

PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums **BIOKURINĀMĀ SAGATAVOŠANA
JAUNAUDŽU KOPŠANĀ, PIRMAJĀ KRĀJAS
KOPŠANĀ UN GRĀVJU TRAŠU APAUGUMĀ
AR MOIPU GRIEZĒJGALVU**

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

Pārskata Nr. **2015/05**

Pārskata versija **1.0**

Izpildes laiks **20.10.2014 - 20.05.2015**

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

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot cirtes veida, darba metodes, koku dimensiju un sugu ietekmi uz Moipu 300F griezējgalvas darba ražīgumu. Pētījumā, kas veikts no 2015. gada 5. janvāra līdz 2015. gada 27. februārim (darba laika uzskaites datu ieguve), noskaidrots Moipu 300F griezējgalvas darba ražīgums, izmantojot harvesteru grāvju trašu apauguma novākšanā, jaunaudžu kopšanas cirtē un krājas kopšanas cirtē. Pētījumā salīdzinātas dažādas darba metodes un attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem (jaunaudžu kopšanas cirtēs).

Pētījumā secināts, ka krājas kopšanas cirtē, strādājot ar Moipu 300F paketējošo griezējgalvu, ieteicams izmantot 3. darba metodi (sīkkoku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus un apvienotu līdz 3 m garu biokurināmā nogriežņu kaudzīti no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem, mežizstrādes atliekas klājot ceļos). Krājas kopšanā ir jāmeklē risinājumi, lai atteiktos no mazo kociņu zāgēšanas. Viens no šādiem risinājumiem ir kokmateriālu veidu skaita samazināšana, otrs – giljotīnas izmantošana sliktas redzamības apstākļos, trešais – pievedējtraktora kausa ar pacelšanas funkciju pielietošana, lai operators varētu satvert kokmateriālus jebkurā vietā un iecelt kravā, ar strēli atkārtotot harvestera strēles trajektoriju.

Jaunaudžu kopšanas cirtēs jāizvērtē dažādu kokmateriālu veidu realizācijas cenas un, ja papīrmalkas sagatavošana nerada priekšrocības, izmantojama 6. darba metode (tiek gatavoti tikai daļēji atzaroti, līdz 3 m gari biokurināmā nogriežņi). Ja papīrmalkas vai tehnoloģiskās koksnes sagatavošana palielina ieņēmumus, tad ieteicams izmantot 3. darba metodi (sīkkoku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus, apvienotu līdz 3 m garu biokurināmā nogriežņu kaudzi no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem, mežizstrādes atliekas liekot ceļos). Jaunaudžu kopšanā ir lietderīgi atteikties no zāgbaļķu sagatavošanas un gatavot tikai tehnoloģisko koksni, papīrmalku un biokurināmo.

Grāvju trašu apauguma zāgēšanā praksē var izmantot 1. un 2. darba metodi (veselu koku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus, bet mežizstrādes atliekas un neatzarotus sīkkokus liek vienā kaudzē uz bermas vai atbērtnes; un daļēji atzarotu sīkkoku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus, mežizstrādes atliekas un līdz 3 m garus daļēji atzarotu sīkkokus). Būtisku kokmateriālu pašizmaksas samazinājumu grāvju trašu apauguma zāgēšanā var panākt maksimāli izvairoties no sīko kociņu un krūmu zāgēšanas (tievāki par 6 cm), atstājot tos izstrādei ar rokas darba instrumentiem.

Moipu 300F griezējgalvas darba ražīgums krājas un jaunaudžu kopšanas cirtēs un grāvju trašu apauguma izstrādē būtiski neatšķiras, taču to negatīvi ietekmē pameža kociņu zāgēšana, no kuras ir jāizvairās visos cirtes veidos, pārvērtējot, nepieciešamības gadījumā, kvalitātes prasības vai arī pabeidzot mazo kociņu zāgēšanu ar rokas motor-instrumentiem. Moipu 300F lietderīgi izmantot uz lietotiem harvesteriem vai vidēji lieliem ekskavatoriem ar nelielu degvielas patēriņu.

Turpmākajos pētījumos īpaša uzmanība jāpievērš kokmateriālu veidu skaita optimizēšanai un darba ražīguma palielināšanai mežizstrādes etapā, samazinot nepieciešamību zāgēt mazos pameža kociņus, kā arī jānovērtē pameža saglabāšanas un kokmateriālu struktūras optimizācijas ietekmi uz pievešanas darba ražīgumu. Ir lietderīgi novērtēt arī Moipu 500F paketējošās griezējgalvas darba ražīgumu, jo šīs galvas giljotīna strādā vismaz 2 reizes ātrāk, padarot efektīvāku mazo kociņu nogāšanu un meža kopšanu slikti pārredzamās vietās.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Ievads.....	7
Izmēģinājumu objekti un Darba metodika.....	9
Pētījumu objekti.....	9
Krājas kopšanas cirtes.....	9
Jaunaudžu kopšanas cirtes.....	10
Grāvju trases.....	12
Taksācijas rādītāju noteikšana pēc audžu kopšanas.....	16
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	17
Darba metodes.....	19
Krājas kopšana.....	19
Jaunaudžu kopšana.....	19
Grāvju trašu apauguma novākšana.....	20
Darba laika uzskaitē.....	21
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	22
Biomasas un krājas aprēķini.....	25
Bojājumu uzskaitē kopšanas cirtēs.....	27
Darba rezultāti.....	28
Mežaudžu raksturojums.....	28
Krājas kopšanas cirte.....	28
Jaunaudžu kopšanas cirte.....	31
Izstrādes darba ražīgums.....	33
Krājas kopšanas cirte.....	33
Jaunaudžu kopšanas cirte.....	44
Grāvju trašu apauguma novākšana.....	52
Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	61
Kopšanas kvalitāte.....	62
Krājas kopšanas cirte.....	62
Jaunaudžu kopšanas cirte.....	64
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	66
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	66
Krājas kopšanas cirte.....	66
Jaunaudžu kopšanas cirte.....	68
Grāvju trašu apauguma novākšana.....	70
Jūtīguma analīze.....	72
Krājas kopšanas cirte.....	72
Jaunaudžu kopšanas cirte.....	74
Grāvju trašu apauguma novākšana.....	75
Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	76
Krājas kopšanas cirte.....	76
Jaunaudžu kopšanas cirte.....	78
Grāvju trašu apauguma novākšana.....	80
Secinājumi un ieteikumi praksei.....	83
Literatūra.....	85

Attēli

Att. 1: Krājas kopšanas ciršu izmēģinājumos izmantotā audze.....	9
Att. 2: Audze kopšanas laikā.....	10

Att. 3: Jaunaudžu kopšanas izmēģinājumos iekļauto audžu izvietojums.....	11
Att. 4: Priedes audze (506-42-7) pirms kopšanas.....	11
Att. 5: Egles audze (503-311-23) kopšanas laikā.....	12
Att. 6: Koku caurmērs dažādos parauglaukumos vecākajā egļu audzē (503-311-23).....	12
Att. 7: Pētījumu objektu izvietojums.....	14
Att. 8: Grāvju trasēm raksturīgā lapkoku veģetācija.....	14
Att. 9: Koku skaita un krājas sadalījuma struktūra.....	15
Att. 10: Koku augstuma un caurmēra sakarība.....	15
Att. 11: Koku krājas un caurmēra sakarība.....	16
Att. 12: Koku virszemes biomasas un caurmēra sakarība.....	16
Att. 13: Parauglaukumu novietojuma shēma.....	17
Att. 14: Moipu 300F3 griezējgalva.....	18
Att. 15: Apaļo kokmateriālu un zaru novietošana grāvju trašu apauguma novākšanā.....	21
Att. 16: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.....	21
Att. 17: Gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā.....	23
Att. 18: Gaisa spiediena svārstības izmēģinājumu laikā.....	23
Att. 19: Redzamība izmēģinājumu laikā.....	24
Att. 20: Nokrišņi izmēģinājumu laikā.....	24
Att. 21: Vēja ātrums izmēģinājumu laikā.....	25
Att. 22: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	26
Att. 23: Koku skaita caurmēra sadalījums pēc krājas kopšanas cirtes.....	29
Att. 24: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs pirms un pēc kopšanas.....	29
Att. 25: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.....	30
Att. 26: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.....	30
Att. 27: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.....	31
Att. 28: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.....	32
Att. 29: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.....	32
Att. 30: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.....	33
Att. 31: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.....	33
Att. 32: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.....	34
Att. 33: Produktīvā darba laika laika sadalījums darba ciklos, kas nenoslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu.....	35
Att. 34: Nozāģēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.....	36
Att. 35: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika patēriņa sadalījums pēc nozāģēto koku caurmēra.....	36
Att. 36: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.....	39
Att. 37: Stundā tiešā darba laika sagatavojamo kokmateriālu un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.....	40
Att. 38: Mežizstrādes darba ražīgums (m3 tiešā darba stundā) atkarībā no darba metodes un nozāģējamā koka caurmēra.....	40
Att. 39: Izmēģinājumos iesaistīto operatoru darba ražīguma salīdzinājums.....	41
Att. 40: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.....	42
Att. 41: Atzarošanas – cik reizes koks jāvelk caur atzarošanas nažiem atkarībā no nozāģējamā koka caurmēra.....	42
Att. 42: Darba laika elementu sadalījums 1 koka apstrādei atkarībā no zāģējamā koka caurmēra.....	43
Att. 43: Adaptēšanās darba apstākļiem un 5. darba metodei.....	44
Att. 44: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.....	44
Att. 45: Nozāģēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.....	45
Att. 46: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika patēriņa sadalījums pēc nozāģēto koku caurmēra.....	46
Att. 47: Piemērs darba laika patēriņam krūmu un sīkokoku zāģēšanai patērējamam laikam.....	47
Att. 48: Mazo kociņu zāģēšanas ietekme uz darba ražīgumu dažādās darba metodēs.....	48
Att. 49: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.....	50
Att. 50: Mežizstrādes darba ražīgums (m3 tiešā darba stundā) atkarībā no valdošās koku sugas un nozāģējamā koka caurmēra.....	51
Att. 51: Mežizstrādes darba ražīgums (m3 tiešā darba stundā) atkarībā no darba metodes un nozāģējamā koka caurmēra.....	51
Att. 52: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.....	52
Att. 53: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.....	52
Att. 54: Nozāģēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.....	53
Att. 55: Nozāģēto koku krājas un to nozāģēšanai patērētā tiešā darba laika sadalījums pēc nozāģēto koku caurmēra.....	54
Att. 56: Moipu M 300F3 griezējgalvas kniebšanas mehānisms.....	55
Att. 57: Moipu M500 F3 griezējgalva1.....	55
Att. 58: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.....	58

