

## PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,  
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

---

Pārskata nosaukums **BIOKURINĀMĀ UN APAĻO  
KOKMATERIĀLU SAGATAVOŠANA GRĀVJU  
TRAŠU APAUGUMĀ AR MEŽIZSTRĀDES  
DARBIEM APRĪKOTU EKSKAUTORU**

Līguma Nr. 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8

Pārskata Nr. 2015/16

Pārskata versija 1.0

Izpildes laiks 01.05.2015 - 30.10.2015

Izpildītājs Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Projekta vadītājs

---

A. Lazdiņš

## KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot darba metodes ietekmi uz ekskavatora, kas pārbūvēts par harvesteru, darba ražīgumu, veicot mežizstrādi grāvju trašu apaugumā. Pētījumā, kas veikts no 2015. gada maija beigām līdz augusta beigām (darba laika uzskaites datu ieguve). Pētījumā noskaidrots harvestera un pievedējtraktora darba ražīgums, veicot grāvju trašu apauguma izstrādi un pievešanu, noteikts ekskavatora degvielas patēriņš, novērtētas biokurināmā un apaļo kokmateriālu ražošanas izmaksas, veikta izmaksu un ieņēmumu attiecības analīze un sagatavotas rekomendācijas darba ražīguma rādītāju un darba izpildes kvalitātes uzlabošanai, kā arī ieteikumi grāvju trašu izstrādes kvalitātes prasību pārskatīšanai.

Pētījuma rezultāti apstiprina to, ka ekskavators, kas aprīkots ar harvestera manipulatoru un griezējgalvu, ir efektīvs risinājumos grāvju trašu apauguma cirtēs. Lai nodrošinātu pilnvērtīgu ekskavatora tehnikas izmantošanu, ekstremālos un smagos pievešanas apstākļos, kur kokmateriālu pievešana ir apgrūtināta, bet ekskavators var strādāt, ir jāplāno biokurināmā sagatavošana; bet labos un apmierinošos pievešanas apstākļos jāparedz arī apaļo kokmateriālu sagatavošana. Degvielas patēriņa samazināšanai, darba ražīguma un kvalitātes uzlabošanai ekskavatoru ieteicams aprīkot ar nelielu, krājas kopšanas cirtēm piemērotu griezējgalvu ar papildus giljotīnas mehānismu koku nogāšanai grūti pārredzamās vietās vai tuvu ūdens līmenim.

Pētījumā secināts, ka degvielas patēriņa samazināšana, izmantojot mazāku ekskavatoru, neradīs būtisku ietekmi uz kokmateriālu pašizmaksu, taču būtisku izmaksu samazinājumu var panākt, pilnveidojot darba metodi. Labākie darba ražīguma rādītāji pētījumā iegūti ar 3. metodi (harvesters gatavo apaļos kokmateriālus, mežizstrādes atliekas un apvienotu malkas un daļēji atzarotu sīkkoku sortimentu). Darba ražīgumu, neatkarīgi no darba metodes, var palielināt, biežāk izmantojot paketēšanas mehānismu, kā arī izvairoties no tievāko kociņu zāgēšanas ar harvesteru. Arī gatavojamo kokmateriālu skaita samazināšana mežizstrādes uzdevumā ļautu palielināt harvestera un pievedējtraktora darba ražīgumu un samazināt koku bojājumus piegulošajās audzēs. Pētījumā konstatēts, ka kopšanas kvalitāti un pievešanas darba ražīgumu var palielināt, ja koku gāšanu un atzarošanu veic paralēli grāvju trasei, liekot kokmateriālus un mežizstrādes atliekas uz atbērtnes malas paralēli grāvim vai arī grāvja gultnē. Liekot kokmateriālus un mežizstrādes atliekas grāvī, pievešana jāveic tūlīt pēc izstrādes. Pievedējtraktoru operatoriem jāapgūst grāvju tīrīšanas paņēmieni, izmantojot zaru saišķi kā slotu.

Uz grāvju trasēm paliekošo sīkkoku zāgēšana ar rokas motorinstrumentiem pēc mašinizētas izstrādes nav lietderīga, izņemot rekonstruējamo grāvju trases, kā arī grāvju trases, ko var izmantot, piemēram, ugunsdzēsēju mašīnas meža ugunsgrēku dzēšanai. Paliekošā koku un krūmu veģetācija aizkavēs zemsedzes veidošanos, izmantos barības vielas, kas ieskalojas grāvī no mežaudzes, un sāisinās nākamās aprites ilgumu.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" sadarbībā ar AS "Latvijas valsts meži", SIA "Uceni" un SIA MNKC. Empīrisko datu ieguvei nodrošināja LVMI Silava zinātniskais asistents Modris Okmanis, Uldis Prindulis, Jānis Liepiņš,, Guntis Saule un Kaspars Polmanis, mežsaimniecības tehniķi Gints Spalva, Guntis Saule, Dace Dzelzkalēja un Gatis Rozītis. Datu apkopojumu un pētījuma atskaiti sagatavoja LVMI Silava pētnieks Agris Zimelis un vadošais pētnieks Andis Lazdiņš.

## Saturs

<b>Kopsavilkums.....</b>	<b>2</b>
<b>Ievads.....</b>	<b>6</b>
<b>Izmēģinājumu objekti un Darba metodika.....</b>	<b>11</b>
Pētījumu objekti.....	11
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	14
Darba metodes.....	17
Darba laika uzskaitē.....	21
Degvielas uzskaitē.....	22
Pievestā materiāla svēršana.....	23
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	24
Biomases un krājas aprēķini.....	27
Pieņēmumi izmaksu aprēķiniem.....	30
<b>Darba rezultāti.....</b>	<b>32</b>
Darba ražīguma rādītāji.....	32
Izstrādes darba ražīgums.....	32
Kokmateriālu pievešanas darba ražīgums.....	47
Zaru un sikkoku pievešanas darba ražīgums.....	53
Pameža un paaugas koku zāģēšanas darba ražīgums.....	64
Izstrādes metodes ietekme uz bojājumiem.....	64
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	67
Jūtīguma analīze.....	70
Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	74
<b>Secinājumi un ieteikumi praksei.....</b>	<b>77</b>
<b>Literatūra.....</b>	<b>78</b>

## Attēli

Att. 1 Kreisajā pusē John Deere 753J, labajā pusē John Deere 759J harvesters 1.....	6
Att. 2 Mežizstrādei pielāgots JCB8147 ekskavators2.....	7
Att. 3 Mežizstrādei pielāgots CAT ekskavators ar paketējošu griezējgalvu un strēles pagarinājumu.....	7
Att. 4 Mežizstrādei pielāgots New Holland E215B ekskavators3.....	8
Att. 5 ProSilva harvesters uz buldozera šasijas4.....	9
Att. 6: Izmēģinājumos izstrādātās grāvju trases Lielvārdes apkārtnē.....	11
Att. 7: Izmēģinājumos izstrādātās grāvju trases Glāzšķūņa apkārtnē.....	12
Att. 8: New Holland 215B ekskavators6.....	14
Att. 9: Ponsse H7 griezējgalva7.....	15
Att. 10: John Deere 810D pievedējtraktors8.....	16
Att. 11: Logset F5 pievedējtraktors.....	17
Att. 12: Egļu paauga mežizstrādes laikā9.....	19
Att. 13: Egļu paauga pēc mežizstrādes.....	19
Att. 14: Atzarošana perpendikulāri grāvīm.....	20
Att. 15: Atzarošanas metodes – kreisajā pusē zari un sikkoki perpendikulāri grāvīm, labajā pusē – grāvja gultnē paralēli grāvīm.....	20
Att. 16: Hronometražā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	21
Att. 17: Degvielas uzskaites sistēmas raksturojums10.....	23
Att. 18: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.....	24
Att. 19: Redzamība izmēģinājumu laikā.....	25
Att. 20: Nokrišņi.....	26
Att. 21: Vēja ātrums.....	26
Att. 22: Gaisa temperatūra.....	27

Att. 23: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un koku augstuma sakarības rēķināšanai.....	28
Att. 24: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un krājas sakarības rēķināšanai.....	28
Att. 25: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un stumbra biomasas sakarības rēķināšanai.....	29
Att. 26: Regresijas vienādojums atlikumu īpatsvara noteikšanai (pēc Матузанис, 1988).....	29
Att. 27: Pieņēmumi par apaļo kokmateriālu cenu.....	31
Att. 28: Dažādu apaļo kokmateriālu veidu īpatsvars.....	33
Att. 29: Degvielas patēriņš.....	34
Att. 30: Vidējais darba ražīgums izmēģinājumos.....	36
Att. 31: Vidējais darba ražīgums izmēģinājumos (pārreķins uz sausnas tonnām).....	36
Att. 32: Tiešā darba stundā apstrādājamo kokus skaits.....	37
Att. 33: Darba ciklā apstrādājamo koku skaits.....	38
Att. 34: Nozāģēto koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.....	39
Att. 35: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika patēriņa sadalījums caurmēra pakāpēs.....	39
Att. 36: Izkritušo koku īpatsvars.....	40
Att. 37: Darba laika patēriņa atšķirības no vidējiem rādītājiem.....	41
Att. 38: Darba laika sadalījums.....	42
Att. 39: Darba ražīgums atkarībā no darba metodes un zāģējamo koku caurmēra.....	43
Att. 40: Darba ražīgums atkarībā no zāģējamo koku sugas un caurmēra.....	44
Att. 41: Darba ražīgums atkarībā no zāģējamo koku sugas un stumbra tilpuma.....	44
Att. 42: Darba laiks 1 koka apstrādei (1. darba metode).....	45
Att. 43: Atzarošanas virziena ietekme uz darba ražīgumu (1. darba metode).....	46
Att. 44: Grāvīm pieguļošo teritoriju apauguma ietekme uz darba ražīgumu (1. darba metode).....	47
Att. 45: Darba laika izmantošanas rādītāju salīdzinājums grafiski.....	49
Att. 46: Papildus darba laika patēriņš 4. darba metodei.....	50
Att. 47: Mežizstrādes atlieku pievešana <sup>12</sup> .....	54
Att. 48: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 zaru kravas pievešanai.....	54
Att. 49: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 zaru tonnas pievešanai.....	55
Att. 50: Daļēji atzarotu sikkoku krava.....	59
Att. 51: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 sikkoku un mežizstrādes kravas pievešanai.....	60
Att. 52: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 sikkoku un mežizstrādes tonnas pievešanai.....	60
Att. 53: Bijāto koku skaits (gab. ha <sup>-1</sup> ) 279. un 287. kv. grāvjos.....	66
Att. 54: Bijāto koku skaits (gab. ha <sup>-1</sup> ) 413., 419. un 420. kv. grāvjos.....	66
Att. 55: Jutīguma analizē un ieņēmumu prognozē izmantotais stumbra krājas aprēķinu vienādojums.....	70
Att. 56: Jutīguma analizē un ieņēmumu prognozē izmantotais krājas aprēķinu vienādojums.....	71
Att. 57: Jutīguma analīze grāvju trašu apauguma izstrādes cirtē.....	72
Att. 58: Sagatavoto kokmateriālu struktūra.....	74
Att. 59: Izmaksu un ieņēmumu attiecība.....	75
Att. 60: Apaļo kokmateriālu un biokurināmā attiecība ieņēmumu struktūrā.....	75
Att. 61: Kokmateriālu struktūra pēc apvienošanas.....	76
Att. 62: Izmaksu un ieņēmumu attiecība pēc kokmateriālu veidu apvienošanas.....	76

## Tabulas

Tab. 1: Izmēģinājumu objektu raksturojums.....	12
Tab. 2: Griezējgalvas Ponsse H7 raksturojums.....	15
Tab. 3: John Deere 810D specifikācijas.....	16
Tab. 4: Logset F5 pievedējtraktora specifikācijas.....	17
Tab. 5: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	21
Tab. 6: Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	22
Tab. 7: Degvielas uzskaites sistēmas raksturojums.....	22
Tab. 8: Kopējais ekskavatora nostrādātais laiks.....	32
Tab. 9: Izmēģinājumos sagatavotie kokmateriāli.....	32
Tab. 10: Kokmateriālu kopsavilkums izmaksu analīzei.....	32
Tab. 11: Degvielas patēriņš.....	34

Tab. 12: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums neatkarīgi no darba metodes.....	35
Tab. 13: Izstrādes ražīguma rādītāji, sek. m <sup>-3</sup> .....	40
Tab. 14: Darba apstākļus un sagatavotos kokmateriālus raksturojošie rādītāji.....	41
Tab. 15: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	43
Tab. 16: Griežējgalvas ķēdes nomešanas biežuma analīze.....	45
Tab. 17: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 kravas pievešanai.....	48
Tab. 18: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 m <sup>3</sup> pievešanai.....	48
Tab. 19: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 kravas pievešanai atkarībā no darba metodes.....	49
Tab. 20: Apaļo kokmateriālu pievešanas darba ražīguma rādītāji sadalījumā pa grāvjiem (min. kravai).....	51
Tab. 21: Pievešanas darba ražīguma rādītāju kopsavilkums dažādiem atzarošanas variantiem (min. kravai).....	51
Tab. 22: Pievešanas darba ražīguma kopsavilkums darba metožu griezumā (min. kravai).....	52
Tab. 23: Pievestie zari un sīkkoki.....	53
Tab. 24: Aprēķinu koeficienti.....	53
Tab. 25: Galvenie mežizstrādes atlieku pievešanas metožu darba ražīguma rādītāji.....	53
Tab. 26: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīgums (minūtes kravai).....	56
Tab. 27: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīgums (min. tonna <sup>-1</sup> ).....	57
Tab. 28: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīguma datu kopsavilkums (min. kravai).....	58
Tab. 29: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīguma datu kopsavilkums (min. tonna <sup>-1</sup> ).....	58
Tab. 30: Galvenie sīkkoku un mežizstrādes atlieku pievešanas darba ražīguma rādītāji.....	59
Tab. 31: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīgums (min. kravai).....	61
Tab. 32: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīgums (min. tonna <sup>-1</sup> ).....	62
Tab. 33: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīguma kopsavilkums (min. kravai).....	63
Tab. 34: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīguma kopsavilkums (min. tonna <sup>-1</sup> ).....	63
Tab. 35: Pameža un paaugas koku zāģēšanas darba ražīgums.....	64
Tab. 36: Bojāto koku skaits atkarībā no atzarošanas un zaru novietošanas veida.....	65
Tab. 37: Bojāto koku uzskaites kopsavilkums.....	65
Tab. 38: Mazo kociņu izstrādes ietekme uz izmaksām.....	67
Tab. 39: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 kokmateriālu un mežizstrādes atlieku kravas pievešanai.....	68
Tab. 40: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze.....	68
Tab. 41: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa.....	69
Tab. 42: Mežizstrādes izmaksas uz 1 ha.....	69
Tab. 43: Pieņēmumi vidējā nozāģētā koka caurmēra ietekmes uz izmaksām un ieņēmumu bilances analīzei.....	73

## IEVADS

Praksē pagaidām reti pielietots risinājums mežizstrādes darbu mašinizācijai ir uz kāpurķēžu ekskavatoru bāzes būvēti harvesteri vai pārbūvēti ekskavatori, kas pielāgoti mežizstrādei. Uz ekskavatoru bāzes būvēta harvestera piemērs ir John Deere mežizstrādes produktu sērija uz kāpurķēdēm (Att. 1). Parasti šādi harvesteri ir salīdzinoši smagi (virs 25 tonnām) un piemēroti lielu dimensiju koku zāgēšanai. Lielākā daļa John Deere harvesteru uz kāpurķēdēm ir aprīkoti ar griezējgalvām ar ripzāģi un paketējošo satvērēju, attiecīgi, tie ir piemēroti koku gāšanai, nevis dažāda veida apaļo kokmateriālu sagatavošanai. Praksē šīs mašīnas izmanto lielu dimensiju koku gāšanai, tāpēc Latvijā, kā arī citur Baltijas un Ziemeļvalstīs, kur šādu mežizstrādes paņēmieni pielieto reti, lielos kāpurķēžu harvesterus neizmanto.



**Att. 1 Kreisajā pusē John Deere 753J, labajā pusē John Deere 759J harvesteri <sup>1</sup>.**

Kāpurķēžu harvesteru hidromanipulatori ir masīvi un salīdzinoši īsi (7-8 m), ņemot vērā specializāciju uz lielu dimensiju kokiem, lai harvesteri maksimāli var izmantot savu jaudu galvenajā cirtē. Teorētiski šādu harvesteru izmantošana grāvju trašu apauguma zāgēšanai ir iespējama, taču tehnika ir pārāk smagnēja, un tā ir pielāgota mežizstrādes paņēmiem, ko Latvijā pēdējās desmitgadēs nepraktizē, tāpēc tai ir ierobežotas pielietošanas iespējas.

Alternatīvs risinājums ir standarta ekskavatoru pārbūve mežizstrādes vajadzībām, komplektējot ar gāšanas un paketēšanas griezējgalvām vai kniebējgalvām. Vienkāršākais un Ziemeļvalstīs izplatītākais risinājums ir harvestera galvas stiprināšana standarta ekskavatora hidromanipulatora galā un izmantošana galvenajā cirtē lielu dimensiju koku zāgēšanai (Att. 2). Lai strādātu grāvju trašu apauguma izstrādes cirtēs, var izvēlēties mazāku ekskavatoru vai vidēja izmēra ekskavatoru ar nelielu griezējgalvu, kas piemērota darbam kopšanas cirtēs (Att. 3). Investīcijas mežizstrādes tehnikā, izmantojot ekskavatorus, kas aprīkoti ar harvestera griezējgalvu, ir līdz 2 reizes mazākas, nekā specializēta mežizstrādes harvestera iegāde.

<sup>1</sup> Avots: <http://mediabin.deere.com/Main.asp>



Visu ekskavatoru ar standarta hidromanipulatoru trūkums ir salīdzinoši nelielais darbības rādiuss – 7-9 m pie pilnas izlices, attiecīgi, grāvju trašu izstrādē šīs mašīnas nevar aizsniegt tālāko no ceļa augošos kokus. Hidromanipulators ir masīvs, tāpēc pieaug risks, ka šādas mašīnas radīs vairāk mehānisku bojājumu grāvim piegulošajās audzēs augošajiem kokiem. Papildus negatīvu ietekmi var radīt ekskavatora manevrēšana (grozīšanās), lai piebrauktu tuvāk grāvja malai un aizsniegtu tālāk augošos kokus.



**Att. 2 Mežizstrādei pielāgots JCB8147 ekskavators<sup>2</sup>.**

Kombinēts risinājums, ko izmanto vidēji smagu ekskavatoru (līdz 14 tonnas) pārbūvei par mežizstrādes mašīnām, ir teleskopiska hidromanipulatora pagarinājuma uzstādīšana (Att. 3). Šāds uzlabojums palielina hidromanipulatora izlici līdz 11 m un pat vairāk, ļaujot efektīvi un ar pilnu izlici strādāt grāvju trašu apauguma novākšanā. Izsniegšanai palielināšanai ieteicams izmantot nelielas, kopšanas cirtēm piemērotas griezējgalvas.



**Att. 3 Mežizstrādei pielāgots CAT ekskavators ar paketējošu griezējgalvu un strēles pagarinājumu.**

<sup>2</sup> Avots: [http://www.flickr.com/photos/expired\\_patent/7321745344/lightbox/](http://www.flickr.com/photos/expired_patent/7321745344/lightbox/).

Saskaņā ar Somijā veiktu pētījumu rezultātiem harvesteru uz ekskavatora bāzes pielietošana kopšanas cirtēs ir izdevīgāka, nekā vidējās klases vai lielo harvesteru izmantošana, galvenokārt, pateicoties būtiski mazākām investīcijām. Tomēr pastāv arī tehniskas problēmas, kas saistītas ar ekskavatoru uzbūvi, piemēram, mazs klīrenss un strēles garums, lielas bāzes mašīnas dimensijas (Väätäinen *et al.*, 2004). Aptaujājot somu mežizstrādātājus, kas izmanto ekskavatorus, celtniekus, kas izmanto ekskavatorus būvniecībā, un harvesteru aprīkojuma ražotājus, secināts, ka lielākie ekskavatoru trūkumi ir apgrūtināta pārvietošanās kalnos un maza mobilitāte (vairāk jāizmanto treilera pakalpojumi). Būvtechnikas īpašnieki Somijā izrādīja lielu interesi par iespēju izmantot ekskavatorus ziemā mežizstrādē, tāpēc pētījumā secināts, ka nākotnē šis mežizstrādes tehnikas virziens Somijā var attīstīties (Bergroth *et al.*, 2006).

Nākošais ekskavatoru pārbūves etaps, kas tiek pielietots arī Latvijā, ir standarta strēles nomainas ar garāku harvestera strēli un standarta griezējgalvas uzstādīšana. Att. 4 redzamā ekskavatora masa ir 26 tonnas un strēles izlīces attālums – 11 m, attiecīgi, tas var bez grūtībām strādāt, ja attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem ir 20 m. Darbam galvenajā cirtē ekskavatora virsbūve tiek pastiprināta, darbam kalnos un uz akmeņainām augsnēm nereti izmanto arī ķēžu stiprinājumus, kas neļauj ekskavatoram nobraukt no ķēdēm uz nelīdzenas virsmas. Neskatoties uz papildus investīcijām aprīkojumā, šāds harvesters būs aptuveni 2 reizes lētāks par standarta lielās klases harvesteru. Strēles nomaina apgrūtina harvestera izmantošanu gan mežizstrādei, gan grāvju rakšanai, nebraucot uz servisa centru aprīkojuma pārmontēšanai. Harvesteri uz ekskavatora bāzes, kas aprīkoti ar standarta strēli, var nomainīt kausu lauka apstākļos un izmantot to pašu mašīnu grāvju rakšanai vai augsnes gatavošanai blakus esošajās audzēs.



**Att. 4 Mežizstrādei pielāgots New Holland E215B ekskavators<sup>3</sup>.**

Visu ekskavatoru kopīgs trūkums ir lielie gabarīti; strādājot 4 m platā tehnoloģiskajā koridorā ekskavators var sabojāt tehnoloģiskā koridora malā augošo saglabājamo koku mizu. Otrs trūkums ir zemais klīrenss; ja cismā ir liels pielūžņojums, ekskavatoram var rasties grūtības pārvietoties pa cismu. Normālos apstākļos ekskavators var atbalstīties uz kausa un pārcelt sevi pāri celmiem vai lielu dimensiju kritālām, bet ar harvestera griezējgalvu tas nav iespējams.

<sup>3</sup> Foto: A. Lazdiņš.



Strādājot grāvju trašu apauguma izstrādē, klīrensam un gabarītiem nav izšķiroša nozīme, bet grāvju šķērsošanas problēmu var risināt veidojot pagaidu tiltus no mazvērtīgajiem kokmateriāliem vai mežizstrādes atliekām.

Alternatīvs risinājums mežizstrādes mašīnu uzlikšanai uz ķēdēm ir buldozeru pārbūve, taču šāda veida mašīnas pagaidām nav īpaši izplatītas. Viens no zināmākajiem piemēriem harvesteriem uz buldozera šasijas bāzes ir ProSilva harvesters (Att. 5). Šai mežizstrādes mašīnai ir paaugstināts klīrenss, visi 4 tandēmi ir ar neatkarīgu piekari, un šasija ir izturīgāka par standarta ekskavatora šasiju. ProSilva un tam līdzīgie harvesteri ir piemēroti darbam kalnos un uz nenoturīgas grunts.

Šādi harvesteri ir vismaz tikpat dārgi vai dārgāki, nekā standarta harvesteru ar riteņu piedziņu, tāpēc to izmantošana attaisnojas galvenajā cirtē, bet ne grāvju trašu apauguma zāģēšanā vai kopšanas cirtēs. Buldozera šasijai ir priekšrocības kokmateriālu pievešanā, jo tā ir vairāk piemērota lielu kravu vilkšanai, atšķirībā no ekskavatora šasijas, kas nav piemērota šādām slodzēm. Kāpurķēžu trūkums ir arī vibrācija, kas palielina slodzi gan uz operatoru, gan mašīnas detaļām.



Att. 5 ProSilva harvesters uz buldozera šasijas<sup>4</sup>.

Būtiskākā ekskavatoru pārbūves priekšrocība ir iespēja samazināt investīcijas tehnikā un izmantot ekskavatorus dažādiem darbiem (nomainot strēli vai tikai kausu), tādējādi mazinot investīciju risku. Harvesteri uz ekskavatora bāzes rada mazāku spiedienu uz augsni, attiecīgi, samazinās augsnes sablīvēšanās un sakņu bojājumu risks. Tomēr šī priekšrocība izpaužas tikai tad, ja arī pievešanā izmantot pievedējtraktorus, kas aprīkoti ar kūdrai piemērotām ķēdēm vai pievedējtraktorus uz kāpurķēžu bāzes. Ekskavatoru ar standarta strēli trūkums ir neliels darbības rādiuss, kas pie 20 m attāluma starp koridoriem rada nepieciešamību pabeigt kopšanu ar rokām vietās, kuras ekskavators nevar aizsniegt, kā arī lieli gabarīti darba laikā – vairumam ekskavatoru, kas aprīkoti ar standarta vai harvestera strēli, 4 m plati tehnoloģiskie

<sup>4</sup> Avots: <http://www.prosilva.fi/en/products>.

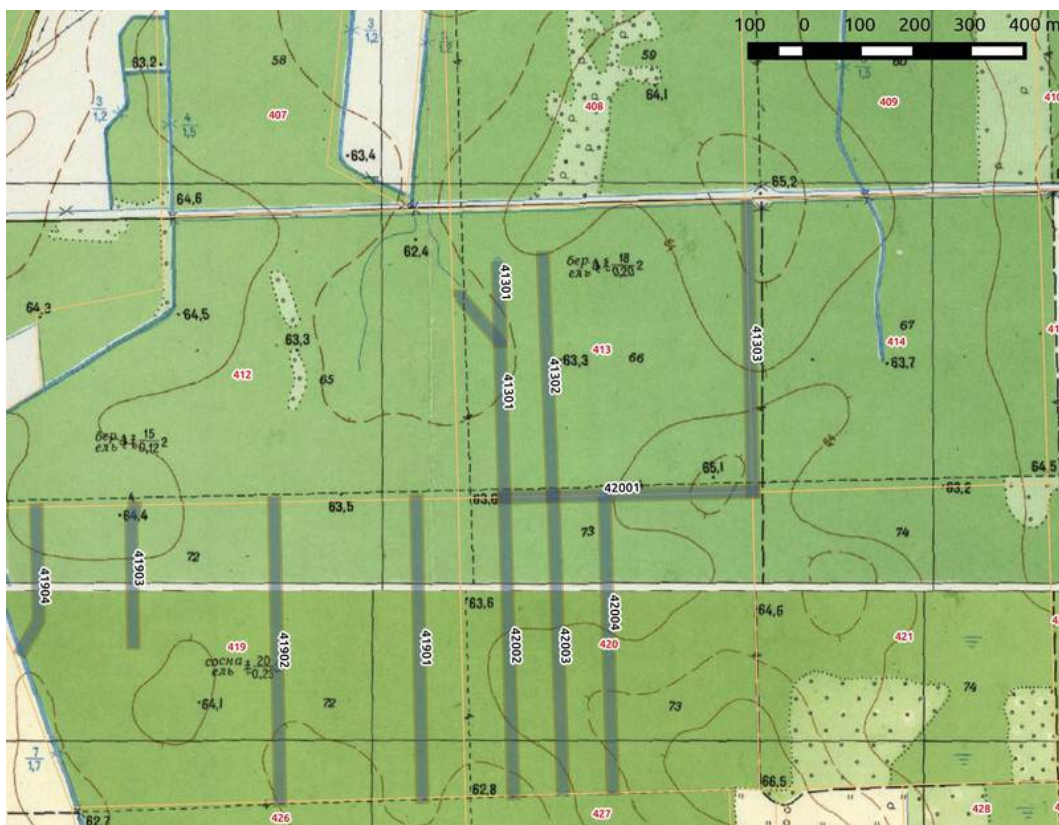
koridori būs par šauru, lai efektīvi strādātu. Tehniskajiem riskiem pieder arī zemais klīrenss, kas apgrūtina ekskavatoru izmantošanu pielūžņotās cismās un nelīdzenās platībās, taču šī īpatnība neietekmē ekskavatoru darbību grāvju trašu apauguma novākšanā.

Viena no tehniskajām priekšrocībām, salīdzinot ar standarta harvesteru, ir strēles novietojums – tā ir blakus operatora kabīnei, attiecīgi, operators vienmēr skatās strēles virzienā, nodrošinot redzamību. Līdzīgi strēle novietota arī, piemēram Logman harvarderiem, kas šai mašīnai rada priekšrocības kopšanas cirtēs, salīdzinot ar citiem harvarderiem. Vidējās klases ekskavatori, kas izmantojami grāvju trašu apauguma novākšanā ir smagāki un stabilāki par attiecīgās klases harvesteriem, tāpēc tie var pilnvērtīgāk izmantot sīkkoku paketēšanas funkciju, arī strādājot uz pilnu izlici.

# IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

## Pētījumu objekti

Pētījums veikts Vidusdaugavas mežsaimniecības 501. un 503. kvartālu apgabalos susinātu mežaudžu masīvos netālu no Lēdmanes un Glāzšķūņa (Att. 6 un Att. 7). Izmēģinājumos kopā izstrādāti aptuveni 8 km grāvju 11 ha platībā. Detalizēts grāvju raksturojums un darba apstākļi dots Tab. 1.



Att. 6: Izmēģinājumos izstrādātās grāvju trases Lielvārdes apkārtnē.



Att. 7: Izmēģinājumos izstrādātās grāvju trases Glāzšķūņa apkārtnē.

Tab. 1: Izmēģinājumu objektu raksturojums

Darbā lietotais kods	Apraksts	Vidējā koka D, cm	Vidējā koka H, m	Koku sugas	Grāvja garums, m	Darba metode	Atzarošanas metode <sup>5</sup>
42001	Zāģējams tikai posmā starp 413 un 420 kvartālu. Pārējais jau ir izzāģēts. Vienmērīgs. Vidēji biezs. Zāģējams tikai grāvis, jo ir izzāģēta stiga.	12	16	Lapkoki	453	1	PARAL
42002	Visā garumā apaugums vienmērīgs, bet starp vidēji biezu un retu. Daudz paaugas egļu. No Z puses apmēram 70 m ir zāģējams tikai grāvis, pārējā daļā ir jāzāģē arī brauktuve.	9	13	Lapkoki	535	1	PARAL
42003	Vienmērīgs apaugums visā garumā. Lielu dimensiju lapkoki. Pusē grāvja jāzāģē tikai grāvis, otrā pusē jāzāģē arī ceļš. Apstākļi labi.	14	16	Lapkoki	540	2	PARAL
42004	Apaugums vienmērīgs visā garumā. Raksturojams kā vidēji biezs. Lielu dimensiju lapkoki. Jāzāģē gan grāvis, gan ceļš. Apstākļi labi.	13	16	Lapkoki	536	3	PERP
41301	No ceļa puses pirmie 160 m ir vidēji	12	15	Lapkoki	392	1	DAZAD

<sup>5</sup> PARAL – paralēli grāvim, liekot zarus un sīkkoku grāvja gultnē; PERP – perpendikulāri grāvim, liekot zarus un sīkkokus šķērsām pāri grāvim; DAZAD – pielietotas abas metodes.

