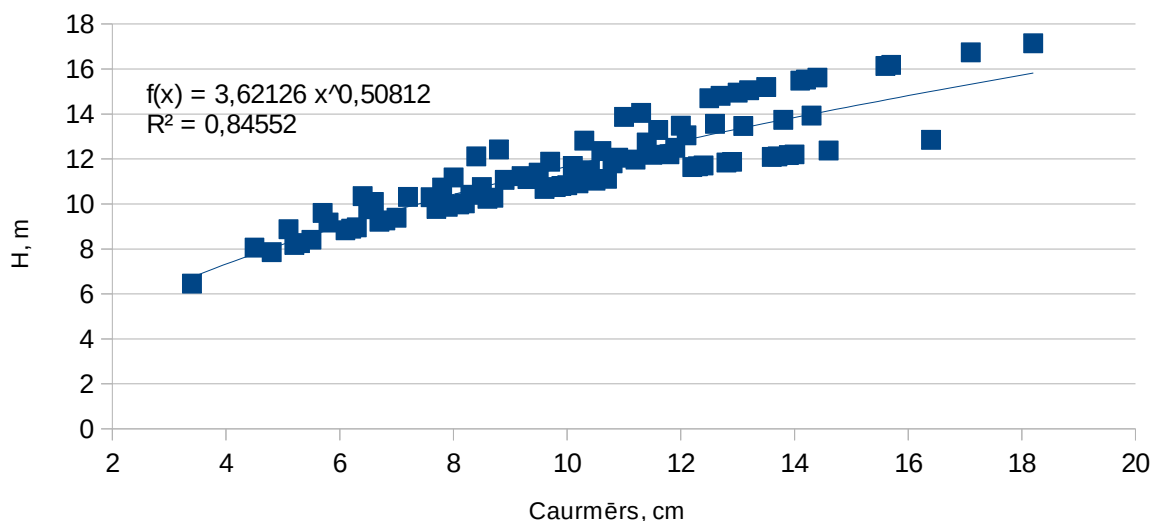
Audzē	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Stumbra krāja, m ³ ha ⁻¹	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹
1	1600	73	10
2	1500	89	10

Lielākā daļa koku abās audzēs pēc kopšanas ir 9-12 cm resni; par 8,1 cm tievāko koku īpatsvars pēc kopšanas ir nepārsniedz 10 % (Att. 12). Kopšanas laikā visvairāk samazinājies 5-8 cm resno koku īpatsvars.

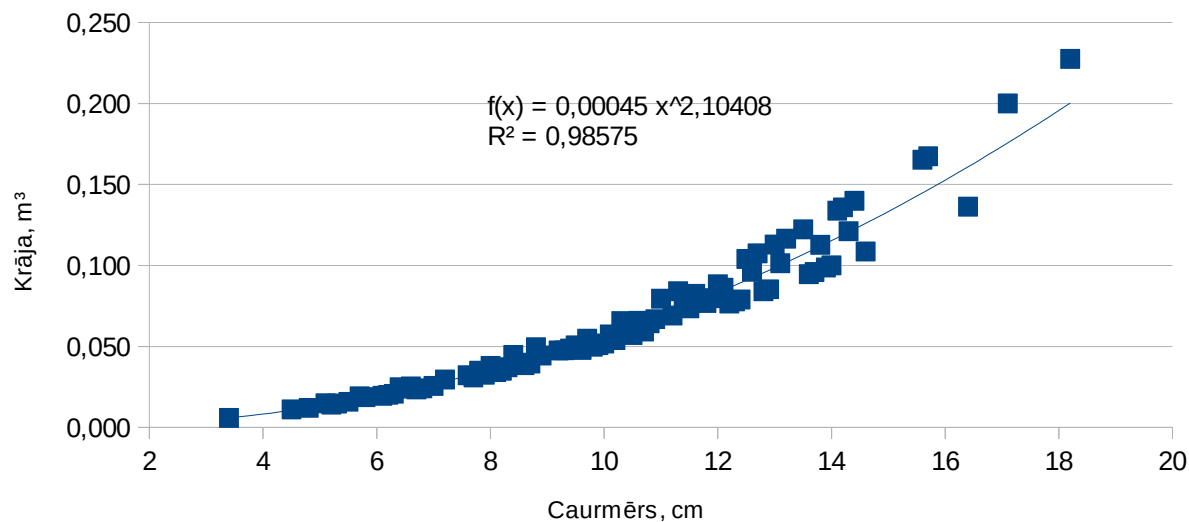


Att. 12: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.

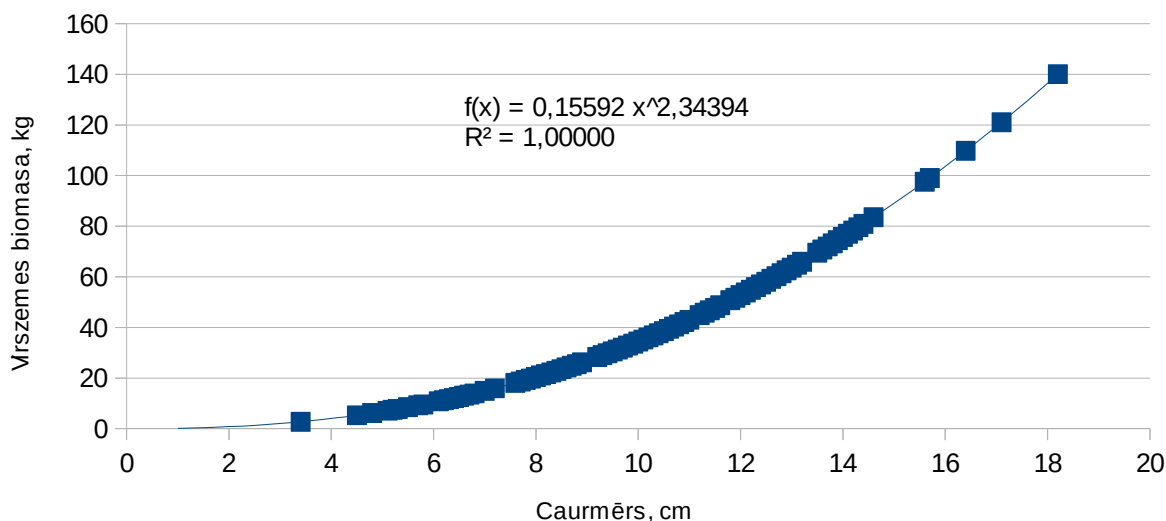
Izmantojot mērījumu datus, izstrādāti regresijas vienādojumi kopšanā nozāgēto koku raksturošanai un krājas aprēķiniem. Nozāgēto koku raksturošanai (augstums, krāja un biomasa) izmantoti pakāpes regresijas vienādojumi, ko veido visi parauglaukumos uzņēmītie koki (Att. 13, Att. 13 un Att. 14).



Att. 13: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.