Att. 59: Mežizstrādes darba ražīgums (m3 tiešā darba stundā) atkarībā no valdošās koku sugas un nozāgējamā koka caurmēra.....	59
Att. 60: Mežizstrādes darba ražīgums (m3 tiešā darba stundā) atkarībā no darba metodes un nozāgējamā koka caurmēra.....	59
Att. 61: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.....	60
Att. 62: Problēmas ar skujkoku atzarošanu un raksturīgākais kokmateriālu bojājumu veids.....	60
Att. 63: Raksturīgs lapkoku kokmateriālu bojājums.....	61
Att. 64: Darba ražīguma salīdzinājums jaunaudzū un krājas kopšanā un grāvju trašu apauguma novākšanā.....	62
Att. 65: Atstāto koku skaita un krājas izvietojums slejā.....	63
Att. 66: Atstāto koku caurmēra un attāluma no slejas centra sakarība.....	63
Att. 67: Atstāto koku skaita un krājas izvietojums slejā.....	65
Att. 68: Darba laika elementu sadalījuma struktūra (sek. 1 kokam).....	73
Att. 69: Jutīguma analīze.....	74
Att. 70: Jutīguma analīze.....	75
Att. 71: Jutīguma analīze.....	76
Att. 72: Aprēķinos izmantotais kokmateriālu apjoma sadalījums un cenas.....	77
Att. 73: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzartu sīkkoku piegādes scenārijā.....	77
Att. 74: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.....	78
Att. 75: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzartu sīkkoku piegādes scenārijā.....	79
Att. 76: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.....	79
Att. 77: Faktiskais apaļo kokmateriālu iznākums jaunaudzū kopšanas cirtē.....	80
Att. 78: Aprēķinos izmantotā kokmateriālu iznākuma struktūra un kokmateriālu cena.....	81
Att. 79: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzartu sīkkoku piegādes scenārijā.....	82
Att. 80: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.....	82

Tabulas

Tab. 1: Griezējgalvu salīdzinājums atbilstoši to piemērotībai dažādu dimensiju koku zāgēšanai (Wide Iwarsson, 2008).....	8
Tab. 2: Krājas kopšanas ciršu izmēģinājumu objekta raksturojums.....	9
Tab. 3: Jaunaudzū kopšanas ciršu izmēģinājumu objekta raksturojums.....	10
Tab. 4: Grāvju trašu raksturojums.....	13
Tab. 5: Griezējgalvas raksturojums.....	18
Tab. 6: Darba metodes krājas kopšanas cirtēs.....	19
Tab. 7: Darba metodes jaunaudzū kopšanas cirtēs.....	19
Tab. 8: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	22
Tab. 9: Pārreķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	25
Tab. 10: Pārreķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš et al., 2013).....	26
Tab. 11: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas.....	28
Tab. 12: Tehnoloģiskie koridori krājas kopšanas cirtē.....	28
Tab. 13: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas.....	31
Tab. 14: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	37
Tab. 15: Kopējais nostrādātais laiks minūtēs.....	38
Tab. 16: Darba ražīguma kopsavilkums, sek. m ⁻³	38
Tab. 17: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem.....	38
Tab. 18: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	48
Tab. 19: Kopējais nostrādātais laiks minūtēs.....	49
Tab. 20: Darba ražīguma kopsavilkums, sek. m ⁻³	49
Tab. 21: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem.....	49
Tab. 22: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	56
Tab. 23: Kopējais nostrādātais laiks minūtēs.....	57
Tab. 24: Darba ražīguma kopsavilkums, sek. m ⁻³	57
Tab. 25: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem.....	57
Tab. 26: Vidējais attālums no kokiem līdz tehnoloģiskā koridora asij.....	64
Tab. 27: Bojāto koku īpatsvars, atkarībā no attāluma starp tehnoloģiskajiem koridoriem.....	65
Tab. 28: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modeli.....	66
Tab. 29: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins.....	67

Tab. 30: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze.....	67
Tab. 31: Mežaudžu kopšanas izmaksas pārrēķinot uz 1 ha.....	68
Tab. 32: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī.....	68
Tab. 33: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins.....	69
Tab. 34: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze.....	69
Tab. 35: Mežaudžu kopšanas izmaksas pārrēķinot uz 1 ha.....	69
Tab. 36: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī.....	70
Tab. 37: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins.....	71
Tab. 38: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze.....	71
Tab. 39: Mežizstrādes izmaksas pārrēķinot uz 1 ha.....	72

IEVADS

Moipu griezējgalvu izmantošanas iespējas biokurināmā sagatavošanā vērtētas vairākos pētījumos Somijā, Zviedrijā un Austrijā. Somijā veikts pētījums par integrētas biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas darba metodes (kokmateriālus krauj 2 kaudzītēs – biokurināmais un papīrmalka) pielietošanu kopšanas cirtēs. Pētījumā vērtēts darba ražīgums jaunaudžu kopšanā, iegūto kokmateriālu apjoms un, izmantojot paketēšanas mehānismu, sagatavotās papīrmalkas kvalitāte. Pētījumā noskaidrots, ka integrētā biokurināmā un papīrmalkas sagatavošanas metode būtiski palielina kokmateriālu iznākumu, salīdzinot ar tradicionālo (apaļie kokmateriāli un biokurināmais tiek sagatavoti atsevišķos darba ciklos) darba metodi. Pieaugot iegūto kokmateriālu apjomam, integrētās biokurināmā un papīrmalkas sagatavošanas metodē proporcionāli palielinās arī harvesteru darba ražīgums. Atzarošanas kvalitāte un sagatavoto kokmateriālu garuma izkliede, izmantojot paketēšanas mehānismu, būtiski neatšķirās no rādītājiem, kas iegūti, apstrādājot katru papīrmalkas sagatavošanai piemēroto koku atsevišķi. Sagatavotais kokmateriālu daudzums mērīts ar svariem, kas uzstādīti uz pievedējtraktora strēles. Pētījumā izdarīts secinājums, ka integrētā biokurināmā un apaļo kokmateriālu (papīrmalkas) sagatavošana, izmantojot paketēšanas mehānismu, nodrošina labākus darba ražīguma rādītājus un ir ieviešama praksē jaunaudžu un krājas kopšanā (Kalle Kärhä, 2009).

Austrijā testēta Moipu 400E griezējgalva, kas uzstādīta Timberjack 1110D pievedējtraktoram. Izmēģinājumi veikti 34-40 gadus vecās priedes un ozola audzēs. Pētījuma mērķis bija noskaidrot, vai pievedējtraktora, kas aprīkots ar paketējošo griezējgalvu, izmantošana ļauj samazināt jaunaudžu kopšanas izmaksas. Mežizstrādes darba ražīgums izmēģinājumos bija 4,11 m³ produktīvajā stundā vai 3,16 m³ darba stundā pie vidējā koka izmēra 0,05 m³. Vidējais kravas lielums bija 3,71 m³, vidējais pievešanas attālums 89 m. Biokurināmā piegāžu (izstrāde, pievešana, šķeldošana un šķeldu transports) modelētās izmaksas šajā izmēģinājumā bija 91,60 EUR produktīvajā stundā vai 77,84 EUR par sausnas tonnu (12,97 EUR ber. m⁻³). Austrijā pozitīvu naudas plūsmu var nodrošināt arī tad, ja šķeldu piegādes izmaksas ir 78 EUR par sausnas tonnu. Moipu griezējgalva uzrādīja labākus rezultātus priežu audzēs, bez grūtībām apstrādājot kokus ar caurmēru līdz 30 cm. Ozolu un dižskabārža audzēs labi ražības rādītāji iegūti, apstrādājot līdz 25 cm resnus kokus. Pētījumā secināts, ka izmaksu samazināšanai pievedējtraktoru ar griezējgalvu lietderīgi izmantot audzēs, kur vidējā nozāgējamā koka tilpums nav mazāks par 0,05 m³ (Rottensteiner Christian, 2008).

Vēl vienā pētījumā novērtēts Moipu 400E griezējgalvas, kas uzstādīta uz harvardera, darba ražīgums jaunaudžu kopšanā. Darba ražīgums izstrādei un pievešanai bija 3,3 m³ produktīvajā stundā, ja nozāgējamo koku tilpums bija vidēji 0,025 m³, sagatavoto kokmateriālu daudzums – 50 m³ ha⁻¹, vidējās kravas apjoms – 6,2 m³ un pievešanas attālums 250 m. Izstrāde un sortimentācija aizņēma 45 % no efektīvā darba laika. Tehnoloģisko koridoru izzāgēšana aizņēma 18 % darba laika un kravu veidošana – 17 % no darba laika. Braukšanai ar kravu patērēti 6 % darba laika un bez kravas – 5 % darba laika. Pārbraucieni pa audi aizņēma 5 % no efektīvā darba laika (Laitila & Asikainen, 2006). Vidējie harvardera darba ražīguma rādītāji Somijā ir mazāki nekā, kas saistīts ar lielāku pievešanas attālumu.

Zviedrijā veikts pētījums, kurā salīdzinātas dažādas harvesteru griezējgalvas, kas pozicionētas, kā jaunaudžu kopšanas cirtēm piemērotas biokurināmā sagatavošanas galvas. Zviedru pētnieki konstatējuši, ka atbilstošas tehnikas, tajā skaitā griezējgalvas, izvēle ļauj samazināt izmaksas

biokurināmā sagatavošanai par 10 %, bet darba metožu pilnveidošana ļauj samazināt izmaksas vēl par 10 %. Apzinot mežizstrādes uzņēmumus, secināts, ka lielākā daļa kopšanā izmanto harvesterus ar garu (10 m) strēli un modificētu apaļo kokmateriālu griezējgalvu, kurai pievienots paketēšanas mehānisms. Biokurināmo, tajā skaitā sīkkoksni, šķeldo augšgala krautuvēs un pēc tam piegādā patērētājam. Grāvju trašu un citāda veida apauguma novākšanā Zviedrijā izplatītākas kniebējgalvas, kas uzstādītas pievedējtraktoriem. Moipu 300 un 400 griezējgalvas zviedru zinātnieku vērtējumā ierindotas starp Silvatec, Risutec, Silvaro K 250, Keto Forst, Naarva 1500-40E un JD 730 griezējgalvām, kā piemērota līdz 30 cm resnu koku zāgēšanai (Wide Iwarsson, 2008). Visu testēto griezējgalvu saraksts sadalījumā pēc optimālā caurmēru diapazona un grizējmehānisma dots Tab. 1. Visām giljotīnas tipa galvām kā galvenie trūkumi atzīmēti lēnums, prasība pēc liela darba spiediena hidraulikas sistēmā un kokmateriālu iekraušanai nepiemērota satvērēju konstrukcija. Mazākās izmaksas un lielākā neto peļņa ir darba metodēs, kas paredz tikai papīrmalkas sagatavošanu. Gatavojot biokurināmo, Zviedrijā efektīvāka daļēji atzarotas koksnes sagatavošana, nevis veselu koku izstrāde (Bracke C16 tipa griezējgalvas).