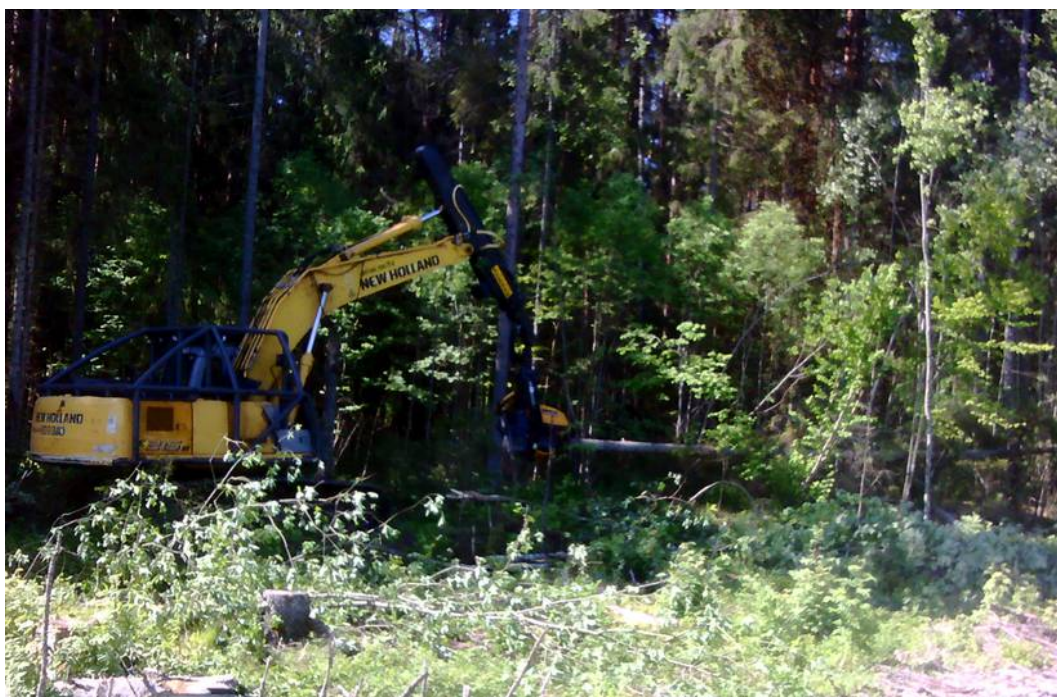
Darbā lietotais kods	Apraksts	Vidējā koka D, cm	Vidējā koka H, m	Koku sugas	Grāvja garums, m	Darba metode	Atzarošanas metode
	biezs apaugums, pēc tam ir 100 m rets, un pēc tam atkal 166 m ir vidēji biezs. No pēdējiem 166 m ir zāgējama tikai grāvja viena puse un ceļš, jo otrā pusē ir izcirtums un pusi grāvja ir nozāgējuši mežizstrādātāji. Apstākļi ir labi.				293		
41302	No ceļa puses 220 m ir zāgējami, tālāk pārējais ir izcirtums un uz grāvja aug tikai krūmi. Vidēji biezs.	14	15	Lapkoki	430	1	DAZAD
41303	Vidēji biezs. Apstākļi labi, zāgējams tikai grāvis, jo atbērtne ir ceļš.	14	15	Lapkoki	517	4	PERP
27901	No ceļa puses pirmie 80 m ir reta audze, bet tālāk kļūst biežāks un palielinās arī koku dimensijas. Kopumā apaugums biezs ar atsevišķiem pārrāvumiem. Ļoti daudz 2 stāva mazu dimensiju egles. koku augstums 10-20 m. Apstākļi labi.	14	15	E, Ba, B	418	4	PERP
27902	Vidēji biezs apaugums, jo ir pārrāvumi ar retāk izvietotiem kokiem, bet liela daļa grāvja ir ar biezu apaugumu, ar harvesteru zāgējami koki ir visā grāvja garumā. Daudz mazu dimensiju 2. stāva egles, kas veido lielo biežību. Piebraukt sarežģīti, jāveido tilti.	11	14	E, Ba, B	419	3	PERP
27903	Apaugums biezs visā grāvja garumā, pārsvarā egle un alksņi ar bērza piejaukumu. Daudz 2 stāva mazu dimensiju egles, kas veido lielo biežību. Pievešanai jāveido tilti.	12	15	E, Ba, B	422	2	PERP
28701	Apaugums biezs, ļoti daudz otrā stāva egles. Zāgējams ir tikai grāvis, jo atbērtne ir stīga, uz kuras nav koku, ir nesakārtots ceļš ar nelielām risām. 250 m grāvja ir sausi, labi braucami, bet līdz nākamajai stigai atlikušie 150 m ir ļoti slapji ar dziļām risēm.	9	12	E, Bl	224	Treniņš	PERP
28702	Apaugums biezs visā grāvja garumā, ar atsevišķiem pārrāvumiem, jo pa vidu apmēram 80 m posms ir raksturojams kā vidēji biezs ar mazāku dimensiju (apmēram 10 m) eglēm. Daudz otrā stāva egļu visā garumā. Pievešanai jāveido tilts pāri grāvim.	9	13	E	407	2	PERP
28703	Apaugums biezs visā garumā. Pārsvarā egle, bet arī lapu koku daudz ar lielākām dimensijām, kuru augstums ir līdz 20 m. Daudz otrā stāva egles. Pievešanai jāveido tilts pāri grāvim.	11	15	E, Ba	410	3	PERP
41901	No ceļa pirmie 200 m ir izcirtums, līdz ar to nav ko zāgēt, bet pārējie 300 m ir zāgējami.	11	14	Lapkoki	537	1	PERP
41902	No ceļa puses pirmie 70 m ir krūmājs, pārējie 430 m ir zāgēšanai atbilstoši. Apstākļi labi, apaugums vidēji biezs līdz biezs.	12	16	Lapkoki	538	2	PERP
41903	Tievi, mazi koki. Nav piemērots mašīnizētai izstrādei	5	6	E	245	3	PERP



Darbā lietotais kods	Apraksts	Vidējā koka D, cm	Vidējā koka H, m	Koku sugas	Grāvja garums, m	Darba metode	Atzarošanas metode
41904	No ceļa puses pirmie 50 m ir krūmājs, pārējie 210 m ir piemēroti mašinizētai izstrādei. Zāģējams tikai grāvis. Apstākļi labi. Apaugsms biezs līdz vidēji biezs.	12	13	Lapkoki	260	1	PERP

## Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

Izmēģinājumos izmantots ekskavators New Holland E215B ekskavators (Att. 14). Ekskavatora dzinēja jauda 118 kW (158 zirgspēki), pilna masa – 26 tonnas, hidrodzinējs nodrošina 37,8 MPa spiedienu āmurlinjās, maksimālā eļļas padeve –  $2 \times 220 \text{ L min}^{-1}$ . Ekskavatora pārvietošanās ātrums ir līdz  $6 \text{ km h}^{-1}$ , faktiski ekskavators ārpus cirmsas pārvietojās ar  $2\text{--}3 \text{ km h}^{-1}$  ātrumu. Ekskavatora platums ar standarta ķēdēm – 2,6 m, klīrenss – 0,47 m, ķēžu platums – 0,6 m. Maksimālā izlice 10 m, un pie šādas izlices ekskavators sānos var pacelt līdz 2 tonnas smagu priekšmetu, t.i. griezējgalvu un līdz 0,5 tonnu smagu koku. Mazākas griezējgalvas uzstādīšana, piemēram, Ponsse H5 (sver 900 kg), ļautu būtiski palielināt hidromanipulatora manevrētspēju un uzlabotu darba ražīgumu, zāģējot uz grāvja tālākās atbērtnes augošos kokus. Ekskavatora degvielas patēriņš darba režīmā saskaņā ar ražotāja informāciju ir vidēji  $12 \text{ L h}^{-1}$ .



Att. 8: New Holland 215B ekskavators<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Foto: <http://www.drastich.cz/en/images/new-obrazky/1270.jpg>

Att. 9: Ponsse H7 griezējgalva<sup>7</sup>.

Griezējgalvas parametri raksturoti Tab. 2. Griezējgalvas zāģēšanas mehānisms nebija aprīkots ar ķēdes automātiskās spriegošanas sistēmu, tāpēc daudz biežāk nekā iepriekšējos izmēģinājumos radās problēmas ar ķēdes nomešanu un ķēdes nācās biežāk mainīt.

Tab. 2: Griezējgalvas Ponsse H7 raksturojums

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība un mērvienība
1.	Masa	1150 kg
2.	Garums	1500 mm
3.	Platums	1540 mm
4.	Augstums bez rotatora	1680 mm
5.	Nepieciešamā jauda	130-140 kW
6.	Darba spiediens	28 MPa
7.	Padeves veltnu skaits	3 gab.
8.	Padeves spēks	30 kN
9.	Padeves ātrums	5 m s <sup>-1</sup>
10.	Padeves veltnu atvērums	650 mm
11.	Atzarošanas nažu skaits	4
12.	Augšējo atzarošanas nažu atvērums	640 mm
13.	Apakšējo atzarošanas nažu atvērums	750 mm
14.	Vadības sistēma	Atsevišķi padeves veltniem un nažiem
15.	Mērierīce	PONSSE Opti4G

Apažo kokmateriālu pievešana veikta ar John Deere 810D pievedējtraktoru (Att. 10, Tab. 3), bet zaru pievešana – ar Logset F5 pievedējtraktoru (Att. 11, Tab. 4). Zaru pievedējtraktors bija aprīkots ar zaru kausu un pieveda atsevišķi daļēji atzarotos un neatzarotos sīkkokus un mežizstrādes atlieku kaudzes.

<sup>7</sup> Foto: <http://www.ponsse.com/products/harvester-heads/h7>

Att. 10: John Deere 810D pievedējtraktors<sup>8</sup>.

Tab. 3: John Deere 810D specifikācijas

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība un mērvienība
1.	Garums	8030 mm
2.	Platums ar riepām	2530 mm
3.	Garenbāze	4240 mm
4.	Klīrenss	595 mm
5.	Kravas tilpnes garums	3840 mm
6.	Kravas tilpnes platums	2450 mm
7.	Dzinējs	John Deere
8.	Dzinēja modelis	4045HTJ
9.	Darba apgriezieni	2000 rpm
10.	Griezes moments	497,6 Nm (pie 1400 rpm)
11.	Cilindru skaits	4 gab.
12.	Elektriskais spriegums	24 V
13.	Riepas, priekšā / aizmugurē	8 gab., 600x22.5/600x22.5
14.	Transmisija	hidrostatiskā / mehāniskā
15.	Ātrumi	2 uz priekšu, 2 uz aizmuguri
16.	Hidraulikas spiediens	24000 kPa
17.	Hidromanipulators	John Deere CFI
18.	Masa	10970 kg
19.	Degvielas tvertne	110 L
20.	Eļļas tvertnes lielums	78 L
21.	Maksimālais ātrums	23 km h <sup>-1</sup>
22.	Kravnesība	9000 kg
23.	Kravas tilpnes lietderīgā platība	3,4 m <sup>2</sup>

<sup>8</sup> Foto: <http://static.mascus.com/image/product/large/78573504/john-deere-810d,ecbaa25d.jpg>



Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība un mērvienība
24.	Hidromanipulatora izsniegšanas attālums	9800 mm



Att. 11: Logset F5 pievedējtraktors.

Tab. 4: Logset F5 pievedējtraktora specifikācijas

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība un mērvienība
1.	Dzinējs	Sisu 49 VWA-4V
2.	Dzinēja jauda	170 hp
3.	Griezes moments	700 kN
4.	Riteņu skaits	8 gab., 710/45-26.5
5.	Maksimālais ātrums	27,2 km h <sup>-1</sup>
6.	Hidromanipulators	Loglift, izlice 10 m
7.	Masa	15505 kg
8.	Kravnesība	12000 kg

## Darba metodes

Izmēģinājumos salīdzināja 4 mežizstrādes metodes:

- veselu koku biokurināmā metode** – gatavo standarta kokmateriālu veidus, mežizstrādes atliekas un neatzarotus sīkkokus liek nelielās kaudzēs uz bermas vai atbērtnes, paketēšanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli;
- daļēji atzarotu sīkkoku biokurināmā metode** – gatavo standarta kokmateriālu veidus, mežizstrādes atliekas un daļēji atzarotu sīkkoku sortimentu (līdz 3 m gari, tievgaļa caurmērs līdz 3 cm), mežizstrādes atliekas liek nelielās kaudzēs uz bermas vai atbērtnes, daļēji atzarotos sīkkokus liek pie apaļajiem sortimentiem, paketēšanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli;
- apvienota malkas un sīkkoku biokurināmā metode** – gatavo standarta kokmateriālu veidus, mežizstrādes atliekas un apvienotu malkas un daļēji atzarotu sīkkoku

sortimentu (līdz 3 m gari nogriežņi, tievgaļa caurmērs līdz 3 cm), mežizstrādes atliekas liek nelielās kaudzēs uz bermas vai atbērtnes, daļēji atzaroto sīkkoku un malkas kaudzītes liek pie apaļajiem sortimentiem, paketēšanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli kā arī kokiem, no kuriem sanāk tikai malkas sortiments;

4. **dalīta malkas un sīkkoku biokurināmā metode** – gatavo standarta kokmateriālu veidus, mežizstrādes atliekas un daļēji atzarotu sīkkoku sortimentu (līdz 3 m gari nogriežņi, tievgaļa caurmērs līdz 3 cm), mežizstrādes atliekas liek nelielās kaudzēs uz bermas vai atbērtnes, daļēji atzaroto sīkkoku kaudzītes liek pie apaļajiem sortimentiem, paketēšanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli kā arī kokiem, no kuriem sanāk tikai malkas sortiments.

Nevienā no metodēm pamežu pirms izstrādes ar rokas motorinstrumentiem nezāgēja. Strādājot ar harvesteru, centās nezāgēt kociņus, kas zemāki par 1,5 m. Uz ceļa augošos mazos kociņus ekskavators nolauza vai nolieca un piespieda zemei ar ķēdēm vai korpusu. Harvestera operatori nezāgēja arī par 6 cm tievākus kociņus, ja tie netraucēja braukšanai, lielāko koku zāgēšanai vai kokmateriālu novietošanai. Saskaņā ar sākotnējo ieceri atlikušos mazos kociņus vajadzēja nozāgēt ar rokas motorinstrumentiem pēc apaļo kokmateriālu pievešanas un izvest kopā ar mežizstrādes atliekām, bet atsevišķos grāvjos skujkoku paaugu bija plānots saglabāt neskartu un novērot paaugas attīstību pēc lielāko koku nozāgēšanas (Att. 12 un Att. 13). Praksē pirmā mazo koku zāgēšanas metode transformējās 2 metodēs:

1. grāvjus izzāgē ar rokas motorinstrumentiem visā grāvja profilā tūlīt pēc mežizstrādes, negaidot apaļo kokmateriālu pievešanu;
2. pirms apaļo kokmateriālu pievešanas nozāgē atlikušos kokus brauktuves daļā un uz grāvja atbērtnes, bet pēc apaļo kokmateriālu pievešanas nozāgē atlikušos kociņus no grāvja profila un tālākās atbērtnes.

Abos variantos nozāgētos zarus pieved kopā ar mežizstrādes atliekām. Strādniekiem, kas veica grāvju profila tīrīšanu, tika dots uzdevums samest sīkos kokus uz mežizstrādes atlieku kaudzēm, bet sīkkoki uz atbērtnes braucamās daļas palika uz zemes.





**Att. 12: Egļu paauga mežizstrādes laikā<sup>9</sup>.**



**Att. 13: Egļu paauga pēc mežizstrādes.**

---

<sup>9</sup> Foto: G. Spalva.



Diskutējot ar izmēģinājumos iesaistītajiem operatoriem, mežizstrādes etapā nolemts pārbaudīt arī dažādas pieejas koku gāšanai; vienā variantā operatori gāž kokus mežaudzes vai izcirtuma virzienā un atzaro tā, ka apaļiem kokmateriāli un daļēji atzarotā koksne gulstas pāri grāvim, bet zari tiek nokrauti vai nu uz atbērtnes vai arī pāri grāvim (Att. 14), bet otrajā variantā kokus gāž un atzaro paralēli grāvim, attiecīgi apaļie kokmateriāli ir uz atbērtnes vai daļēji grāvja gultnē, bet zari un sīkkoki guļ grāvī (Att. 15).



**Att. 14: Atzarošana perpendikulāri grāvim.**



**Att. 15: Atzarošanas metodes – kreisajā pusē zari un sīkkoki perpendikulāri grāvim, labajā pusē – grāvja gultnē paralēli grāvim.**

## Darba laika uzskaite

Pētījuma ietvaros veikta mežizstrādes darba laika uzskaite, izmantojot specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 16), kas aprīkots ar darba laika uzskaites programmu SDI.



Att. 16: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Harvesteru darba laiks iespēju robežās pielāgots motorstundu uzskaitē, t.i. pēc dzinēja noslēpšanas darba laika uzskaiti aptur un atsāk tad, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts. Pētījumā konstatēts, ka tiešais produktīvais laiks vidēji ir 76 % no motorstundu skaita, attiecīgi, salīdzinoši mazs; tāpēc, lai mākslīgi nesamazinātu lietderīgā darba laika īpatsvaru, darba laika stundas aprēķinā pieņemts, ka normatīvos paredzētie 15 min. stundā pārtraukumi ietilpst laikā, kad operators veic citus darbus un remontus, t.i. pārrēķinu koeficients no operatora darba laiku uz tiešo darba laiku ir vidēji 0,76. Izstrādes darba laika uzskaite veikta 1-2 maiņās, dienas gaišajā laikā. Maiņu ilgums – 8-10 stundas.

Darba laika patēriņš noteikts katram strāles ciklam atsevišķi, pēc acumēra fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (1,3 m augstumā pēc acumēra) un skaitu. Lai atvieglotu caurmēra noteikšanu, harvestera griezējgalvai noteikts labi saredzamu konstrukcijas elementu izmērs un nozāģēto koku caurmērs salīdzināts ar šo marķieru dimensijām. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 5. Pievešanas darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 6.

Tab. 5: Izstrādes darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	darba laika uzskaites cikla numurs
	dd	satverto koku vidējais caurmērs $d_{1,3}$ , mm
	skaits	satverto koku skaits, gab.
	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

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
	pamezs	pameža zāģēšana
	knieb	koku nokniebšana
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. celmu zāģēšana, domāšana, kuru koku zāģēt utt.
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

Tab. 6: Pievešanas darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	OBS	novērojuma kārtas numurs
	korid	tehnoloģiskā koridora vai grāvja numurs
	svaari	laiks svēršanai (neskaitās kopējā darba laika uzskaitē)
Produktīvais darba laiks	iebrauc	iebrauc audzē maiņas sākumā vai pēc izkraušanas
	sniedz	sniedzas pēc kokmateriālu vai zaru pakas
	satver	satver kokmateriālu vai zaru paku
	iecal	ieceļ kokmateriālu vai zaru paku kravas tilpnē
	karto	kārto kravu
	brauc	brauc pa audzi vai grāvi
	tk	pako ceļu
	izbrauc	izbrauc no audzes vai grāvja ar kravu
	izsnie	sniedzas pēc kokmateriālu pakas izkraujoties
	satviz	satver kokmateriālu paku izkraujoties
	izkrau	izceļ kokmateriālu paku
	izkart	kārto kokmateriālus krautuvē
	parv	pārvietojas gar krautuvi izkraujoties
	citas	citas nestandarta operācijas
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības, kamēr dzinējs ir iedarbināts
	tuks	dzinējs noslāpēts maiņas laikā (pusdienas un taml.)

## Degvielas uzkaite

Pētījumā izmantota degvielas uzskaites mēriekārta AIC-904 VERITAS (Att. 17), kas tiek uzstādīta virs degvielas filtra. Sistēmas raksturojums dots Tab. 7.

Tab. 7: Degvielas uzskaites sistēmas raksturojums

Rādītājs	Raksturojums
Izmēri ar filtru	280 x 100 x 160 mm
Masa ar filtru	2,5 kg
Plūsmas sensora materiāls	misiņš, alumīnijs
Blīvējuma materiāls	Viton®
Savienojumu materiāls	tērauda aizsardzība TAAC3, nerūsējošais tērauds, anodizēts tērauds
Stiprinājuma skavas materiāls	nerūsējošais tērauds
Apvalka materiāls	anodizēts alumīnijs

Rādītājs	Raksturojums
Plūsmas mērītājs	AIC-904 Veritas, piemērots dzinējiem ar līdz 220 kW jaudu
Plūsmas mērīšanas princips	vienvirziena, tilpuma metode, kustīgs ekscentrisks rotors, mikroprocesora vadīts impulsu ģenerators
Plūsmas mērītāja mērīšanas diapazons	10 L stundā
Plūsmas mērītāja precizitāte	vismaz 1 %
Plūsmas mērītāja rezultātu atkārtojamība	vismaz 0,2%
Plūsmas mērītāja pieļaujamais spiediens	-1 līdz 6 bāri
Plūsmas mērītāja uzstādīšanas pozīcija	vertikāla
Plūsmas mērītāja darba temperatūra	-30 līdz 90 °C
Barošanas spriegums	6-30 V, līdzstrāva
Impulsu ģenerators signāls	taisnstūra, cikls 50 %
Plūsmas mērītāja impulsu intervāls	200 ppl
Papildus aprīkojums	Degvielas atplūdes dzesēšanas radiators APS120; datu pārvades un barošanas kabelis; GPS/GSM ierīce FM4200

Att. 17: Degvielas uzskaites sistēmas raksturojums<sup>10</sup>.

## Pievestā materiāla svēršana

Pievedējtraktora svēršanai izmantoja firmas CAS ražojuma svarus RW-15P (Att. 18). To svēršanas diapazons ir 15 000 kg, iedaļas vērtība 10 kg, platformas izmēri 900 x 500 x 39 mm. Svari sastāv no vadības bloka un 2 svaru platformām. Svaru platformas, savukārt, veicot

<sup>10</sup> Foto: <http://www.flowmeter-aic.com/products/aic-904-veritas-300hp>.



pievedējtraktoru svēršanu, uzstāda uz zemē ierakstām koka platformām, kas izlīdzina slodzi un pasargā svaru mehānismu no netīrumiem. Lai atvieglotu pievedējtraktora operatora darbu, abpus svariem ar krāsainu 5 m garu lentu iezīmēts taisns ceļa posms, kurā operatoram jāizlīdzina traktors, lai abi vienas ass riteņi uz platformām uzbrauktu vienlaicīgi.

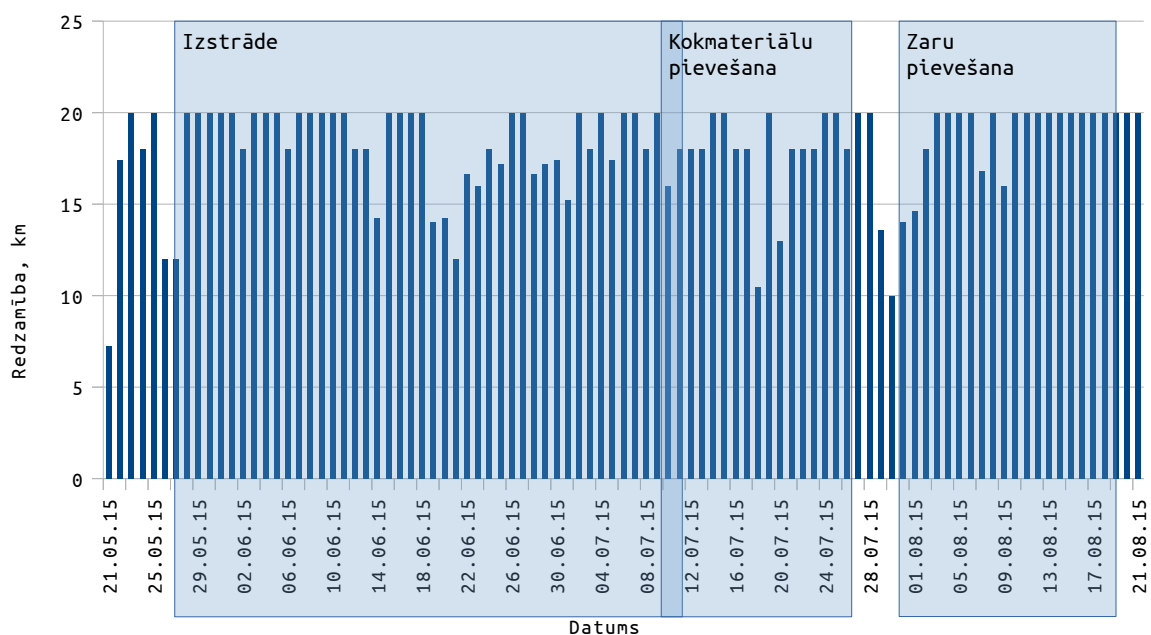


**Att. 18: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svari CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.**

Darba laikā tiek nosvērts atsevišķi katrs ritenis un pievedējtraktora masu veido visu riteņu svērumu summa. Svēršanas laikā pievedējtraktors apstājas uz svaru platformām. Vispirms svērts piekrauts pievedējtraktors, tad tukšs. Piezīmēs pierakstīja svēršanas laiku, kravas numuru un kravas stāvvokli. Svēršanas laiks nav iekļauts darba laika uzskaitē.

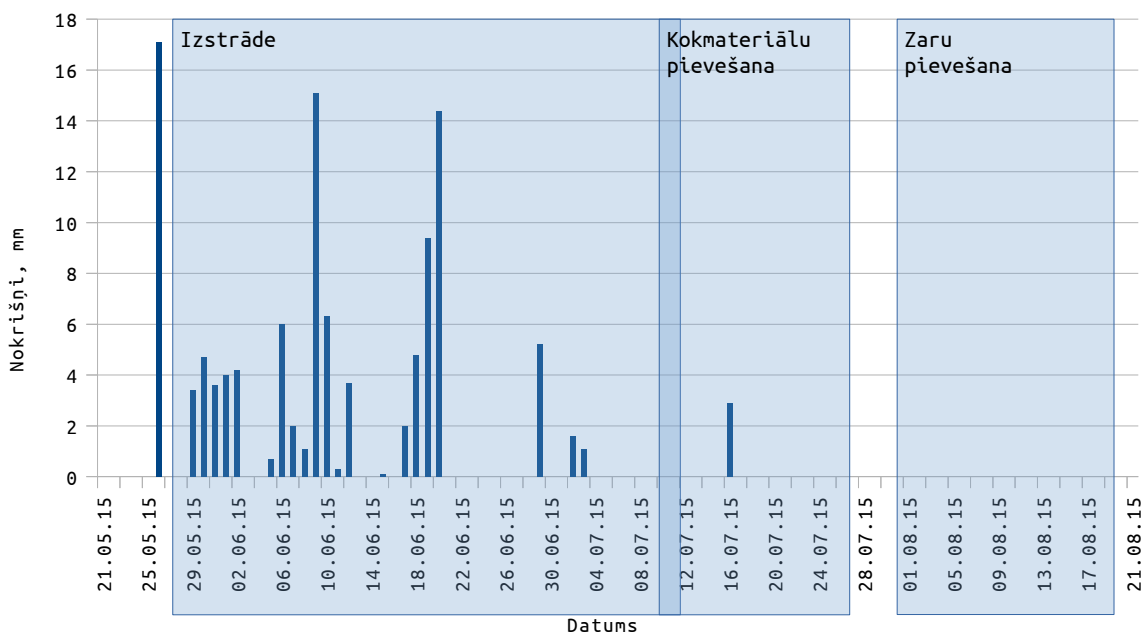
### Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Izmēģinājumi ilga no 28. maija līdz 24. augustam, kad pievestas pēdējās zaru kaudzes no izstrādātajiem grāvjiem. visu izmēģinājumu laiku laika apstākļi bija labvēlīgi darbu veikšanai. Jūnija otrajā pusē atsevišķās dienās no rītiem bija slikta redzamība (Att. 19), taču tas neradīja negatīvu ietekmi uz darba ražīgumu.



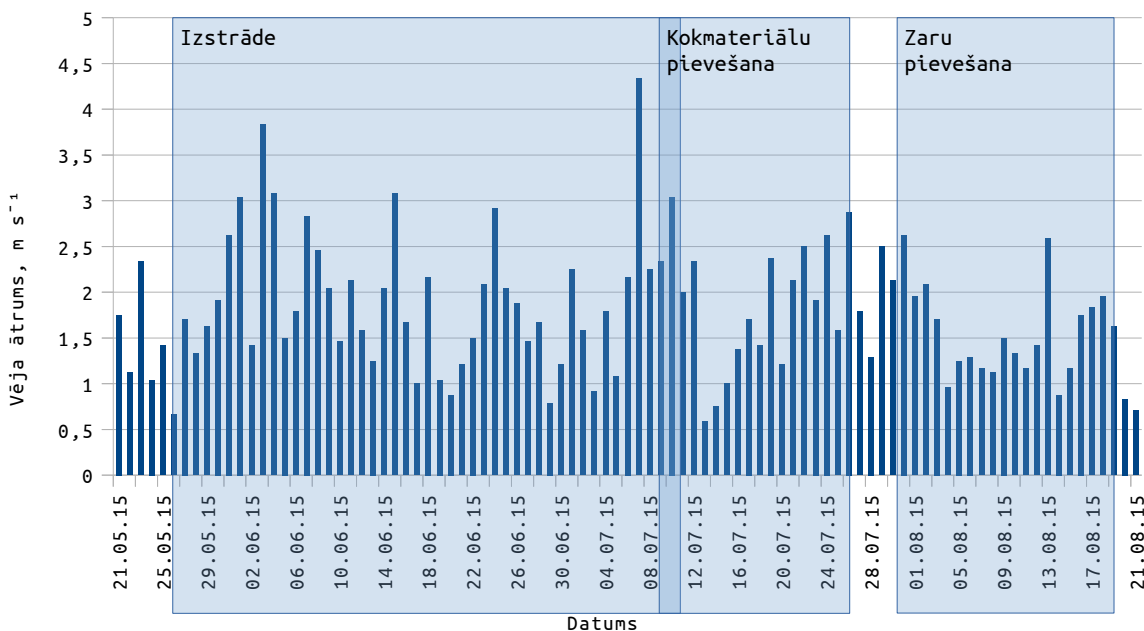
Att. 19: Redzamība izmēģinājumu laikā.

Spēcīgi nokrišņi bija tikai jūnija pirmajā pusē (līdz 20. jūnijam nolija 86 mm nokrišņu) un tieši pirms izmēģinājumu uzsākšanas (Att. 20). Nokrišņi būtiski neietekmēja harvestera darbu, taču tie pasliktināja darba ražīguma rādītājus, jo operatoriem bieži vajadzēja kāpt ārā no kabīnes un sakārtot nomesto ķēdi, kas lietus laikā aizņēma vairāk laika vai arī radīja ilgākus pārtraukumus, uzvelkot un novelkot jaku vai arī pārbraucot vietā, kur var darboties zem koku vainagiem. Pievešanas laikā lietus lija tikai vienu dienu, un darba apstākļi (augšnes nestspēja) pievešanas laikā bija lielākajā daļā grāvju ļoti labi. Atsevišķos grāvjos pievešanas laikā iebrauktas dziļas rīses, taču, ieklājot ceļos zarus, pievešana varēja turpināties. Pievedējtraktori izmēģinājumu laikā nebija aprīkoti ar ķēdēm. Ekskavatoram nevienā grāvī augšnes nestspēja nebija šķērslis darbu veikšanai.



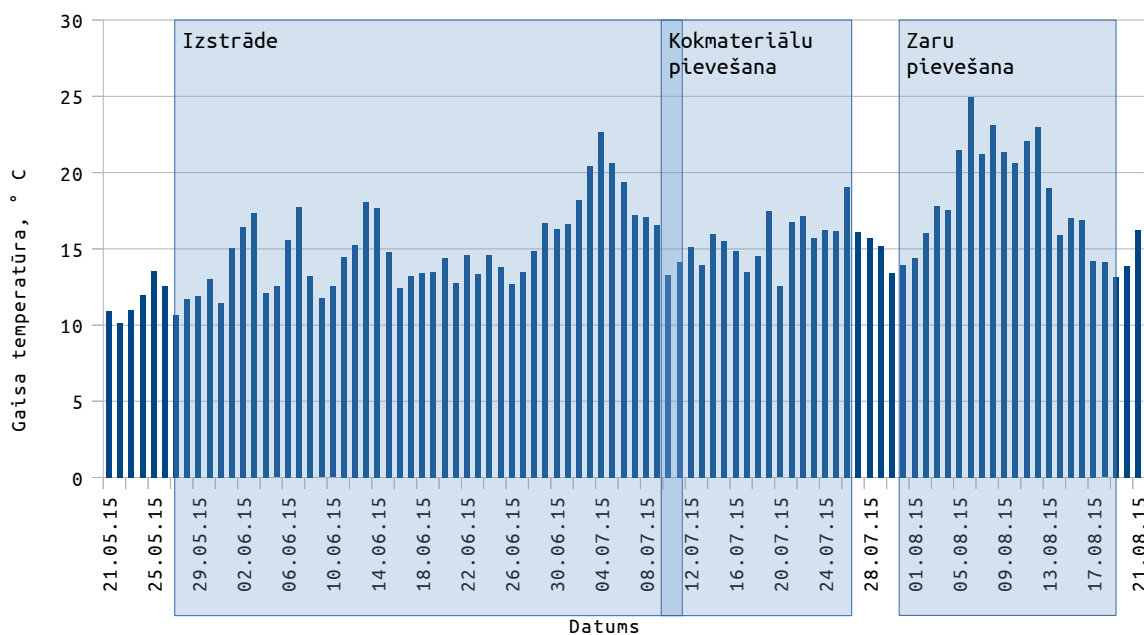
Att. 20: Nokrišņi.