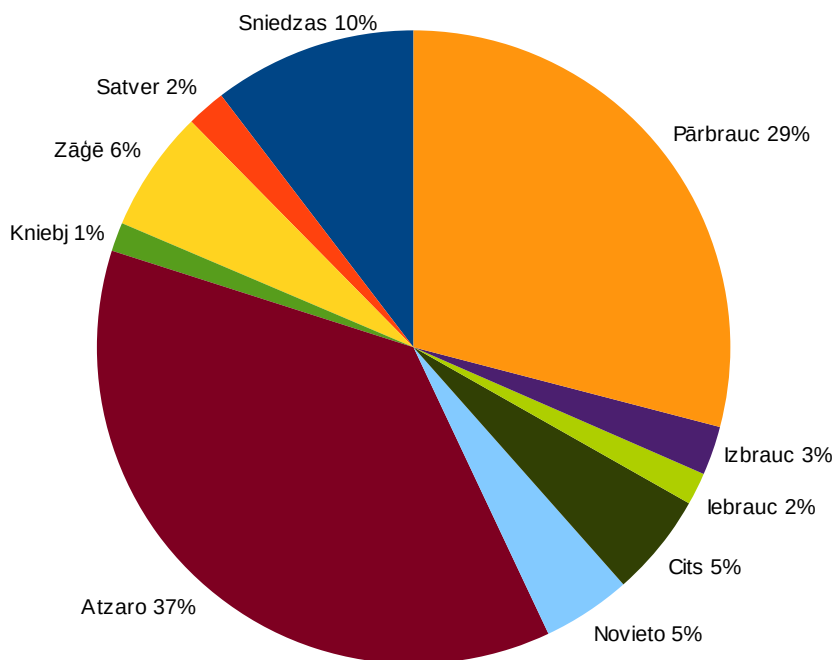
Att. 14: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.



Att. 15: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.

Kopšanas darba ražīgums

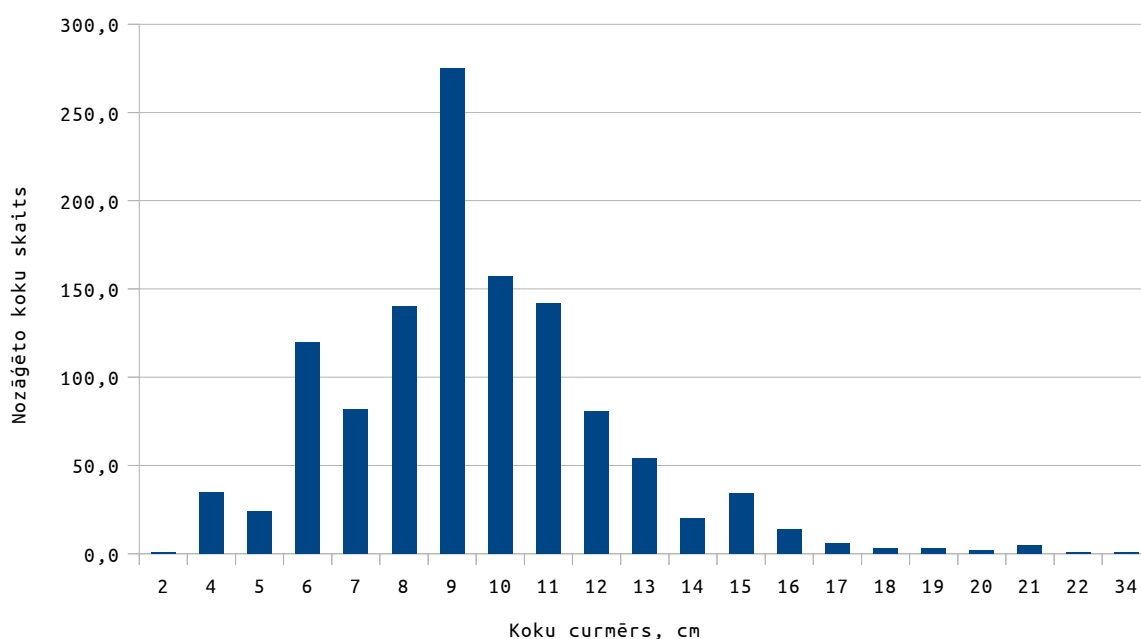
Darba laika uzskaitē veikta 2 dienas (13 stundas, neskaitot pārtraukumus). Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota kokmateriālu sagatavošanai (Att. 16); iebraukšana un izbroušana no audzes, kā arī darba cikli, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu, ir 9 % no kopējā nostrādātā laika (laiks, kad dzinējs ir iedarbināts). Visvairāk tiešā darba laika patērēts atzarošanai un pārbraucieniem audzē (kopā 66 %).



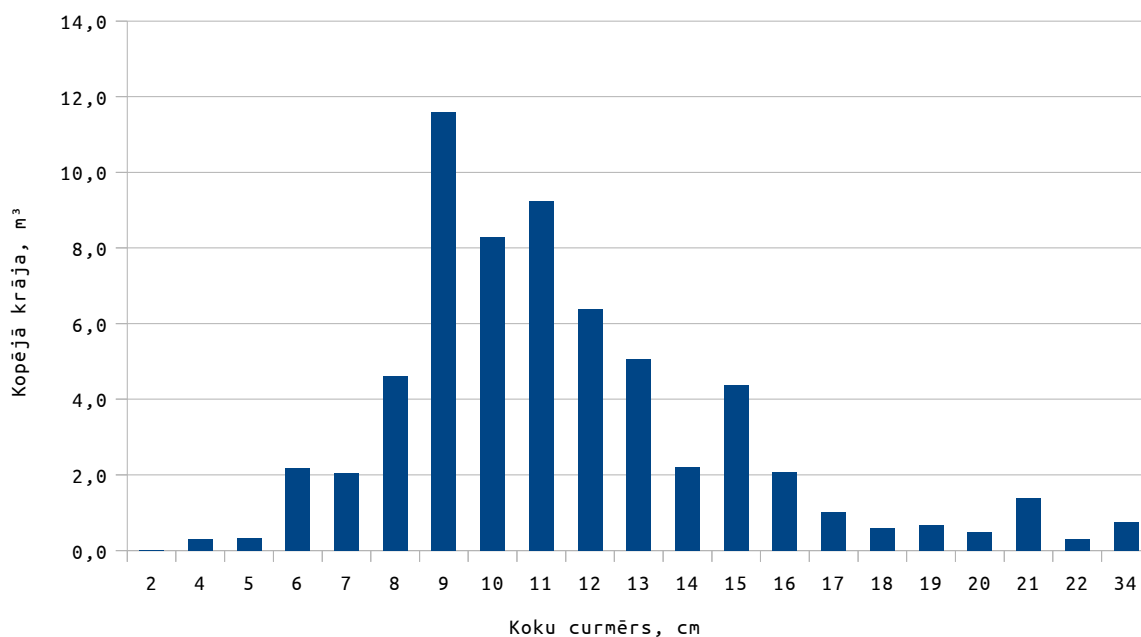
Att. 16: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.

Kopšanas laikā zāģēti lielākoties par 8 cm resnāki koki (Att. 16), kuru īpatsvars no kopējā nozāģēto koku skaita ir 79 %, bet krāja – 85 % no sagatavotajiem kokmateriāliem (Att. 17). Operators centās izvairīties no par 8 cm tievāku koku zāģēšanas, taču, ņemot vērā lielo sākotnējo biežību, pilnībā izvairīties no sīko kociņu zāģēšanas nebija iespējams.