Tab. 1: Griezējgalvu salīdzinājums atbilstoši to piemērotībai dažādu dimensiju koku zāgēšanai (Wide Iwarsson, 2008)

Mehānisms	< 20 cm	< 25 cm	< 30 cm	< 50 cm	> 50 cm
Ripzāģis, ķēde		Bracke C16	Silvatec Risutec Silvaro K 250		
Klasiskā zāģa sliede			Keto Forst	Valmet 330.2 Logmax 4000B	SP 451 LF JD 745 Waratah HTH450
Giljotīna vai divasmeņu giljotīna	Nisula 280E Cut2	Pinox 220 ABAB 250 Silvaro K 250 Ponsse EH25 Naarva 1500-25EH Mecanil EG 250A Moipu 200 ES	Naarva 1500-40E JD 730 Moipu 300&400 ES		

IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

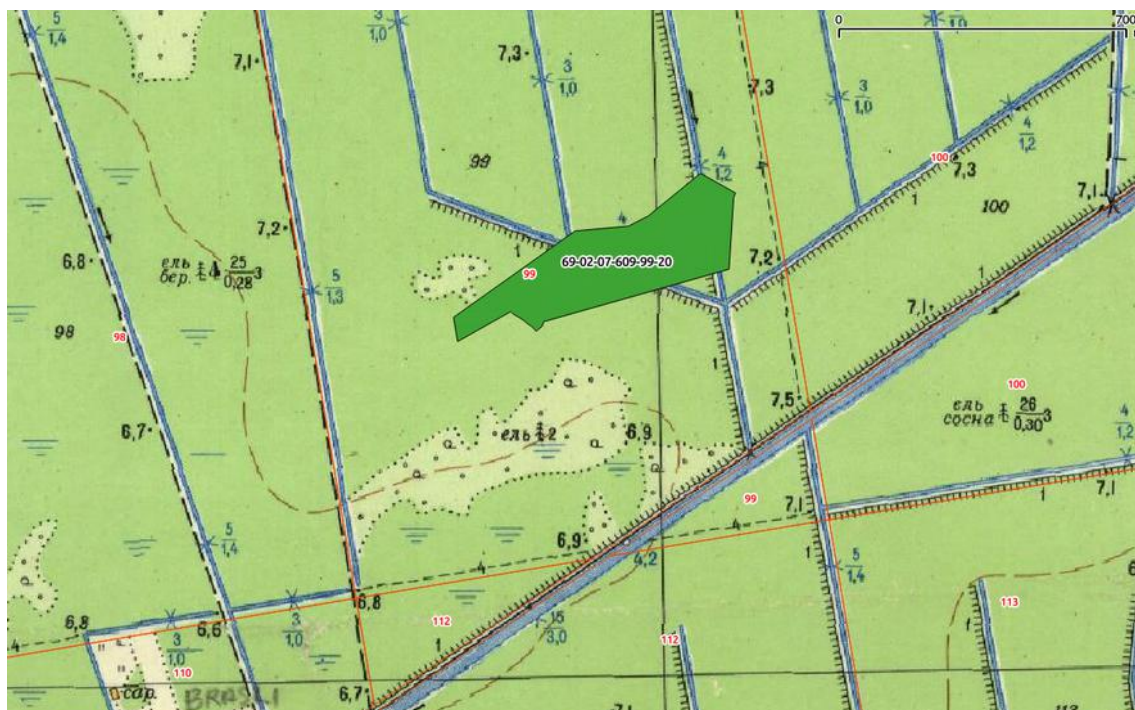
Pētījumu objekti

Krājas kopšanas cirtes

Kopšanas ciršu izmēģinājumi veikti 3,4 ha lielā platībā 40 gadu vecā egļu audzē Dm meža tipā. Audzē sākotnēji bija salīdzinoši liels koku skaits. Neskatoties uz vecumu, audze vairāk atbilda līdz šim izmēģinājumos izkoptās jaunaudzes, nevis krājas kopšanas cirtes (Tab. 2). Audze atrodas Kalnciema meža masīvā, nogabala centra koordinātes LKS92 sistēmā – 23.73579; 56.80160. Nogabalu vairākās vietās šķērso grāvji, kas apgrūtināja darbu izpildi un palielināja pārbraucieniem patērējamo laiku (Att. 1).

Tab. 2: Krājas kopšanas ciršu izmēģinājumu objekta raksturojums

Objekts	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Minimālais šķērslaukums, m ² ha ⁻¹
609-99-20	E	3,4	2171	11,0	13,0	29,2	157,2	274,5	24



Att. 1: Krājas kopšanas ciršu izmēģinājumos izmantotā audze.

Raksturīga mežaudzes ainava kopšanas laikā redzama Att. 2. Pameža koku skaits, izņemot atsevišķas teritorijas, nebija liels un netraucēja mežizstrādi.



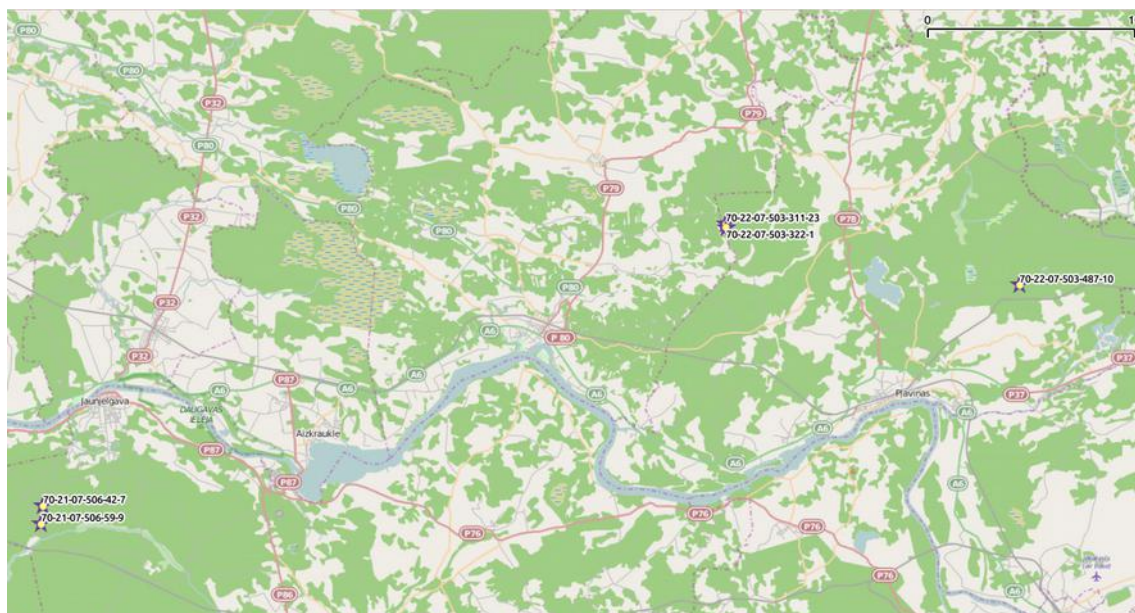
Att. 2: Audze kopšanas laikā.

Jaunaudžu kopšanas cirtes

Jaunaudžu kopšanas ciršu izmēģinājumi veikti 10, ha lielā platībā 5 priedes, egles un bērza audzēs. Pētījumā ietvertās egļu bērza audzes faktiski ir stādītas egles, kurās nav savlaicīgi veikta kopšana un vietām izveidojusies izteikta bērza valdaudze ar egli otrajā stāvā. Priežu audzes ir līdzīgas pēc taksācijas rādītājiem (Tab. 3). Trīs audzes atrodas netālu no Kokneses, nogabalu centra koordinātes LKS92 sistēmā: 503-311-23 – 596261.502; 284246.284; 503-322-1 – 596283.269; 284083.866, 503-487-10 610458.440; 281294.281, 506-42-7 – 563275.097; 270625.891, 506-59-9 – 563183.780; 269760.783 (Att. 3).

Tab. 3: Jaunaudžu kopšanas ciršu izmēģinājumu objekta raksturojums

Objekts	Valdošā suga	Platība, ha	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ³ ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
506-42-7	P	1,0	1980	8,8	8,5	15,4	43,3	87,0
506-59-9	P	3,5	2060	9,6	10,6	18,5	54,4	121,6
503-311-23	E	1,8	2971	14,0	15,9	53,6	288,7	489,2
503-322-1	B	1,7	1962	10,3	13,1	18,4	83,4	130,1
503-487-10	P	2,7	1840	10,7	8,8	19,0	76,5	99,0



Att. 3: Jaunaudžu kopšanas izmēģinājums iekļauto audžu izvietojums.

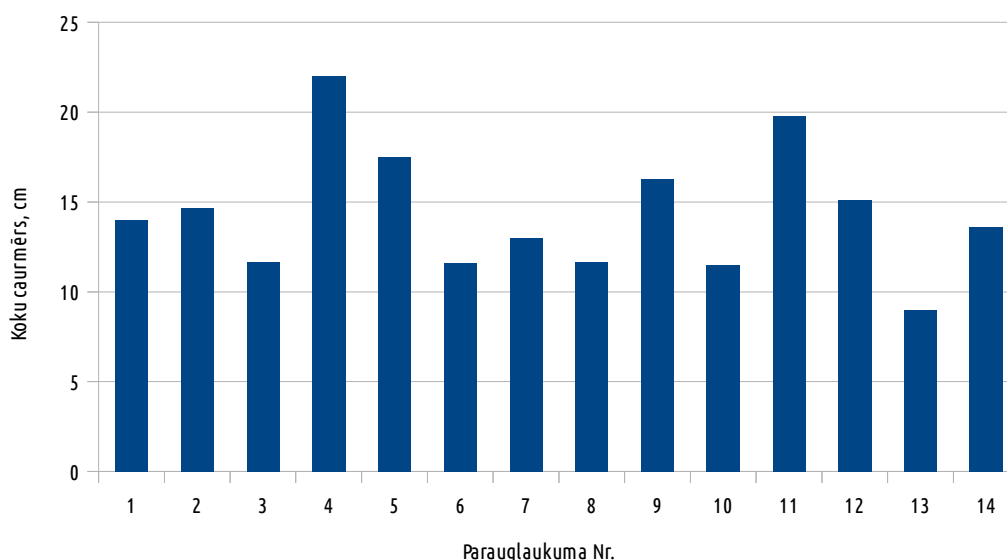
Raksturīga ainava izmēģinājumos izkoptajās priežu audzēs redzama Att. 4. Raksturīga aina egļu audzē redzama Att. 5. Šim nogabalam raksturīga ārkārtīgi liela neviendabība – no galvenās cirtes kociem raksturīgas dimensijas sasniegušām platībām līdz 4-6 m augstām eglēm ar bērza piemistrojumu (Att. 6). Bērza krāja šajā nogabalā gan ir tikai $23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.



Att. 4: Priedes audze (506-42-7) pirms kopšanas.



Att. 5: Egles audze (503-311-23) kopšanas laikā.



Att. 6: Koku caurmērs dažādos parauglaukumos vecākajā egļu audzē (503-311-23).

Abos egles nogabalos harvestera operatoriem dots uzdevums nozāgēt bērzus tur, kur tie nomāc egli, un veidot lapkoku audzi tur, kur egle ir iznīkusi vai būtiski atpalikusi augšanā.

Grāvju trases

Ar Moipu griezējgalvu izzāgēto grāvju raksturojums dots Tab. 4. Koksnes krāja uz grāvjiem un to atbērtņiem ir no 22 līdz 159 m³ ha⁻¹. Grāvji pirms izstrādes ir atlasīti, nodalot tos grāvjus, kur mehānizēta izstrāde nav lietderīga. Pētījumā ietvertie grāvji koncentrēti 8 kvartālu apgabalā metālu no Ložmetējkalna (Att. 7). Pētījumā ietverti grāvji ar izteiktu lapkoku, skujkoku un mistrotu veģetāciju (Att. 8).