Izmēģinājumos nav konstatēta sakarība starp vēja ātrumu un darba ražīgumu, lai arī izstrādes laikā vairākas dienas novērotas spēcīgas vēja brāzmas (Att. 21). Pievešanas laikā vēja ātrums bija neliels un nevienā no izmēģinājumu dienām nebija tik spēcīgas vēja brāzmas kā izstrādes laikā.



Att. 21: Vēja ātrums.

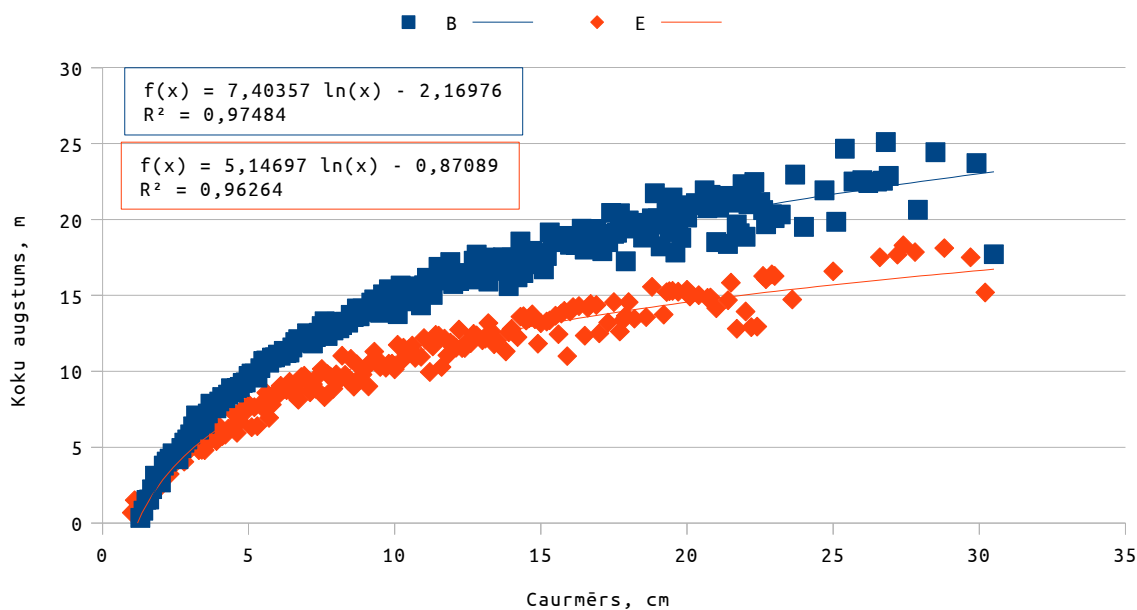
Gaisa temperatūra mežizstrādes izmēģinājumu laikā pieauga no vidēji 11 °C līdz 23 °C. Viskarstākais bija zaru pievešanas laiks, kad vidējā diennakts temperatūra sasniedza 25 °C (Att. 22). Gaisa temperatūras ietekme uz darba ražīgumu bija būtiska, it īpaši jūlija sākumā, veicot izstrādi 279. un 287. kvartāla grāvjos. Dienas vidū harvesteram nereti uzkaras eļļa un darbu nācās pārtraukt uz vairākām minūtēm, lai atdzesētu eļļu. Pārtraukumi parasti tika apvienoti ar operatora atpūtu, tomēr karstuma radītās dīkstāves radīja būtisku ietekmi uz darba ražīgumu.



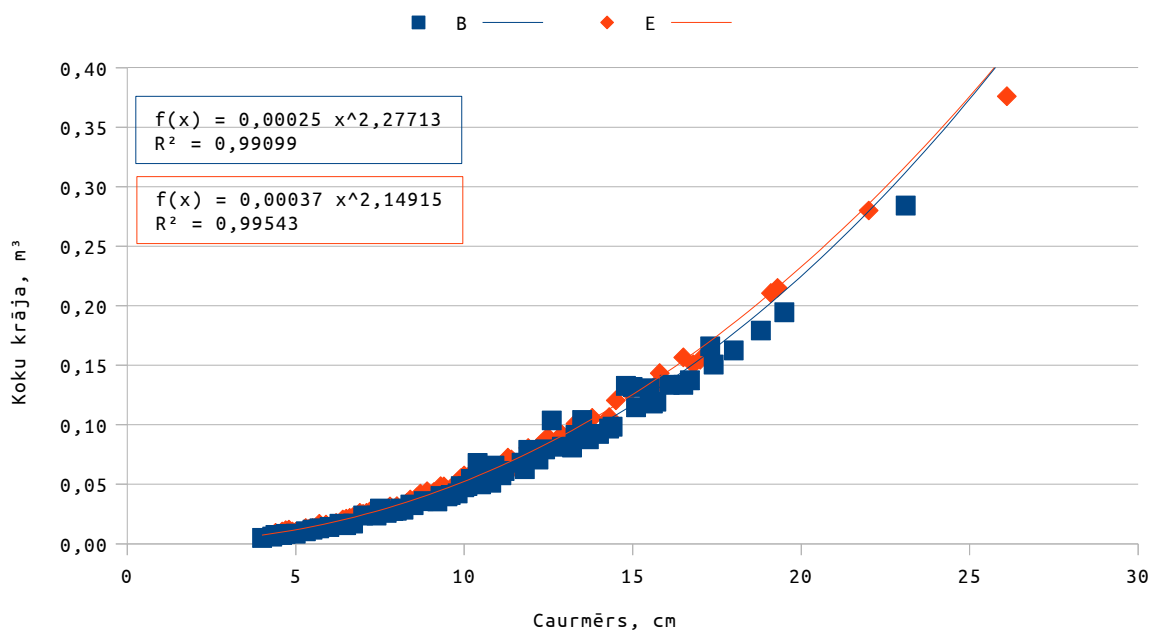
Att. 22: Gaisa temperatūra.

## Biomases un krājas aprēķini

Nozāgēto koku krājas, biomasas un augstuma aprēķinos izmantoti regresijas vienādojumi, kas izveidoti no vidējiem koku augstuma un caurmēra mērījumu rādītājiem 2012.-2013. gadā veiktajos izmēģinājumos grāvju trašu apaugumā (Lazdiņš *et al.*, 2012a; b; Lazdiņš & Zimelis, 2012). Krājas aprēķinos sākotnēji izmantoti I. Liepas vienādojumi (Liepa, 1996), bet biomasas aprēķinos izmantoti LVMI Sīlava izstrādātie biomasas vienādojumi (Lazdiņš *et al.*, 2013). Aprēķinos izmantotie vienādojumi koku augstuma aprēķināšanai doti Att. 23; regresijas vienādojumi krājas novērtēšanai – Att. 24 un vienādojumi stumbra biomasas noteikšanai – Att. 25.

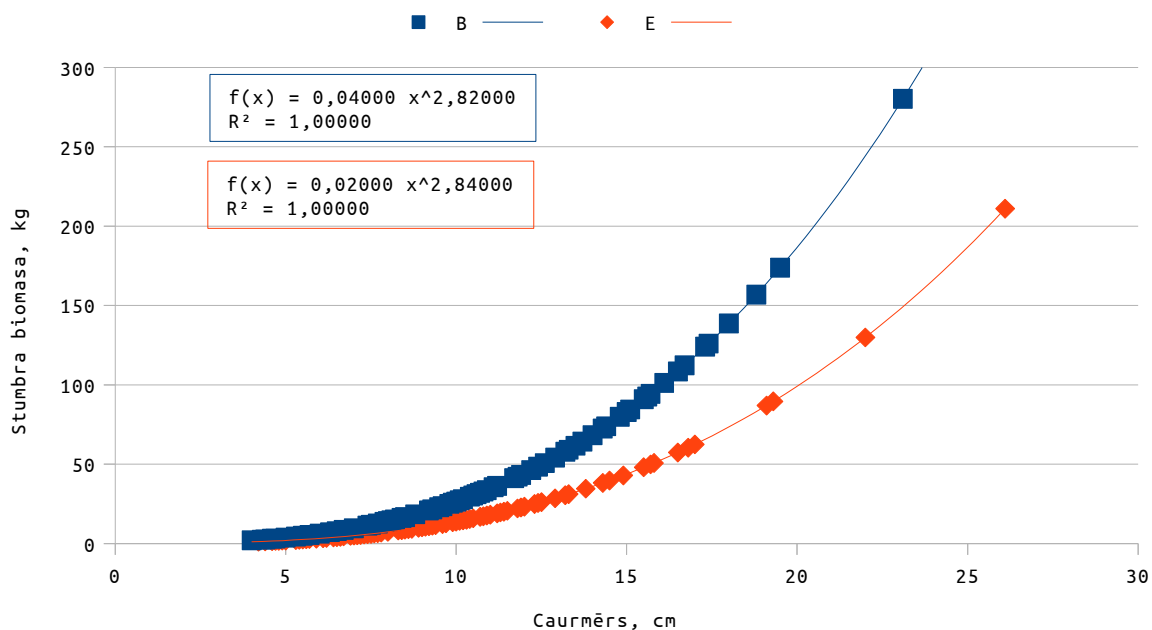


Att. 23: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un koku augstuma sakarības rēķināšanai.



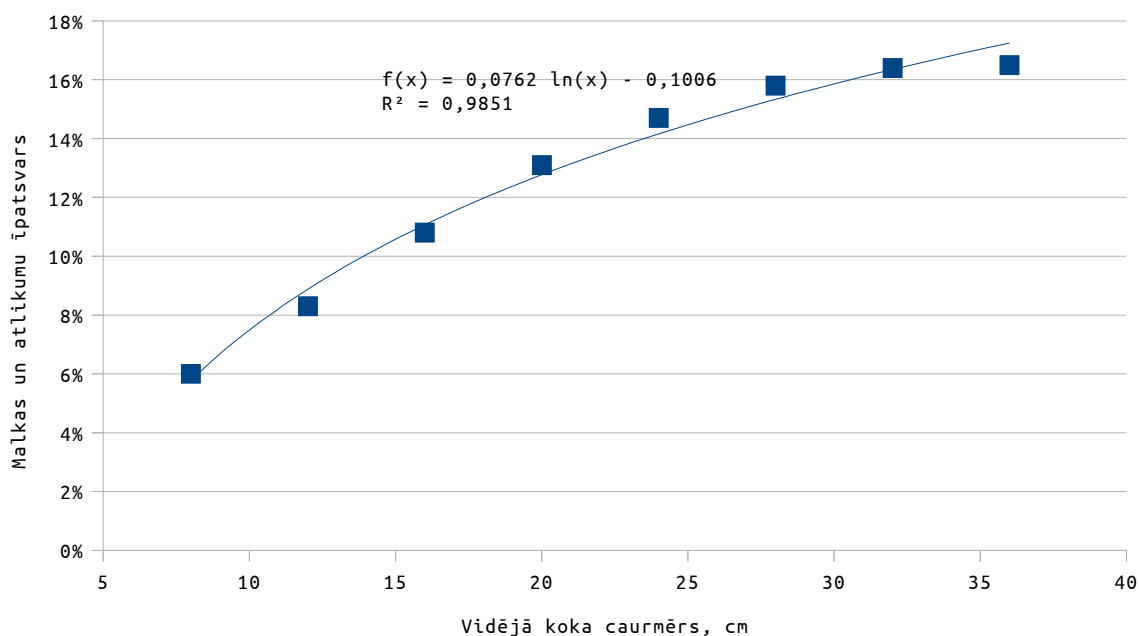
Att. 24: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un krājas sakarības rēķināšanai.





Att. 25: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra un stumbra biomasas sakarības rēķināšanai.

Atlikumu īpatsvars no stumbra krājas noteikts, izmantojot meža taksācijas normatīvu krājumu un izveidojot regresijas līkni bērza audzēm (Att. 26). Pārējie kokmateriālu veidi izmaksu un ieņēmumu analīzē aprēķināti ar proporcijas metodi atbilstoši faktiskajiem mežizstrādes datiem.



Att. 26: Regresijas vienādojums atlikumu īpatsvara noteikšanai (pēc Матузанис, 1988).

Krājas aprēķins galvenās cirtes ieņēmumu un izdevumu analīzei veikts, izmantojot Meža resursu monitoringa datus un pieņemot vidējos grāvju trasēm raksturīgos rādītājus, atlasot tādus grāvjus, kuros ir vismaz  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  krāja. Mežizstrādes atlieku zudumi pieņemti 20 % no kopējām mežizstrādes atliekām.

## **Pieņēmumi izmaksu aprēķiniem**

Harvestera izmaksu aprēķinos izmantoti dati, kas apkopoti 2011.-2012. gadā veiktajos pētījumos par celmu izstrādi (Lazdiņš, 2012). Pievedējtraktora John Deere 810 cena pieņemta atbilstoši pētījumā par Moipu paketējošās griezējgalvas izmantošanu jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēs un grāvju trašu apauguma novākšanā veiktajai aptaujai. Logset 5F cena iegūta no sludinājumu portāliem, atlasot mašīnas ar 10000 stundu nolietojumu. Pievedējtraktoru, šķeldotāja, kokvedēja un šķeldu vedēja izmaksas un darba ražīguma rādītāji ņemti no pētījuma par Moipu paketējošās griezējgalvas izmantošanu (Lazdiņš *et al.*, 2015).

Personāla izmaksas pārrēķinātas uz 3 operatoriem, kas strādā 3 maiņās, katrs pa 8 stundām; vidējā atalgojuma likme gadā ir 7 EUR stundā, neskaitot darba devēja sociālo nodokli. Personāla izmaksām pieskaitīta arī apdrošināšana, dienas nauda un apmācība.

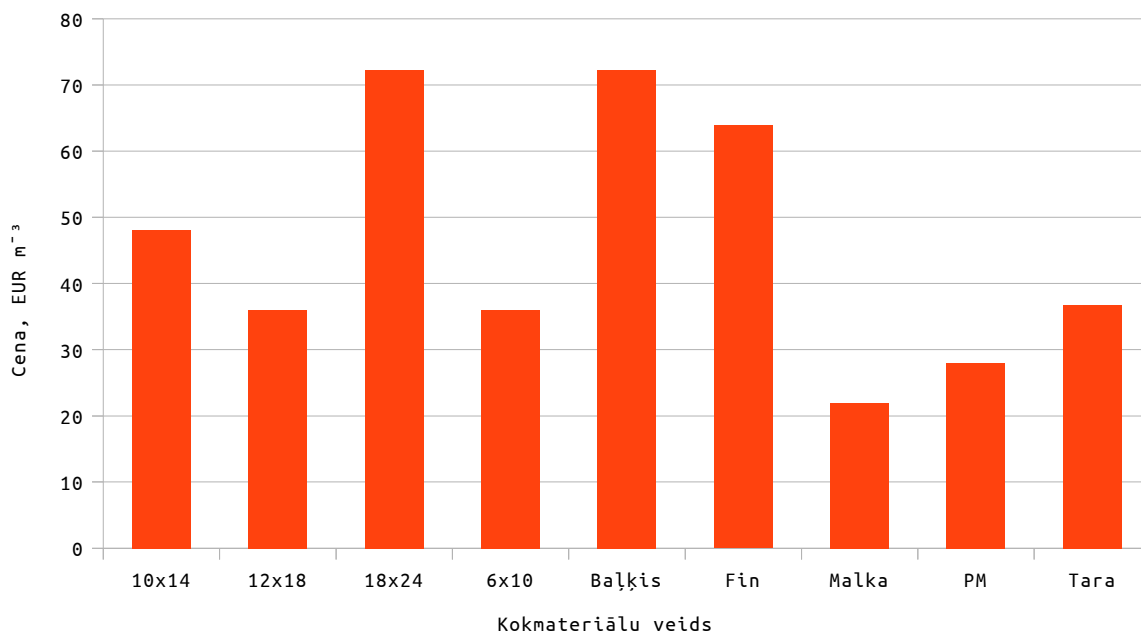
Degvielas izmaksu aprēķinos izmantoti dati par faktiski patērētās degvielas daudzumu izmēģinājumu laikā (Tab. 9), pieņemot, ka galvenajā cirtē vidējais degvielas patēriņš ir 15,2 L motorstundā.

No darba stundām atskaitīta arī mašīnas pārvietošana starp objektiem, pieņemot, ka harvesteru pārvieto 15 reizes gadā, un katra pārvietošana rada vidēji 2,5 stundas ilgu dīkstāvi. Aprēķinos pieņemts, ka kokmateriālu pievedējtraktoru pārvieto 36 reizes gadā (jo tas izmēģinājumam raksturīgos apstākļos nodrošina 2,4 reizes lielāku darba ražīgumu nekā harvesters), bet biokurināmā sagatavošanai un smalcināšanai paredzēto tehniku pārvieto 60 reizes gadā atbilstoši sīkkoku pievešanas un harvestera darba ražīguma atšķirībām. Harvestera tehniskās gatavības aprēķinos pieņemts, ka harvestera dzinējs darbojas 4450 stundas (246 dienas) gadā.

Operatoru atalgojums aprēķināts par 246 nostrādātām dienām, ieskaitot atvaļinājuma naudu; attiecīgi, aprēķinos pieņemts, ka pārējā laikā operatori nodarbināti uz citām mašīnām, un šīs izmaksas nav ietvertas pašizmaksas aprēķinos. Izmaksu aprēķinā ietverta operatoru profesionālās kvalifikācijas paaugstināšana un veselības apdrošināšanas izmaksas.

Pašizmaksas aprēķinos izmantots LVMI Silava izstrādātais darba stundas aprēķinu modelis, kas veidots uz Zviedrijas mežzinātnes institūtā Skogforsk izstrādātā FLIS modeļa bāzes (Thor *et al.*, 2008; Lazdiņš *et al.*, 2015).

Apaļo kokmateriālu cenas pieņemtas atbilstoši Centrālā statistikas biroja publicētajai informācijai (Att. 27). Šķeldu cena pieņemta 10 EUR ber.  $\text{m}^{-3}$ .



Att. 27: Pieņēmumi par apaļo kokmateriālu cenu.

# DARBA REZULTĀTI

## Darba ražīguma rādītāji

### Izstrādes darba ražīgums

Grāvu izstrādes darba laika uzskaitē veikta kopumā 174 stundas (Tab. 8), kuru laikā saskaņā ar harvestera uzskaiti sagatavoti 617 m<sup>3</sup> kokmateriālu (izņemot malku, bez mizas, Tab. 9), bet atbilstoši stumbra tilpuma vienādojumam – 734 m<sup>3</sup>. Kokmateriāli, kas nav iekļauti harvestera uzskaitē, iz neatzarotie sīkkoki un galotnes Vidējais darba ražīguma rādītājs – 2 m<sup>3</sup> tiešā darba stundā jeb 1,5 m<sup>3</sup> motorstundā. Izmēģinājumos izstrādāti aptuveni 12 ha grāvju. Darba laika uzskaites analīzē iekļauti 12982 koku nozāģēšanas hronometrāžas dati.

Tab. 8: Kopējais ekskavatora nostrādātais laiks

Kvartāls	Fiksētais laiks pēc darba lapām, h	Hronometrētais laiks, centiminūtes	Motorstundas
279	12:23:00	193959	29
287	14:31:00	188572	28,1
413	6:33:00	149531	29,1
419	1:00:00	169800	24,1
420	21:09:00	339761	74
Kopā	199:36:00	1041623	184,3
<b>Darba stundas</b>		<b>173,60</b>	

Tab. 9: Izmēģinājumos sagatavotie kokmateriāli

Kokmateriālu veids	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Lapu koki	Priede	Kopā
10x14			5,790			5,790
12x18				43,530		43,530
18x24				12,860		12,860
6x10			4,410			4,410
Balkis			7,000			7,000
Fin		6,180				6,180
Malka	0,060	4,830	42,300	303,910		351,100
PM		53,650	77,530		0,450	131,630
Tara		0,480		54,030		54,510
Kopā	0,060	65,140	137,030	414,330	0,450	617,010

Izmaksas ietekmējošo faktoru analīzē dažādi kokmateriālu veidi apvienoti atbilstoši Tab. 10 dotajai klasifikācijai, nosakot vidējo kokmateriālu cenu atbilstoši centrālās statistikas pārvaldes datiem par 2015. gada pirmo pusgadu (tabula MSG06. KOKMATERIĀLU VIDĒJĀS IEPIRKUMA CENAS (EUR m<sup>-3</sup> (bez PVN)<sup>11</sup>).

Tab. 10: Kokmateriālu kopsavilkums izmaksu analīzei

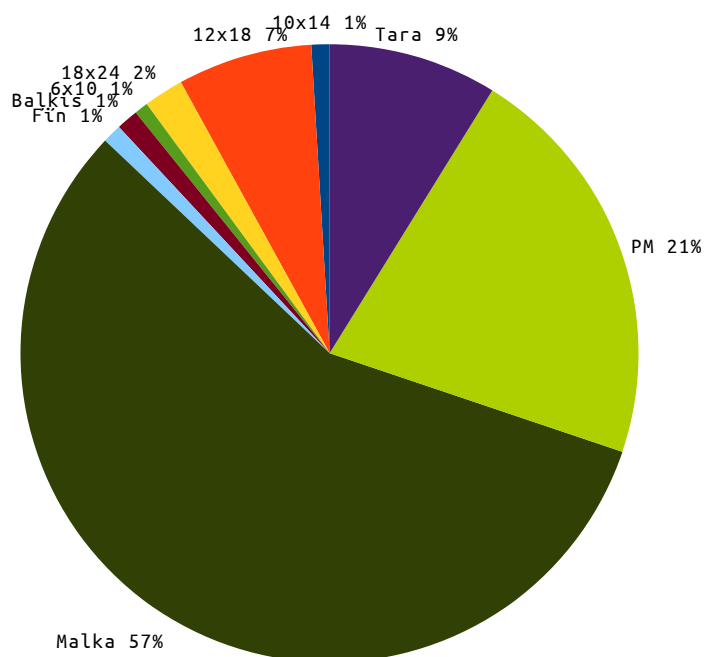
Nr.	Kokmateriālu veids	Kokmateriāli, m <sup>3</sup>
1.	10x14	5,790

<sup>11</sup> [http://data.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks\\_ikgad\\_mezsaimn/MS060\\_euro.px?rxid=cdbc978c-22b0-416a-aacc-aa650d3e2ce0](http://data.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks_ikgad_mezsaimn/MS060_euro.px?rxid=cdbc978c-22b0-416a-aacc-aa650d3e2ce0)



Nr.	Kokmateriālu veids	Kokmateriāli, m <sup>3</sup>
2.	12x18	43,530
3.	18x24	12,860
4.	6x10	4,410
5.	Baļķis	7,000
6.	Fin	6,180
7.	Malka	351,100
8.	PM	131,630
9.	Tara	54,510

Lielākā daļa sagatavoto kokmateriālu ir malka (57 %, neskaitot neatzarotos sīkkokus un mežizstrādes atliekas, Att. 28), papīrmalka un tara (kopā 30 %). Izmēģinājumos sagatavots arī salīdzinoši liels daudzums lapkoku (apses un bērza) sīkbaļķu (7 %). Pārējie kokmateriālu veidi ir ne vairāk kā 2 % no kopējā apaļo kokmateriālu daudzuma, t.i. līdz 13 m<sup>3</sup> vai ne vairāk kā 1,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Praksē ir lietderīgi atteikties no šo kokmateriālu veidu gatavošanas, nodrošinot darba ražīguma pieaugumu visos kokmateriālu sagatavošanas etapos un vienkāršojot kokmateriālu piegāžu organizāciju. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem, grāvju izstrādes darba uzdevumā, neskaitot neatzarotu vai daļēji atzarotu biokurināmo, jānorāda 4 apaļo kokmateriālu veidi – malka, papīrmalka (skujkoku un lapkoku, ja lapkoku papīrmalkas gatavošana ir izdevīgāka par biokurināmā gatavošanu), tara un lapkoku sīkbaļķi. Grāvjos ar skujkoku apaugumu jāgatavo arī skujkoku sīkbaļķi, lapkokus novirzot papīrmalkā, tarā vai malkā.



Att. 28: Dažādu apaļo kokmateriālu veidu īpatsvars.

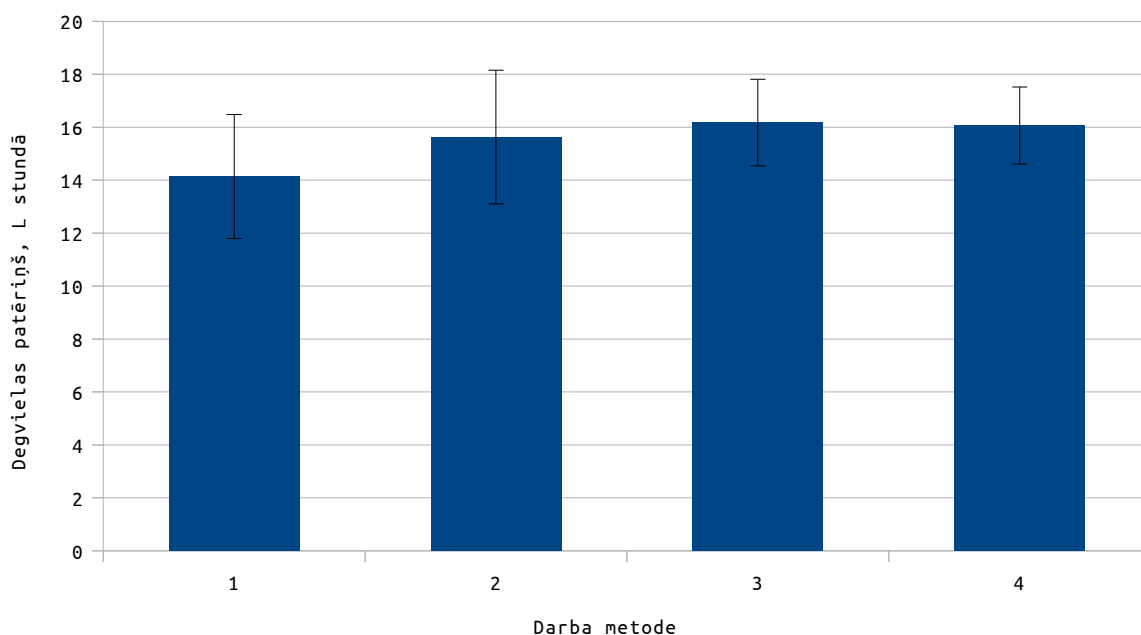
Pētījuma laikā veikta automatizēta degvielas patēriņa uzskaitē, nodrošinot detalizētu informāciju par kopējo izmantotās degvielas apjomu. Daļa no grāvjiem atrodas ārpus mobilo sakaru operatoru pārklājuma zonas, tāpēc degvielas patēriņa detalizēta analīze atsevišķu grāvju vai laika posmu griezumā nav iespējama. Pētījumā konstatēts, ka izmantotā degvielas

uzskaites sistēma dod objektīvu priekšstatu par kopējo degvielas patēriņu, par tehnikas darbību vai dīkstāvi, bet, lai šo sistēmu izmantotu zinātniskiem pētījumiem mežizstrādē, tā ir jāpapildina ar datu uzkrāšanas ierīcēm, kas saglabā sākotnējos datus un saņem informāciju arī par dzinēja noslodzi attiecīgajā laika posmā. Datu uzkrāšanas ierīču uzstādīšana tehnikā ļautu arī atteikties no centralizētās datu bāzes izmantošanas datu apstrādei, jo patreiz pieejamās datu izdrukās nav pietiekoši informatīvas un prasa būtisku roku darba ieguldījumu, lai iegūtu pētījumiem nepieciešamo informāciju. Datu uzkrāšana nenotiek arī tad, ja tehnika atrodas ārpus mobilo sakaru pakalpojumu sniedzēju uztveršanas zonas, tāpēc mežizstrādes izmēģinājumos nepastarpināta datu uzkrāšana ir obligāts priekšnosacījums degvielas patēriņa uzskaites sistēmu izmantošanai.

Vidējais ekskavatora degvielas patēriņš izmēģinājumos ir 15,2 L; dažādām darba metodēm konstatēts atšķirīgs degvielas patēriņš (Tab. 11), taču atšķirība ir vidējo rādītāju nenoteiktības robežās (Att. 29).

Tab. 11: Degvielas patēriņš

Nr.	Darba metode	Degvielas patēriņš, L stundā
1.	1	14,138
2.	2	15,630
3.	3	16,300
4.	4	15,451
5.	Vidēji	15,207



Att. 29: Degvielas patēriņš.

Vidējie darba ražīguma rādītāji, neņemot vērā mežizstrādes darba metodi, izstrādājamo koku sugu un citas metodiskas atšķirības, zāgējot 4-30 cm resnus kokus, parādīti Tab. 12, bet regresijas līkne, kas raksturo vidējo darba ražīgumu šajā pētījumā – Att. 30. Darba ražīgumu raksturo pakāpes vienādojums ar pieaugošu datu izkliedi, zāgējot par 25 cm resnus kokus.

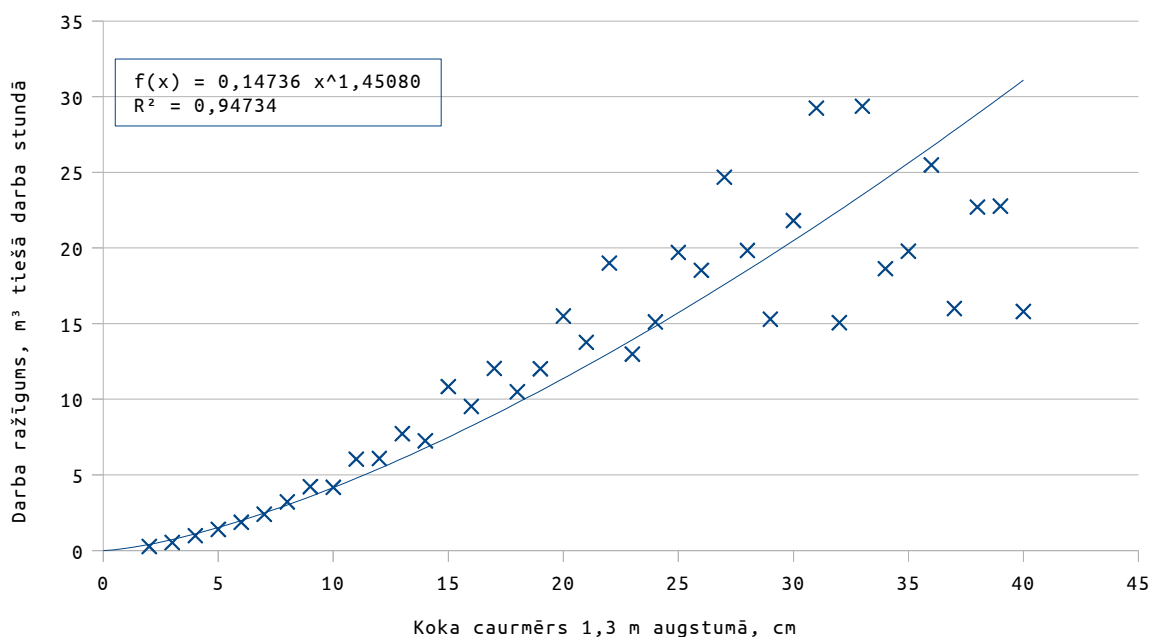
Darba ražīguma atšķirības, ņemot vērā salīdzinoši nelielo nozāgēto koku skaitu šajās caurmēra pakāpēs, saistītas ar atšķirīgu sortimentāciju dažādu sugu kokiem. Tievākajiem kokiem lielais nozāgēto koku skaits izlīdzina rezultātu.

Vidējais darba ražīgums, zāgējot 10 cm resnus kokus, ir 4,5 m<sup>3</sup> tiešā darba stundā. Lai pārrēķinātu uz darba ražīgumu motorstundā, iegūtais rezultāts ir jāreizina ar tiešā darba laika īpatsvaru mežizstrādes mašīnas dzinēja nostrādātajās motorstundās.