Nozāģēto koku sadalījums būtiski atšķiras no līdzīgu izmēģinājumu rezultātiem Latvijā, kur lielākā daļa nozāģēto koku jaunaudzēs ir tievāka par 8 cm, kas daļēji skaidrojams ar pameža ietekmi un daļēji ar lielo sagatavojamo kokmateriālu veidu skaitu kopšanas cirtēs. Risinājums šai problēmai, kas būtu vērtējams turpmākajos pētījumos, ir kokmateriālu veidu struktūras optimizācija, īpaši izvērtējot atteikšanos no striktiem kokmateriālu garuma nosacījumiem, gatavojot 2,2-5,5 m garus papīrmalkas vai biokurināmā nogriežņus, kā to dara zviedru operatori.



Att. 17: Nozāģēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.



Att. 18: Nozāgēto koku krājas sadalījums pēc nozāgēto koku caurmēra.

Darba laika uzskaites kopsavilkums sekundēs 1 m³ sagatavošanai sadalījumā pa audzēm un vidēji izmēģinājumos dots Tab. 11; bet Tab. 12 apkopota informācija par sagatavotajiem kokmateriāliem un citiem kopšanas rādītājiem. Kopā izmēģinājumos (laikā, kad veikta darba laika uzskaitē) sagatavoti 64 m³ kokmateriālu. Vidējā nozāgētā koka caurmērs ir 9,2 cm (t.i. nedaudz mazāks par vidējā koka caurmēru pirms kopšanas). Kopšana veikta, izzāgējot daļu valdaudzes koku un augšanā atpalikušos kokus. Būtisks darba ražīguma pieaugums, mainot koku izvēli, piemēram, veicot kopšanu no augšas, nav iespējams, jo harvesteram ir jāatbrīvo vieta kokmateriālu kaudzīšu novietošanai, attiecīgi, mazie kociņi arī šajā gadījumā būtu jānozāgē.

Vidēji 1 tiešā darba stundā sagatavo 5,7 m³ kokmateriālu (Tab. 9). Tiešais darba laiks ir 94 % no plānotā darba laika (Tab. 10), kas jāņem vērā izmaksu aprēķinos.

Tab. 9: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

Audze	Ražīgums, m ³ tiešā darba laika stundā	Ražīgums, koki tiešā darba laika stundā	Ražīgums, m ³ produktīvā darba laika stundā	Ražīgums, m ³ kopējā darba laika stundā
1	5,924	105	5,494	5,287
2	4,971	111	4,783	4,638
Vidēji	5,673	107	5,312	5,122

Tab. 10: Tiešā darba laika īpatsvars

Audze	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā
1	92,75%	89,25%
2	96,22%	93,29%
Vidēji	93,64%	90,28%

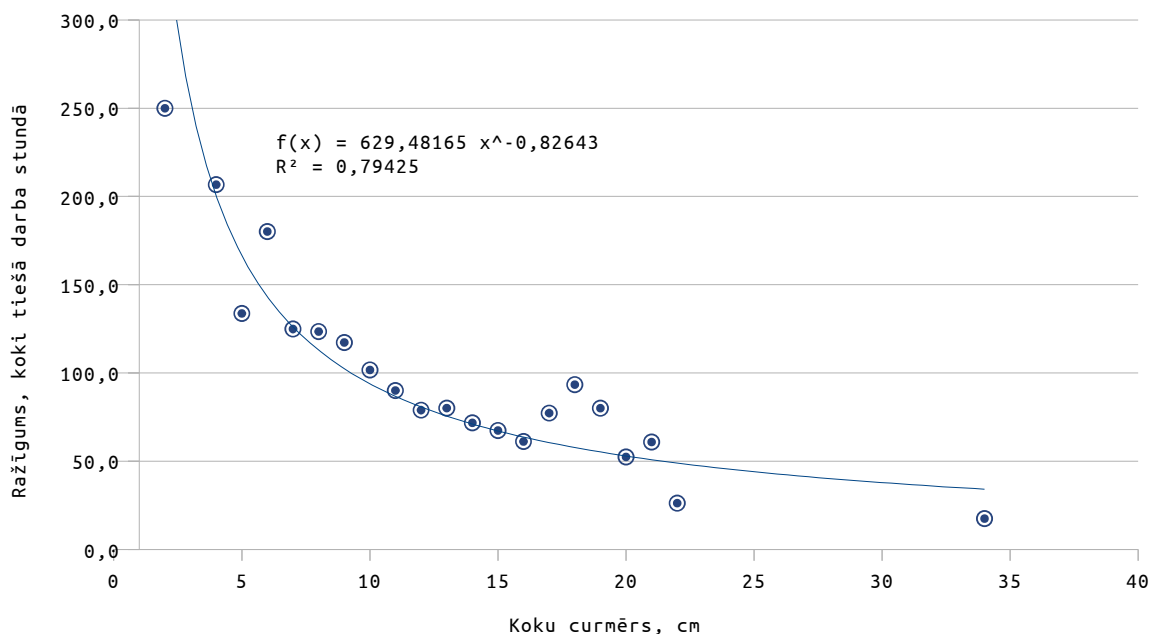
Tab. 11: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, sek. m⁻³

Audze	Sniedzas	Satver	Zāgē	Kniebj	Atzaro	Novieto	Cits	Iebrauc	Izbrauc	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
1	61	14	45	12	239	38	26	14	22	172	0	14	608	655	681
2	96	12	30	2	267	3	65	0	0	264	2	0	724	753	776
Vidēji	69	13	41	10	245	30	35	11	17	193	0	11	635	678	703

Tab. 12: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvesteru darba laika uzskaites datiem

Audze	Atzarošanas	D _{1,3} , cm	H, m	Koku skaits	Kopējais koku skaits	Izkritis koks	Egle	Lapkoks	Priede	Koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, kg	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā
1	1,409	9,456	11,233	1,020	874	0,00%	98,72%	1,05%	0,23%	0,056	49	34,608	30438	92,75%	89,25%
2	1,133	8,335	10,494	1,009	328	0,30%	79,08%	20,62%	0,31%	0,045	15	25,807	8509	96,22%	93,29%
Vidēji	1,332	9,148	11,030	1,017	1202	0,08%	93,32%	6,43%	0,25%	0,053	64	32,194	38947	93,64%	90,28%