Būtisks rādītājs, kas nosaka darba apstākļus un darba ražīgumu grāvju trašu apaugumā, ir koku skaits un krājas sadalījuma struktūra (Att. 9). Grāvjiem raksturīgs liels mazāko (caurmērs līdz

8 cm) koku īpatsvars, kuru krāja veidoniecīgu daļu kopējās iegūstamās krājas. Atsakoties no kociņu, kas tievāki par 8 cm, zāģēšanas vai veicot to izstrādi pēc lielāko koku nozāģēšanas un izvākšanas, mežizstrādes darba ražīgumu uz grāvju trasēm teorētiski var palielināt vismaz 2 reizes. Tomēr praksē jārēķinās ar to, ka daļa no šiem kokiem aug uz brauktuves un ne mazāk koku ir jānozāģē, lai atbrīvotu vietu kokmateriālu novietošanai. Kompromisa risinājums šādos apstākļos ir maksimāla paketējošās funkcijas izmantošana, zāģējot vai kniebnot mazākos kociņus, vai arī griezējgalvas vai kniebējgalvas aprikošana ar mehānisku izkapti traucējošo kociņu izzāģēšanai.

Tab. 4: Grāvju trašu raksturojums

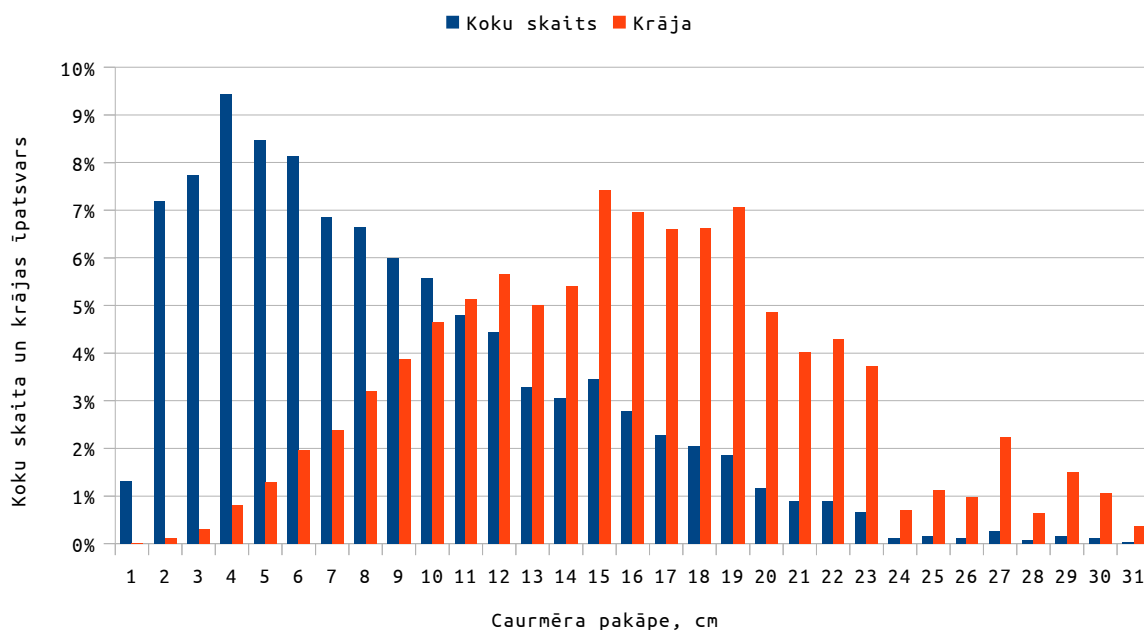
Grāvja kods	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	Sīkkoku sk., gab. ha ⁻¹	Krūmu sk., gab. ha ⁻¹	krūmu un sīkkoku H, m	G, m ² ha ⁻¹	Virszemes biomasa, tonnas ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
609-16-1	B	2449	8,01	3,6	333	51	2	16,82	73	112
609-16-2	E	929	9,33	8,46	231	202	3,6	7,98	38	55
609-16-3	E	762	12,44	10,73				12,12	65	87
609-17-4	B	667	9,36	2,34	42	2514	4,08	5,99	31	39
609-17-6	B	396	16,94	20		1125	3,25	10,14	64	86
609-17-7	B	306	18,22	0		778	4	8,32	52	67
609-27-1	E	804	9,59	10,5		2661	3,58	7,94	40	55
609-27-2	B	1067	8,38	8,77		2600	2,38	7,87	37	56
609-28-1	B	2117	7,23	2,81	1492	1208	3,83	12,76	60	98
609-28-2	E	1406	5,99	1,73	1115	1042	3,5	6,81	32	48
609-28-3	E	583	7,03	2,15	83	714	4,08	3,58	17	22
609-28-4	E	1200	5,87	3,48	342	533	3,93	4,74	21	32
609-8-1	B	1446	9,49	7,16	161	1310	2,61	13,3	67	108
609-8-2	B	1381	10,97	5,29	12	1768	2,29	16,54	89	138
609-9-1	B	1458	8,7	5,38	417	573	2,4	11,72	57	99
609-9-2	B	1021	8,76	8,13	97	917	3,64	8,41	41	62
609-9-3	B	2190	8,97	5,15	833	36	3	18,01	88	159
609-9-4	B	1679	9,44	6,28	702	500	2	17,05	92	150



Att. 7: Pētījumu objektu izvietojums.

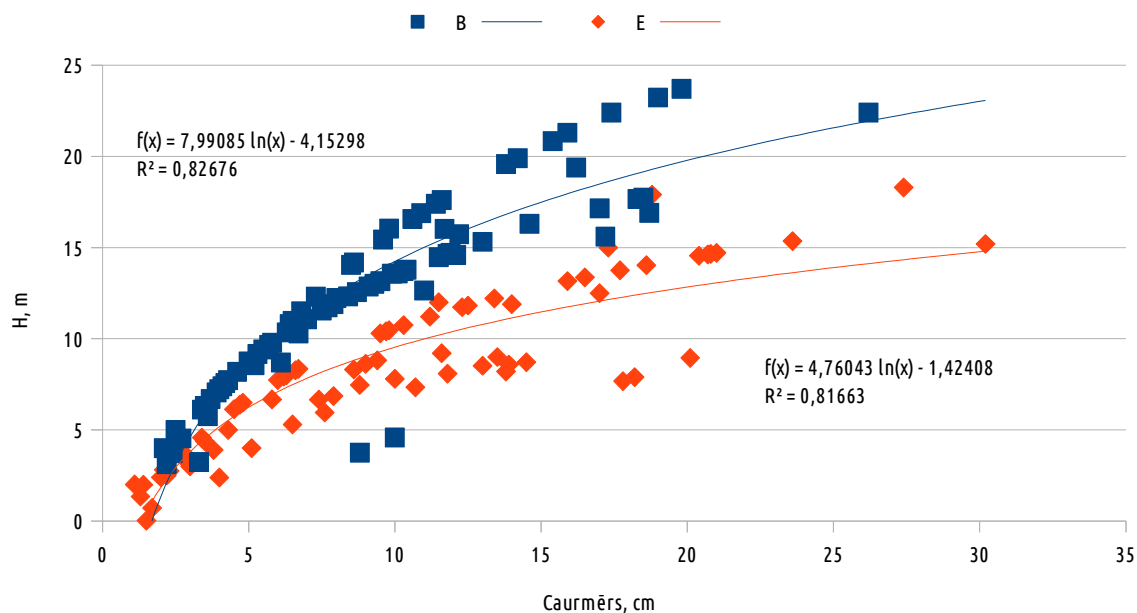


Att. 8: Grāvju trasēm raksturīgā lapkoku veģetācija.

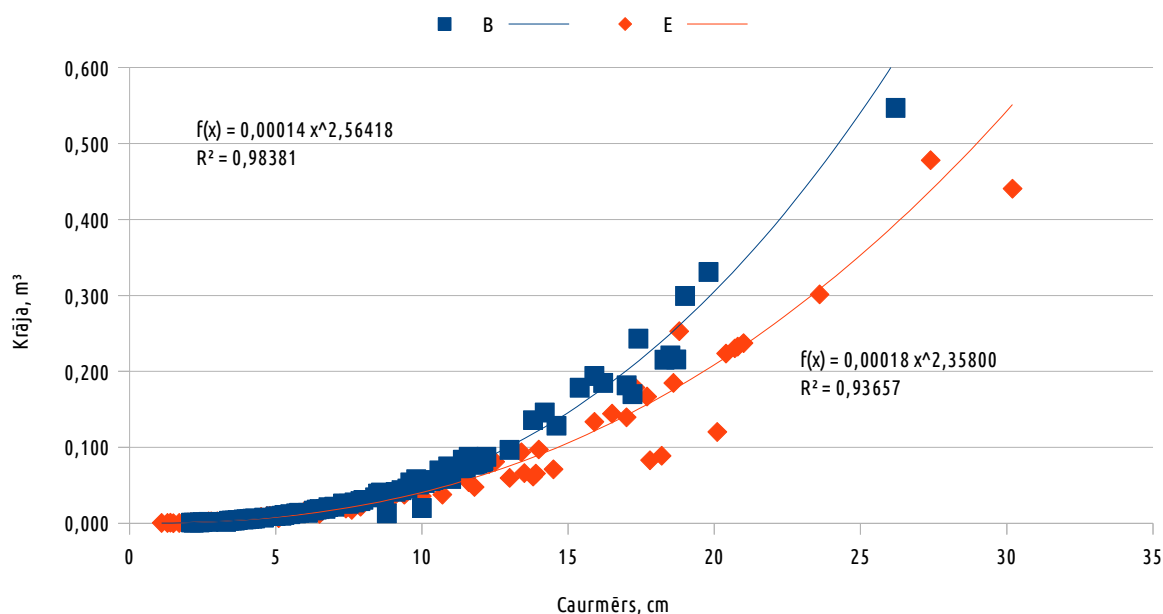


Att. 9: Koku skaita un krājas sadalījuma struktūra.