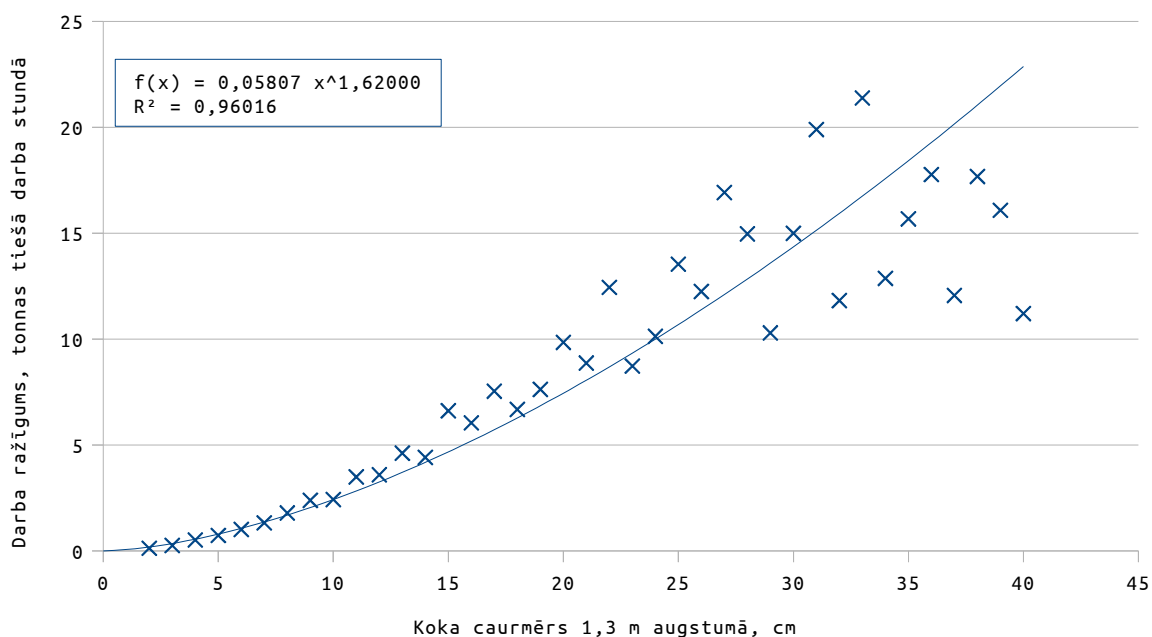
Gatavojot biokurināmo, būtisks rādītājs ir darba ražīgums pārrēķināts uz 1 tonnu biomasas sausnas, kas parādīts Att. 31. Zāgējot 10 cm resnus kokus, harvesters sagatavo 2,7 tonnas biomasas stundā, neskaitot mežizstrādes atliekas, kas atbilst aptuveni 16 ber. m<sup>3</sup> šķeldu, attiecīgi 1 ber. m<sup>3</sup> šķeldu pašizmaksa pie darba stundas izcenojuma 75 EUR ir 4,7 EUR ber. m<sup>-3</sup>.

**Tab. 12: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums neatkarīgi no darba metodes**

D <sub>1,3</sub> cm	Ražīgums, tonnas stundā	Ražīgums, m <sup>3</sup> stundā	Ražīgums, koki stundā	Kopējās krājas īpatsvars	Tiešā darba laika īpatsvars	Koku skaita īpatsvars	Vidējais koku skaits darba ciklā	Vidējais koks, m <sup>3</sup>	Izkritušo koku īpatsvars
4	0,510	0,984	178,030	1%	8%	15%	2,489	0,005	0,0%
5	0,728	1,395	148,883	2%	8%	14%	2,110	0,009	0,0%
6	1,008	1,866	126,044	2%	7%	10%	1,634	0,015	1,3%
7	1,321	2,397	110,444	3%	7%	8%	1,268	0,022	2,9%
8	1,786	3,214	106,057	4%	8%	9%	1,205	0,030	2,9%
9	2,381	4,220	103,400	3%	5%	5%	1,077	0,041	0,0%
10	2,421	4,173	78,678	5%	8%	6%	1,207	0,053	1,7%
11	3,488	6,043	88,699	2%	3%	2%	1,148	0,068	1,4%
12	3,588	6,086	71,951	6%	7%	5%	1,059	0,085	0,0%
13	4,611	7,724	74,534	4%	4%	3%	1,116	0,104	0,0%
14	4,411	7,254	58,379	5%	5%	2%	1,090	0,124	3,9%
15	6,613	10,839	72,674	3%	2%	1%	1,091	0,149	0,0%
16	6,040	9,528	56,160	4%	3%	2%	1,140	0,173	0,0%
17	7,538	12,038	59,226	3%	2%	1%	1,038	0,203	0,0%
18	6,677	10,494	45,145	7%	4%	2%	1,098	0,234	0,0%
19	7,624	12,017	44,301	2%	1%	1%	1,000	0,272	0,0%
20	9,842	15,499	49,550	7%	3%	2%	1,000	0,313	0,0%
21	8,864	13,765	39,286	2%	1%	0%	1,000	0,348	0,0%
22	12,440	18,999	49,033	3%	1%	1%	1,067	0,394	0,0%
23	8,724	12,984	31,128	1%	0%	0%	1,000	0,417	0,0%
24	10,128	15,107	31,967	3%	1%	0%	1,000	0,467	0,0%
25	13,538	19,712	39,216	2%	1%	0%	1,000	0,507	0,0%
26	12,243	18,527	30,151	0%	0%	0%	1,000	0,614	0,0%
27	16,919	24,683	39,252	2%	1%	0%	1,000	0,645	0,0%
28	14,967	19,834	36,991	1%	0%	0%	1,000	0,546	0,0%
29	10,289	15,293	18,832	3%	1%	0%	1,200	0,812	0,0%
30	14,994	21,809	25,705	4%	1%	0%	1,250	0,847	0,0%



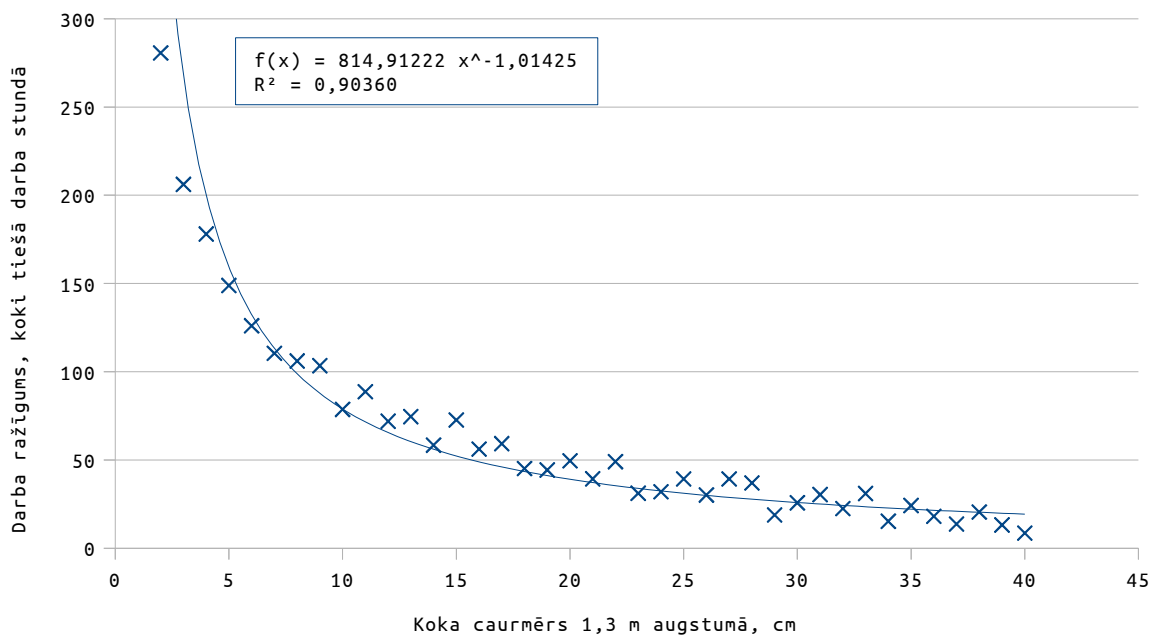
Att. 30: Vidējais darba ražīgums izmēģinājumos.



Att. 31: Vidējais darba ražīgums izmēģinājumos (pārrēķins uz sausnas tonnām).

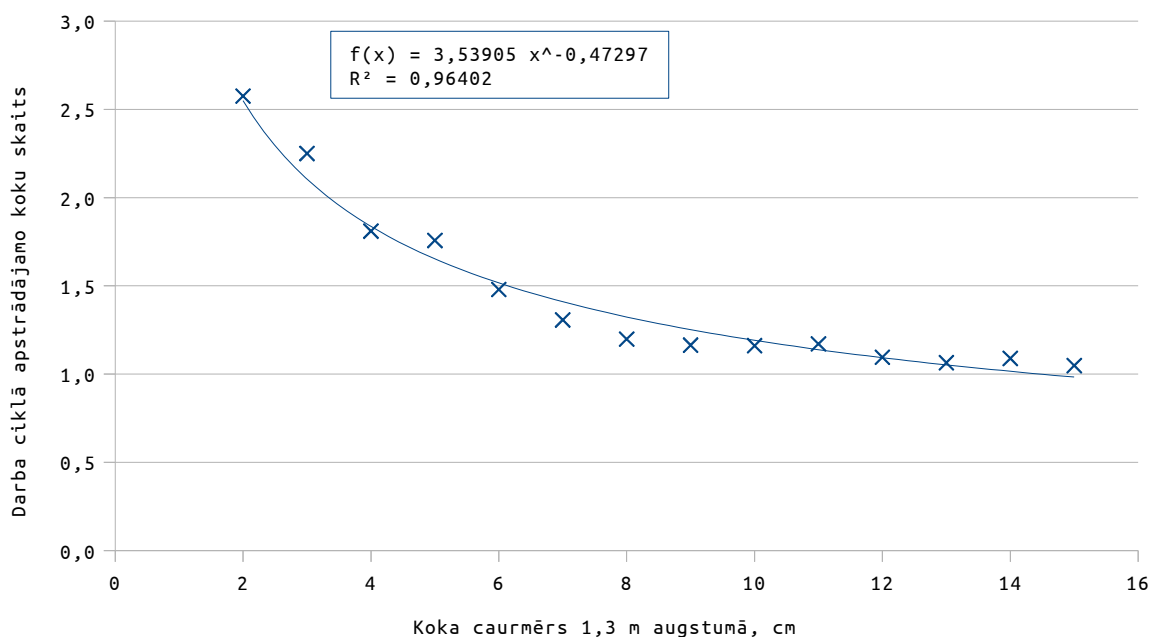
Darba stundā apstrādājamo koku skaits samazinās, pieaugot to caurmēram. Zāgējot 10 cm resnus kokus, tiešā darba stundā var apstrādāt 86 kokus, bet, palielinoties apstrādājamo koku caurmēram līdz 15 cm, tiešā darba stundā var apstrādāt tikai 65 kokus (Att. 32). Apstrādājamo koku skaits stundā strauji palielinās, ja zāgējamo koku caurmērs ir mazāks par 10 cm, kas saistīts ar vienkāršākiem sortimentācijas nosacījumiem. Taču apstrādājamo koku skaita palielināšanās nav proporcionāla mazo caurmēra pakāpju koku krājas samazinājumam.





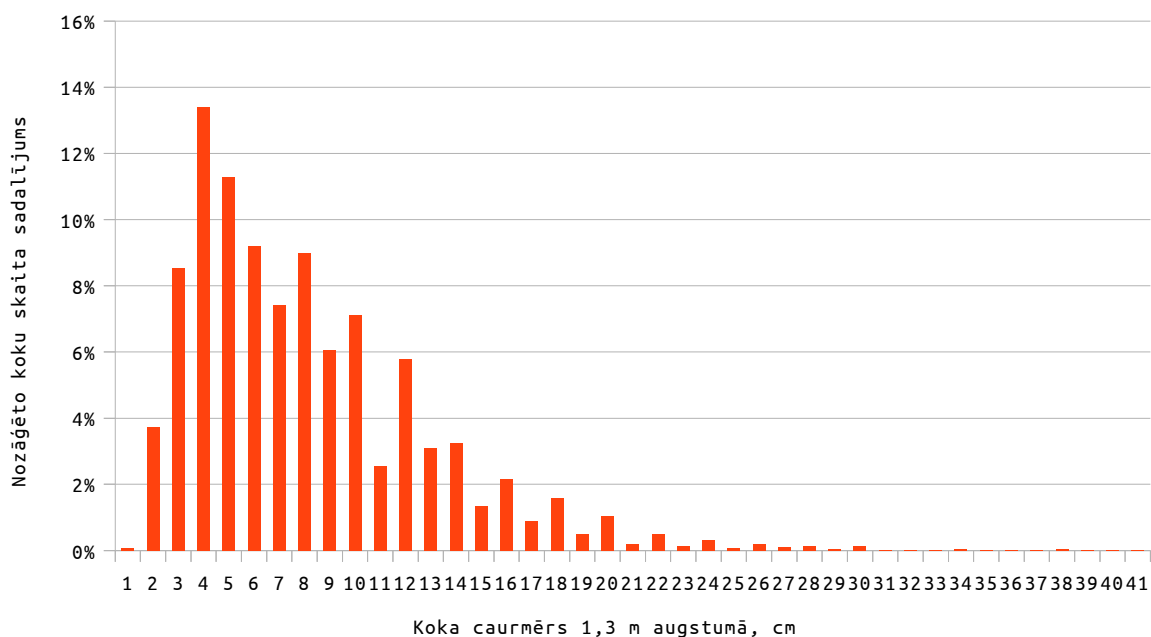
**Att. 32: Tiešā darba stundā apstrādājamo kokus skaits.**

Katrā darba ciklā apstrādāja, lielākoties, ne vairāk kā 1 koku. Paketēšanas funkcija izmantota tikai par 15 cm tievākiem kokiem. Pakāpes regresijas vienādojums, kas raksturo vidējo koku skaitu darba ciklā, atkarībā no zāgējamā koka caurmēra, parādīts Att. 33. Par 15 cm resnākiem kokiem jāpieņem, ka darba ciklā apstrādā tikai 1 koku. Būtisku darba ražīguma palielinājumu var panākt, izmantojot paketēšanas funkciju arī papīrmalkas gatavošanā. Šādas darba metodes īstenošanai ir jāatsakās no kokmateriālu uzskaites ar tilpuma metodi, pārejot uz sagatavotā materiāla svēršanu (attiecīgi, pirmie dati par sagatavoto materiālu parādās pievešanas laikā), kā arī jāatvieglo prasības papīrmalkas garuma pielaidēm un zaru garuma pielaidēm.

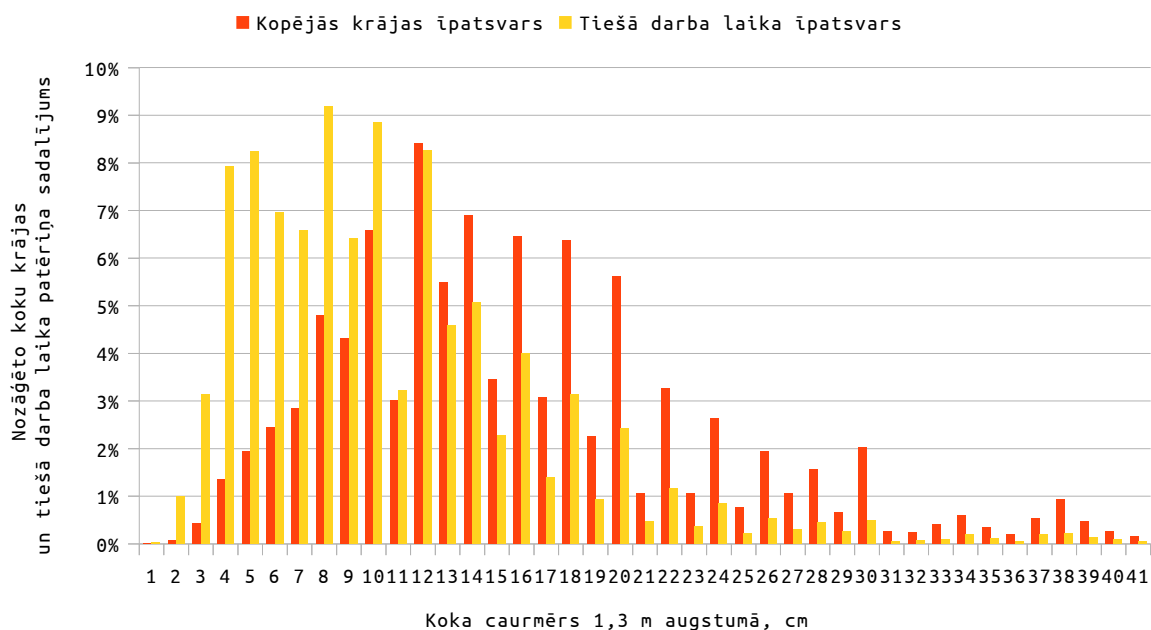


**Att. 33: Darba ciklā apstrādājamo koku skaits.**

Att. 34 un Att. 35 raksturo vienu no galvenajām problēmām, kas konstatētas šajā un citos mazu koku zāģēšanas mašinizācijas izmēģinājumos. Nozāģēto koku caurmēra sadalījumā un darba laika izlietojumā dominē mazi kociņi (grāvju trašu izstrādes izmēģinājumos visvairāk zāģēti 4-5 cm resni koki). Savukārt, šo koku kopējā krāja ir salīdzinoši neliela (Att. 35). Atsakoties no mazo kociņu zāģēšanas (saglabājot tos kā paaugu vai pēc grāvju mašinizētas izstrādāšanas nozāģējot ar motorinstrumentiem), mežizstrādes darba ražīgums būtiski palielinātos. Obligāts nosacījums mazo kociņu mašinizētas zāģēšanas nepieciešamības mazināšanai ir kokmateriālu struktūras vienkāršošana un aktīvāka hidromanipulatora izmantošana lielāku kokmateriālu kaudzīšu veidošanai.



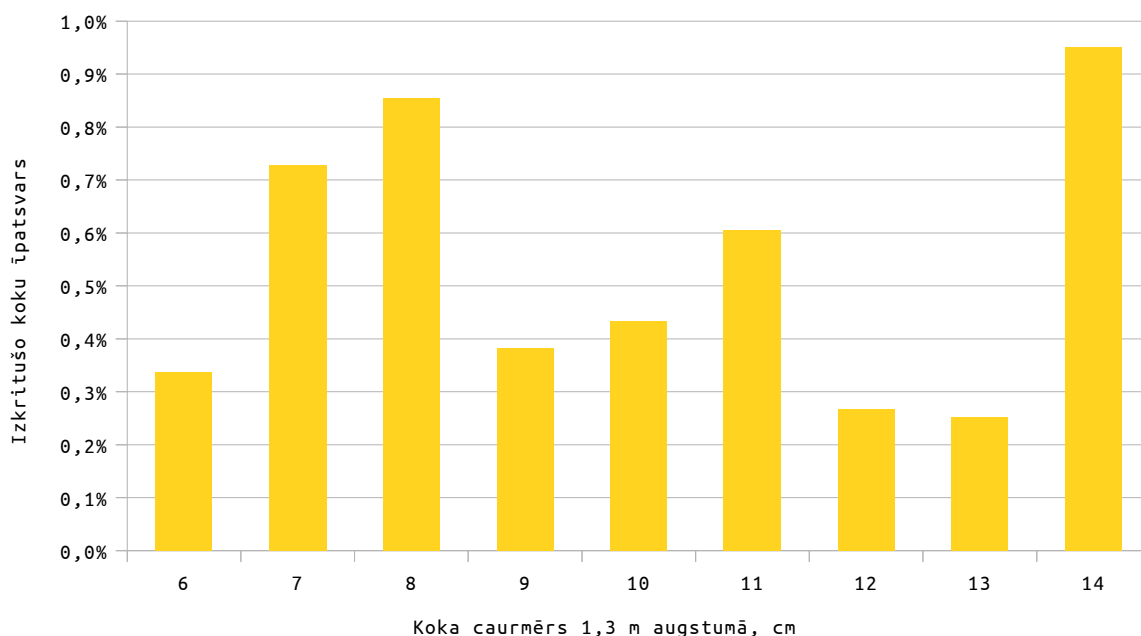
Att. 34: Nozāgēto koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.



Att. 35: Nozāgēto koku krājas un tiešā darba laika patēriņa sadalījums caurmēra pakāpēs.

Viens no rādītājiem, kas raksturo giezējgalvas piemērotību attiecīgo darba uzdevumu veikšanai, kā arī sortimentācijas darba uzdevuma atbilstību darba apstākļiem, ir izkritušo koku īpatsvars, t.i. tie darba cikli, kas nenoslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu. Salīdzinot izkritušo kociņu īpatsvaru, zāgējot 5-20 cm resnus kokus, problēmas parādās tad, ja koka caurmērs ir vismaz 6 cm (darba metodēs, kurās gatavo daļēji atzarotus sīkkokus) un izkritušo koku vairs nav, ja zāgējamā koka caurmērs ir vismaz 15 cm (Att. 36). Lielākais izkritušo koku

īpatsvars (vidēji 0,9 %) ir, zāgējot 8 cm un 14 cm resnus kokus. Pētījumā secināts, ka būtisku ietekmi rada sortimentācija, piemēram, operators sāk gatavot papīrmalkas nogriezni, bet galotne izrādās pārāk tieva vai nolūzt un atlikusī koka daļa nonāk mežizstrādes atlieku kaudzē. Atšķirībā no kopšanas cirtēm, grāvju trasēs lielākā daļa no "izkritušajiem" kokiem nepaliek cismā, bet nonāk augšgala krautuvē ar mežizstrādes atliekām.



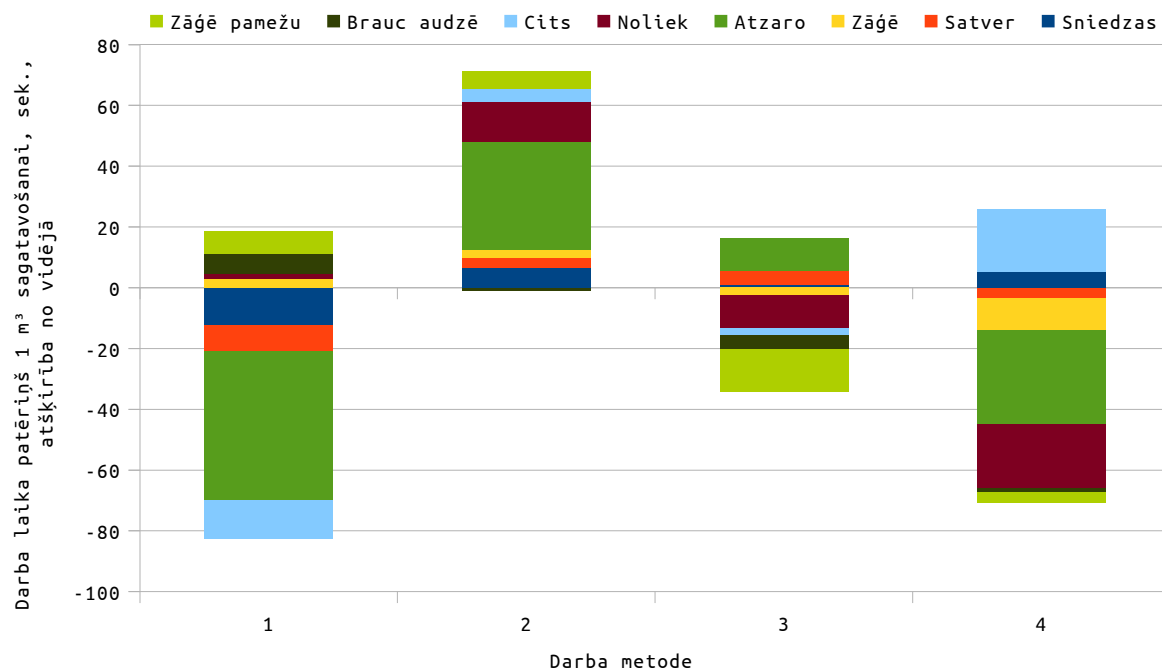
Att. 36: Izkritušo koku īpatsvars.

Izstrādes darba ražīguma vidējo rādītāju kopsavilkums darba metožu griezumā dots Tab. 13. Vismazāk produktīvā darba laika 1 m<sup>3</sup> sagatavošanai patērēts, strādājot ar 1. darba metodi, kurai ar līdzīgu rezultātu seko 4. un 3. darba metode, starp kurām nav būtiskas atšķirības. Salīdzinot ar vidējiem darba ražīguma rādītājiem, 2. darba metodē, ar kuru iegūti vissliktākie darba ražīguma rādītāji, vairāk laika patērēts atzarošanai un kokmateriālu novietošanai (Att. 37). Iespējams, ka šāda tendence saistīta ar specifiskiem apstākļiem 2. darba metodei izraudzītajos grāvjos, jo metodes izraudzītas nejauši, nevērtējot apauguma viendabīgumu. Ar 2. darba metodi izstrādātajos grāvjos bija vismazākais vidējais koks (0,06 m<sup>3</sup>).

Tab. 13: Izstrādes ražīguma rādītāji, sek. m<sup>-3</sup>

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Atzaro	Noliek	Cits	Brauc audzē	Zāgē pamežu	Pako ceļu	Remonts	Iebrauc	Izbrauc	Stop	Tiešais darba laiks	Produktīvais laiks	Kopējais laiks
1	75	47	48	181	81	49	31	54	6	74	7	16	25	525	667	693
2	94	58	47	266	92	65	23	53	0	73	18	15	27	651	806	833
3	88	60	42	241	68	59	19	33	0	91	11	16	15	554	730	745
4	93	51	34	200	58	82	23	44	0	83	20	23	13	533	711	724
Visas metodes	88	55	45	231	79	61	24	47	1	79	14	17	22	580	740	762





Att. 37: Darba laika patēriņa atšķirības no vidējiem rādītājiem.

Vidējā nozāgētā koka caurmērs, strādājot ar 1. darba metodi, bija lielāks, nekā, strādājot ar pārējām darba metodēm. Tāpat, šajā darba metodē bija būtiski lielāks lapkoku īpatsvars (Tab. 14), kam ir vienkāršāka sortimentācija, attiecīgi, iepriekš konstatētie būtiski lielākie darba ražīguma rādītāji var būt saistīti ar sugu sastāva un koku dimensiju ietekmi. Vidējā nozāgētā koka stumbra tilpums ir 0,07 m<sup>3</sup>, būtiski lielāks (0,09 m<sup>3</sup>) stumbra tilpums ir ar 1. metodi izstrādātajos grāvjos.

Vislielākais darba ciklā apstrādāto koku skaits ir, strādājot ar 1. darba metodi, taču atšķirība nav būtiska un visās darba metodēs paketešanas funkcija ir izmantota reti.

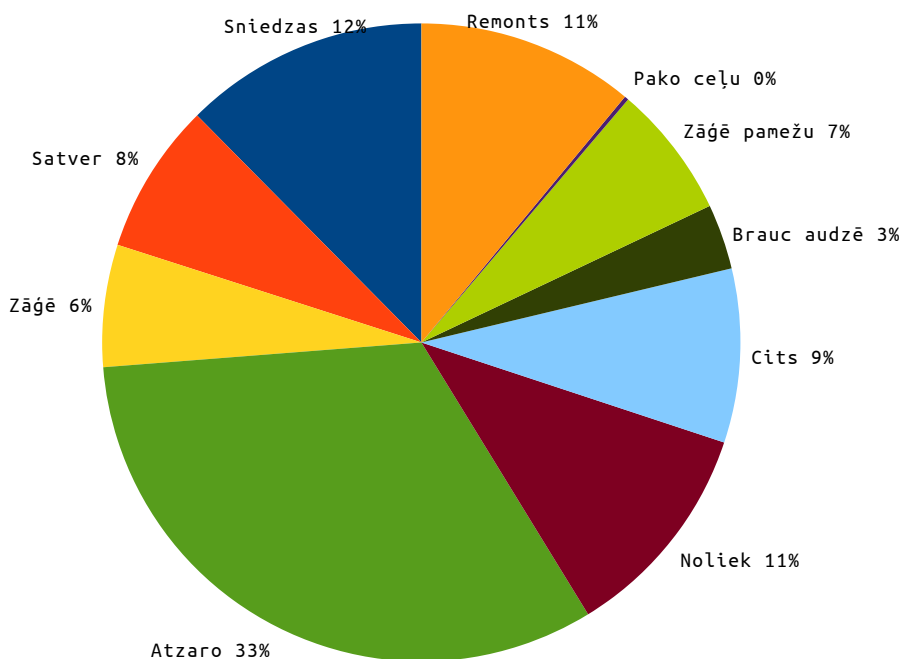
Pētījumā konstatēts, ka daudz biežāk, nekā citos izmēģinājumos, harvestera griezējgalva met nost ķēdi. Konsultējoties ar operatoriem un servisa pārstāvjiem, secināts, ka šī problēma saistīta ar manuālā spriegotāja izmantošanu ķēdes pievilkšanai. Lai izvērtētu automātiskā spriegotāja uzstādīšanas lietderīgumu un potenciālos ieguvumus, darba laiks, kas patērēts nomestas ķēdes atlikšanai vietā un pievilkšanai vai nomaīnai uzskaitīts atsevišķi.

Tab. 14: Darba apstākļus un sagatavotos kokmateriālus raksturojošie rādītāji

Darba metode	Novērojumu skaits	D1,3	H, m	Izkritis koks	Egle	Priede	Lapkoks	Koka krāja, m <sup>3</sup>	Kopējā krāja, m <sup>3</sup>	Stumbra biomasa, kg	Kopējā stumbru biomasa, tonnas	Tiešais darba laiks, sek. m <sup>-3</sup>	Tiešais darba laiks, sek. tonna <sup>-1</sup>	Tiešais darba laiks, sek. koks <sup>-1</sup>	Koku skaits	Koku skaits darba ciklā	Nomesta ķēde
1	2215	10	13	1%	19%	0%	81%	0,086	192	55	121	525	906	37	2929	1,479	45
2	4318	9	12	0%	46%	0%	54%	0,062	277	39	175	651	1108	36	5360	1,342	32

Darba metode	Novērojumu skaits	D1,3	H, m	Izkritis koks	Egle	Priede	Lapkoks	Koka krāja, m³	Kopējā krāja, m³	Stumbra biomasa, kg	Kopējā stumbru biomasa, tonnas	Tiešais darba laiks, sek. m³	Tiešais darba laiks, sek. tonna <sup>-1</sup>	Tiešais darba laiks, sek. koks <sup>-1</sup>	Koku skaits	Koku skaits darba ciklā	Nomesta ķēde
3	2825	9	12	0%	31%	0%	69%	0,064	197	41	125	554	965	33	3619	1,415	36
4	1107	9	12	0%	39%	0%	61%	0,072	82	47	53	533	911	36	1342	1,312	5
Visas metodes	10465	9	12	0%	35%	0%	65%	0,069	747	44	473	580	997	36	13250	1,387	118

Lielāko daļu darba laika operatori patērē koku atzarošanai. Tieši tādu pašu daudzumu darba laika atzarošanai patērēja 2013. gadā ar Ponsse Ergo harvesteru veiktajos izmēģinājumos. Sniegšanās pēc koka un griezējgalvas pozicionēšana kopā aizņem 20 % no darba laika, kas saistīts ar pameža koku traucējošo ietekmi. Darba laika patēriņš šai operācijai var samazināt, aprīkojot harvesteru ar kniebējgalvu vai kombinēto griezējgalvu un grūti pārskatāmās vietās koku gāšanai izmantojot kniebējmehānismu. Būtisku darba laika patēriņu rada remonts (11 %), galvenokārt nomestas ķēdes atlikšana vietā vai nomaīņa.



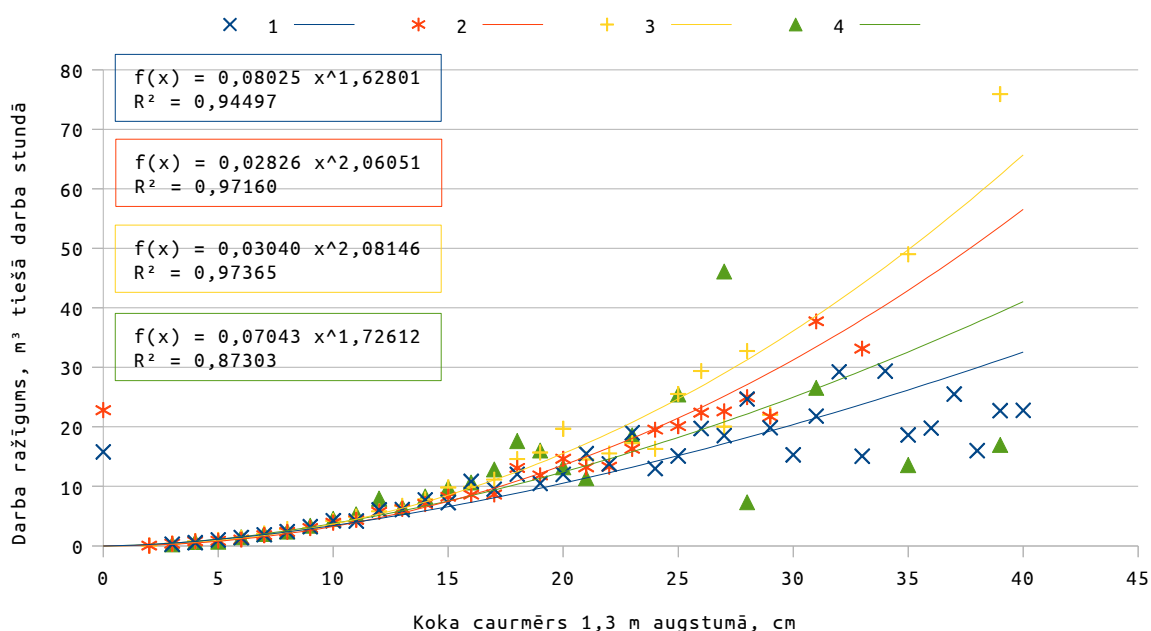
Att. 38: Darba laika sadalījums.