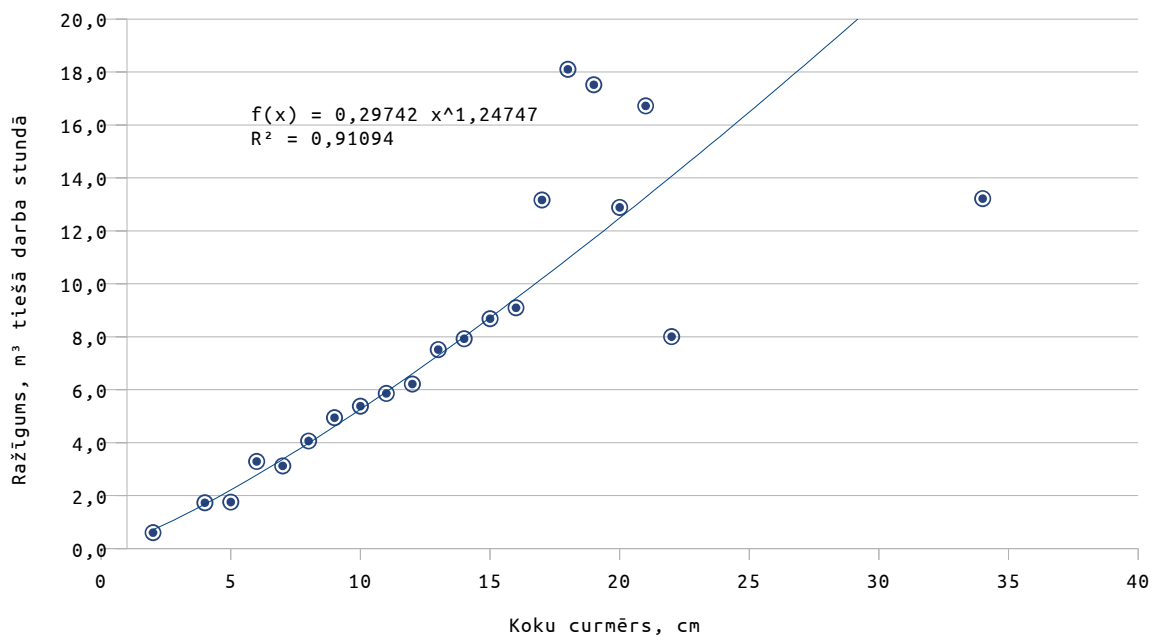
Stundā tiešā darba laika nozāgējamo koku skaitu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs – pieaugot caurmēram no 1-5 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās vairāk nekā 2 reizes, bet, zāgējot par 5 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits samazinās lēnāk. Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laika var apstrādāt 123 kokus (Att. 19), kas ir aptuveni 2 reizes vairāk par Latvijā iegūtajiem rādītājiem, bez tam Zviedrijā veiktajos izmēģinājumos kopējo nozāgēto kociņu skaitā ir būtiski mazāks par 8 cm tievāko kociņu īpatsvars, attiecīgi, atšķirība ražības rādītājos ir vēl lielāka.



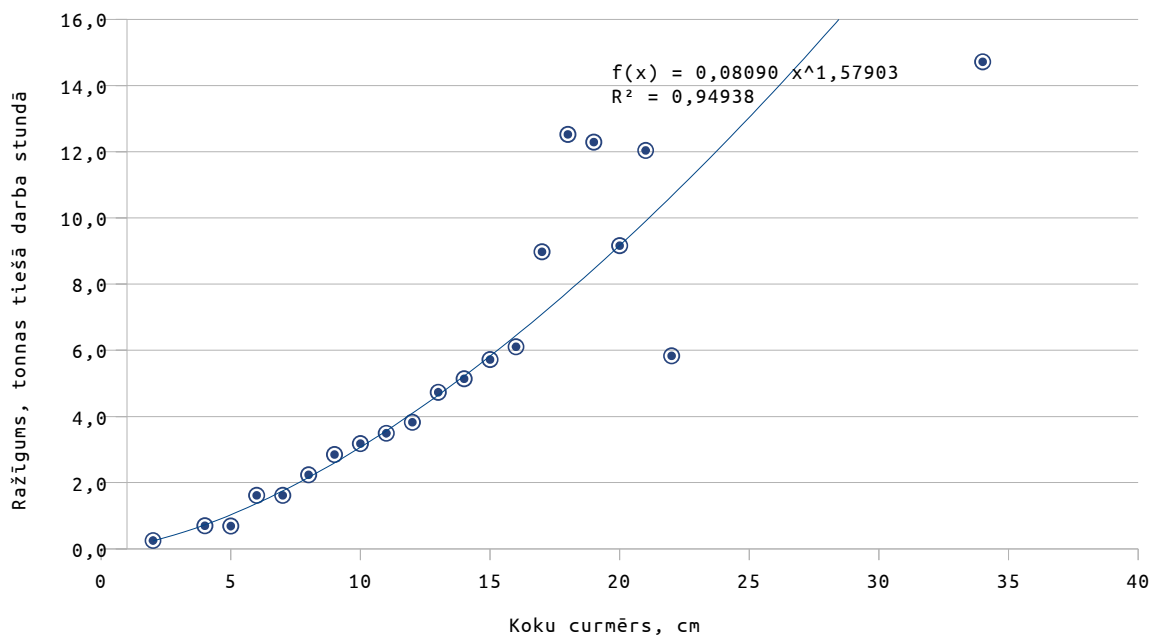
Att. 19: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Kokmateriālu sagatavošanas darba ražīgums ir no 0,6 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 2 cm resnus kokus, līdz 16 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 21 cm resnus kokus. Darba ražīguma izmaiņas, atkarībā no zāgējamo koku caurmēra, raksturo pakāpes vienādojums (Att. 20).

Pārrēķinot uz virszemes biomasu, harvestera darba ražīgums, ir 0,25 tonnas tiešā darba stundā, zāgējot 2 cm resnus kokus, un 12 tonnas tiešā darba stundā (ap 70 ber. m³, pārrēķinot uz šķeldām), zāgējot 21 cm resnus kokus (Att. 21).



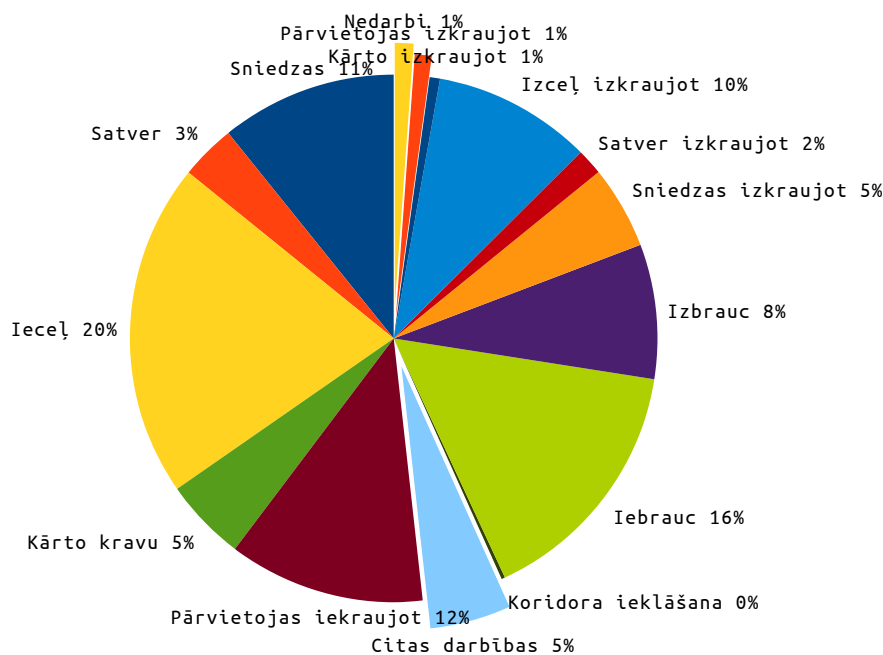
Att. 20: Stundā tiešā darba laika sagatavojamo kokmateriālu un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.



Att. 21: Mežizstrādes darba ražīgums (tonnas tiešā darba stundā) atkarībā no nozāģējamā koka caurmēra.

Pievešana

Pievešana veikta 11,8 stundas, kopā pievedot 25 kravas. Kopējā darba laika sadalījumā īpaši izceļas koku iecelšana kravā (20 % darba laika), kā arī sniegšanās pēc kokmateriālu kaudzītēm (11 % darba laika). Pārvietošanās pa audzi starp sortimentu kaudzītēm aizņēma 12 % kopējā darba laika, bet iebraukšana un izbraukšana kopā aizņēma 24% no darba laika (Att. 22).