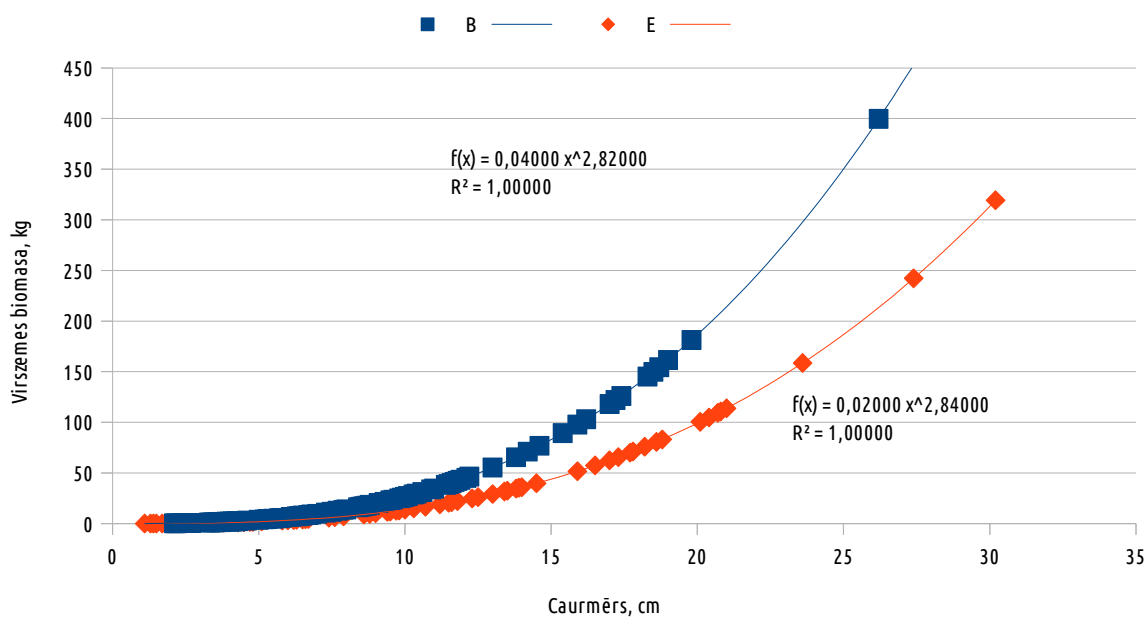
Izmantojot visu grāvju trašu uzmērījumu vidējos rādītājus, izstrādāti vienādojumi koku augstuma, krājas un virszemes biomasas aprēķiniem darba laika uzskaitē fiksētajiem datiem (koku suga – priele, egļe vai lapkoks) un caurmērs (Att. 10, Att. 11 un Att. 12).



Att. 10: Koku augstuma un caurmēra sakarība.



Att. 11: Koku krājas un caurmēra sakarība.

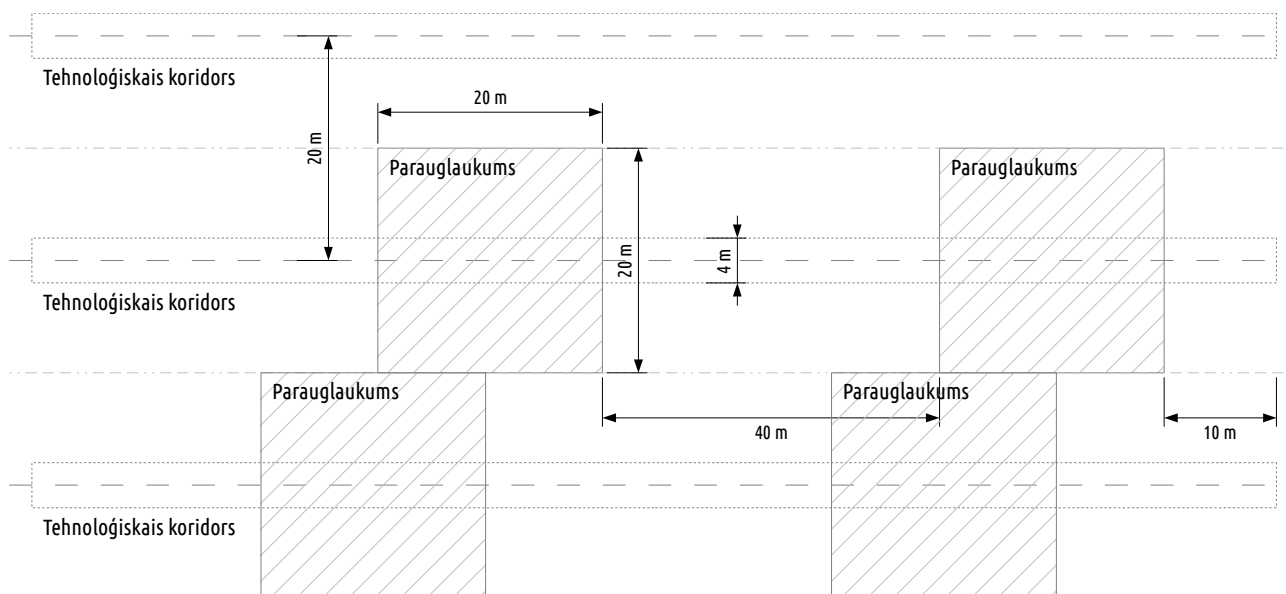


Att. 12: Koku virszemes biomasas un caurmēra sakarība.

Taksācijas rādītāju noteikšana pēc audžu kopšanas

Audzū uzmērīšana veikta pēc sastāva un krājas kopšanas cirtēm, lai noteiktu kopšanas kvalitāti un iegūtu datus nozāgēto koku raksturošanai. Taksācijas rādītāju noteikšanai audzēm pēc kopšanas ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi, kuru garums 20 m un platums – 15-30 m, atkarībā no attāluma starp tehnoloģiskajiem koridoriem. Parauglaukumi izvietoti paralēli

tehnoloģiskajiem koridoriem tā, lai to vidus ass sakristu ar slejas vidus asi, bet parauglaukumu malas sakristu ar slejas malu līnijām (Att. 13). Attālums starp parauglaukumiem atkarīgs no koridora garuma. Ja tehnoloģiskais koridors garāks par 160 m, tad parauglaukumi izvietoti ik pēc 40 m, ja īsāks, tad ik pēc 20 m. Visiem parauglaukumā esošajiem kokiem noteikta suga, ar dastmēru uzmērīts caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla (ja tas lielāks par 4 cm), kā arī noteikts attālums no tehnoloģiskā koridora vidus ass līdz kokam. Augstuma noteikšanai izmantoti pirms kopšanas izveidotie augstuma līknes vienādojumi.



Att. 13: Parauglaukumu novietojuma shēma.

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

John Deere 1070 harvesters ar Moipu 300F3 griezējgalvu (Att. 14) izmantots lapkoku un skujkoku audzēs, kā arī mistraudzēs. Harvestera hidraulikas darba spiediens 24/28 MPa, strēles izlice 10 m, dzinēja jauda 182 zirgspēki (136 kW). Harvestera garums – 6,82 m, platums 2,96 m, pašmasa 15,5 tonnas. Degvielas patēriņš saskaņā ar uzņēmuma sniegto informāciju vidēji 12 L darba stundā. Harvestera nolietojums, uzsākot izmēģinājumus, bija nedaudz vairāk par 11000 darba stundām.



Att. 14: Moipu 300F3 griezējgalva.

Moipu 300F3 griezējgalvas galvenās īpatnības ir:

- plašs satvērēju atvērums (130 cm) koku pārkraušanas darba ražīguma palielināšanai;
- plati ievilcējuļļi ar noapaļotiem galiem, lai novērstu to iekīlēšanos, kas uzlabo mazo koku atzarošanas kvalitāti un nodrošina paketējošo funkciju;
- paketēšanas funkcija, ko nodrošina ievilcējuļļi un papildus satvērēji, kas nav iekļauti bāzes komplektācijā;
- vienasmens kniebējs, kas paredzēts sīku koku un krūmu nogāšanai, samazinot griezējmehānisma nolietojumu.

Pārējie griezējgalvas parametri raksturoti Tab. 5. Izmēģinājumos izmantotā griezējgalva bija pilnīgi jauna.

Tab. 5: Griezējgalvas raksturojums

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība
1.	Optimālais zāgējamo koku caurmērs	5-25 cm
2.	Maksimālais nozāgējamā koka caurmērs	40 cm zāgim 15 cm nazim
3.	Ievilcējuļļu padošanas ātrums	5 m s ⁻¹
4.	Ievilkšanas spēks	17 kN
5.	Ievilcējuļļu atvērums	35 cm
6.	Rāmja augstums	120 cm
7.	Masa	700 kg
8.	Ieteiktās bāzes mašīnas	Lielākie pievedējtraktori, mazie un vidējās klases harvesteri un vidēji smagi ekskavatori
9.	Papildus aprīkojums un funkcijas	Garuma un caurmēra uzmērīšana, paketēšanas aprīkojums, celmu apstrādes aprīkojums, rotatora bremze

Veicot izmēģinājumus, secināts, ka griezējgalvai vai harvesteram, iespējams, ir tehniskas problēmas ar eļļas padevi uz kniebējmehānismu, jo tā kustības ātrums bija būtiski mazāks, nekā zāga sliedes kustības ātrums; tāpat, grūtības radās ar zarainu un līkumainu koku atzarošanu. Paketēšana ar ievilcējuļļiem darbojās pietiekoši labi, taču to neliels atvērums būtiski ierobežoja pakojamo koku skaitu un paketēšanas funkciju nevarēja izmantot pilnvērtīgi.

Darba metodes

Krājas kopšana

Kopšanā izmantota tradicionālā darba metode individuālu koku izkopšanai, kad vispirms paralēli tehnoloģiskajam koridoram abās pusēs no harvestera izzāgē slejas, kurās novieto savāktos kokus, katru sleju cenšas veidot ne vairāk kā divos darba ciklos, attālums starp slejām aptuveni 5 m (atkarībā no audzes biežības). Pēc sleju izzāgēšanas izkopj atlikušo audzes daļu starp slejām. Kokmateriālu veidu un cirsma sagatavošanas metodes, kas izmantotas pētījumā, raksturojas Tab. 6. Nevienā no darba metodēm pirms kopšanas nezāgēja pamežu.

Tab. 6: Darba metodes krājas kopšanas cirtēs

Metodes Nr.	Metodes apraksts
1	Kontrole – krājas kopšanā gatavo standarta kokmateriālu sortimentus, mežizstrādes atliekas liek ceļos, pamežu pirms kopšanas izzāgē, darbā neizmanto paketēšanas mehānismu.
2	Mežizstrādes atlieku metode – gatavo standarta kokmateriālu sortimentus un malku, mežizstrādes atliekas vāc kaudzēs.
3	Sīkkoku biokurināmā metode – gatavo standarta kokmateriālu sortimentus un apvienotu biokurināmā sortimentu no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem, mežizstrādes atliekas klāj ceļos, pamežu pirms kopšanas saglabā, darbā maksimāli izmanto paketēšanas mehānismu, biokurināmā sortimenta garums ne vairāk kā 3 m.
4	Sīkkoku un mežizstrādes atlieku biokurināmā metode – gatavo standarta apaļkoku sortimentus, apvienotu biokurināmā sortimentu no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem un vāc atsevišķās kaudzēs mežizstrādes atliekas, darbā maksimāli izmanto paketēšanas mehānismu, biokurināmā sortimenta garums ne vairāk kā 3 m, apaļkokus un mežizstrādes atliekas pieved atsevišķi.
5	Apvienota biokurināmā sortimenta metode – gatavo standarta apaļkoku sortimentus, tajā skaitā malku, un apvienotu biokurināmā sortimentu no neatzarotām galotnēm, par 6 cm resnākiem pameža kokiem un mežizstrādes atliekām, darbā maksimāli izmanto paketēšanas mehānismu, biokurināmā sortimenta garums ne vairāk kā 6 m, pamežu pirms kopšanas saglabā, standarta apaļo kokmateriālu un apvienoto biokurināmā sortimentu pieved atsevišķi, apvienoto biokurināmā sortimentu pieved uzreiz pēc izstrādes.

Jaunaudžu kopšana

Jaunaudžu kopšanas cirtēs salīdzinātas 6 darba metodes, tajā skaitā 2 metodes, kas līdzšinējos izmēģinājumos nav pārbaudītas (4. un 5. metodes Tab. 7). Būtiskākā jauno metožu iezīme ir neatzarotu līdz 6 m garu biokurināmā nogriežņu sagatavošana, apvienojot tos ar mežizstrādes atliekām vai vācot atsevišķi un mežizstrādes atliekas liekot ceļos.