Tab. 15 apkopoti galvenie darba ražīguma rādītāji. Viens no problemātiskākajiem rādītājiem šajā izmēģinājumā ir tiešā darba laika īpatsvars; vidēji tas ir tikai 76 % no kopējā darba laika (motorstundām). Pašizmaksas aprēķinos pieņemts, ka operatoram pienākošais atpūtas laiks ir ietverts kopējā un tiešā darba laika starpībā.

Tab. 15: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

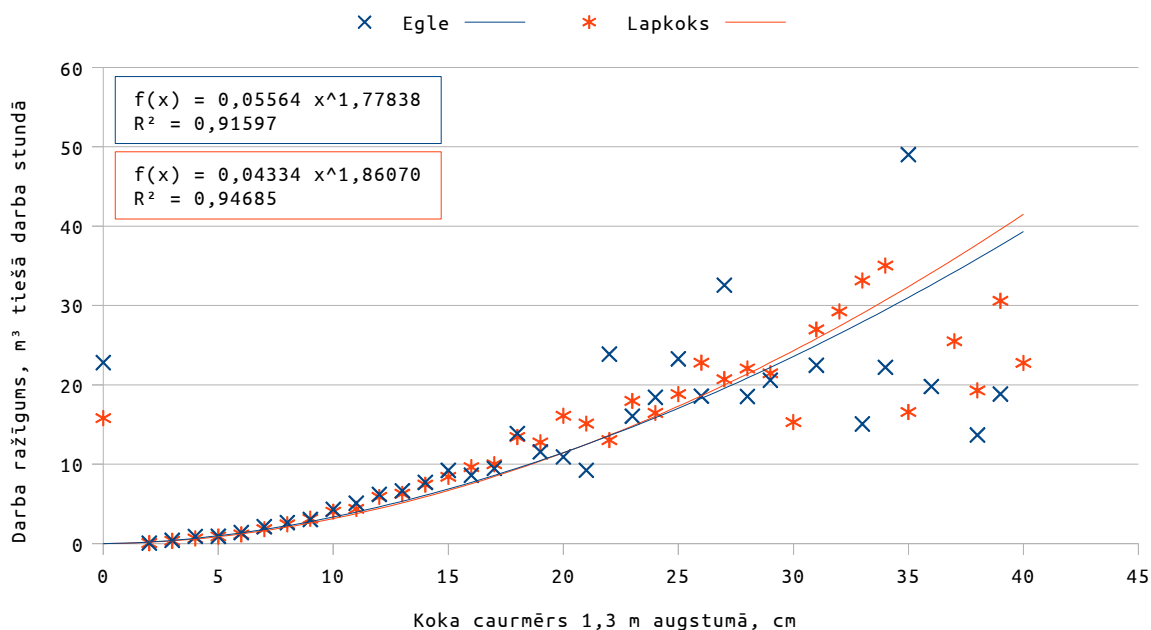
Audze	Ražīgums, m <sup>3</sup> tiešā darba laika stundā	Ražīgums, koki tiešā darba laika stundā	Tiešā darba laika īpatsvars no produktīvā	Produktīvā darba laika īpatsvars no kopējā	Tiešā darba laika īpatsvars no kopējā
1	6,851	96	79%	96%	76%
2	5,534	100	81%	97%	78%
3	6,496	108	76%	98%	74%
4	6,748	100	75%	98%	74%
Visas metodes	6,204	101	78%	97%	76%

Salīdzinot dažādu dimensiju koku zāgēšanas darba ražīgumu, konstatēta vidējiem darba ražīguma rādītājiem pretēja aina – vislielāko darba ražīgumu nodrošina 3. darba metode un vismazāko – 1. darba metode. Otrā un 4. darba metodes atrodas pa vidu (Att. 39). Tas apstiprina pieņēmumu, ka labākus vidējos darba ražīguma rādītājus 1. metodei nodrošināja lielākas koku dimensijas.

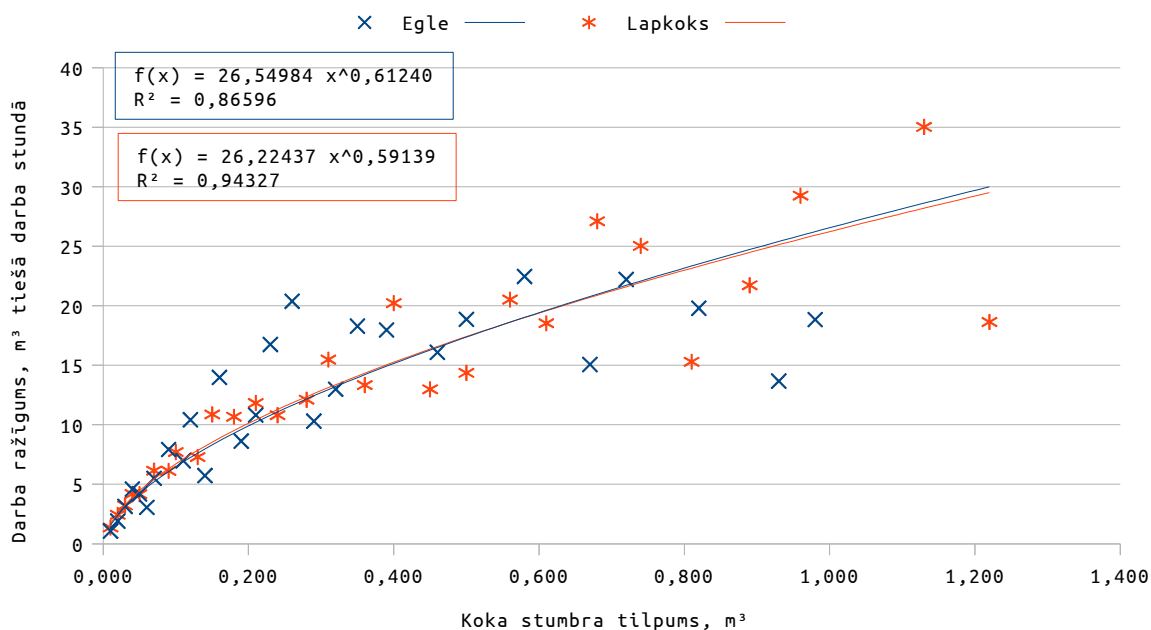


Att. 39: Darba ražīgums atkarībā no darba metodes un zāgējamo koku caurmēra.

Salīdzinot sugas ietekmi, zāgējot dažāda caurmēra kokus, neatkarīgi no pielietotās darba metodes, būtiska atšķirība nav konstatēta (Att. 40). Arī pārrēķinot pēc vidējā koka tilpuma, būtiska atšķirība nav konstatēta (Att. 41).



**Att. 40: Darba ražīgums atkarībā no zāgējamo koku sugas un caurmēra.**

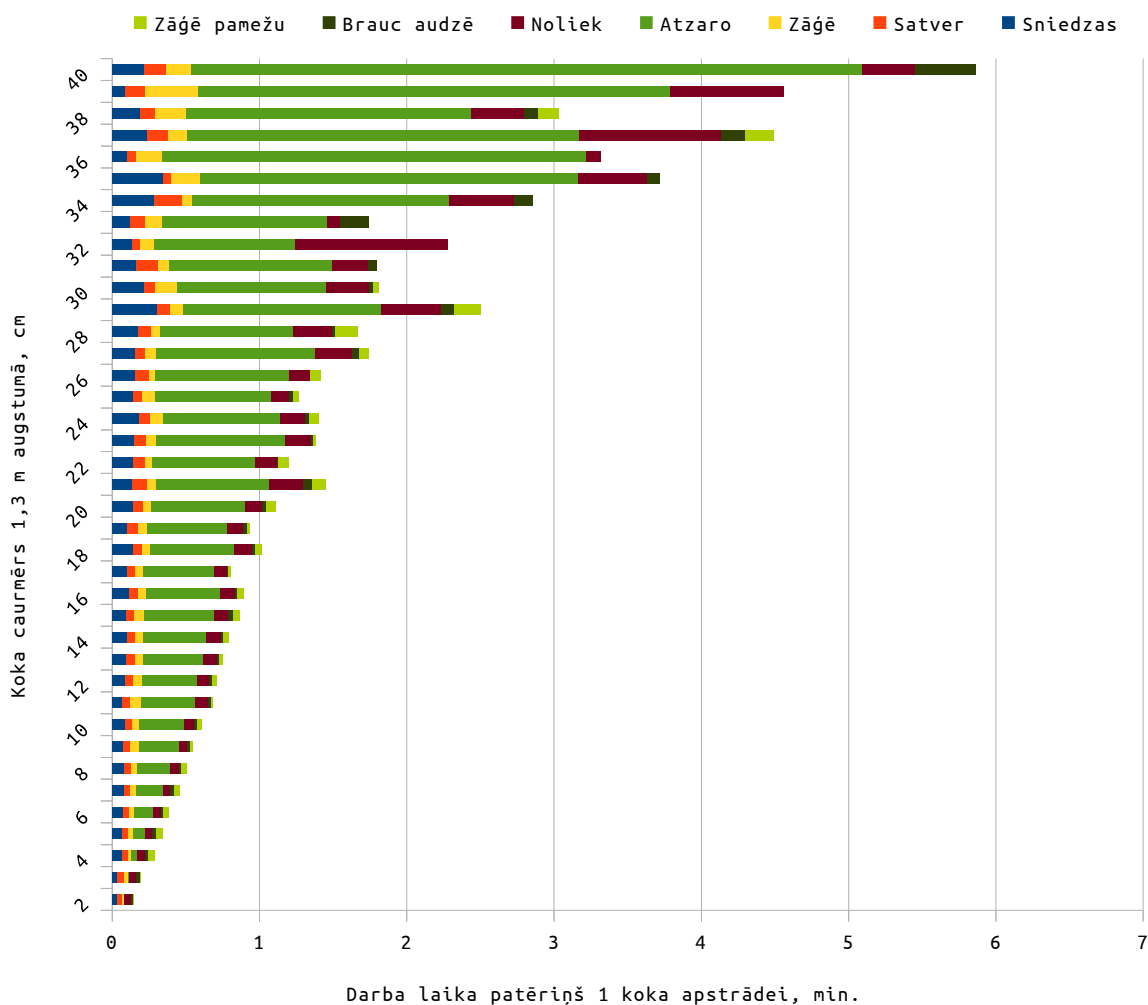


**Att. 41: Darba ražīgums atkarībā no zāgējamo koku sugas un stumbra tilpuma.**

Att. 42 redzams darba laika patēriņš 1 koka apstrādei darba laika elementu griezumā, atkarībā no zāgējamā koka caurmēra. Tāpat kā citos līdz šim veiktajos izmēģinājumos, konstatēts, ka visstraujāk augošais darba laika elements ir atzarošana un garumošana. Darba laika patēriņš atzarošanai, zāgējot 40 cm resnus kokus, ir 15 reizes lielāks, nekā, zāgējot 10 cm resnus kokus. Palielinoties zāgējamo koku caurmēram, pieaug arī kokmateriālu novietošanai patērētais laiks, taču atšķirība nav tik liela. Darba laika patēriņa samazinājums atzarošanai, zāgējot līdz 15 cm



resnus kokus, iespējams, aktīvāk izmantojot paketēšanas funkciju, tajā skaitā papīrmalkas gatavošanai, bet resnāku koku zāgēšanā būtisku darba ražīguma pieaugumu var panākt, vienkāršojot gatavojamo kokmateriālu veidu struktūru.



Att. 42: Darba laiks 1 koka apstrādei (1. darba metode).

Tab. 16 parādīta detalizēta ķēdes nomešanas biežuma analīze. Visbiežāk ķēde mesta, strādājot ar 1. un 2. darba metodi (2 % no kopējā darba ciklu skaita, vidēji 1 % no darba cikliem), tomēr likumsakarības, kas būtu saistītas ar darba metodes ietekmi, nav konstatētas. Ķēdes atlikšanai vietā vai nomaīnai patērēti vidēji 4 % no kopējā darba laika vai 30 sekundes uz 1 m<sup>3</sup>.

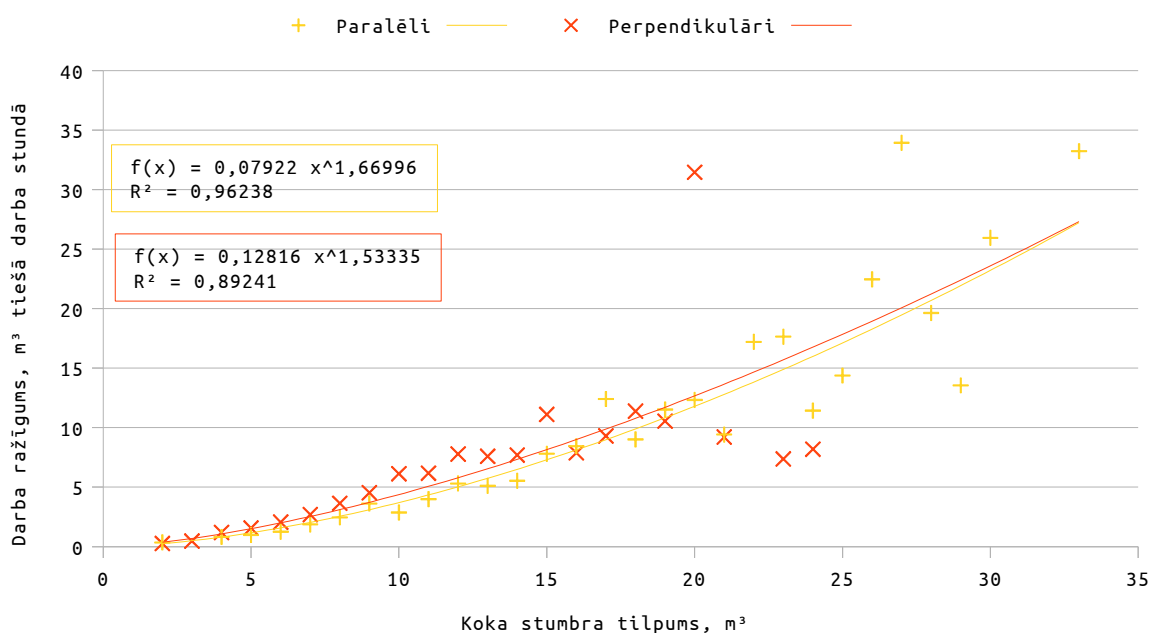
Tab. 16: Griezējgalvas ķēdes nomešanas biežuma analīze

Darba metode	Darba ciklu īpatsvars	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka caurmērs pārējos darba ciklos	Ķēdes maiņai patērētais laiks, minūtēs	Ķēdes maiņai patērētais laiks, no kopējā darba laika	Ķēdes maiņai patērētais laiks, min. 1 m <sup>3</sup>
1	2,1%	9	10	139	6,3%	0,725
2	0,7%	10	9	118	3,1%	0,428
3	1,3%	9	9	120	4,9%	0,608
4	0,5%	10	9	32	3,2%	0,389

Darba metode	Darba ciklu īpatsvars	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka caurmērs pārējos darba ciklos	Ķēdes maiņai patērētais laiks, minūtēs	Ķēdes maiņai patērētais laiks, no kopējā darba laika	Ķēdes maiņai patērētais laiks, min. 1 m <sup>3</sup>
Visas metodes	1,1%	9	9	409	4,3%	0,547

Ja harvestera motorstundas izmaksas ir 75 EUR, tad katru darba stundu ķēdes maiņa vai atlikšana vietā izmaksā vidēji 3 EUR. Ja pieņem, ka lielākā daļa ķēdes nomešanas gadījumu saistīta ar nepareizu spriegojumu, tad automātiskā ķēdes spriegotāja uzstādīšana atmaksātos 1000 stundās, neskaitot papildus ieņēmumus, sagatavojot vairāk kokmateriālu ietaupītajā darba laikā.

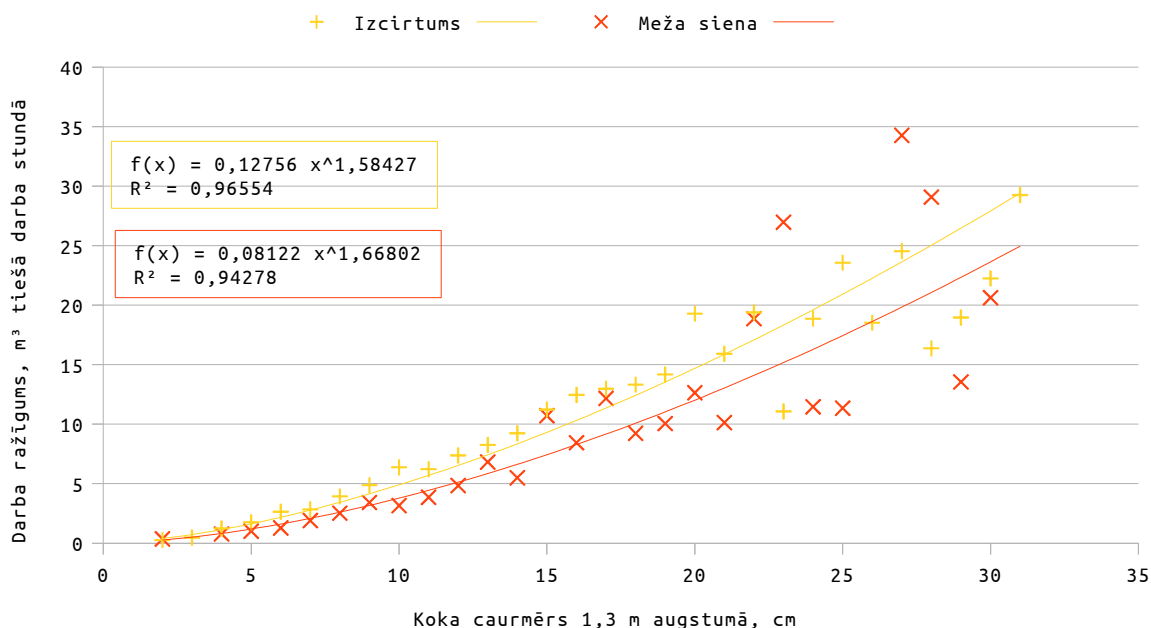
Pētījumā salīdzinātas 2 koku gāšanas un atzarošanas metodes – paralēli un perpendikulāri grāvja gultnei. Abas metodes salīdzinātas, strādājot ar 1. darba metodi. Att. 43 redzams, ka nepastāv būtiska darba ražīguma atšķirība, izvēloties kādu no koku gāšanas darba metodēm.



**Att. 43: Atzarošanas virziena ietekme uz darba ražīgumu (1. darba metode).**

Vēl viens darba ražīgumu ietekmējošs faktors ir meža sienas esamība pie zāgējamā grāvja. Pētījumā salīdzināts darba ražīgums, zāgējot kokus gar meža sienu un gar izcirtuma malu. Salīdzināmajos grāvjos izmantota 3. darba metode.

Saskaņā ar darba laika uzskaites datiem meža siena pozitīvi ietekmē darba ražīguma rādītājus (Att. 44); atbilstoši vidējam zāgējamo koku caurmēram – par 5 %, bet, pieaugot zāgējamo koku caurmēram, meža sienas ietekme palielinās. Pētījumā secināts, ka grāvjos, kas piekļaujas meža sienai, ir mazāk pameža un paaugas kociņu, attiecīgi, samazinās darba laika patēriņš zāgējamo koku izvēlei un griezējgalvas pozicionēšanai. Lai izmantotu šo priekšrocību, grāvju trašu izstrāde jāplāno pirms galvenās cirtes vai tūlīt pēc tās, kamēr nav attīstījusies zemsedzes veģetācija.



Att. 44: Grāvim pieguļošo teritoriju apauguma ietekme uz darba ražīgumu (1. darba metode).

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem vislabākos darba ražīguma rādītājus var sasniegt, izmantojot 3. darba metodi (**apvienota malkas un sīkkoku biokurināmā metode** – gatavo standarta kokmateriālu sortimentus, mežizstrādes atliekas un apvienotu malkas un daļēji atzarotu sīkkoku sortimentu). Izmēģinājumu rezultāti apstiprina 2014. gadā jaunaudžu kopšanas cirtēs veiktajos izmēģinājumos izdarīto secinājumu, ka vislielāko darba ražīgumu var sasniegt, gatavojot standarta kokmateriālu veidu komplektu un daļēji atzarotus sīkkoku, attiecīgi, sīkkoku atzarošana nerada papildus darba laika patēriņu, salīdzinot ar neatzarotu sīkkoku zāgēšanu. Lielā mērā šo rezultātu skaidro prasība gatavot noteikta garuma neatzarotus sīkkokus (ne garākus par 6 m). Harvesteru operatori lielu daļu sīkkoku izlaida caur padeves ruļļiem un plānotais darba laika patēriņa samazinājums atzarošanas operācijai netika sasniegts.

## Kokmateriālu pievešanas darba ražīgums

Kopā pievestas 87 kravas, tajā skaitā 46 kravas pievestas, veicot darba laika uzskaiti. Pievesto kokmateriālu apjoms novērtējums veikts pēc operatoru acumēra uzskates. Kopā atbilstoši vizuālam novērtējumam pievesti 600 m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu, vidējās kravas lielums 6,9 m<sup>3</sup>.

Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums dažādiem atzarošanas (paralēli vai perpendikulāri grāvja gultnei, vai dažādas pieejas) dots Tab. 17 un Tab. 18; darba ražīguma rādītāju kopsavilkums, atkarībā no mežizstrādes darba metodes – Tab. 19. Detalizēts darba laika uzskaites rezultātu pārskats kravu, atzarošanas metožu un grāvju griezumā dots Tab. 20, Tab. 21 un Tab. 22.

Pētījumā secināts, ka apaļo kokmateriālu pievešanai patērēts būtiski vairāk laika, nekā citos līdzīgos izmēģinājumos. Piemēram, 2012. gada grāvju trašu izstrādes izmēģinājumos kravas sagatavošanai patērētas 24 minūtes, bet izkraušanai – 5 minūtes, bet vidējā krava bija 7,6 m<sup>3</sup>

(Lazdiņš & Zimelis, 2012). 2015. gada izmēģinājumos grāvju trasēs kravas veidošanai patērētas 49 minūtes, bet izkraušanai 16 minūtes, tajā skaitā laiks, kas patērēts kokmateriālu krautņu pārkārtošanai. Pievedējtraktora braukšanas ātrums abos izmēģinājumos ir vidēji 2 reizes lielāks, nekā kopšanas cirtēs –  $175 \text{ m min.}^{-1}$  (10 km stundā, t.i. tuvu pievedējtraktora maksimālajam braukšanas ātrumam). Būtiski lielāks darba laika patēriņš 2015. gada izmēģinājumos grāvju trasēs saistīts gan ar pieredzes trūkumu, kas palēnina visu darba operāciju izpildi, gan ar vēlmi veidot tīrkravas, kā rezultātā pārbraucieniem pa cirsma patērētais laiks, vācot kokmateriālus, ir par aptuveni 50 % lielāks, nekā 2012. gada izmēģinājumos.

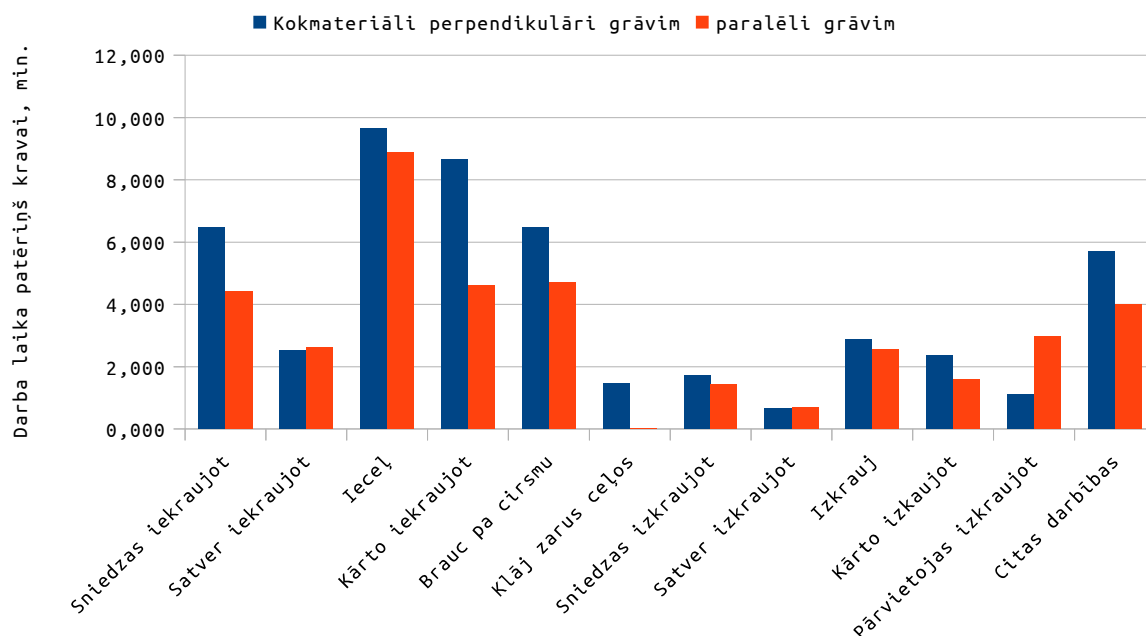
Salīdzinot apaļo kokmateriālu pievešanas darba ražīgumu, atkarībā no atzarošanas un garumošanas virziena, konstatēta būtiska atšķirība darba laika patēriņā kravu veidošanai – grāvjos, kur koki atzaroāti paralēli grāvja gultnei un mežizstrādes atliekas un sīkkoki likti grāvī, kravu veidošanai patērēts par 26 % mazāk darba laika. Lielākais darba laika patēriņa samazinājums saistīts ar kravu kārtošanu, sniegšanos pēc kokmateriāliem un pārbraucieniem pa cirsma. Daļēji šo ietekmi var skaidrot ar atšķirīgo harvesteru operatoru pieredzi (operatoram, kurš veica atzarošanu paralēli grāvja gultnei, ir lielāka darba pieredze), tomēr tai ir arī objektīvi tehniski iemesli. Grāvjos, kur atzarošana veikta paralēli grāvja gultnei, kokmateriālu veidi bija vieglāk identificējami un to iekraušanu pievedējtraktorā mazāk traucēja mežizstrādes atlieku kaudzes.

**Tab. 17: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 kravas pievešanai**

Atzarošanas virziens	Iekraušanas laiks, min.	Izkraušanas laiks, min.	Vidējais braukšanas ātrums, m min. <sup>-1</sup>
PERP	47,964	14,405	188
PARAL	35,260	13,258	165
DAZAD	49,226	20,210	135

**Tab. 18: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 m<sup>3</sup> pievešanai**

Atzarošanas virziens	Iekraušanas laiks, min.	Izkraušanas laiks, min.
PERP	6,951	2,088
PARAL	5,110	1,921
DAZAD	7,134	2,929



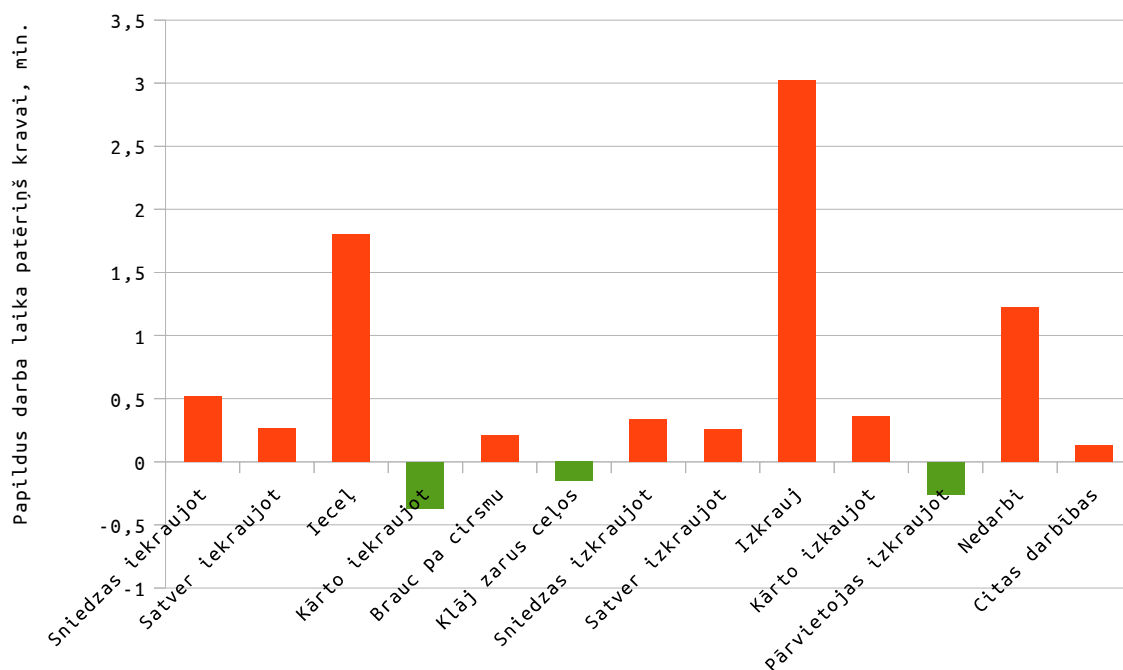
Att. 45: Darba laika izmantošanas rādītāju salīdzinājums grafiski.

Darba metožu griezumā būtiskas atšķirības darba ražīgumā (darba laika patēriņā kravu veidošanai) nav konstatētas, izņemot 4. metodi, kur kravas veidošanai un izkraušanai patērēts būtiski vairāk laika. Daba laika uzskaitē veikta tikai 4 kravām, kas pievestas pēc izstrādes ar 4 darba metodi, tāpēc iegūto rezultātu nevar uzskatīt par sistemātisku. Lielāko papildus darba laika patēriņu 4. darba metodē rada kokmateriālu iecelšana un izcelšana (Att. 46). Viens no skaidrojumiem ilgākam darba laika patēriņam kravai ir lielāks mazāku dimensiju koku īpatsvars šajā grāvī, kā rezultātā iekraušanu un izkraušanu veidoja būtiski lielāks hidromanipulatora darba ciklu skaits. Otrs iemesls mazākiem darba ražīguma rādītājiem ir tas, ka grāvis robežojās ar izcirtumu un grāvja atbērtne pievešanas laikā bija stipri aizzēlusi, kas apgrūtināja kokmateriālu atrašanu un identificēšanu. Tomēr vissvarīgākais iemesls ir operatora pieredzes trūkums – kokmateriālu pievešana uzsākta objektā 41303, kurā pielietota 4. mežizstrādes darba metode, tāpēc, pievedot šo grāvi, operators faktiski pilnveidoja savas darba iemaņas. Būtisku darba ražīguma pieaugumu šajā grāvī varēja panākt, necensoties veidot tīrkravas, bet šķirojot kokmateriālus augšgala krautuvē.

Tab. 19: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 kravas pievešanai atkarībā no darba metodes

Darba metode	Iekraušanas laiks, min.	Izkraušanas laiks, min.	Vidējais braukšanas ātrums, m min. <sup>-1</sup>
1	46,890	17,460	147
2	46,014	16,275	159
3	44,087	11,064	211
4	57,400	20,090	184





Att. 46: Papildus darba laika patēriņš 4. darba metodei.