Att. 22: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums pievešanā.

Pārrēķinot uz kopējo pievesto kokmateriālu apjomu, iekraušanas darba ražīgums ir vidēji 17,9 m³ tiešā¹⁰ darba stundā, bet izkraušanas darba ražīgums ir 56 m³ darba stundā, tiešais darba laiks ir 99 % no kopējā darba laika, neskaitot nelielus pārtraukumus, kas nav ietverti darba laika uzskaitē. Vidējais braukšanas ātrums ir aptuveni 2 reizes mazāks, nekā izmēģinājumos, kas veikti Latvijā – 23 m min⁻¹ (Tab. 13). Braukšanas vidējo ātrumu būtiski samazina tas, ka krautuves atradās tieši pie audzes, attiecīgi, visu pievešanas laiku traktoram ir jāmanevrē starp kokiem.

Tab. 13: Galvenie pievešanas darba ražīguma rādītāji

Iekraušanas ražīgums, m ³ produktīvā darba laika stundā	Izkraušanas ražīgums, m ³ tiešā darba laika stundā	Tiešā darba laika īpatsvars no kopējā laika	Vidējais braukšanas ātrums, m min. ⁻¹
17,896	56,101	98,86%	22,706

Vidējās kravas lielums saskaņā ar operatora veikto uzskaiti ir 5 m³, kas atbilst pilnai kravai; vienas kravas iekraušanai patērētas 17min., izkraušanai 5 min. (Tab. 14). Darba laika patēriņa kopsavilkums katrai gravai dots Tab. 14. Tikai vienai kravai operators patērēja laiku ceļa ieklāšanai; pārējām kravām, pateicoties brīvajam tehnoloģisko koridoru izvietojumam un kopumā apmierinošajiem braukšanas apstākļiem ceļa ieklāšana nebija nepieciešama.

¹⁰ Pievedjtraktoram tiešais darba laiks ir vienāds ar produktīvo darba laiku.

Tab. 14: Ievades dati pievešanas pašizmaksas aprēķiniem

Iekraušanas ražīgums, min. produktīvā darba laika kravai	Izkraušanas ražīgums, min. produktīvā darba laika kravai	Vidējā krava, m ³	Braukšanas ātrums, m min. ⁻¹
17	5	5	23

Tab. 15: Pievešanas ražīguma rādītāji, sek. m⁻³

Kravas Nr	Sniedzas	Satver	Iecej	Kārto kravu	IekraujotPārvietojas	Citas darbības	Koridora iekļāšana	Iebrauc	Izbrauc	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izcej izkraujot	Kārto izkraujot	IzkraujotPārvietojas	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks	Iekraušana	Izkraušana	ātrums, m min. ⁻¹ Vidējais braukšanas
1	33	9	50	31	31	2	0	43	30	19	4	21	1	1	0	202	274	274	156	46	26
2	45	8	60	37	25	1	0	46	33	19	3	38	3	2	0	241	320	320	176	65	24
3	32	7	47	33	22	7	0	24	11	16	3	36	3	3	7	210	246	253	148	62	54
4	18	4	27	13	21	10	0	13	0	9	1	17	0	3	5	123	136	141	93	31	148
5	42	8	66	29	23	4	0	26	17	24	6	38	4	0	1	243	286	287	171	72	45
6	4	1	7	0	6	3	0	8	0	9	3	12	0	0	0	44	52	52	21	24	232
7	46	9	94	17	46	23	0	41	33	16	6	35	1	0	2	294	368	370	236	58	26
8	41	9	79	24	59	15	0	96	66	20	4	34	15	2	0	302	464	464	228	74	12
9	42	8	81	13	24	13	0	93	69	17	7	35	1	0	22	242	404	426	182	60	12
10	40	12	77	19	29	16	0	19	48	18	4	37	1	0	0	253	319	319	193	59	29
11	49	10	81	29	35	21	0	91	61	21	6	45	6	3	11	306	459	470	225	81	13
12	43	12	73	18	36	12	0	67	48	23	6	47	1	0	0	271	387	387	194	77	17
13	46	11	79	22	24	40	0	47	23	20	4	36	1	4	8	286	357	364	221	65	27
14	62	17	88	27	73	46	0	75	11	23	6	38	7	0	0	387	474	474	313	74	22
16	30	7	64	13	37	22	0	75	42	29	10	51	2	11	0	275	392	392	172	103	16
17	31	7	53	15	78	39	0	52	24	18	11	32	0	24	0	308	384	384	223	85	25
18	17	10	52	7	55	20	0	61	6	12	6	20	0	25	0	224	291	291	162	62	29
19	49	23	97	20	30	29	0	30	12	16	7	36	0	0	0	307	349	349	248	60	46
20	41	17	85	11	70	22	0	71	38	18	6	35	0	0	3	304	413	416	245	60	18
21	42	23	106	7	88	7	17	71	34	17	8	33	5	1	15	353	458	473	273	63	18
22	34	19	93	5	40	17	0	104	16	17	6	34	1	3	18	269	389	407	208	61	16
23	51	17	119	17	82	19	0	94	33	18	6	40	1	0	0	370	497	497	306	64	15
24	50	25	92	20	41	28	0	70	34	20	10	45	0	4	3	335	439	442	257	78	18
25	31	12	74	5	48	7	0	11	12	17	5	31	1	3	2	233	256	257	177	56	83
Vidēji	38	12	73	18	43	18	1	55	29	18	6	34	2	4	4	266	351	355	201	64	23

Kopšanas kvalitāte

Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas dots iepriekšējās nodaļās (Tab. 7). Veicot audzes uzmērījumus un izstaigājot visus tehnoloģiskos koridorus, audzē nav konstatēts neviens nozīmīgs bojājums, kas pie tik liela saglabājamo koku skaita (virs 2000 gab. ha⁻¹) ir ļoti labs rādītājs. Tomēr saskaņā ar pašu zviedru operatoru atzinumu kopšanas kvalitāte varēja būt

labāka, jo abās izkoptajās audzēs atstāts pārāk liels koku skaits (vēl vismaz 500-700 koki ha⁻¹ būtu jānozāgē).

Pētījumā vērtēta arī risu veidošanās uz pievešanas ceļiem, taču būtiski augšnes bojājumi nav konstatēti, ja neskaita zemsegas bojājumus, ko rada agresīvās ķēdes uz pievedējtraktora pakalējā tandēma. Pētījumā secināts, ka, ieviešot mežizstrādē mazo tehniku, un, atsakoties no tehnoloģisko koridoru ierīkošanas, ir jāpārskata arī kopšanas normatīvi (augšnes bojājumu uzskaites metodes), jo kvalitātes kontroles risinājums, ko pielieto uz taisniem un regulāri izvietotiem koridoriem nav pielietojams, neveidojot sistemātisku koridoru rakstu jaunaudžu kopšanas laikā.

Būtiski, ka arī 5,5 m garu nogriežņu pievešana pa līkumainiem ceļiem neradīja nozīmīgus koku bojājumus. Tas norāda uz Vimek pievedējtraktora labo manevrētspēju un pielietotā tehnikas komplekta labo saderību jaunaudžu kopšanā. Pētījumā pierādījies, ka mazās tehnikas manevrētspēja ļauj atteikties no tradicionālās taisnu tehnoloģisko koridoru ierīkošanas jaunaudžu kopšanā, nodrošinot iespēju iegūt vairāk koksnes uz koridoriem krājas kopšanā un, vienlaicīgi, mazinot saglabājamo koku bojājumus.