Tab. 7: Darba metodes jaunaudžu kopšanas cirtēs

Metodes Nr.	Metodes apraksts
1	Kontrole – krājas kopšanā gatavo standarta kokmateriālu sortimentus, mežizstrādes atliekas liek ceļos, pamežu pirms kopšanas izzāgē, darbā neizmanto paketēšanas mehānismu (kontrole, pameža izzāgēšanu veiks LVMI Silava darbinieki);
2	Mežizstrādes atlieku metode – gatavo standarta kokmateriālu sortimentus un malku, mežizstrādes atliekas vāc kaudzēs, pamežu pirms kopšanas izzāgē (LVMI Silava darbinieki).
3	Sīkkoku biokurināmā metode – gatavo standarta kokmateriālu sortimentus un apvienotu biokurināmā sortimentu no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem, mežizstrādes atliekas klāj ceļos, pamežu pirms kopšanas saglabā, darbā maksimāli izmanto paketēšanas mehānismu, biokurināmā sortimenta garums ne vairāk kā 3 m, pamežu pirms kopšanas saglabā;

Metodes Nr.	Metodes aprasts
4	Sīkkoku un mežizstrādes atlieku biokurināmā metode – gatavo standarta apaļkoku sortimentus, apvienotu biokurināmā sortimentu no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem un vāc atsevišķās kaudzēs mežizstrādes atliekas, darbā maksimāli izmanto paketešanas mehānismu, biokurināmā sortimenta garums ne vairāk kā 3 m, pamežu pirms kopšanas saglabā, apaļkokus un mežizstrādes atliekas pieved atsevišķi;
6	Biomasa – gatavo tikai daļēji atzarotu biokurināmo.

Pētījumā secināts, ka operatori nespēja pielāgoties jaunajām darba metodēm un nepietiekoši izmantoja priekšrocības, ko sniedza iespēja veidot lielākas kokmateriālu kaudzītes, nezāģējot pameža kokus.

Grāvju trašu apauguma novākšana

Grāvju trašu apaugumā izmantotas 4 darba metodes:

1. **veselu koku biokurināmā metode** – gatavo **standarta kokmateriālu veidus, mežizstrādes atliekas** un **neatzarotus sīkkokus** liek nelielās kaudzēs uz bermas vai atbērtnes, paketešanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, ar giljotīnu kniebj visus sīkkokus, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, kā arī lielākos kokus nepieciešamības gadījumā, sortimentu garināšanai izmanto tikai zāģi, saglabā kokus, kas nav augstāki par 1,5 m;
2. **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, paketešanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, ar giljotīnu kniebj visus sīkkokus, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, kā arī lielākos kokus nepieciešamības gadījumā, sortimentu garināšanai izmanto tikai zāģi, saglabā visus kokus, kas nav augstāki par 1,5 m;
3. **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, paketešanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli kā arī kokiem, no kuriem sanāk tikai malka, ar giljotīnu kniebj visus sīkkokus, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, kā arī lielākos kokus nepieciešamības gadījumā, sortimentu garināšanai izmanto tikai zāģi, saglabā kokus, kas nav augstāki par 1,5 m;
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, paketešanas mehānismu izmanto sīkkokiem, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli kā arī kokiem, no kuriem sanāk tikai malkas sortiments, ar giljotīnu kniebj visus sīkkokus, no kuriem nesanāk standarta kokmateriāli, kā arī lielākos kokus nepieciešamības gadījumā, sortimentu garināšanai izmanto tikai zāģi, saglabā kokus, kas nav augstāki par 1,5 m.

Apāļos kokmateriālus visbiežāk novietoja šķērsām pāri grāvim, bet zarus atstāja uz atbērtnes malas vai arī pārcēla pāri grāvim (Att. 15), patērējot tam papildus darba laiku. Moipu griežēgalvas lielajiem atzarošanas nažiem ir piemērotāka atlieku pārceļšana, salīdzinot ar parastām harvestera griežēgalvām ar būtiski īsākiem atzarošanas nažiem, tomēr praktiskajā darbā ir jāmeklē risinājumi, lai izvairītos no darba laika patēriņa zaru pārceļšanai.



Att. 15: Apaļo kokmateriālu un zaru novietošana grāvju trašu apauguma novākšanā.

Darba laika uzskaitē

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



Att. 16: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Harvesteru darba laiks iespēju robežās pielāgots motorstundu uzskaitēi, t.i. pēc dzinēja noslēpšanas darba laika uzskaitē aptur un atsāk tad, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts. Iespējamā efektīvā darba laika īpatsvara pārspīlēšana, izmantojot šādu pieeju, tiek risināta,

pašizmaksas aprēķinos pieņemot, ka dzinējs ir iedarbināts 85 % no operatora darba laika, t.i., ja darba diena ir 10 stundas, tad pieņemtais motorstundu skaits ir 8,5.

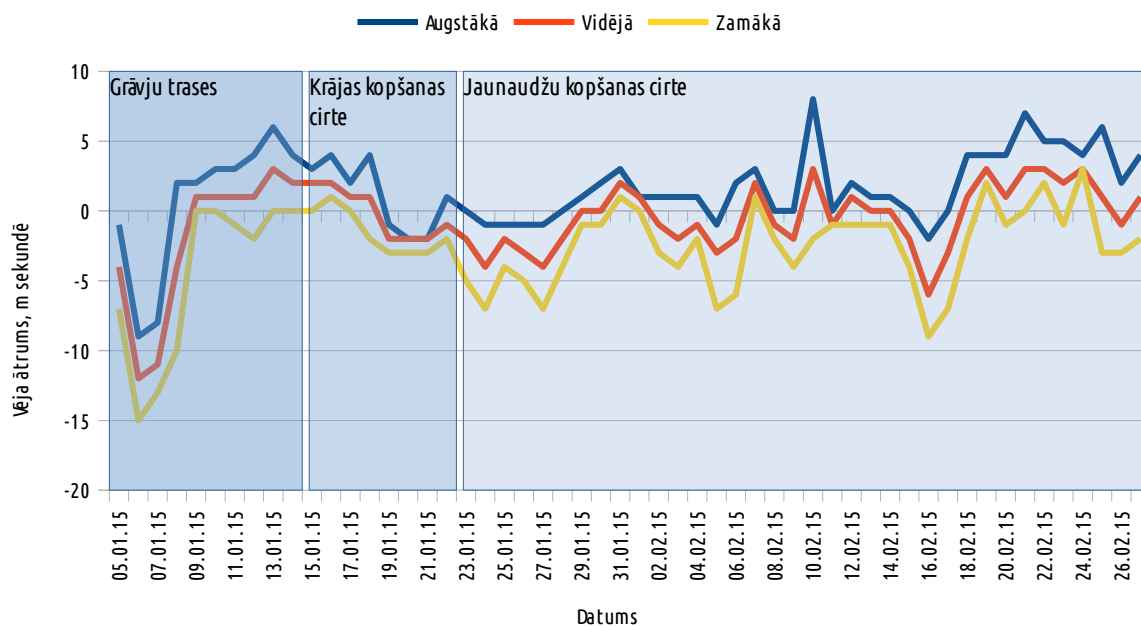
Izstrādes darba laika uzskaitē veikta 1-2 maiņās, dienas gaišajā laikā. Maiņas ilgums – 6-8 stundas. Operatori strādāja 2-3 maiņās. Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru (zāģējuma augstumā pēc acumēra) un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 8.

Tab. 8: 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.
	pus	nozāģētie pusstumbri
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	koka satveršanas laiks
	zage	koka nozāģēšana
	noliek	stumbra pievilkšana un novietošana sortimentu kaudzē
	pamezs	pameža zāģēšana
	parzag	koku pārzāģēšana
	iebrauc	patērētais laiks iebraucot
	izbrauc	patērētais laiks izbraucot
	citas	citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	stop	ar darbu nesaistītas darbības

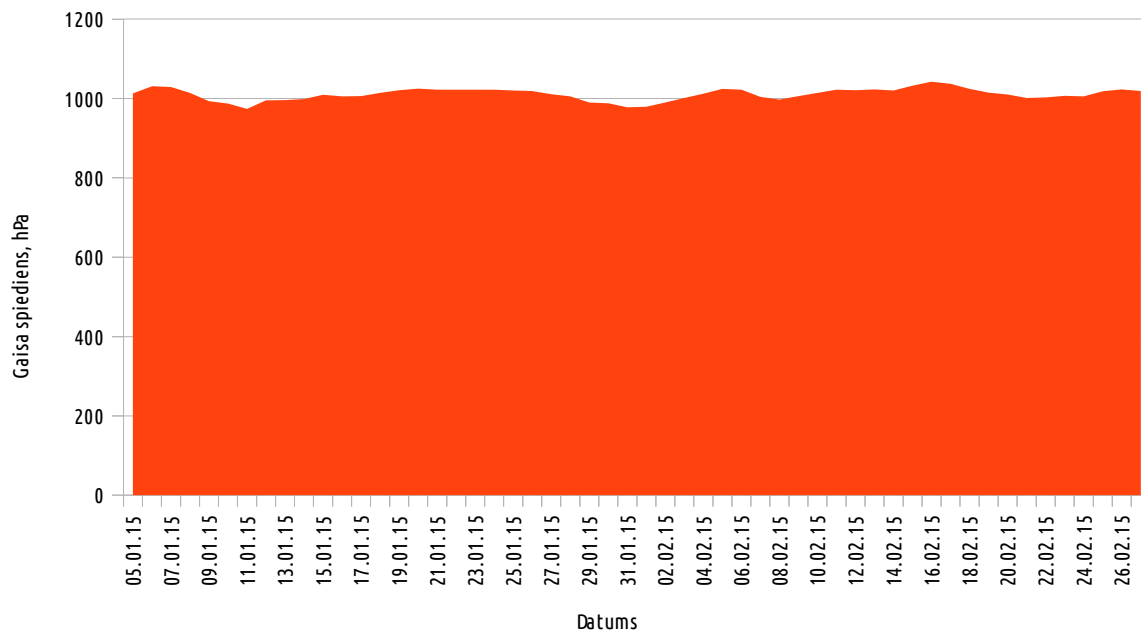
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Vidējā gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā bija $-0,7^{\circ}\text{C}$. Veicot grāvju trašu zāģēšanu, pirmajās dienās vidējā gaisa temperatūra noslīdēja līdz -12°C , bet izmēģinājuma noslēguma dienās gaisa temperatūra bija nedaudz virs 0°C , naktī noslīdot zem 0°C . Izmēģinājumu pirmajās dienās gaisa temperatūras pazemināšanās radīja grūtības harvestera iedarbināšanā, taču griezējgalvas darbību tā neietekmēja. Veicot izmēģinājumus krājas kopšanas cirtē, gaisa temperatūra pakāpeniski samazinājās, taču nenoslīdēja zemāk par 1°C . Jaunaudzū kopšanas izmēģinājumu laikā notika ilgstoši harvesters remonts, tāpēc kopējais izmēģinājumu ilgums palielinājās. Gaisa temperatūra šajā laikā saglabājās stabila, ap 0°C , atsevišķās dienās pazeminoties vai paaugstinoties par dažiem grādiem (Att. 17).