Tab. 20: Apaļo kokmateriālu pievešanas darba ražīguma rādītāji sadalījumā pa grāvjiem (min. kravai)

Grāvis	Kravu skaits	Pievešanas ceļš, m	Iebrauc	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Izbrauc	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Traktors noslāpēts	Māšinas darba laiks	Operatora darba laiks	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai	Braukšana
27902	3	887	5,167	6,560	1,747	9,140	9,423	9,733	0,177	2,480	1,787	0,463	1,957	2,093	1,203	5,660	3,967	31,977	61,557	93,533	55,897	45,913	11,470	7,647
27903	7	626	6,987	6,970	2,110	8,921	14,083	7,233	1,407	2,743	2,060	0,697	3,169	3,844	1,191	4,927	6,094	4,416	72,437	76,853	67,510	53,806	17,056	9,730
28702	4	764	4,288	5,460	3,190	9,955	10,980	6,428	1,298	2,950	1,723	0,978	3,038	3,890	2,895	5,408	6,910	3,205	69,388	72,593	63,980	48,508	19,433	7,238
28703	4	1009	4,718	7,173	2,255	8,865	10,573	5,143	0,105	2,895	1,555	0,560	2,540	2,375	0,775	3,093	6,683	7,488	59,305	66,793	56,213	45,513	14,488	7,613
41301	4	814	8,275	7,895	2,935	10,893	3,105	5,235	1,428	5,435	2,858	1,103	4,575	2,115	2,488	11,520	6,635	-	76,493	76,493	64,973	46,400	19,773	13,710
41302	1	875	4,530	11,470	3,640	18,630	4,090	6,450	-	1,690	1,590	0,610	4,430	2,660	0,950	1,270	11,720	-	73,730	73,730	72,460	60,530	21,960	6,220
41303	4	1696	10,963	9,868	4,235	14,408	3,533	7,433	0,323	7,450	3,108	1,138	5,040	3,168	0,998	7,330	6,640	-	85,630	85,630	78,300	57,400	20,090	18,413
41901	3	857	5,413	7,197	2,810	10,763	4,750	4,993	-	4,553	1,393	0,360	2,193	1,180	0,680	3,027	7,070	3,227	56,383	59,610	53,357	42,997	12,877	9,967
41903	3	1501	8,703	2,290	0,593	3,383	0,707	4,603	11,240	2,670	0,470	0,200	1,003	0,063	0,530	5,713	7,343	12,707	49,513	62,220	43,800	38,863	9,610	11,373
42003	6	1026	5,980	4,423	2,625	8,895	4,608	4,690	0,027	6,423	1,423	0,705	2,562	1,597	2,960	4,878	4,012	-	55,808	55,808	50,930	35,260	13,258	12,403
42004	7	1106	8,363	5,679	2,804	10,359	8,523	6,053	0,026	4,731	1,324	0,693	2,847	1,079	0,690	3,764	2,923	-	59,857	59,857	56,093	44,729	9,556	13,094

Tab. 21: Pievešanas darba ražīguma rādītāju kopsavilkums dažādiem atzarošanas variantiem (min. kravai)

Atzarošanas virziens	Kravu skaits	Pievešanas ceļš, m	Iebrauc	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Izbrauc	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Traktors noslāpēts	Māšinas darba laiks	Operatora darba laiks	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai	Braukšana
PERP	35	1021	7,005	6,477	2,531	9,649	8,663	6,486	1,462	3,846	1,719	0,671	2,858	2,349	1,117	4,782	5,691	6,212	65,306	71,518	60,524	47,964	14,405	10,851
PARAL	6	1026	5,980	4,423	2,625	8,895	4,608	4,690	0,027	6,423	1,423	0,705	2,562	1,597	2,960	4,878	4,012	-	55,808	55,808	50,930	35,260	13,258	12,403
DAZAD	5	826	7,526	8,610	3,076	12,440	3,302	5,478	1,142	4,686	2,604	1,004	4,546	2,224	2,180	9,470	7,652	-	75,940	75,940	66,470	49,226	20,210	12,212

Tab. 22: Pievešanas darba ražīguma kopsavilkums darba metožu griezumā (min. kravai)

Darba metode	Kravu skaits	Pievešanas ceļš, m	Iebrauc	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Izbrauc	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Traktors noslāpēts	Māšinas darba laiks	Operatora darba laiks	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai	Braukšana
1	8	838	6,734	8,080	2,976	11,811	3,845	5,296	0,714	4,636	2,150	0,763	3,664	1,833	1,618	7,054	7,434	1,210	68,606	69,816	61,553	46,890	17,460	11,370
2	17	800	5,996	5,716	2,546	9,155	10,009	6,146	0,894	4,091	1,756	0,766	2,924	3,062	2,216	5,023	5,551	2,572	65,851	68,423	60,828	46,014	16,275	10,087
3	17	1114	7,001	5,588	2,098	8,561	7,785	6,232	2,050	3,538	1,309	0,534	2,292	1,384	0,772	4,285	4,772	9,647	58,202	67,849	53,917	44,087	11,064	10,539
4	4	1696	10,963	9,868	4,235	14,408	3,533	7,433	0,323	7,450	3,108	1,138	5,040	3,168	0,998	7,330	6,640	-	85,630	85,630	78,300	57,400	20,090	18,413

## Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīgums

Kopā izmēģinājumos pievesti 1602 ber. m<sup>3</sup> zaru un daļēji atzarotās sīkkoksnes (117 kravas pavisam, Tab. 23), tajā skaitā 491 ber. m<sup>3</sup> (205 m<sup>3</sup>) daļēji atzaroto sīkkoku un 1111 ber. m<sup>3</sup> mežizstrādes atlieku. Vidējā sīkkoku krava ir 4,6 tonnas (16 ber. m<sup>3</sup>), vidējā mežizstrādes atlieku krava ir 3,5 tonnas (13 ber. m<sup>3</sup>).

Tab. 23: Pievestie zari un sīkkoki

Datums	Kravu skaits	Kopējā masa, tonnas	Biokurināmais, ber. m <sup>3</sup>
13.08.15	7	26	93
14.08.15	16	60	216
17.08.15	44	169	608
20.08.15	40	154	553
21.08.15	10	36	131
Kopā	117	445	1602

Aprēķinos izmantoti 10 kravu svēruma dati, kas ekstrapolēti uz visām pievestajām kravām. Tilpuma vienību aprēķinā pieņemts, ka nosacītais koksnes blīvums ir vidēji 400 kg m<sup>-3</sup>, relatīvais mitruma saturs ir samazinājies par 10 %, salīdzinot ar sākotnējo stāvokli, bet 1 tonna biomasas veido 6 ber. m<sup>3</sup> biokurināmā (kopsavilkums Tab. 24).

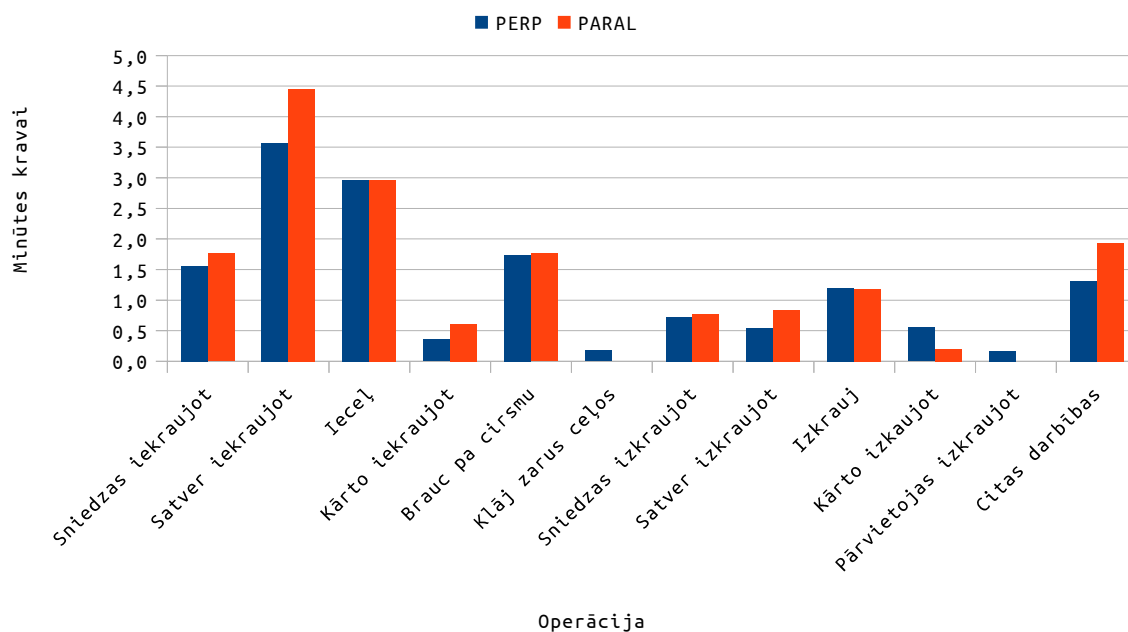
Tab. 24: Aprēķinu koeficienti

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība
1.	Koksnes blīvums	400
2.	Rel. mitruma saturs koksnē	40%
3.	Pārrēķins no m <sup>3</sup> uz ber. m <sup>3</sup>	2,4

Mežizstrādes atlieku pievešanā (Att. 47) salīdzinātas 2 darba metodes – kraujot zarus pāri grāvim (PERP) un kraujot zarus grāvi, paralēli grāvja gultnei (PARAL). Abos variantos kravas lielums būtiski neatšķiras, arī kravu veidošanas un izkraušanas darba ražīgums neatšķiras (Tab. 25), lai arī zaru pakas satveršana iekraušanas laikā aizņem vairāk laika, pārrēķinot uz kravu (Att. 48). Šī sakarība saglabājas, arī pārrēķinot uz 1 tonnu pievestā materiāla (Att. 49).

Tab. 25: Galvenie mežizstrādes atlieku pievešanas metožu darba ražīguma rādītāji

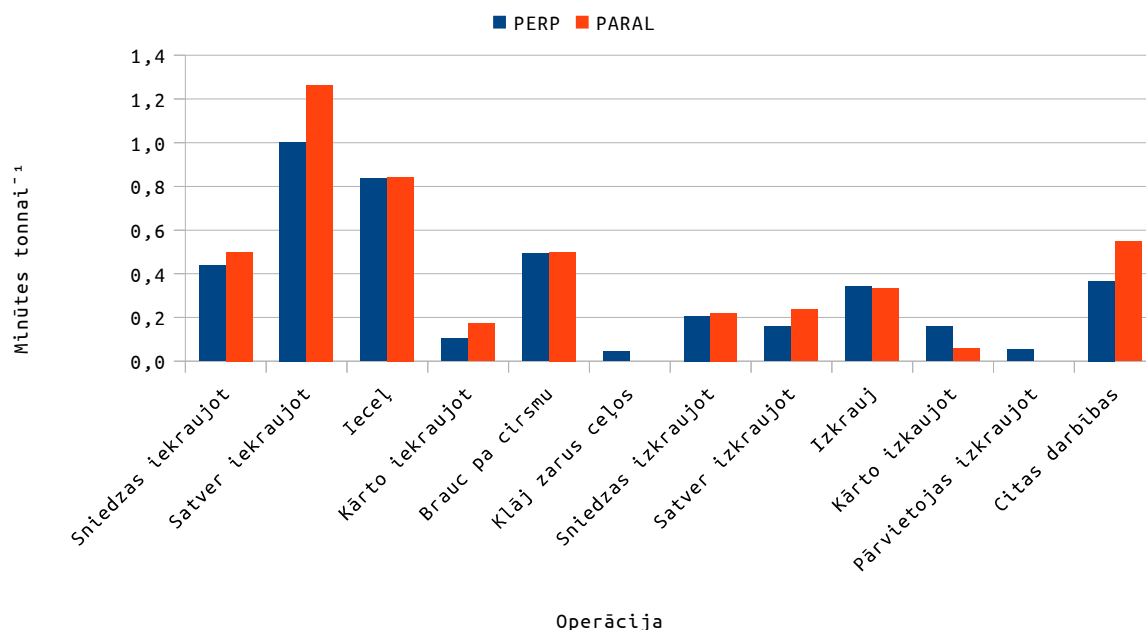
Zaru novietošana	Vidējā krava, ber. m <sup>3</sup>	Iekraušanas laiks, min. ber. m <sup>-3</sup>	Izkraušanas laiks, min. ber. m <sup>-3</sup>	Vidējais braukšanas ātrums, m min. <sup>-1</sup>
PERP	13	0,913	0,255	156
PARAL	13	1,062	0,236	140

Att. 47: Mežizstrādes atlieku pievešana<sup>12</sup>.

Att. 48: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 zaru kravas pievešanai.

<sup>12</sup> Foto: M. Okmanis.





**Att. 49: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 zaru tonnas pievešanai.**

Detalizēti darba laika uzskaites dati katrai hronometrētajai kravai atbilstoši zaru novietojumam parādīti Tab. 26 (darba laika patēriņš 1 kravas sagatavošanai, pievešanai un izkraušanai), Tab. 27 (pārrēķins uz 1 tonnu pievestā materiāla), Tab. 28 (vidējie rādītāji 1 kravas sagatavošanai, pievešanai un izkraušanai) un Tab. 29 (vidējo rādītāju pārrēķins uz 1 tonnu).

Pētījuma rezultāti neapstiprina sākotnējo pieņēmumu, ka mežizstrādes atlieku likšana grāvī būtiski negatīvi ietekmē pievešanas darba ražīgumu. Tāpat pētījumā konstatēts, ka grāvī saliktās mežizstrādes atliekas nav kompaktākas par tām, kas liktas perpendikulāri gultnei; attiecīgi, zaru kraušanas virzienam nav ietekmes uz pievedējtraktora kravas izmantošanas efektivitāti.

Tab. 26: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīgums (minūtes kravai)

Kravas numurs	Zaru novietošana	Kravas lielums, tonnas	Iebrauc	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Izbrauc	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietošanas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Svēršana	Traktors noslāpēts	Kopējais laiks bez svēršanas	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai	Braukšana
1	PERP	2,873	13,550	1,980	2,530	3,410	0,980	2,910	0,000	12,180	0,670	1,340	1,190	0,520	1,210	0,000	1,330	1,760	0,000	43,800	43,800	13,140	4,930	25,730
2	PERP	3,923	11,350	2,960	3,730	4,360	0,380	3,060	2,090	10,080	0,340	0,360	0,570	0,000	0,000	0,000	2,930	3,470	0,000	42,210	42,210	19,510	1,270	21,430
3	PERP	3,913	10,070	2,140	3,930	3,730	0,670	2,700	0,000	8,770	0,890	0,540	1,410	0,000	0,150	2,490	2,280	3,280	0,000	39,770	37,280	15,450	2,990	18,840
4	PERP	3,533	7,730	1,970	3,020	3,440	0,360	2,240	0,000	7,710	0,850	0,620	1,230	0,740	0,220	15,300	1,780	1,550	0,000	47,210	31,910	12,810	3,660	15,440
9	PARAL	3,533	5,790	1,600	2,620	2,560	0,490	1,330	0,000	5,250	0,900	0,770	1,160	0,150	0,000	5,980	1,160	1,820	0,000	29,760	23,780	9,760	2,980	11,040
10	PARAL	3,513	6,430	1,920	6,270	3,370	0,720	2,190	0,000	4,160	0,650	0,900	1,190	0,260	0,000	0,000	2,700	3,360	0,000	30,760	30,760	17,170	3,000	10,590
14	PERP	3,548	6,290	1,350	3,550	2,510	0,270	1,390	0,000	6,330	0,730	0,370	1,160	0,700	0,000	0,000	1,260	0,000	0,000	25,910	25,910	10,330	2,960	12,620
15	PERP	3,548	5,420	1,430	4,610	3,110	0,360	1,180	0,000	5,500	0,800	0,510	1,550	0,980	0,000	0,000	0,650	0,000	0,000	26,100	26,100	11,340	3,840	10,920
16	PERP	3,548	4,630	1,320	3,620	2,880	0,430	1,360	0,000	4,610	0,690	0,650	1,270	0,490	0,000	0,000	1,330	0,000	0,000	23,280	23,280	10,940	3,100	9,240
17	PERP	3,548	4,150	1,200	4,010	2,360	0,050	1,020	0,000	3,940	0,760	0,500	1,410	0,000	0,000	17,140	1,770	0,000	0,000	38,310	21,170	10,410	2,670	8,090
18	PERP	3,548	3,210	1,230	2,940	2,830	0,270	1,220	0,000	2,690	0,870	0,490	1,220	0,120	0,000	0,000	0,240	0,000	0,000	17,330	17,330	8,730	2,700	5,900
19	PERP	3,548	2,440	0,990	3,150	2,520	0,140	1,150	0,000	2,110	0,690	0,360	1,100	0,110	0,000	0,000	0,670	0,000	0,000	15,430	15,430	8,620	2,260	4,550
20	PERP	3,548	1,850	1,300	3,850	2,250	0,240	1,310	0,000	1,300	0,750	0,370	1,220	0,320	0,000	0,790	0,870	0,000	0,000	16,420	15,630	9,820	2,660	3,150
21	PERP	3,548	1,420	0,790	3,920	2,120	0,160	1,330	0,000	0,560	0,710	0,430	1,100	2,660	0,390	0,000	0,660	0,000	0,000	16,250	16,250	8,980	5,290	1,980

Tab. 27: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvīm nokrautu zaru pievešanas darba ražīgums (min. tonna<sup>-1</sup>)

Kravas numurs	Zaru novietošana	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
1	PERP	0,689	0,881	1,187	0,341	1,013	0,000	0,233	0,466	0,414	0,181	0,421	0,000	0,463	4,573	1,716
2	PERP	0,754	0,951	1,111	0,097	0,780	0,533	0,087	0,092	0,145	0,000	0,000	0,000	0,747	4,973	0,324
3	PERP	0,547	1,004	0,953	0,171	0,690	0,000	0,227	0,138	0,360	0,000	0,038	0,636	0,583	3,948	0,764
4	PERP	0,558	0,855	0,974	0,102	0,634	0,000	0,241	0,175	0,348	0,209	0,062	4,330	0,504	3,625	1,036
9	PARAL	0,453	0,742	0,725	0,139	0,376	0,000	0,255	0,218	0,328	0,042	0,000	1,692	0,328	2,762	0,843
10	PARAL	0,546	1,785	0,959	0,205	0,623	0,000	0,185	0,256	0,339	0,074	0,000	0,000	0,769	4,887	0,854
14	PERP	0,380	1,000	0,707	0,076	0,392	0,000	0,206	0,104	0,327	0,197	0,000	0,000	0,355	2,911	0,834
15	PERP	0,403	1,299	0,876	0,101	0,333	0,000	0,225	0,144	0,437	0,276	0,000	0,000	0,183	3,196	1,082
16	PERP	0,372	1,020	0,812	0,121	0,383	0,000	0,194	0,183	0,358	0,138	0,000	0,000	0,375	3,083	0,874
17	PERP	0,338	1,130	0,665	0,014	0,287	0,000	0,214	0,141	0,397	0,000	0,000	4,830	0,499	2,934	0,752
18	PERP	0,347	0,829	0,798	0,076	0,344	0,000	0,245	0,138	0,344	0,034	0,000	0,000	0,068	2,460	0,761
19	PERP	0,279	0,888	0,710	0,039	0,324	0,000	0,194	0,101	0,310	0,031	0,000	0,000	0,189	2,429	0,637
20	PERP	0,366	1,085	0,634	0,068	0,369	0,000	0,211	0,104	0,344	0,090	0,000	0,223	0,245	2,767	0,750
21	PERP	0,223	1,105	0,597	0,045	0,375	0,000	0,200	0,121	0,310	0,750	0,110	0,000	0,186	2,531	1,491

Tab. 28: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīguma datu kopsavilkums (min. kravai)

Zaru novietošana	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cirsma	Klāj zarus ceļos	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Kopējais laiks bez svēršanas	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
PERP	1,555	3,572	2,960	0,359	1,739	0,174	0,729	0,545	1,203	0,553	0,164	1,314	29,335	26,358	11,673	3,194
PARAL	1,760	4,445	2,965	0,605	1,760	0,000	0,775	0,835	1,175	0,205	0,000	1,930	30,260	27,270	13,465	2,990

Tab. 29: Perpendikulāri (PERP) un paralēli (PARAL) grāvim nokrautu zaru pievešanas darba ražīguma datu kopsavilkums (min. tonna<sup>-1</sup>)

Zaru novietošana	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cirsma	Klāj zarus ceļos	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
PERP	0,438	1,004	0,835	0,104	0,494	0,044	0,207	0,159	0,341	0,159	0,053	0,366	3,286	0,918
PARAL	0,500	1,263	0,842	0,172	0,500	0,000	0,220	0,237	0,334	0,058	0,000	0,548	3,825	0,849

Daļēji atzarotu sīkkoku pievešana (Att. 50) pētījumā salīdzināta ar mežizstrādes atlieku un neatzarotu sīkkoku pievešanu. Darba laika patēriņš kravas veidošanai un izkraušanai, pārrēķinot uz 1 ber. m<sup>3</sup> ir lielāks, pievedot daļēji atzarotos sīkkokus, bet pievedējtraktora braukšanas ātrums un krava ir lielāka, pievedot daļēji atzarotos sīkkokus (Tab. 30), attiecīgi šī kokmateriālu veida sagatavošana kļūst izdevīgāka, pieaugot pievešanas attālumam.

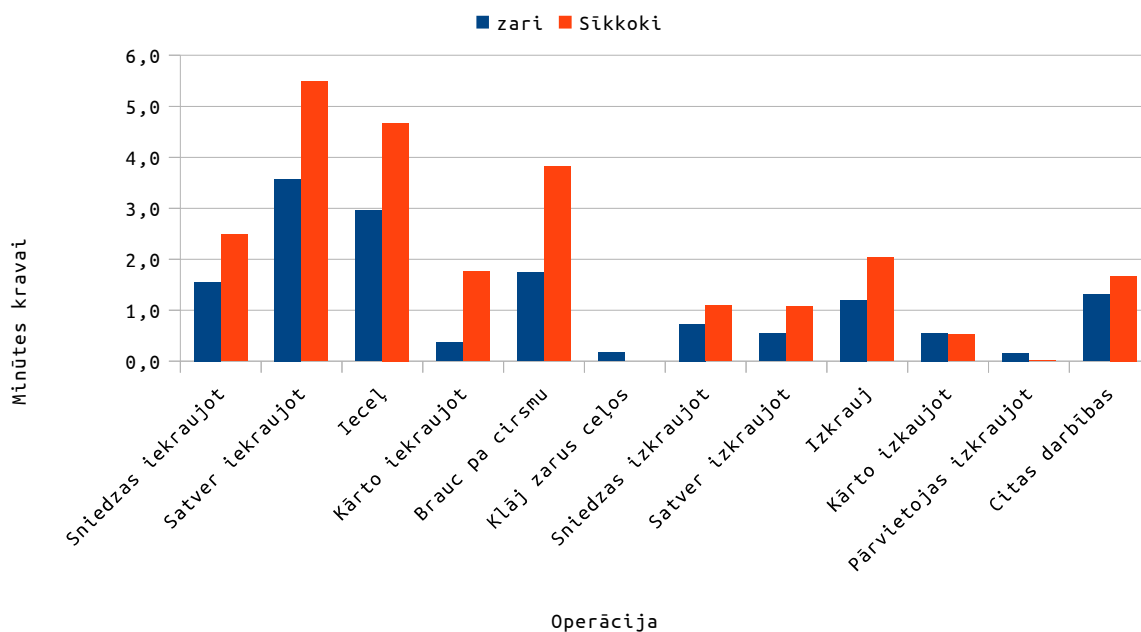
**Tab. 30: Galvenie sīkkoku un mežizstrādes atlieku pievešanas darba ražīguma rādītāji**

Kravas tips	Vidējā krava, ber. m <sup>3</sup>	Iekraušanas laiks, min. ber. m <sup>3</sup>	Izkraušanas laiks, min. ber. m <sup>3</sup>	Vidējais braukšanas ātrums, m min. <sup>-1</sup>
zari	13	0,913	0,255	156
Sīkkoki	16	1,279	0,305	188

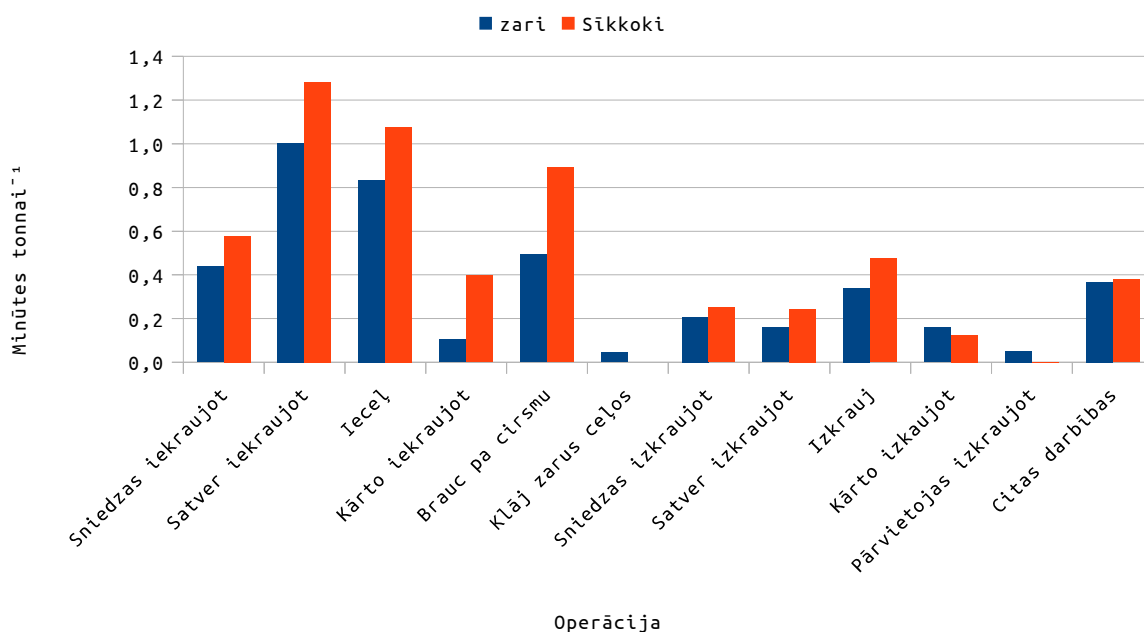


**Att. 50: Daļēji atzarotu sīkkoku krava.**

Sīkkoku pievešanā būtiski lielāks darba laika patēriņš, salīdzinot ar mežizstrādes atliekām, ir visos darba etapos, tomēr vislielāko atšķirību rada pārbraucieni pa cirsma, kokmateriālu paku satveršana un iecelšana (Att. 51). Šī sakarība ir saglabājas, arī pārrēķinot darba ražīguma rādītājus uz 1 tonnu pievestā materiāla (Att. 52).



Att. 51: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 sīkkoku un mežizstrādes kravas pievešanai.



Att. 52: Darba laika patēriņa salīdzinājums 1 sīkkoku un mežizstrādes tonnas pievešanai.

Detalizēti darba laika uzskaites dati katrai hronometrētajai sīkkoku un mežizstrādes atlieku (zaru) kravai atbilstoši pievestajam sortimentam parādīti Tab. 31 (darba laika patēriņš 1 kravas sagatavošanai, pievešanai un izkraušanai), Tab. 32 (pārrēķins uz 1 tonnu pievestā materiāla), Tab. 33 (vidējie rādītāji 1 kravas sagatavošanai, pievešanai un izkraušanai) un Tab. 34 (vidējo rādītāju pārrēķins uz 1 tonnu).



Tab. 31: Zaru un sikkoku pievešanas darba ražīgums (min. kravai)

Kravas numurs	Kravas tips	Pievešanas ceļš, m	Kravas lielums, tonnas	Iebrauc	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cirsma	Klāj zarus ceļos	Izbrauc	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietošanas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Svēršana	Traktors noslāpēts	Kopējais laiks bez svēršanas	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai	Braukšana
1	zari	1564	2,873	13,550	1,980	2,530	3,410	0,980	2,910	0,000	12,180	0,670	1,340	1,190	0,520	1,210	0,000	1,330	1,760	0,000	43,800	43,800	13,140	4,930	25,730
2	zari	1564	3,923	11,350	2,960	3,730	4,360	0,380	3,060	2,090	10,080	0,340	0,360	0,570	0,000	0,000	0,000	2,930	3,470	0,000	42,210	42,210	19,510	1,270	21,430
3	zari	1564	3,913	10,070	2,140	3,930	3,730	0,670	2,700	0,000	8,770	0,890	0,540	1,410	0,000	0,150	2,490	2,280	3,280	0,000	39,770	37,280	15,450	2,990	18,840
4	zari	1564	3,533	7,730	1,970	3,020	3,440	0,360	2,240	0,000	7,710	0,850	0,620	1,230	0,740	0,220	15,300	1,780	1,550	0,000	47,210	31,910	12,810	3,660	15,440
5	Sikkoki	1564	5,133	12,390	2,580	5,720	5,740	3,420	4,350	0,000	10,100	1,300	1,630	2,020	0,000	0,000	0,000	1,910	2,410	0,000	51,160	51,160	23,720	4,950	22,490
6	Sikkoki	1564	5,553	10,270	2,460	5,770	4,830	1,180	2,340	0,000	9,850	1,360	1,310	2,400	0,850	0,000	0,000	2,030	1,340	0,000	44,650	44,650	18,610	5,920	20,120
7	Sikkoki	1564	3,663	9,140	2,540	5,660	5,160	1,810	3,140	0,000	8,060	1,490	1,110	2,810	0,520	0,060	20,180	1,500	1,730	0,000	63,180	43,000	19,810	5,990	17,200
8	Sikkoki	1564	4,133	7,530	2,920	5,560	5,240	1,620	7,750	0,000	3,380	1,030	0,720	2,220	0,790	0,000	0,000	2,080	1,480	0,000	40,840	40,840	25,170	4,760	10,910
12	Sikkoki	566	4,621	3,640	2,930	6,130	4,600	1,810	3,570	0,000	2,030	0,880	1,180	1,670	0,510	0,000	0,000	1,690	0,000	0,000	30,640	30,640	20,730	4,240	5,670
13	Sikkoki	566	3,081	1,610	1,520	4,060	2,460	0,690	1,760	0,000	0,470	0,490	0,520	1,100	0,490	0,000	4,380	0,810	0,000	0,000	20,360	15,980	11,300	2,600	2,080
14	zari	566	3,548	6,290	1,350	3,550	2,510	0,270	1,390	0,000	6,330	0,730	0,370	1,160	0,700	0,000	0,000	1,260	0,000	0,000	25,910	25,910	10,330	2,960	12,620
15	zari	566	3,548	5,420	1,430	4,610	3,110	0,360	1,180	0,000	5,500	0,800	0,510	1,550	0,980	0,000	0,000	0,650	0,000	0,000	26,100	26,100	11,340	3,840	10,920
16	zari	566	3,548	4,630	1,320	3,620	2,880	0,430	1,360	0,000	4,610	0,690	0,650	1,270	0,490	0,000	0,000	1,330	0,000	0,000	23,280	23,280	10,940	3,100	9,240
17	zari	566	3,548	4,150	1,200	4,010	2,360	0,050	1,020	0,000	3,940	0,760	0,500	1,410	0,000	0,000	17,140	1,770	0,000	0,000	38,310	21,170	10,410	2,670	8,090
18	zari	566	3,548	3,210	1,230	2,940	2,830	0,270	1,220	0,000	2,690	0,870	0,490	1,220	0,120	0,000	0,000	0,240	0,000	0,000	17,330	17,330	8,730	2,700	5,900
19	zari	566	3,548	2,440	0,990	3,150	2,520	0,140	1,150	0,000	2,110	0,690	0,360	1,100	0,110	0,000	0,000	0,670	0,000	0,000	15,430	15,430	8,620	2,260	4,550
20	zari	566	3,548	1,850	1,300	3,850	2,250	0,240	1,310	0,000	1,300	0,750	0,370	1,220	0,320	0,000	0,790	0,870	0,000	0,000	16,420	15,630	9,820	2,660	3,150
21	zari	566	3,548	1,420	0,790	3,920	2,120	0,160	1,330	0,000	0,560	0,710	0,430	1,100	2,660	0,390	0,000	0,660	0,000	0,000	16,250	16,250	8,980	5,290	1,980

Tab. 32: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīgums (min. tonna<sup>-1</sup>)

Kravas numurs	Kravas tips	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Nedarbi	Citas darbības	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
1	zari	0,689	0,881	1,187	0,341	1,013	0,000	0,233	0,466	0,414	0,181	0,421	0,000	0,463	4,573	1,716
2	zari	0,754	0,951	1,111	0,097	0,780	0,533	0,087	0,092	0,145	0,000	0,000	0,000	0,747	4,973	0,324
3	zari	0,547	1,004	0,953	0,171	0,690	0,000	0,227	0,138	0,360	0,000	0,038	0,636	0,583	3,948	0,764
4	zari	0,558	0,855	0,974	0,102	0,634	0,000	0,241	0,175	0,348	0,209	0,062	4,330	0,504	3,625	1,036
5	Sīkkoki	0,503	1,114	1,118	0,666	0,847	0,000	0,253	0,318	0,394	0,000	0,000	0,000	0,372	4,621	0,964
6	Sīkkoki	0,443	1,039	0,870	0,212	0,421	0,000	0,245	0,236	0,432	0,153	0,000	0,000	0,366	3,351	1,066
7	Sīkkoki	0,693	1,545	1,409	0,494	0,857	0,000	0,407	0,303	0,767	0,142	0,016	5,509	0,409	5,408	1,635
8	Sīkkoki	0,706	1,345	1,268	0,392	1,875	0,000	0,249	0,174	0,537	0,191	0,000	0,000	0,503	6,090	1,152
12	Sīkkoki	0,634	1,327	0,995	0,392	0,773	0,000	0,190	0,255	0,361	0,110	0,000	0,000	0,366	4,486	0,918
13	Sīkkoki	0,493	1,318	0,799	0,224	0,571	0,000	0,159	0,169	0,357	0,159	0,000	1,422	0,263	3,668	0,844
14	zari	0,380	1,000	0,707	0,076	0,392	0,000	0,206	0,104	0,327	0,197	0,000	0,000	0,355	2,911	0,834
15	zari	0,403	1,299	0,876	0,101	0,333	0,000	0,225	0,144	0,437	0,276	0,000	0,000	0,183	3,196	1,082
16	zari	0,372	1,020	0,812	0,121	0,383	0,000	0,194	0,183	0,358	0,138	0,000	0,000	0,375	3,083	0,874
17	zari	0,338	1,130	0,665	0,014	0,287	0,000	0,214	0,141	0,397	0,000	0,000	4,830	0,499	2,934	0,752
18	zari	0,347	0,829	0,798	0,076	0,344	0,000	0,245	0,138	0,344	0,034	0,000	0,000	0,068	2,460	0,761
19	zari	0,279	0,888	0,710	0,039	0,324	0,000	0,194	0,101	0,310	0,031	0,000	0,000	0,189	2,429	0,637
20	zari	0,366	1,085	0,634	0,068	0,369	0,000	0,211	0,104	0,344	0,090	0,000	0,223	0,245	2,767	0,750
21	zari	0,223	1,105	0,597	0,045	0,375	0,000	0,200	0,121	0,310	0,750	0,110	0,000	0,186	2,531	1,491

Tab. 33: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīguma kopsavilkums (min. kravai)

Kravas tips	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Kopējais laiks bez svēršanas	Produktīvais laiks	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
Zari	1,555	3,572	2,960	0,359	1,739	0,174	0,729	0,545	1,203	0,553	0,164	1,314	29,335	26,358	11,673	3,194
Sīkkoki	2,492	5,483	4,672	1,755	3,818	0,000	1,092	1,078	2,037	0,527	0,010	1,670	41,805	37,712	19,890	4,743

Tab. 34: Zaru un sīkkoku pievešanas darba ražīguma kopsavilkums (min. tonna<sup>-1</sup>)

Kravas tips	Sniedzas iekraujot	Satver iekraujot	Ieceļ	Kārto iekraujot	Brauc pa cīrsmu	Klāj zarus ceļos	Sniedzas izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Laiks iekraušanai	Laiks izkraušanai
Zari	0,438	1,004	0,835	0,104	0,494	0,044	0,207	0,159	0,341	0,159	0,053	0,366	3,286	0,918
Sīkkoki	0,579	1,281	1,076	0,397	0,891	0,000	0,251	0,242	0,475	0,126	0,003	0,380	4,604	1,096

Saskaņā ar apaļo kokmateriālu pievešanas darba laika uzskaites rezultātiem atzarošanai paralēli grāvju gultnei ir būtiskas priekšrocības, kas nodrošina labākus darba ražīguma rādītājus, tāpēc, veicot grāvju trašu izstrādi rekomendējama koku gāšana un atzarošana paralēli grāvja gultnei, ja vien tas iespējams, liekot zarus un sīkkokus grāvjos. Tomēr darbi jāsaplāno tā, lai mežizstrādes atlieku un sīkkoku pievešana notiek pēc iespējas ātrāk un biomasas kaudzītes neradītu negatīvu ietekmi uz hidroloģisko režīmu piegulošajās mežaudzēs.