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir kopšanas un pievešanas darba ražīgums, kā arī pievedējtraktora kravas tilpums. Pārējie dati ir pieņēmumi no citiem izmēģinājumiem un kontraktoru sniegtā informācija.

Vidējā koka caurmērs pieņemts atbilstoši vidējam rādītājam izmēģinājumos. Vidējais apaļo kokmateriālu pievešanas attālums pieņemts 100 m, kas, saskaņā ar zviedru pakalpojumu sniedzēja sniegto informāciju, ir optimāls pievešanas attālums, strādājot ar Vimek pievedējtraktoru. Faktiski tas nozīmē, ka ar Vimek pievedējtraktoru kokmateriālus pieved līdz cirsmas malai, bet tālāk, nepieciešamības gadījumā, kokmateriālus pieved ar lielāku traktoru. Izvešanas attālums pieņemts vienāds biokurināmajam un apaļajiem kokmateriāliem (50 km). Rādītāji, kas raksturo harvesteru un pievedējtraktora pašizmaksas aprēķina ievades datus, ir parādīti Tab. 16.

Pašizmaksas aprēķini veikti 2 scenārijiem – patērētājam piegādā daļēji atzarotas sīkkoksnes sortimentu un gatavu šķeldu, ko sagatavo ar mobilo šķeldotāju augšgala krautuvē. Šķeldu vedēja tilpums pieņemts 90 ber. m³ (29,3 m³), bet kokvedēja lielums ieņemts 60 m³ ar vidējo tilpīguma koeficientu 0,4 neatkarīgi no tā, vai pieved biokurināmo vai papīrmalku.

Tab. 16: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modeļi

Rādītāji	Skaitliskā vērtība
Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	9,1
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	5,0
Efektīvais darba laiks iekraušanai, min. kravai	17,0
Pievešanas / izvešanas attālums	100 m / 50 km
Efektīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	5,0
Biokurināmais % no apaļajiem kokmateriāliem / mizas īpatsvars % kokmateriālos	50 / 10
Šķeldu bēruma blīvums, ber. m ³ m ⁻³	3,1

Biokurināmā pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums, tajā skaitā pieņēmumi par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādēm un biomasas smalcināšanu augšgala krautuvē, dots Tab. 17. Sīkkoku piegādes scenārijā izmaksās nav ietverta biomasas smalcināšana, pieņemot, ka koksni realizē nesasmalcinātu. Apaļiem kokmateriāliem no krājas aprēķina atskaitīta miza, bet biokurināmais aprēķināts ar mizu. Kokmateriālu un biokurināmā sagatavošanas un pievešanas izmaksas atbilstoši izmēģinājumu vidējiem darba ražīguma rādītājiem ir 9,62 EUR m⁻³, t.i. 3,1 EUR ber. m⁻³, ja koksni pārdod kā biokurināmo.

Biokurināmā piegāžu scenāriju salīdzinājums parāda, ka sīkkoksnes piegādes scenārijs ir ekonomiski izdevīgāks, nekā šķeldu piegādes scenārijs (4,65 un 6,29 EUR ber. m⁻³), tomēr, ja sīkkoku piegādes scenārijā ietver sīkkoku šķeldošanu (1,51 EUR ber. m⁻³, Tab. 18), abu scenāriju izmaksas izlīdzinās, attiecīgi, pieņemot lēmumu par viena vai otra scenārija pielietošanu ražošanā, pirmkārt, jāvērtē dažādu biokurināmā veidu pārdošanas cena.

Tab. 17: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomasas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā:						
Investīcijas	€ 43 939	€ 28 892	€ 17 301	€ 58 238	€ 17 308	€ 17 301
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248
Operacionālās izmaksas	€ 47 679	€ 50 394	€ 34 936	€ 161 268	€ 44 553	€ 34 936
Plānotā peļņa	€ 7 894	€ 6 781	€ 3 374	€ 12 581	€ 3 855	€ 3 374
Kopā, EUR gadā	€ 165 780	€ 142 405	€ 70 859	€ 264 193	€ 80 965	€ 70 859
Darba ražīgums						
Ražīgums, m³ E15-h⁻¹	4,6	9,8	8,9	31,4	9,0	8,5
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms:						
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m ³ gadā, tajā skaitā	24614	49403	15893	56900	16023	15198
apaļie kokmateriāli, m ³ gadā	12307	24702	15893	-	-	-
biokurināmais, m ³ gadā	12307	24702		56900	16023	15198
pārrēķinot šķeldās:						
biokurināmais, ber. m ³ gadā	37783	75834	-	174682	49191	46659
Rezultāts:						
Kokmateriāli & biokurināmais, EUR m⁻³	€ 6,74	€ 2,88	€ 4,46	€ 4,64	€ 5,05	€ 4,66

Ikgadējais harvestera ražošanas apjoms, atbilstoši izmēģinājumam raksturīgiem darba apstākļiem, ir 24,6 tūkst. m³; pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms ir 49,4 tūkst. m³, attiecīgi, 1 pievedējtraktors var apkalpot 2 harvesterus. Harvestera un pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms izlīdzinās, ja vidējais pievešanas attālums palielinās līdz 450 m (pievešanas pašizmaksa pieaug līdz 5,70 EUR m⁻³) vai arī vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 16 cm (faktiski, izmantojot Vimek harvesteru krājas kopšanas cirtēs, kur mašīnas darba ražīgums vai sortimentu sagatavošanas kvalitāte var sākt pasliktināties, nesasniedzot prognozēto darba ražīguma palielinājumu). Biokurināmā izstrādes pašizmaksa, zāgējot vidēji 16 cm resnus kokus, samazinātos līdz 3,38 EUR m⁻³, bet kopējās apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas – līdz 9,47 EUR m⁻³.

Tab. 18: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
apaļie kokmateriāli	€ 6,74	€ 2,88	€ 4,46	-	-	-	€ 14,08
Biokurināmais, EUR m ⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 6,74	€ 2,88				€ 4,66	€ 14,28
šķeldu scenārijs	€ 6,74	€ 2,88		€ 4,64	€ 5,05		€ 19,31
Biokurināmais, EUR ber. m ⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 2,19	€ 0,94	-	-	-	€ 1,52	€ 4,65
šķeldu scenārijs	€ 2,19	€ 0,94	-	€ 1,51	€ 1,65	-	€ 6,29