Att. 17: Gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā.

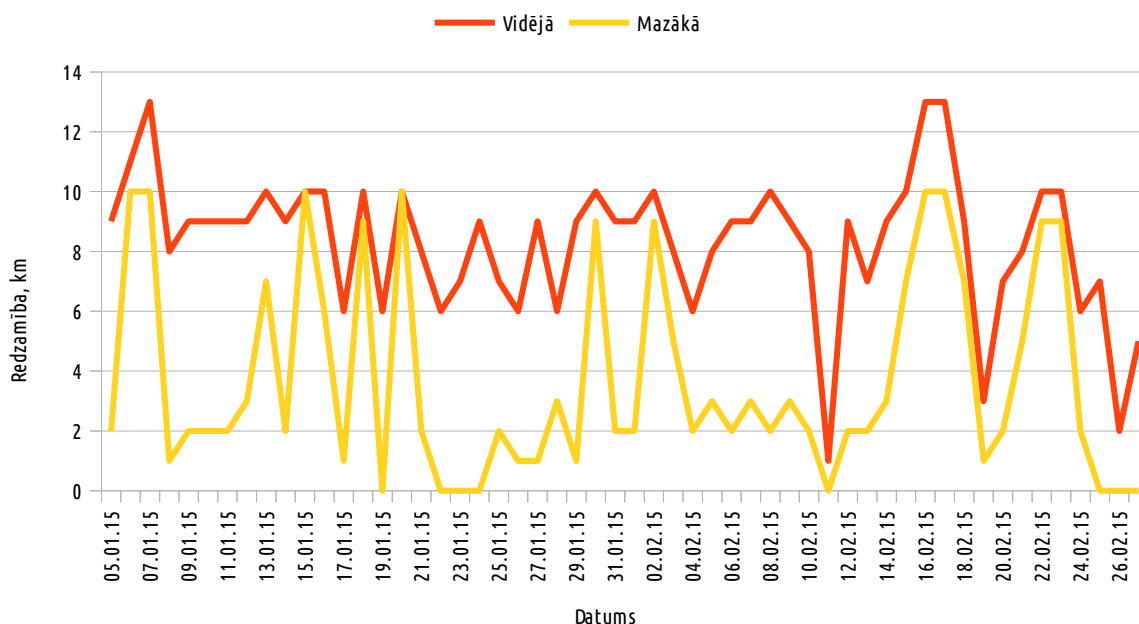
Viens no rādītājiem, kas var ietekmēt operatoru darbaspējas, ir gaisa spiediens. Gaisa spiediens samazinājās 09.01.2015-11.01.2015 un 31.01.2015-02.02.2015. Paaugstināts gaisa spiediens bija 18.02.2015 (Att. 18).



Att. 18: Gaisa spiediena svārstības izmēģinājumu laikā.

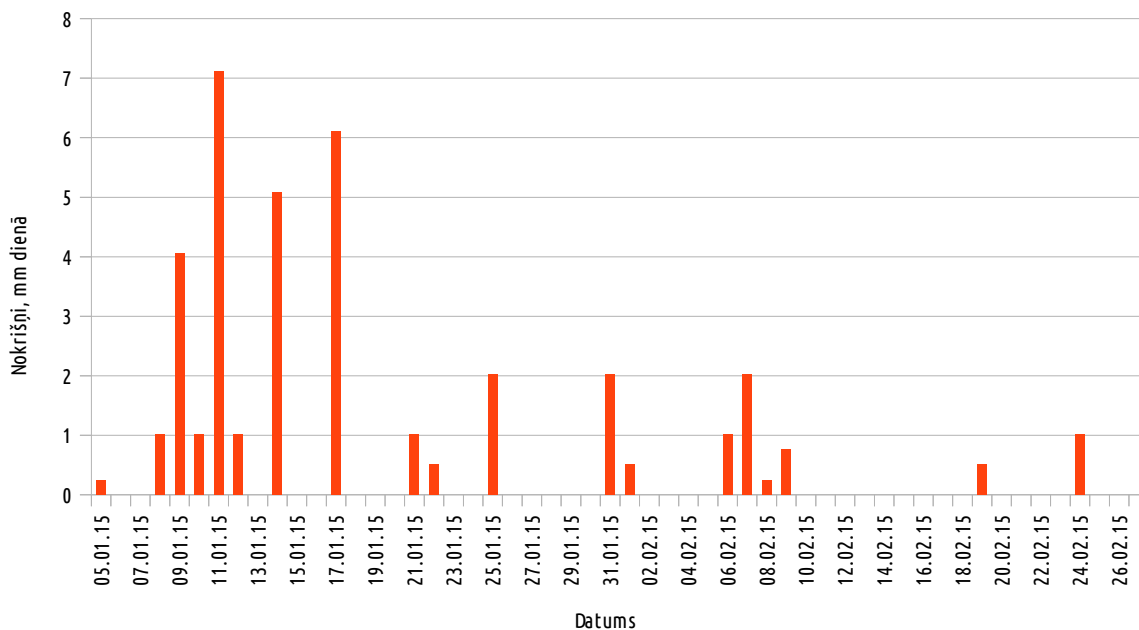
Būtisks rādītājs, kas ietekmē darba ražīgumu, ir redzamība dienas laikā. Spēcīga migla no rītiem novērota 08.01.2015-14.01.2015, 21.01.2015-29.01.2015, 04.02.2015-14.02.2015, kā arī

19.02.2015-20.02.2015 un 24.02.2015-27.02.2015. Atsevišķās dienās (11.02.2015, 19.02.2015 un 26.02.2015) slikta redzamība saglabājās lielāko dienas daļu (Att. 19).



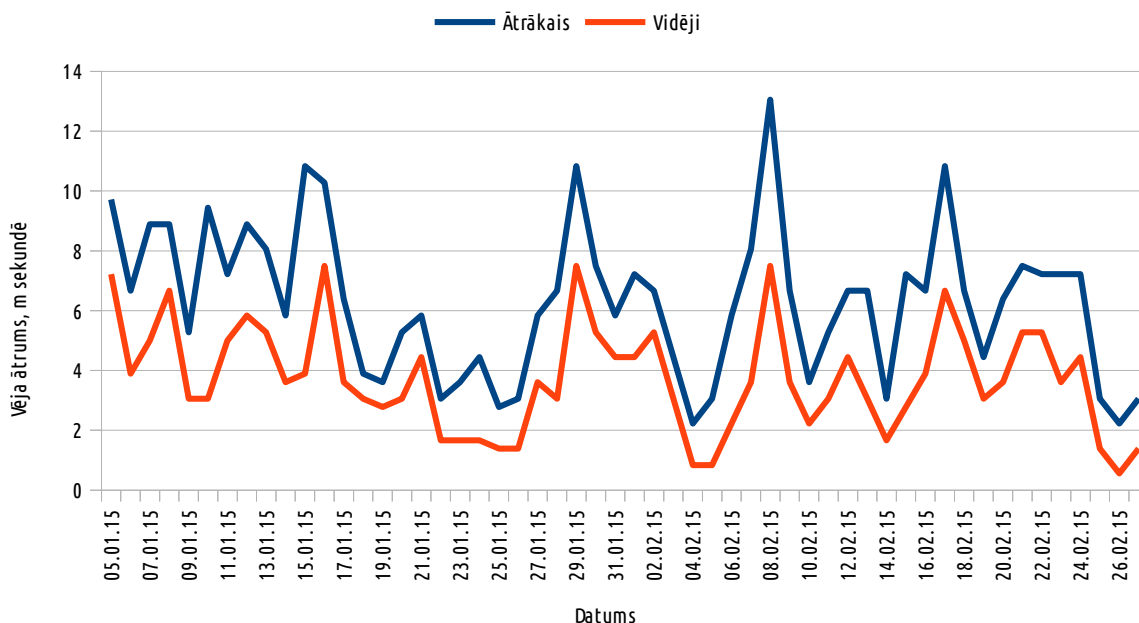
Att. 19: Redzamība izmēģinājumu laikā.

Lielākā daļa nokrišņu (sniega un slapja lietus veidā) attiecas uz grāvju trašu zāģēšanas un krājas kopšanas cirtes izpildes laiku. Veicot jaunaudžu kopšanas izmēģinājumus, lielākā daļa dienu bija sausas (Att. 20).



Att. 20: Nokrišņi izmēģinājumu laikā.

Izmēģinājumu laikā bija 4 dienas, kad vēja ātrums pārsniedza 10 m s^{-1} , bet pārējā laikā vidējais vēja ātrums nepārsniedza 6 m s^{-1} (Att. 21). Stipri vējaināks bija arī pirmajās janvāra dienās, kad veikti grāvju trašu izzāģēšanas izmēģinājumi. Dienās, kad novērotas stiprākās vēja brāzmas, vējš apgrūtināja harvestera darbu, it īpaši atklātās vietās pie grāvju trasēm, taču kopumā vēja ātrums nebija būtisks darba ražīgumu ietekmējošs faktors.



Att. 21: Vēja ātrums izmēģinājumu laikā.

Biomases un krājas aprēķini

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

Lai metodi varētu pielietot, nepieciešams zināt koka augstumu (H) un krūšaugstuma caurmēru ($D_{1.3}$). Aprēķinos izmantots 1. vienādojums. Katrai koku sugai atbilstoši pārrēķina koeficienti doti Tab. 9

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

$$V - \text{krāja (m}^3\text{)};$$

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

$$L - \text{stumbra garums (m)};$$

$$\Psi, \alpha, \beta, \phi - \text{koku sugai raksturīgi aprēķina koeficienti.}$$
(1)

Tab. 9: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai

Koku suga	Ψ	α	β	ϕ
Priede	$1,6541 \cdot 10^{-4}$	0,56582	0,25924	1,59689
Egle	$2,3106 \cdot 10^{-4}$	0,78193	0,34175	1,18811
Bērzs	$0,9090 \cdot 10^{-4}$	0,71677	0,16692	1,75701

Koku suga	ψ	$\alpha\alpha$	$\beta\beta$	$\phi\phi$
Apse, blīgzna	$0,5020 \cdot 10^{-4}$	0,92625	0,02221	1,95538
Melnalksnis	$0,7950 \cdot 10^{-4}$	0,77095	0,13505	1,80715
Baltalksnis	$0,7450 \cdot 10^{-4}$	0,81295	0,06935	1,85346
Osis, goba, vīksna, kļava	$0,8530 \cdot 10^{-4}$	0,73077	0,0682	1,91124

Audzes koku virszemes biomasas aprēķināšanai izmantots biomasas aprēķina vienādojums (2. formula). Vienādojuma X un Y koeficienti doti Tab. 10.