## Pameža un paaugas koku zāgēšanas darba ražīgums

Pētījumā salīdzinātas 2 pēc harvestera palikušo sīkkoku zāgēšanas metodes:

1. ar krūmgriezi nozāgē tikai kokus uz braucamās daļas;
2. ar krūmgriezi nozāgē visu grāvi, tajā skaitā profilu.

Abos variantos nozāgētos kokus no braucamās daļas atstāj uz ceļa, bet otrajā variantā kokus, kas guļ grāvī, samet mežizstrādes atlieku kaudzē.

Tradicionālās pameža zāgēšanas metodes darba ražīgums pieņemts atbilstoši 2012. gadā veiktā pētījuma rezultātiem – 29,3 stundas ha<sup>-1</sup>, tajā skaitā 23,1 stunda produktīvais darba laiks (zāgēšana un grāvja gultnes tīrīšana). Degvielas patēriņš pieņemts 13,4 L ha<sup>-1</sup> (Lazdiņš & Zimelis, 2012).

2015. gadā veiktajos izmēģinājumos, izzāgējot atlikušos kociņus no braucamās daļas, 1 ha nozāgēšanai vajadzēja 6 stundas, bet visa grāvja profila iztīrīšanai – 12,2 stundas ha<sup>-1</sup> (Tab. 35), t.i. par 90 % mazāk nekā 2012. gada izmēģinājumos.

Tab. 35: Pameža un paaugas koku zāgēšanas darba ražīgums

Darba metode	Degvielas patēriņš, L km <sup>-1</sup>	Darba laika patēriņš, stundas km <sup>-1</sup>	Darba laika patēriņš, stundas ha <sup>-1</sup>
1	3,0	8,4	6,0
2	2,4	17,0	12,2

Plānojot darba laika patēriņu pameža zāgēšanai ar rokas motorinstrumentiem pēc mašinizētās izstrādes, jāreķinās ar to, ka izstrādes darba ražīgums būs mazāks, jo gan 2012. gadā, gan šajā pētījumā secināts, ka harvesteram ir jāizvairās zāgēt par 6 cm tievāki koki, tā vietā pārvietojot kokus ar hidromanipulatoru uz izdevīgāku atzarošanas vietu, kur mazie kociņi un krūmi netraucē kokmateriālu nokraušanu. Iespējams, ka darba ražīgumu var palielināt, veidojot lielākas kokmateriālu un, it īpaši, mežizstrādes atlieku kaudzes vietās, kur jau sākotnēji nav mazo kociņu, t.i. palielināsies pārbraucienu ilgums un darba laika patēriņš kokmateriālu novietošanai, bet šis risinājums ir jāpārbauda empīriski, salīdzinot lielāku un retāk izvietotu kokmateriālu kaudzīšu ietekmi uz harvestera un pievedējtraktora darba ražīgumu. Tāpat, ir objektīvi jāizvērtē ieguvumi un izdevumi, veicot mazo pameža kociņu zāgēšanu uz grāvju trasēm ar rokas motorinstrumentu vai harvesteru. To saglabāšana var radīt gan pozitīvu mežsaimniecisku, gan ietekmes uz vidi mazināšanas efektu, taču tā skaitliskai novērtēšanai nepieciešami empīriski novērojumi.

## Izstrādes metodes ietekme uz bojājumiem

Grāvju trašu zāgēšana ir viens no kailcirtes veidiem, kurā nav būtiski uz grāvu trasēm paliekošo kociņu un krūmu bojājumi, tomēr grāvju trašu izzāgēšana var radīt būtisku negatīvu ietekmi uz grāvjiem piegulošajās audzēs augošajiem kokiem.

Izmēģinājumu gaitā konstatēts, ka būtiski atšķiras bojājumi, ko grāvju trašu izstrāde rada piegulošajās audzēs, ja atzarošanu veic paralēli vai perpendikulāri grāvja gultnei, tāpēc, beidzot mežizstrādi, visās piegulošajās audzēs 10 m platā joslā uzskaitīti koku bojājumi. Tab. 36 apkopots bojāto koku skaits visiem grāvjiem piegulošajās mežaudzēs. Maksimālais bojāto koku skaits ir 53-58 gab. ha<sup>-1</sup>. Daļa no šiem kokiem atrodas uz grāvja atbērtnes, tāpēc nevar viennozīmīgi pateikt, vai bojājums attiecas uz mežaudzi vai grāvi. Lielākais konstatētais bojāto koku īpatsvars ir 10 % no kokiem, kas aug 10 m platā joslā gar grāvja atbērtni. Grafiski bojājumu sastopamība dažādos grāvjos parādīta Att. 53 un Att. 54.

**Tab. 36: Bojāto koku skaits atkarībā no atzarošanas un zaru novietošanas veida**

Grāvja kods	Zaru nokraušana	Piegulošā teritorija	Grāvja garums, m	Kopējais bojāto koku skaits	Bojātie koki uz 1 ha
279-1	PERP	Mežs	418	8	19
279-2	PERP	Mežs	419	22	53
279-3	PERP	Mežs	422	3	7
287-1	PERP	Mežs	224	3	13
287-2	PERP	Mežs	407	7	17
287-3	PERP	Mežs	410	10	24
413-1	PARAL/PERP <sup>13</sup>	Izcirtums	685	1	13
413-2	PARAL/PERP	Izcirtums 0,5 <sup>14</sup>	430	1	5
413-3	PERP	Izcirtums	517	-	-
419-1	PERP	Izcirtums	537	1	2
419-2	PERP	Mežs	538	44	82
419-3	PERP	Izcirtums 0,5	245	2	8
419-4	PERP	Izcirtums	260	1	4
420-1	PARAL	Izcirtums 0,5	453	2	4
420-2	PARAL	Mežs	535	3	6
420-3	PARAL/PERP	Mežs	540	3	7
420-4	PERP	Mežs	536	31	58

Salīdzinot bojāto koku skaitu, atkarībā no koku gāšanas un atzarošanas virziena, konstatēts, ka, gāžot kokus perpendikulāri grāvja gultnei, bojāto koku skaits ir vairākas reizes lielāks (Tab. 37), tāpēc ražošanas praksei rekomendējama koku gāšana un atzarošana paralēli grāvja gultnei, liekot zarus un sīkkokus grāvī vai arī uz grāvja atbērtnes.

**Tab. 37: Bojāto koku uzskaites kopsavilkums**

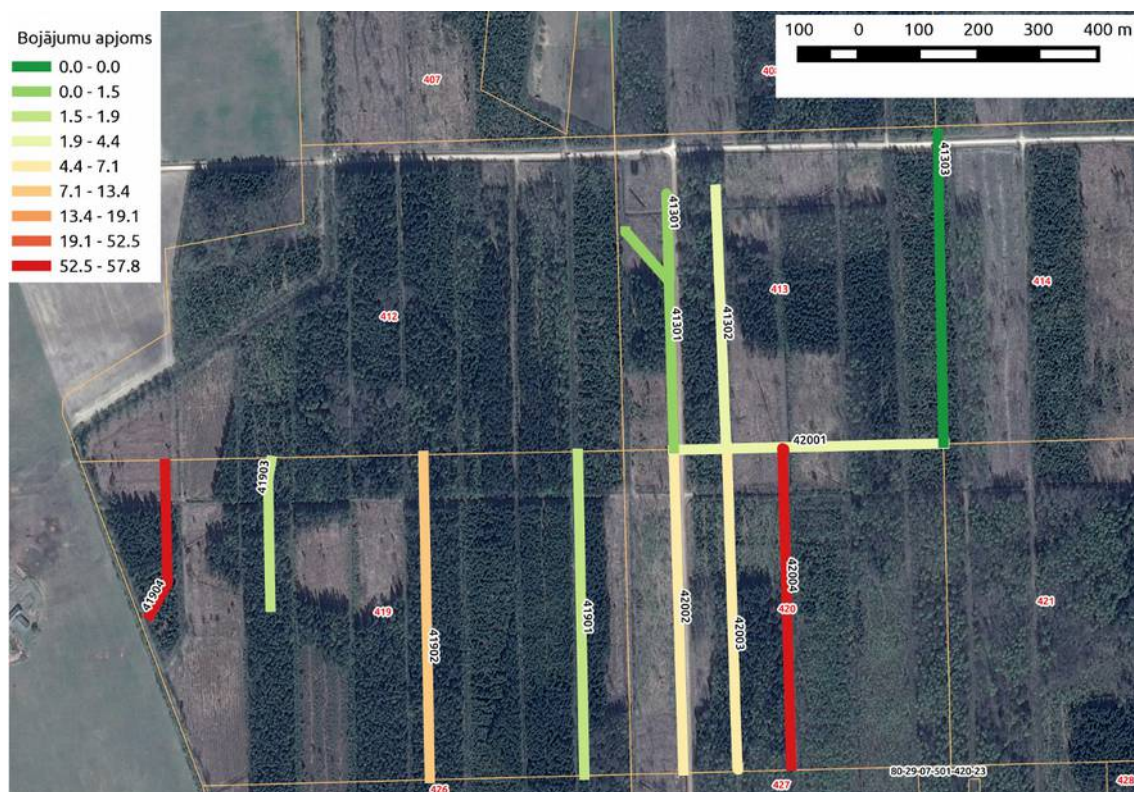
Nr.	Zaru nokraušanas veids	Bojātie koki, gab. ha <sup>-1</sup>
1.	PARAL	7
2.	PERP	55

<sup>13</sup> Izmantotas abas darba metodes.

<sup>14</sup> Izcirtums tikai vienā pusē.



Att. 53: Bijāto koku skaits (gab. ha<sup>-1</sup>) 279. un 287. kv. grāvjos.



Att. 54: Bijāto koku skaits (gab. ha<sup>-1</sup>) 413., 419. un 420. kv. grāvjos.



## Izmaksu un ieņēmumu analīze

Darba ražīguma analīzē konstatēts, ka būtisku uzlabojumu mežizstrādē var panākt, maksimāli izvairoties no mazo kociņu zāģēšanas. Tab. 38 veikts darba ražīguma izmaiņu ietekmes uz ieņēmumiem un izmaksām pārrēķins. Nezāģējot ar harvesteru kociņus, kas tievāki par 8 cm, krājas zudumi, atkarībā no darba metodes, ir 4-25 m<sup>3</sup> (8-11 %). Pieņemot, ka malkas cena ir 20 EUR m<sup>3</sup>, neiegūtie ieņēmumi, realizējot izmēģinājumos sagatavoto koksni, ir vidēji 142 EUR ha<sup>-1</sup>. Ja pieņem, ka harvestera tiešās darba stundas izmaksas ir 75 EUR, maksimālais izmaksu samazinājums 1 m<sup>3</sup> sagatavošanai, pieaugot vidējam darba ražīgumam, ir 6,3-7,3 EUR. Pārrēķinot uz kopējo izmaksu samazinājumu, tas atbilst 9 % no sākotnējām izmaksām, zāģējot arī mazos kociņus, bet neto izmaksu samazinājums pēc neiegūto ieņēmumu atskaitīšanas ir vidēji 433 EUR ha<sup>-1</sup>.

Izdevumu samazinājumu būtiski ietekmē harvestera darba stundas izmaksas. Izmaksu samazinājums nebūtu jūtams tikai tad, ja tiešās darba stundas izmaksas samazinātos līdz 20 EUR, kas ir tikai teorētiski iespējams skaitlis.

Praksē tik liels mežizstrādes izdevumu samazinājums nav sasniedzams, jo mazie kociņi jānozāģē, lai atbrīvotu vietu kokmateriālu un zaru nokraušanai. No mazo kociņu zāģēšanas var izvairīties, samazinot kopējo kokmateriālu veidu skaitu (daļēji atzarotā biomasa un malka vienā kaudzē, papīrmalka otrā, tara trešajā un sīkbaļķi ceturtajā), liekot mežizstrādes atliekas un neatzarotus sīkkokus grāvja gultnē, ja tas ir iespējams, kā arī izmantojot kombinētā tipa griezējgalvas, kas aprīkotas ar zāģi un giljotīnu koku kniebšanai.

Tab. 38: Mazo kociņu izstrādes ietekme uz izmaksām

Rādītājs	Darba metode			
	1	2	3	4
Krājas zudumi (nonāk mežizstrādes atlieku kategorijā, ja visu biomasu aizvāc no grāvjiem)	16	27	17	8
	9%	10%	9%	10%
Malkas cena, EUR m <sup>-3</sup>	20			
Zaudētie ieņēmumi, EUR	€ 329	€ 531	€ 343	€ 164
Darba ražīgums, m <sup>3</sup> tiešā darba stundā	9,366	7,640	8,751	9,746
Darba ražīguma pieaugums, m <sup>3</sup> stundā	2,515	3,833	2,871	2,618
	37%	45%	39%	37%
Darba stundas izmaksas, EUR	€ 75			
Izmaksas sākotnēji, EUR	€ 14 363	€ 20 751	€ 14 767	€ 6 170
Izmaksas, nezāģējot mazos kokus, EUR	€ 13 130	€ 18 761	€ 13 480	€ 5 554
Izmaksu samazinājums uz 1 m <sup>3</sup>	€ 7,04	€ 7,96	€ 7,16	€ 8,32
Kopējais izmaksu samazinājums	€ 1 233	€ 1 990	€ 1 287	€ 616
Neto izmaksu samazinājums	€ 904	€ 1 460	€ 944	€ 452
	6,29%	7,03%	6,39%	7,32%
Izmaksu samazinājums, EUR ha <sup>-1</sup>	€ 295	€ 367	€ 566	€ 503

Biomasas un apaļo kokmateriālu pašizmaksas analīzei veikta 3. darba metodei, kas izmēģinājumos izrādījās visefektīvākā. Strādājot ar 3. metodi, no galotnēm un mazākajiem kokiem sagatavo daļēji atzarotus sīkkokus, ko liek vienā kaudzē ar malku.

Vidējā nozāģētā koka caurmēru, pievešanas attālumu un citus rādītājus, ko neietekmē darba metode, abos variantos pieņem vienādu. Pievešanas darba ražīgumu pieņem atbilstoši vidējiem rādītājiem 3. darba metodē (Tab. 39). Mežizstrādes un pievešanas darba ražīguma

rādītājos nav ietverta iespēja veikt koku gāšanu paralēli grāvim, jo iegūtā empīriskā materiāla apjoms nav pietiekošs, lai salīdzinātu katru darba metodi atsevišķi. Mežizstrādes atlieku un sikkoku pievešanas raksturošanai izmantoti vidējie rādītāji par visām darba metodēm

**Tab. 39: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums 1 kokmateriālu un mežizstrādes atlieku kravas pievešanai**

Kravas tips	Vidējā krava, m <sup>3</sup> / ber. m <sup>3</sup>	Iekraušanas laiks, min.	Izkraušanas laiks, min.	Vidējais braukšanas ātrums, m min. <sup>-1</sup>
Kokmateriāli	6,7	44,087	11,064	211
Mežizstrādes atliekas	13	11,87	3,32	156
Daļēji atzaroti sikkoki	16	19,89	4,74	188

Mežizstrādē un koksnes piegādē nodarbinātās tehnikas izmaksu aprēķina rezultātu kopsavilkums dots Tab. 40. Lielākā izmaksu daļa visām tehnikas vienībām attiecas uz operacionālajām jeb mainīgajās izmaksām, tajā skaitā degvielu. Harvestera stundas izmaksas ir būtiski mazākas, nekā uzņēmuma iesniegtajā apkopojumā, jo aprēķinos pieņemts, ka darbs notiek 3 maiņās.

Grāvju trašu apauguma zāģēšanā, atbilstoši vidējiem darba ražīguma rādītājiem, harvesters gada laikā var sagatavot ap 13 tūkst. m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu un 2 tūkst. ber. m<sup>3</sup> biokurināmā. Harvestera darba ražīgums ir aptuveni 2 reizes mazāks, nekā kokmateriālu pievedējtraktora darba ražīgums, attiecīgi, lai nodrošinātu ar darbu 1 pievedējtraktoru, izmēģinājumam raksturīgos apstākļos būtu nepieciešami 2 harvesteri. Lai līdzsvarotu mašīnu noslodzi, strādājot ar 1 tehnikas komplektu, ir būtiski jāpalielina harvestera darba ražīgums (samazināts kokmateriālu veidu skaits, mazo kociņu zāģēšanas ierobežošana u.c. pasākumi), kā arī jāizmanto harvesters arī galvenajā cirtē, kur darba ražīguma atšķirība ir mazāka. Praksē pievedējtraktora un harvestera darba ražīgumu izlīdzinās arī laika apstākļi – strādājot grāvju trašu apauguma cirtē, pievedējtraktoram var prognozēt ilgākas dīkstāves, jo daļa no audzēm, kas ekskavatoram (augšnes nestspēja ir pietiekoši liela), tajā pat laikā var nebūt pieejamas pievedējtraktoram. Lai pilnībā izmantotu ekskavatora priekšrocības, vienlaicīgi neriskējot ar pasliktināt kokmateriālu kvalitāti, grāvju trasēs ar sliktiem un ekstremāliem pievešanas apstākļiem gatavojams biokurināmais, ko var pievest arī vairākus mēnešus pēc mežizstrādes, atšķirībā no vērtīgākajiem apaļo kokmateriālu veidiem.

**Tab. 40: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze**

Rādītājs	Harvesters	Kokmateriālu pievešana	Sikkoku pievešana	Zaru pievešana	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā							
Investīcijas	€ 60 368	€ 42 016	€ 41 537	€ 41 537	€ 17 301	€ 65 697	€ 17 308
Personāls	€ 62 889	€ 47 079	€ 47 079	€ 47 079	€ 16 423	€ 36 835	€ 16 423
Operacionālās izmaksas	€ 90 186	€ 73 994	€ 76 606	€ 76 606	€ 41 411	€ 165 943	€ 51 029
Plānotā peļņa	€ 10 672	€ 8 154	€ 8 261	€ 8 261	€ 3 757	€ 13 424	€ 4 238
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 224 115</b>	<b>€ 171 244</b>	<b>€ 173 483</b>	<b>€ 173 483</b>	<b>€ 78 892</b>	<b>€ 281 899</b>	<b>€ 88 998</b>
Darba ražīgums							
<b>Ražīgums, m<sup>3</sup> produktīvajā stundā</b>	<b>2,9</b>	<b>6,4</b>	<b>11,3</b>	<b>11,5</b>	<b>9,0</b>	<b>40,2</b>	<b>11,5</b>
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoma vērtējums							
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m <sup>3</sup> gadā, tajā skaitā	13104	31505	54979	56127	16102	82882	20496
apaļie kokmateriāli, m <sup>3</sup> gadā	13104	31505			16102		
biokurināmais, m <sup>3</sup> gadā	812		54979	56127		82882	20496

Rādītājs	Harvesters	Kokmateriālu pievešana	Sīkkoku pievešana	Zaru pievešana	Kokvedējs	Biomases smalcinātājs	Šķeldu vedējs
biokurināmais, pārrēķinot šķeldās:							
biokurināmais, ber. m <sup>3</sup> gadā	1950		131949	134706		198917	49191
Vidējās kokmateriālu un biokurināmā sagatavošanas izmaksas							
<b>Kokmateriāli &amp; biokurināmais, EUR m<sup>-3</sup></b>	<b>€ 17,10</b>	<b>€ 5,44</b>	<b>€ 3,16</b>	<b>€ 3,09</b>	<b>€ 4,90</b>	<b>€ 3,40</b>	<b>€ 4,34</b>

Biokurināmā sagatavošanas pašizmaksas aprēķinā visas harvestera izmaksas attiecinātas uz apaļajiem kokmateriāliem. Vidējās apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas izmēģinājumos, attiecīgi, ir 27 EUR m<sup>-3</sup>, bet biokurināmā sagatavošanas pašizmaksa – 11 EUR m<sup>-3</sup> (4,5 EUR ber. m<sup>-3</sup>), tajā skaitā pievešana uz augšgala krautuvi 150 m attālumā un piegāde 50 km attālumā (Tab. 41). Daļēji atzaroto sīkkoku un mežizstrādes atlieku šķeldu izmaksas ir līdzīgas. Lielāko daļu izmaksu apaļajiem kokmateriāliem rada harvesters, bet biokurināmajam – smalcināšana un piegāde. Praksē pieaugs pievešanas izmaksas, jo darba apstākļi, kā arī harvestera un pievedējtraktora darba ražīguma attiecība, nosaka salīdzinoši lielāku pievedējtraktoru dīkstāvi. Biokurināmā piegāžu izmaksas palielinās arī salīdzinoši mazā kokmateriālu koncentrācija – samazinoties pievedamās koksnes daudzumam, pieaugs pārbraucienu īpatsvars darba laika struktūrā un samazināsies pievedējtraktora darba ražīgums.

Tab. 41: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa

Rādītājs	Harvesters	Kokmateriālu pievešana	Sīkkoku pievešana	Zaru pievešana	Kokvedējs	Biomases smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Kopā
apaļie kokmateriāli	€ 17,10	€ 5,44			€ 4,90			€ 27,44
Biokurināmais, EUR m <sup>-3</sup>								
zaru šķeldas				€ 3,09		€ 3,40	€ 4,34	€ 10,83
sīkkoku šķeldas			€ 3,16			€ 3,40	€ 4,34	€ 10,90
Biokurināmais, EUR ber. m <sup>-3</sup>								
zaru šķeldas				€ 1,29		€ 1,42	€ 1,81	€ 4,51
sīkkoku šķeldas			€ 1,31			€ 1,42	€ 1,81	€ 4,54

Pārrēķinot uz 1 ha (aptuveni 1 km grāvju trašu), mežizstrādes izmaksas atbilstoši izmēģinājumā iegūtajiem datiem, ir 2886 EUR, tajā skaitā 2353 EUR ir apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas (Tab. 42). Biokurināmā piegādes izmaksas teorētiski ir 534 EUR ha<sup>-1</sup>; bet praksē izmaksas būs lielākas, jo biokurināmā daudzums audzē ir salīdzinoši neliels un pieaugs visu to izmaksu pozīciju īpatsvars, kas saistītas ar tehnikas pārvietošanos.

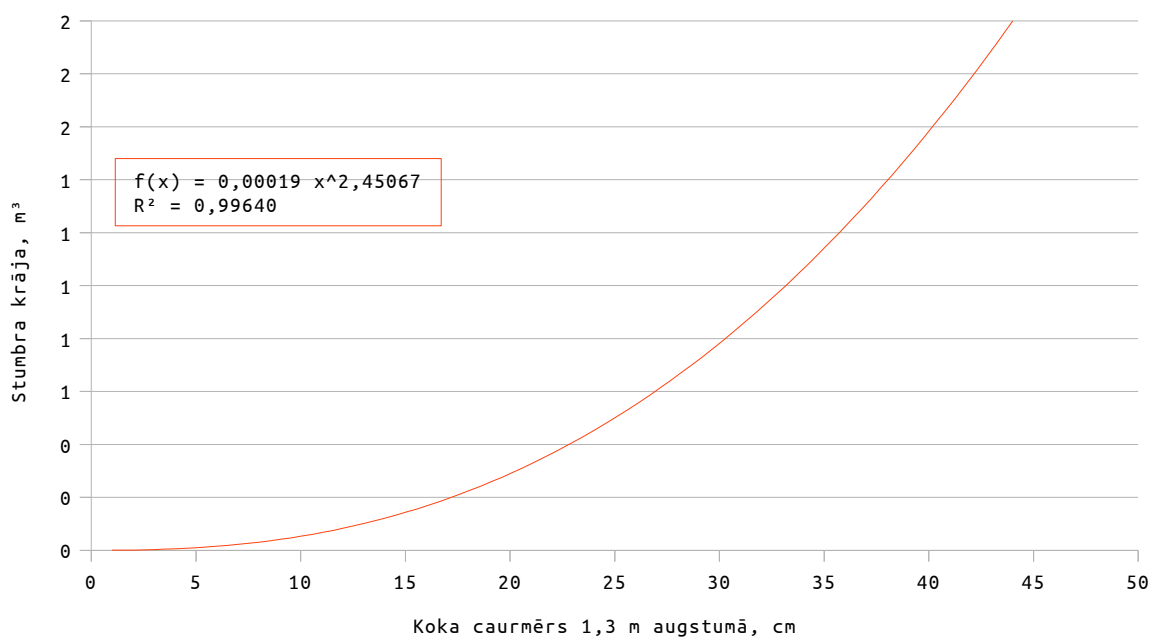
Tab. 42: Mežizstrādes izmaksas uz 1 ha

Rādītājs	Harvesters	Kokmateriālu pievešana	Zaru pievešana	Kokvedējs	Biomases smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Kopā
Apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	€ 1 510	€ 443		€ 400			€ 2 353
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>			€ 152		€ 168	€ 214	€ 534
Kopējās izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	€ 1 510	€ 443	€ 152	€ 400	€ 168	€ 214	€ 2 886

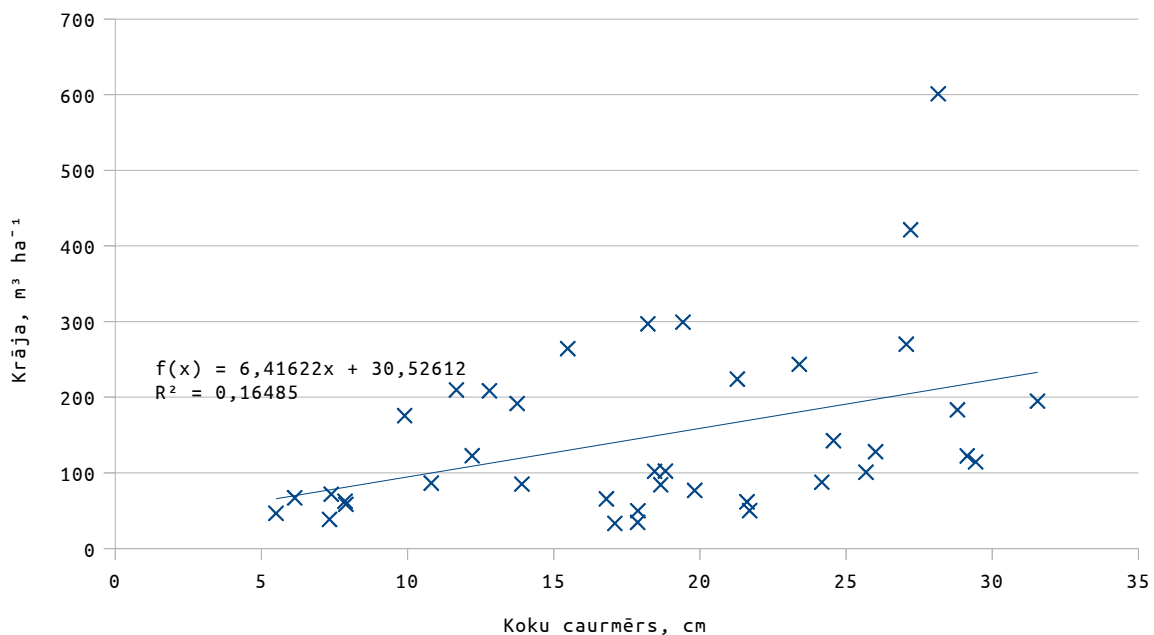
## Jutīguma analīze

Izmaksu jutīguma analīze veikta vidējā nozāgētā koka caurmēram, pievešanas attālumam, pievedējtraktora kravai (proporcionāli mainot apaļo kokmateriālu un biokurināmā kravas lielumu), apaļo kokmateriālu un biokurināmā (šķeldu) piegādes attālumam, harvestera degvielas patēriņam un degvielas cenai.

Nozāgētā koka caurmēra ietekmes novērtējums veikts atbilstoši vidējiem visu zāgēto koku sugu caurmēra un stumbra tilpuma attiecības rādītājiem (Att. 55). Savukārt, krājas aprēķinos izmantoti Meža resursu monitoringa (MRM) dati par koksnes krāju uz meža grāvjiem, atkarībā no vidējā koka caurmēra (Att. 56).



Att. 55: Jutīguma analīzē un ieņēmumu prognozē izmantotais stumbra krājas aprēķinu vienādojums.