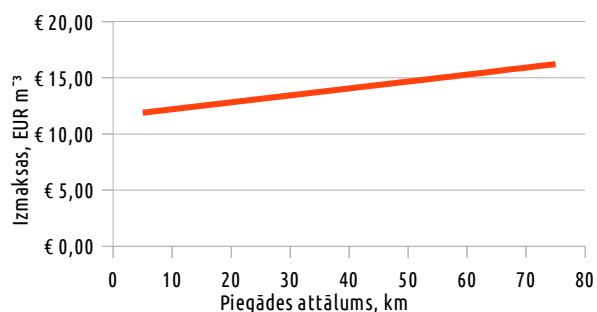
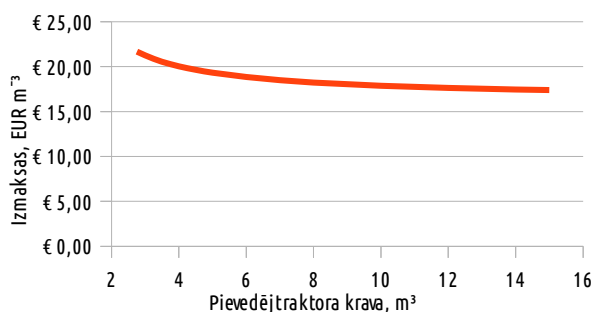
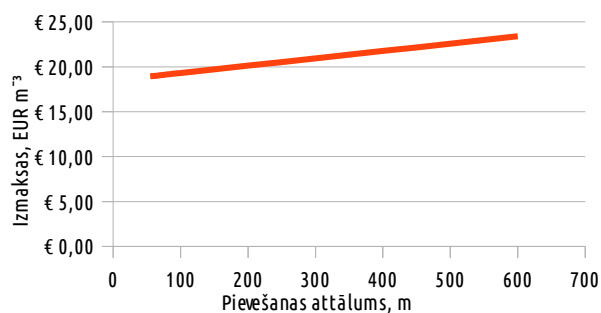
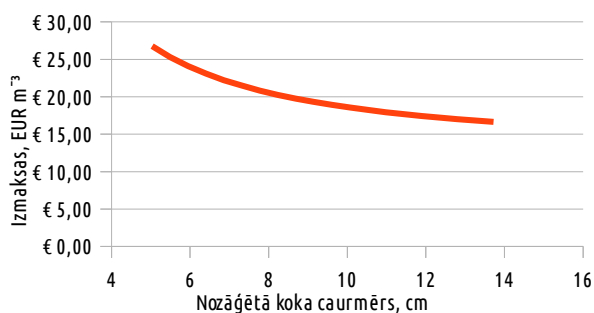
Kopējās 1 ha izkopšanas izmaksas ir 1198 EUR šķeldu piegādes scenārijā un 1017 EUR daļēji atzartu sīkkoku piegādes scenārijā (Tab. 19).

Tab. 19: Mežaudžu kopšanas izmaksas pārrēķinot uz 1 ha

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
Apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹	€ 242	€ 103	€ 160	-	-	-	€ 505
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 242	€ 103	-	-	-	€ 167	€ 512
šķeldu scenārijs	€ 242	€ 103	-	€ 167	€ 181	-	€ 693
Kopējās izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 483	€ 207	€ 160	-	-	€ 167	€ 1 017
šķeldu scenārijs	€ 483	€ 207	€ 160	€ 167	€ 181	€ 0	€ 1 198

Jutīguma analīze

Kokmateriālu sagatavošanas sistēmas jutīguma analīzē (Att. 23) redzams, ka lielāko ietekmi uz šķeldu pašizmaksu rada vidējā izzāgējamā koka caurmēra izmaiņas; samazinoties vidējam nozāgējamā koka caurmēram par 45 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas palielinās par 40 %; turpretim, vidējā nozāgējamā koka caurmēram palielinoties par 50 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas samazinās par 14 %.



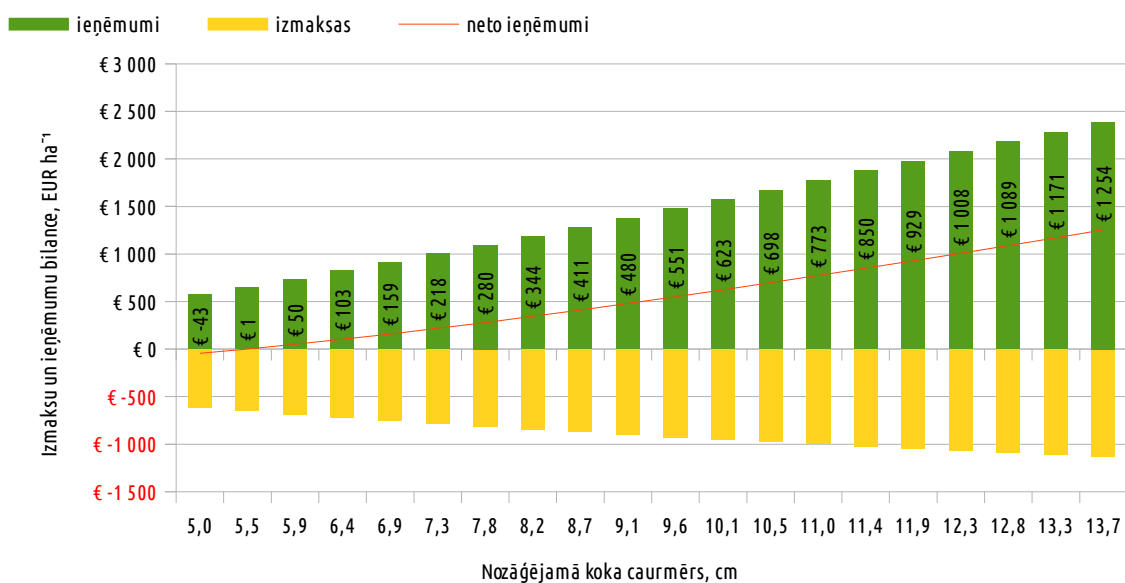
Att. 23: Jutīguma analīze.

Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

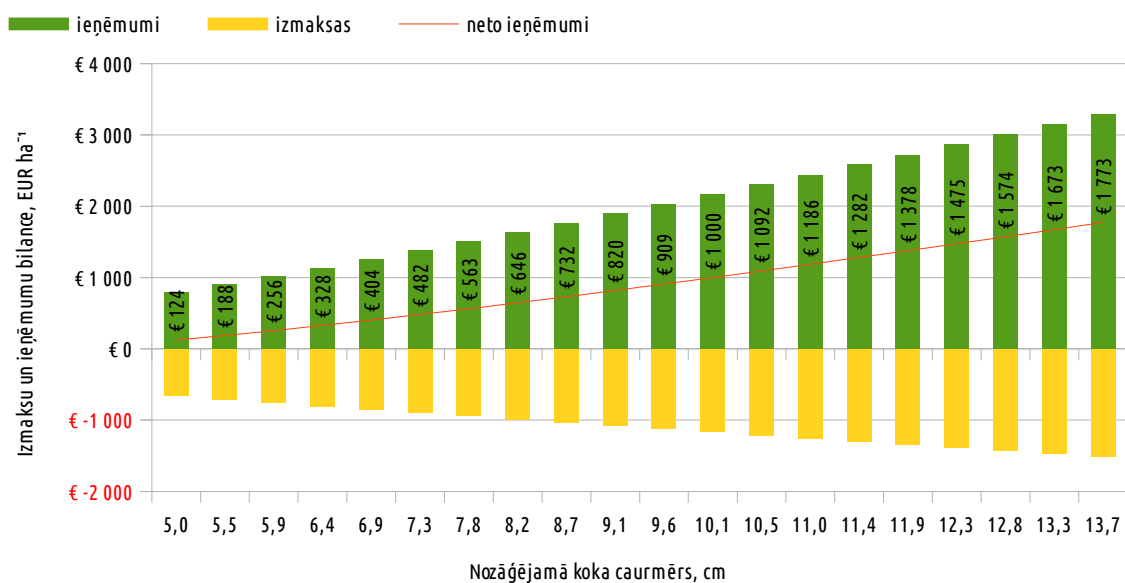
Izmaksu un ieņēmumu analīzē pieņemts, ka tehnoloģiskās malkas (daļēji atzarota sīkkoksne) cena ir 16,20 EUR m⁻³, bet papīrmalkas (bez mizas) cena ir 22,22 EUR m⁻³. Šķeldu cena pieņemta 10 EUR ber. m⁻³. Jaunaudžu kopšanas ar rokām izmaksas pieņemtas 85-172 EUR ha⁻¹, atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra.