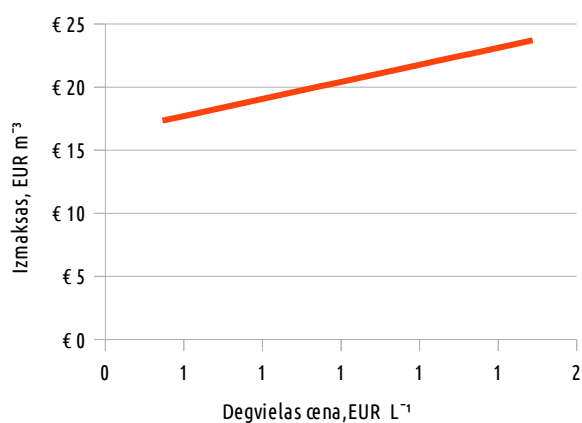
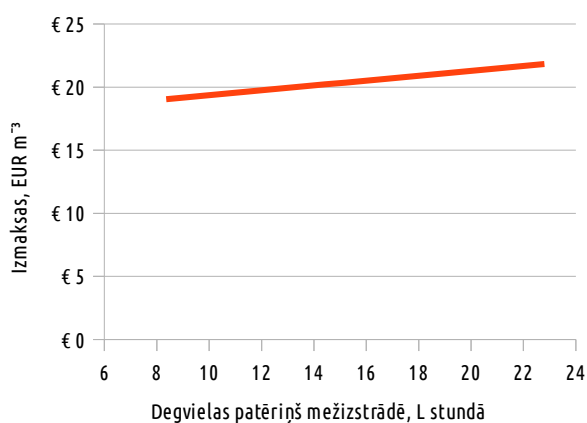
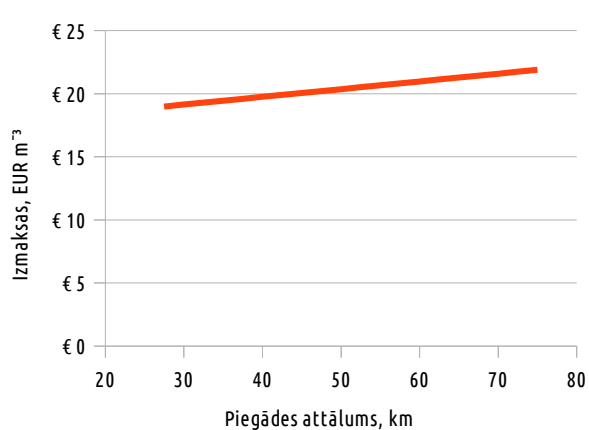
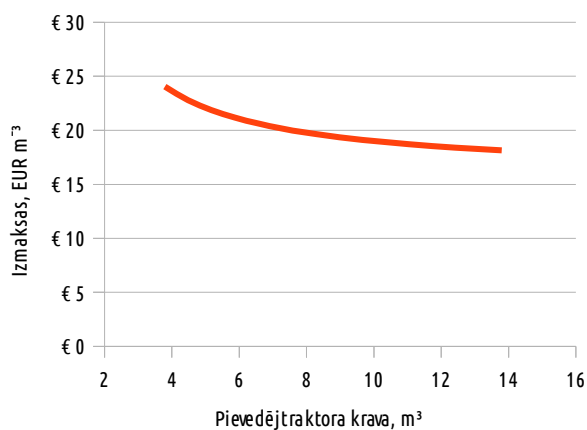
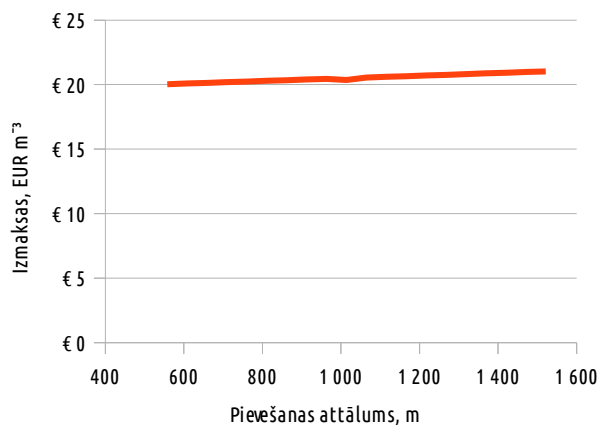
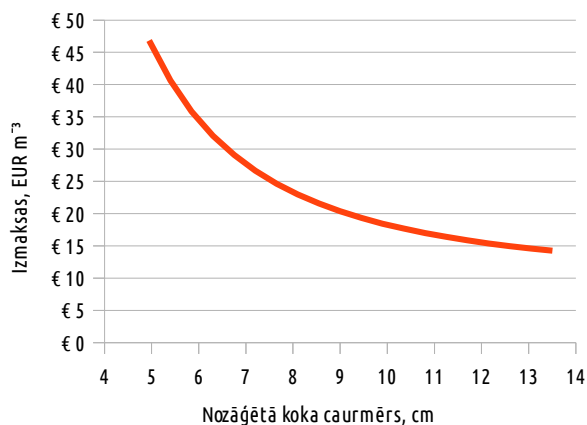
**Att. 56: Jutīguma analizē un ieņēmumu prognozē izmantotais krājas aprēķinu vienādojums.**

Salīdzinot vērtējamo parametru ietekmi uz vidējām kokmateriālu un biokurināmā sagatavošanas izmaksām, pētījumā apstiprinājusies likumsakarība, ka lielāko ietekmi rada vidējā nozāgējamā koka caurmērs. Zāgējot vidēji 13,5 cm resnus kokus, kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa samazinātos līdz 14,5 EUR m<sup>-3</sup> (Att. 57), bet, zāgējot vidēji 5 cm resnus kokus, pašizmaksa pieaugtu līdz 47 EUR m<sup>-3</sup>. Pievešanas attālumam ir salīdzinoši neliela ietekme, jo braukšanas ātrums uz grāvju trasēm ir tuvu maksimālajam pieļaujamajam, taču aprēķinā nav ietverts degvielas patēriņa pieaugums, palielinoties pievešanas attālumam. Lielāka pievedējtraktora izmantošana (2 līdz 3 m garu kokmateriālu rindas), palielinot vidējo kravu līdz 10,8 m<sup>3</sup>, samazinātu kokmateriālu un biokurināmā izmaksas par aptuveni 2 EUR m<sup>-3</sup>.

Kokmateriālu un biokurināmā piegāde pētījumā nav vērtēta, taču piegādes attālumam ir būtiska ietekme uz pašizmaksu. Ja piegādes attālums palielinās par 25 km, kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa palielinās par 1,5 EUR m<sup>-3</sup>.

Viens no būtiskākajiem jautājumiem, kas skar ekskavatoru izmantošanu mežizstrādē, ir degvielas patēriņa ietekme uz kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksu. Izmēģinājumos izmantots 24 tonnas smags ekskavators ar salīdzinoši lielu degvielas patēriņu – 15,2 L stundā. Teorētiski to var aizstāt ar mazākas klases (līdz 10 tonnas smagu) ekskavatoru ar līdz 2 reizes mazāku degvielas patēriņu. Degvielas patēriņam samazinoties no 15,2 līdz 8,4 L stundā, kokmateriālu pašizmaksa samazinātos par 1,3 EUR m<sup>-3</sup>. Tas nozīmē, ka ekskavatora izvēlei ir daudz mazāka ietekme, nekā darba metodei (vidējā nozāgētā koka caurmēram), tāpēc izmaksu samazināšana primāri jāveic, ieviešot efektīvākas darba metodes, t.i. izvairoties no mazāko kociņu zāgēšanas ar harvesteru. Degvielas patēriņa samazinājumu var panākt arī, strādājot ar lielu ekskavatoru, kam uzstādīta vieglāka griezējgalva un mūsdienīga vadības sistēma degvielas padeves regulēšanai atbilstoši slodzei.

Degvielas cenai ir būtiska ietekme uz kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksu. Degvielas cenai pieaugot no 1,0 līdz 1,5 EUR L<sup>-1</sup> (par 45 %), kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksa palielinātos par 3,4 EUR m<sup>-3</sup> (16 %).



**Att. 57: Jutīguma analīze grāvju trašu apauguma izstrādes cirtē.**

Pieņēmumi vidējā nozāgētā koka caurmēra izmaiņu ietekmes uz apažo kokmateriālu un biokurināmā ražošanas un piegāžu pašizmaksu, kā arī pieņēmumi, kas izmantoti izdevumu un ieņēmumu attiecības analīzei grāvju trašu izstrādes cirtēs, doti Tab. 43. Aprēķini veikti vidējā nozāgētā koka caurmēra intervālam 5,0-13,5 cm.

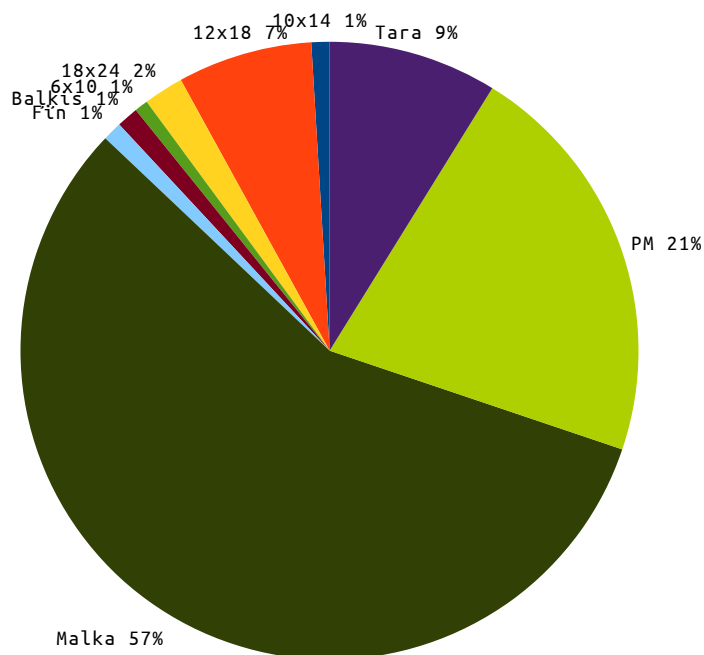


Tab. 43: Pieņēmumi vidējā nozāģētā koka caurmēra ietekmes uz izmaksām un ieņēmumu bilances analīzei

Vidējais nozāģējamais koks pret vidējo koku izmēģinājumos	-45%	-40%	-35%	-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Vidējā nozāģētā koka krāja, m³	0,0096	0,0118	0,0144	0,0173	0,0205	0,0240	0,0278	0,0320	0,0365	0,0414	0,0467	0,0523	0,0583	0,0648	0,0716	0,0788	0,0864	0,0945	0,1030	0,1119
Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	4,95	5,40	5,85	6,30	6,75	7,20	7,65	8,10	8,55	9,00	9,45	9,90	10,35	10,80	11,25	11,70	12,15	12,60	13,05	13,50
Izstrādājamo koku krāja, m³ ha <sup>-1</sup>	62,29	65,17	68,06	70,95	73,84	76,72	79,61	82,50	85,38	88,27	91,16	94,05	96,93	99,82	102,71	105,60	108,48	111,37	114,26	117,15
Sortimentu struktūra, m³ ha <sup>-1</sup> :																				
biokurināmais daļēji atzarotos sikkokos	1,33	1,82	2,31	2,81	3,32	3,82	4,33	4,85	5,37	5,90	6,43	6,97	7,51	8,06	8,61	9,17	9,73	10,30	10,87	11,45
biokurināmais mežizstrādes atliekās	34,76	36,37	37,98	39,59	41,20	42,81	44,42	46,03	47,64	49,26	50,87	52,48	54,09	55,70	57,31	58,92	60,53	62,14	63,76	65,37
apaļie kokmateriāli	54,87	57,02	59,17	61,32	63,47	65,61	67,75	69,88	72,01	74,14	76,26	78,37	80,48	82,59	84,69	86,79	88,88	90,97	93,05	95,13
kopā biokurināmais un kokmateriāli	90,95	95,21	99,46	103,72	107,98	112,24	116,51	120,77	125,03	129,29	133,55	137,82	142,08	146,35	150,61	154,88	159,14	163,41	167,67	171,94
Zāģēšanas darba ražīgums, m³ E15 stundā	0,85	1,02	1,20	1,40	1,62	1,85	2,10	2,37	2,65	2,95	3,26	3,59	3,94	4,30	4,69	5,08	5,50	5,93	6,38	6,85
Zāģēšanas izmaksas, EUR m <sup>-3</sup> ar mizu	€ 59,36	€ 49,53	€ 41,93	€ 35,93	€ 31,13	€ 27,21	€ 23,99	€ 21,30	€ 19,03	€ 17,10	€ 15,45	€ 14,03	€ 12,79	€ 11,70	€ 10,75	€ 9,91	€ 9,16	€ 8,49	€ 7,89	€ 7,35
Vidējais apaļo kokmateriālu caurmērs, cm	6,48	6,70	6,93	7,15	7,38	7,60	7,83	8,05	8,28	8,50	8,73	8,95	9,18	9,40	9,63	9,85	10,08	10,30	10,53	10,75
Apaļo kokmateriālu krava, m <sup>-3</sup>	22,45	22,88	23,30	23,73	24,16	24,59	25,02	25,45	25,88	26,31	26,74	27,17	27,60	28,03	28,46	28,89	29,32	29,74	30,17	30,60
Apaļo kokmateriālu transporta darba ražīgums, m³ E15 stundā	7,70	7,84	7,99	8,14	8,28	8,43	8,58	8,73	8,87	9,02	9,17	9,31	9,46	9,61	9,76	9,90	10,05	10,20	10,35	10,49
Apaļo kokmateriālu transporta izmaksas, EUR m <sup>-3</sup>	€ 5,74	€ 5,64	€ 5,53	€ 5,43	€ 5,33	€ 5,24	€ 5,15	€ 5,06	€ 4,98	€ 4,90	€ 4,82	€ 4,74	€ 4,67	€ 4,60	€ 4,53	€ 4,46	€ 4,40	€ 4,33	€ 4,27	€ 4,21
Kopējās ražošanas izmaksas, EUR m <sup>-3</sup> :																				
apaļie kokmateriāli ar mizu	€ 70,54	€ 60,60	€ 52,89	€ 46,80	€ 41,90	€ 37,89	€ 34,57	€ 31,80	€ 29,45	€ 27,44	€ 25,71	€ 24,21	€ 22,89	€ 21,74	€ 20,71	€ 19,80	€ 18,99	€ 18,26	€ 17,60	€ 17,00
zaru šķeldas	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83	€ 10,83
sikkoku šķeldas	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90	€ 10,90
Biokurināmā ražošanas izmaksas, EUR ber. m <sup>-3</sup> :																				
zaru šķeldas	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51	€ 4,51
sikkoku šķeldas	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54	€ 4,54
<b>Vidējās izmaksas, EUR m<sup>-3</sup></b>	<b>€ 46,85</b>	<b>€ 40,64</b>	<b>€ 35,86</b>	<b>€ 32,10</b>	<b>€ 29,09</b>	<b>€ 26,65</b>	<b>€ 24,64</b>	<b>€ 22,97</b>	<b>€ 21,56</b>	<b>€ 20,36</b>	<b>€ 19,33</b>	<b>€ 18,44</b>	<b>€ 17,67</b>	<b>€ 16,99</b>	<b>€ 16,39</b>	<b>€ 15,86</b>	<b>€ 15,39</b>	<b>€ 14,97</b>	<b>€ 14,59</b>	<b>€ 14,25</b>

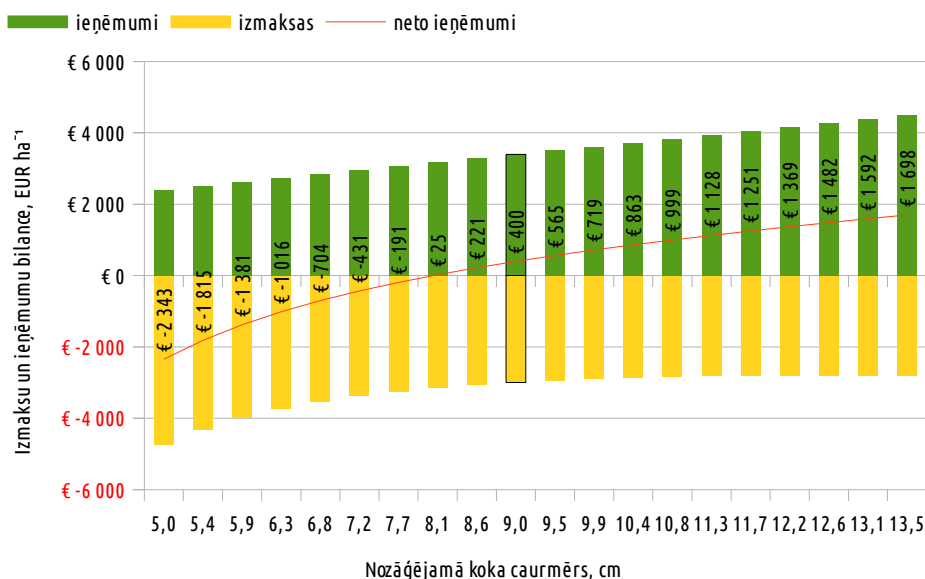
## Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

Ieņēmumu un izdevumu attiecības aprēķinos izmantota vidējā sagatavoto kokmateriālu struktūra atbilstoši harvestera izdrukām par izmēģinājumos izstrādāto un izkopto platību. Lielākā daļa no sagatavotajiem kokmateriāliem ir malka (58 %) un papīrmalka (21 %, Att. 58). Atlikumu apjoms, neskaitot malku, pieņemts 2-12 % no sagatavotajiem kokmateriāliem, atkarībā no vidējā nozāgētā koka caurmēra.



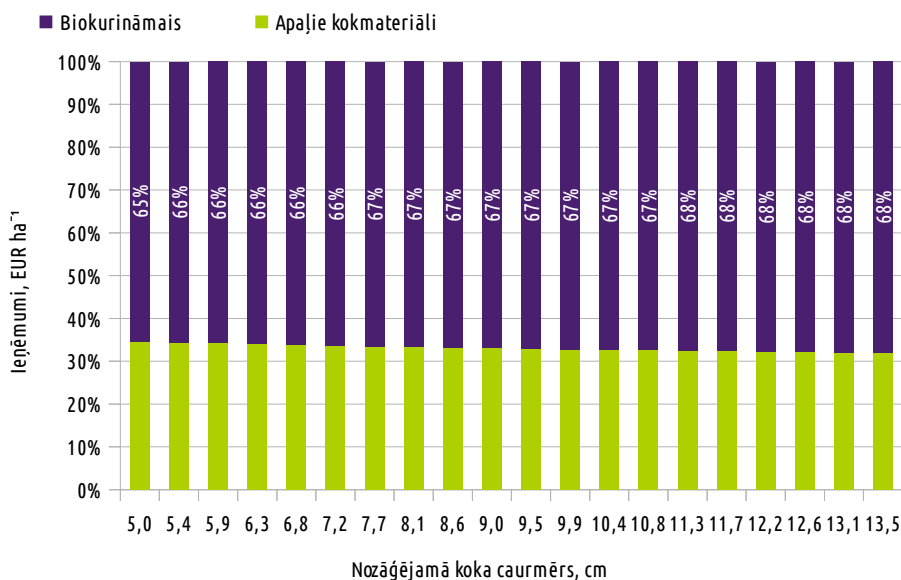
**Att. 58: Sagatavoto kokmateriālu struktūra.**

Saskaņā ar ieņēmumu un izdevumu analīzi pozitīva naudas plūsma iespējama tad, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir vismaz 8,6 cm (Att. 59), t.i. vidējie rādītāji izmēģinājumu platībās ir tuvu minimālajam līmenim, lai nodrošinātu pozitīvu naudas plūsmu. Zāgējot mazākus kokus, izdevumu un ieņēmumu attiecība ir negatīva.



Att. 59: Izmaksu un ieņēmumu attiecība.

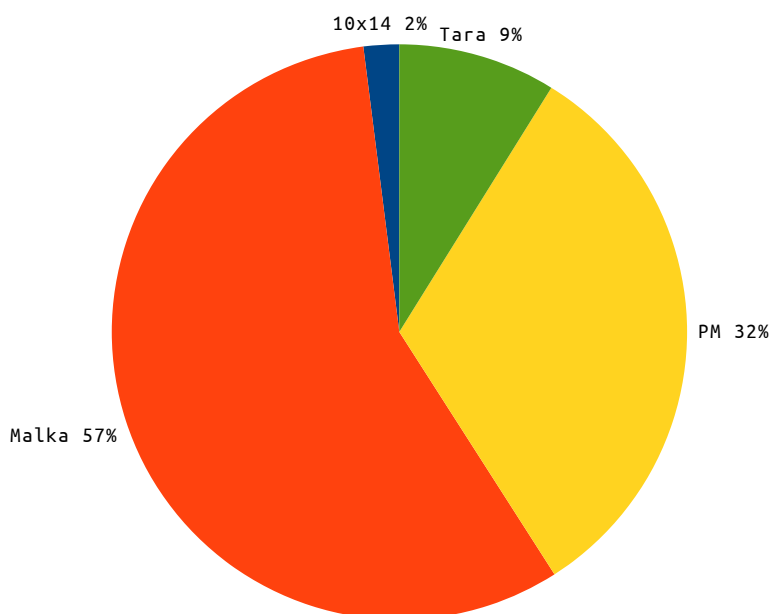
Biokurināmā, tajā skaitā malkas, atgriezumu un mežizstrādes atlieku īpatsvars ieņēmumu struktūrā ir 67 %. Pieaugot vidējā nozāgējamā koka caurmēram līdz 13,5 cm, biokurināmā īpatsvars ieņēmumu struktūrā nedaudz palielinās – līdz 68 % (Att. 60). Praksē var veidoties pretēja situācija – lielāku dimensiju koku audzē iegūst arī citus vērtīgos lapkoku kokmateriālu veidus, tāpēc ieņēmumi no apaļo kokmateriālu realizācijas palielinātos.



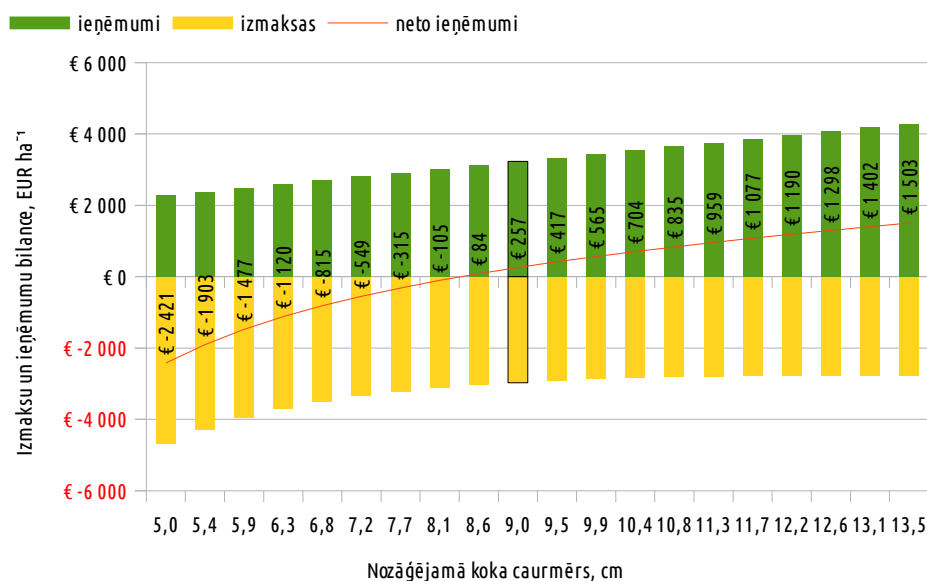
Att. 60: Apaļo kokmateriālu un biokurināmā attiecība ieņēmumu struktūrā.

Apvienojot kokmateriālus 4 grupās (malka, papīrmalka, tara, sīkbaļķi, Att. 61), neto ieņēmumu prognoze, neņemot vērā darba ražīguma pieauguma iespējas, izmēģinājumam raksturīgajos apstākļos samazināsies par 36 % (Att. 62). Nodaļā [Izmaksu un ieņēmumu analīze](#) (Tab. 38)

konstatēts, ka atteikšanās no mazo (tievāki par 8 cm) kociņu zāģēšanas teorētiski var palielināt darba ražīgumu par 37-45 %, kompensējot būtisku daļu no neiegūtās peļņas. 2015. gada vasarā Jaunkalsnavā veiktie kopšanas izmēģinājumi parāda, ka darba ražīguma pieaugums, samazinot gatavojamo kokmateriālu skaitu, var būt pat vairākas reizes, bez tam tas ietekmē ne tikai mežizstrādi, bet arī kokmateriālu pievešanu un izvešanu. Jāņem vērā arī tas, ka ražošanā, grāvju trašu apaugumā iegūtie vērtīgie kokmateriālu veidu rada papildus ieņēmumus tikai teorētiski, bet praksē tie ar lielu varbūtību nonāk tirgū sliktākas kvalitātes kokmateriālu veidā, jo to izvešana izmaksā pārāk dārgi, tos nespēj izvest savlaicīgi vai arī pircējs tos izbrāķē sakarā ar neatbilstību citām kvalitātes prasībām.



Att. 61: Kokmateriālu struktūra pēc apvienošanas.



Att. 62: Izmaksu un ieņēmumu attiecība pēc kokmateriālu veidu apvienošanas.

## SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Pētījuma rezultāti apstiprina darbā izvirzīto hipotēzi, ka ekskavators, kas aprīkots ar harvesteru hidromanipulatoru un griezējgalvu, ir efektīvs tehnisks risinājums apaļo kokmateriālu un biokurināmā sagatavošanā grāvju trašu apauguma cirtēs. Lai nodrošinātu pilnvērtīgu un nepārtrauktu mežizstrādes tehnikas izmantošanu, ekstremālos un smagos pievešanas apstākļos jāprioritizē biokurināmā sagatavošana, organizējot pievešanu tad, kad tas ir iespējams; bet labos un apmierinošos pievešanas apstākļos jāplāno apaļo kokmateriālu un biokurināmā sagatavošana.
2. Degvielas patēriņa samazināšanai, kā arī darba izpildes kvalitātes un darba ražīguma palielināšanai ekskavatoru ieteicams aprīkot ar nelielu, krājas kopšanas cirtēm piemērotu griezējgalvu (Ponsse H5, Moipu 500 vai līdzvērtīga griezējgalva). Būtiskas priekšrocības dotu papildus giljotīnas mehānisma uzstādīšana koku nogāšanai grūti pārrēķināmās vietās vai tuvu ūdens līmenim.
3. Izmēģinājumos izmantotajam ekskavatoram ir būtiski lielāks degvielas patēriņš, nekā citām līdz šim pētījumos grāvju trašu apauguma cirtēs izmantotajām mežizstrādes mašīnām (attiecīgi, 15,2 L stundā un 9-12 L stundā), taču degvielas patēriņa samazināšana, izmantojot mazāku ekskavatoru, radīs būtiski mazāku ietekmi uz kokmateriālu pašizmaksu, nekā pielietojamās darba metodes pilnveidošana.
4. Pētījumā konstatēts, ka labākos darba ražīguma rādītājus var nodrošināt ar 3. metodi (apvienota malkas un sīkkoku biokurināmā metode, gatavojot apaļos kokmateriālus, mežizstrādes atliekas un apvienotu malkas un daļēji atzartu sīkkoku sortimentu); attiecīgi, neatzartu koku vākšana nenodrošina darba ražīguma rādītāju uzlabošanas grāvju trašu apauguma izstrādē.
5. Būtisks darba ražīguma pieaugums iespējams, biežāk izmantojot paketēšanas mehānismu, tajā skaitā "malkas koku" zāgēšanai un papīrmalkas gatavošanai, kā arī maksimāli izvairoties no tievāko kociņu (caurmērs mazāks par 6-8 cm) zāgēšanas ar harvesteru.
6. Darba ražīgumu, tajā skaitā pievešanas etapā, un kopšanas kvalitāti var būtiski uzlabot, samazinot gatavojamo kokmateriālu skaitu mežizstrādes darba uzdevumā un atsakoties no tiem kokmateriālu veidiem, kuru apjoms ir mazāks par 5-10 % no sagaidāmā iznākuma. Ieņēmumu samazinājumu kompensēs darba ražīguma pieaugums, tajā skaitā mazāka kokmateriālu veidu skaita netieša ietekme uz darba ražīgumu, mazinot nepieciešamību attīrīt vietu kokmateriālu novietošanai.
7. Kopšanas kvalitāti (bojājumi piegulošajās mežaudzēs), kā arī pievešanas darba ražīgumu var būtiski palielināt, ja koku gāšanu un atzarošanu veic paralēli grāvju trasei, liekot kokmateriālus un mežizstrādes atliekas uz atbērtnes malas paralēli grāvim vai arī grāvja gultnē, ja vien tas nerada apdraudējumu hidroloģiskajam režīmam piegulošajās mežaudzēs. Liekot kokmateriālus un mežizstrādes atliekas grāvī, pievešana jāveic tūlīt pēc izstrādes, attiecīgi, šī pieeja nav izmantojama sliktos un ekstremālos pievešanas apstākļos, kur pievešana tūlīt pēc izstrādes nav iespējama.
8. Mežizstrādes atlieku pievedējtraktoru operatoriem jāapgūst grāvju tīrīšanas paņēmieni, izmantojot zaru saišķi kā slotu, ar ko iztīra grāvja gultni no tajā sakritušajām kritālām.
9. Pēc mašinizētas izstrādes uz grāvju trasēm paliekošo sīkkoku zāgēšana ar rokas motorinstrumentiem nav lietderīga, izņemot rekonstruējamo grāvju trases, kā arī grāvju treses, ko var izmantot, piemēram, ugunsdzēsēju mašīnas meža ugunsgrēku dzēšanai. Paliekošā koku un krūmu veģetācija aizkavēs zemsedzes veidošanos, izmantos barības vielas, kas ieskalojas grāvī no mežaudzes, un saīsinās nākamās aprites ilgumu. Sīko koku un krūmu saglabāšanas mežsaimnieciskā un ietekmes uz vidi mazināšanas efekts jānovērtē ilglaicīgu novērojumu objektos.

## LITERATŪRA

1. Bergroth, J., Palander, T. & Kärhä, K. (2006). Excavator-based harvesters in wood cutting operations in Finland. *Forestry Studies/Metsanduslikud Uurimused* 45, 74–88.
2. Lazdiņš, A. (2012). *Celmu izstrādes sistēmas pašizmaksas analīze (Pārskats par līgumpētījuma pirmajā etapā paredzēto darbu izpildi)*. Salaspils. (2010/0255/2DP/2.1.1.1.0/APIA/VIAA/174 (2012.R01)).
3. Lazdiņš, A., Lazdāns, V. & Zimelis, A. (2012a). *Enerģētiskās koksnes sagatavošanas tehnoloģijas kopšanas cirtēs, galvenās izmantošanas cirtēs un meža infrastruktūras objektos*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 3. 5.5-5.1-000p-101-12-8).
4. Lazdiņš, A., Liepiņš, K., Lazdiņa, D., Jansons, Ā., Bārdule, A. & Lupiķis, A. (2013). *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcefekta gāzu emisijām un CO<sub>2</sub> piesaisti novērtējums (pārskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
5. Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2012). *Biokurināmā sagatavošanas darba ražīgumu un izmaksas ietekmējošo faktoru izpēte meža infrastruktūras objektu apaugumā*. Salaspils. (3. 5.5-5.1-000p-101-12-8).
6. Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Kalēja, S. (2015). *Biokurināmā sagatavošana jaunaudžu kopšanā, pirmajā krājas kopšanā un grāvju trašu apaugumā ar Moipu griezējgalvu*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/05).
7. Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Kalniņš, J. (2012b). *Nepieciešamo izpētes objektu (meža infrastruktūras objektu) apraksts un pamatojums*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums).
8. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.
9. Thor, M., Iwarsson-Wide, M., Hofsten, H. Von, Nordén, B., Lazdiņš, A., Zimelis, A. & Lazdāns, V. (2008). *Forest energy from small-dimension stands, infra-structure objects and stumps (research report)*. Uppsala.
10. Väättäinen, K., Sikanen, L. & Asikainen, A. (2004). Feasibility of Excavator-Based Harvester in Thinnings of Peatland Forests. *International Journal of Forest Engineering* [online], 15(2). Available from: <http://journals.hil.unb.ca/index.php/IJFE/article/view/9855>. [Accessed 2012-08-11].
11. Матузанис, Я. (Ed.) (1988). *Нормативы для таксации леса Латвийской ССР*. Рига: Государственный комитет СССР по лесному хозяйству, Министерство лесного хозяйства и лесной промышленности Латвийской ССР, Научно-производственное объединение "Силава", Латвийское лесоустроительное предприятие В/О "Леспроект".