Neto ieņēmumi no apaļo kokmateriālu (papīrmalka) un šķeldu piegādes patērētājam ir lielāki, nekā no daļēji atzarotu sīkkoku piegādes (Att. 24 un Att. 25). Atbilstoši faktiskajiem rādītājiem pētījumā izkoptajās audzēs (vidējais nozāgētā koka caurmērs 9 cm), neto ieņēmumi sīkkoku piegādes scenārijā ir 480 EUR ha⁻¹, bet šķeldu piegādes scenārijā – 820 EUR ha⁻¹.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem šķeldu sagatavošana palielina ieņēmumus no biokurināmā realizācijas gandrīz 2 reizes. Praksē situācija var būt atšķirīga un ieņēmumi no daļēji atzarotiem sīkkokiem var pārsniegt ieņēmumus no šķeldu realizācijas, piemēram, pieaugot *premium* klases granulu izejvielu cenai vai novirzot daļēji atzaroto sīkkoksni ražošanas procesos, kas paredz kokmateriālu mizošanu pirms tālākās pārstrādes.



Att. 24: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzarotu sīkkoku piegādes scenārijā.



Att. 25: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Pētījumā apstiprināta sākotnējā hipotēze, ka Vimek harvesters jaunaudzū kopšanā var nodrošināt vismaz tikpat lielu darba ražīgumu, kā mežizstrādē biežāk izmantotie John Deere 1070 un tam līdzīgie harvesteri. Arī Vimek 610 pievedējtraktora darba ražīgums būtiski neatšķiras no tā vismaz 2 reizes smagāko analogu (piemēram, John Deere 810) ražīguma, tomēr, pieaugot, pievešanas attālumam mazo pievedējtraktoru priekšrocības samazinās, pateicoties mazākai kravnesībai un braukšanas ātrumam.
2. Harvestera darba ražīguma rādītāji, kas iegūti Zviedrijā veiktajos jaunaudzū kopšanas izmēģinājumos, ir vismaz 2 reizes labāki, nekā Latvijā veiktajos izmēģinājumos. Lielāku darba ražīgumu nodrošina, pirmkārt, operatora profesionalitāte – nelietderīgais laika patēriņš sīko un pameža koku zāgēšanai ir minimāls; otrkārt, vienkārša sagatavojamo kokmateriālu veidu struktūra – to skaits jaunaudzū kopšanā parasti nepārsniedz trīs, kokmateriālu nogriežņu garums nav strikti noteikts (2,2-5,5 m), visus kokmateriālu veidus krauj vienā kaudzē, marķējot “mazākumā” esošos kokmateriālu veidus; treškārt – optimāla tehnikas izvēle, kas ļauj veidot brīvu tehnoloģisko koridoru tīklu, pielāgojot harvestera kustības trajektoriju faktiskajam koku izvietojumam audzē.
3. Paliekošo koku un augsnes bojājumi, strādājot ar mazgabarīta tehniku, izmēģinājumos bija minimāli. Pat 5 m garu kokmateriālu nogriežņu pievešana, sekojot harvestera veidotajiem līkločiem, pievedējtraktora operatoram neradīja grūtības. Būtiski, lai praksē jaunaudzū kopšanā tiktu izmantota tieši šāda tehnikas vienību kombinācija, nevis Vimek harvesters un lielāks pievedējtraktors vai otrādi, jo priekšrocības rada tieši mazgabarīta harvestera un pievedējtraktora kombinācijas pielietošana.
4. Kokmateriālu realizācijas ieņēmumi, veicot kopšanu ar Vimek harvesteru, nosedz ražošanas izmaksas pat tad, ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 6 cm, gatavojot daļēji atzarotu sīkkoksni, un 5 cm, piegādājot patērētājiem šķeldu. Optimālie darba apstākļi ir tādās audzēs, kur vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8-10 cm. Lielāku koku audzēs, it īpaši auglīgajos meža tipos darba ražīguma pieaugumu bremzē nepieciešamība nozāgēt lielākos kokus ar motorzāģi.
5. Harvestera vadības sistēma nodrošina kokmateriālu uzskaiti atbilstoši AS “Latvijas valsts meži” prasībām; attiecīgi, organizatoriski šķēršļi šīs tehnikas izmantošanai valsts mežos kopšanas cirtēs un citos mežizstrādes darbos nepastāv.
6. Vimek harvesters un pievedējtraktors faktiski neveido tehnoloģiskos koridorus, jo minimālais attālums starp paliekošajiem kokiem vietās, kur braucis harvesters un pievedējtraktors, nav lielāks par 2,5. Mežizstrādes mašīnu iebrauktie ceļi ir jāvērtē kā audzes daļa un nav atsevišķi jāvērtina tehnoloģisko koridoru aizņemtā platība. Izmantojot mežizstrādē Vimek harvesteru, ir jāpārstrādā kvalitātes prasības par risu mērīšanu, jo patreiz izmantotā metode nav pielietojama, ja netiek veidots regulārs koridoru tīkls.
7. Vimek harvesters ir efektīvākā un perspektīvākā no mežizstrādes mašīnām, kas līdz šim testēta pētījuma ietvaros. Gada laikā tas spēj izkopt līdz 800 ha mežaudžu, sagatavojot 25 tūkst. m³ kokmateriālu, tomēr Vimek izmantošanas iespējas ir ierobežotas – tas nevar strādāt krājas kopšanas cirtēs un galvenajā cirtē, tāpēc pavasarī, kad noteikti mežsaimnieciskās darbības ierobežojumi, to ieteicams izmantot grāvju trašu apauguma novākšanā vai sanitārajās cirtēs, kur lielo mežizstrādes mašīnu izmantošana ir dārga, bet roku darbaspēka izmantošana – bīstama.
8. Turpmākajos izmēģinājumos ir lietderīgi šo mašīnu pārbaudīt Latvijā, jaunaudzū meža kopšanu un grāvju trašu apauguma novākšanu, kā arī salīdzināt dažādas darba metodes un maiņu organizāciju.

LITERATŪRA

1. Lazdiņš, A., Liepiņš, K., Lazdiņa, D., Jansons, Ā., Bārdule, A. & Lupiķis, A. (2013). *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcefekta gāzu emisijām un CO₂ piesaisti novērtējums (pārskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
2. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.
3. Lundberg, F. (2013a). 404T5 – upgraded member of THE DREAM TEAM. *Vimek magasin* (1), 7.
4. Lundberg, F. (2013b). Vimek 610 enters pro class. *Vimek magasin* (1), 6.
5. Vimek (2013). VIMEK 404 T. Available from: <http://www.forsttechnik-koch.de/papers/404-eng.pdf>.