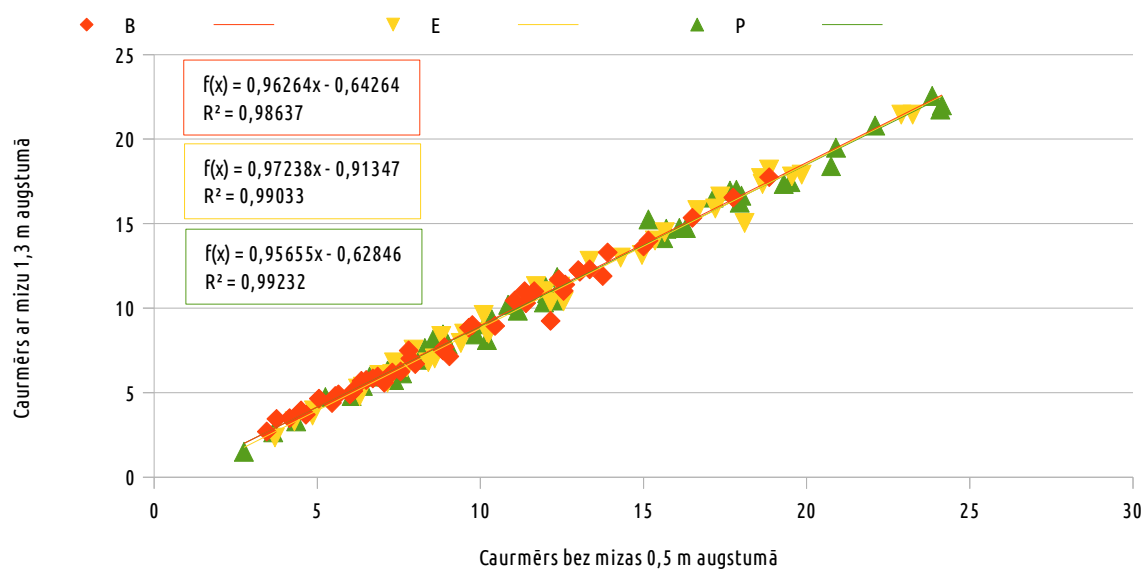
$$\text{Virszemes biomasas (kg)} = x * D^y, \text{ kur } (2)$$

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

Tab. 10: Pārreķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013)

Koku suga	xx	yy
A	0,0566840	2,6669
B	0,0580666	2,7171
Ba	0,0580666	2,7171
Ci	0,0580666	2,7171
E	0,1559186	2,3439
Ma	0,0580666	2,7171
P	0,0752169	2,5445

Darba laika uzskaites laikā mērīts celma caurmērs zāgējuma vietā. Aprēķinos pieņemts, ka zāgējuma vieta atbilst 1 % no koka stumbra garuma un krūšaugstuma caurmēra aprēķiniem izmantots atbilstošs vienādojums (Att. 22).



Att. 22: Regresijas vienādojums krūšaugstuma caurmēra aprēķināšanai (Lazdiņš *et al.*, 2013).

Bojājumu uzskaitē kopšanas cirtēs

Bojājumi uzskatīti tikai parauglaukumos esošajiem kokiem, kuru krūšaugstuma caurmērs lielāks par 4 cm. Tika nodalīti 4 veidu bojājumi: stumbra bojājumi līdz 0,5 m virs zemes, no 0,5 m uz augšu, iezāgējums un sakņu bojājums. Par bojājumu tika uzskatīts mizas nobrāzums gan stumbram, gan saknei (sakne atrodas ne vairāk kā 70 cm attālumā no koka un saknes caurmērs vismaz 2 cm), ja kokam atsegtās koksnes laukums bija lielāks par 15 cm², iezāgējums bija vismaz 10 % no bojājuma vietā esošā caurmēra. Bojājumu uzskaitē tika veikta atsevišķi pēc audzes kopšanas un kokmateriālu pievešanas, pēc audzes kopšanas bojājumus atzīmējot un galīgo uzskaiti un koku uzmērīšanu veicot pēc kokmateriālu pievešanas.

Bojājumi noteikti parauglaukumos, kas ierīkoti mežaudzes taksācijas rādītāju un kopšanas kvalitātes novērtēšanai (Att. 13, nodaļa Taksācijas rādītāju noteikšana pēc audžu kopšanas).

DARBA REZULTĀTI

Mežaudžu raksturojums

Krājas kopšanas cirte

Mežaudžu uzmērīšana veikta pēc kopšanas darbu izpildes, novērtējot kopšanas kvalitāti un mežaudzes taksācijas rādītājus. Pēc kopšanas vidējā koka caurmērs palielinājās no 11 cm līdz 17 cm (Tab. 11), šķērslaukums samazinājās no 29 m² ha⁻¹ līdz 20 m² ha⁻¹. Saskaņā ar parauglaukumu mērījumu datiem nozāgēti 77 m³ ha⁻¹ koksnes krājas. Tab. 14 dots tehnoloģisko koridoru raksturojums pēc kopšanas, tajā skaitā saglabāto koku attālums no koridora centra, kas visos koridoros ir tuvu optimālajam, tomēr gar koridoru malām operatori ir atstājuši vairāk koku, nekā pārejā audzes daļā. Kopšanas intensitāte atbilst normatīvu prasībām par minimālo saglabājamo šķērslaukumu (atbilstoši normatīviem ir jā saglabā 19 m² ha⁻¹, ir saglabāti 20 m² ha⁻¹), tomēr atsevišķos koridoros kopšanas intensitāti varēja būtiski palielināt.

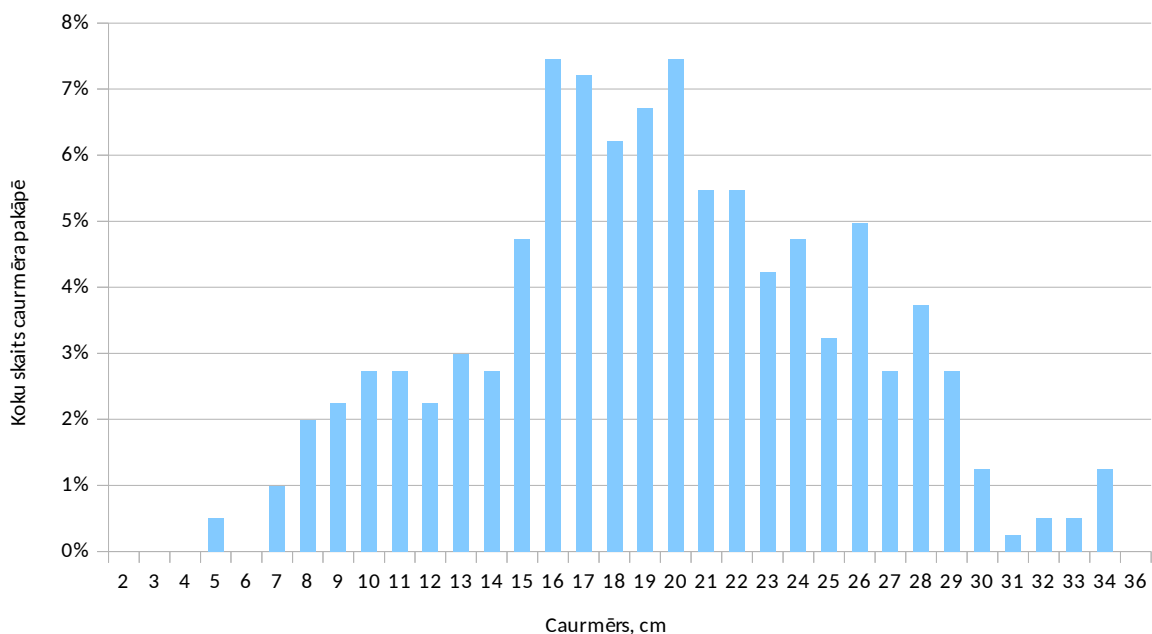
Tab. 11: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas

Objekts	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	Valdošās sugas koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	H vald., m	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Vidējā koka biomasa, kg	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³ ha ⁻¹
609-99-20	E	628	622	17,22	18,12	18,63	20,26	117,00	141,04	197,23	0,2330224

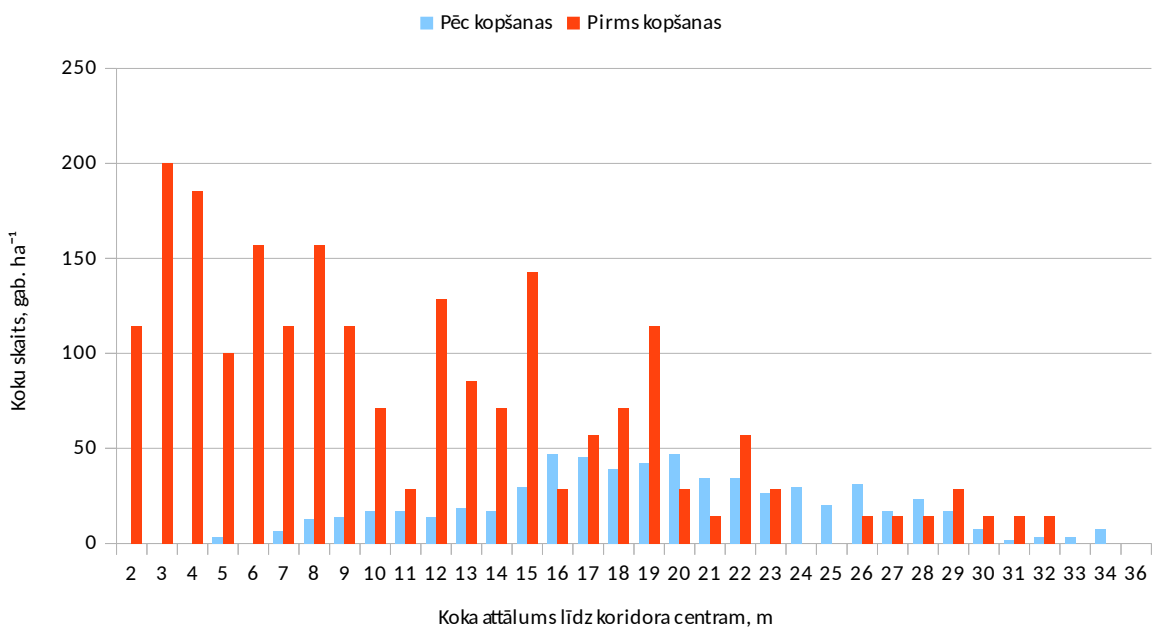
Tab. 12: Tehnoloģiskie koridori krājas kopšanas cirtē

Kods	Koridors	D, cm	Valdaudzes koku H, m	Koku attālums līdz centram, m	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	Vidējā koka biomasa, kg	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka krāja, m ³
609-99-20	1	19,14	19,26	5,33	606	19	105	174	180	0,30
609-99-20	2	18,65	19,58	5,47	663	20	118	177	198	0,30
609-99-20	3	18,17	19,71	6,11	625	19	108	173	182	0,29
609-99-20	4	22,11	19,94	5,50	513	21	124	242	205	0,40
609-99-20	5	20,78	19,39	5,58	663	24	139	210	233	0,35
609-99-20	6	19,46	19,06	4,72	750	23	130	173	222	0,30

Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs parāda, ka audzē pēc kopšanas dominē 15-25 cm resni koki (Att. 23), bet visvairāk nozāgēto koku ir caurmēra pakāpēs no 2 līdz 15 cm (Att. 24). Ārkārtīgi lielais mazo nozāgēto koku īpatsvars norāda uz būtiskām darba ražīguma palielināšanas iespējām, nezāgējot mazos kociņus, kas netraucē valdaudzes koku attīstībai.

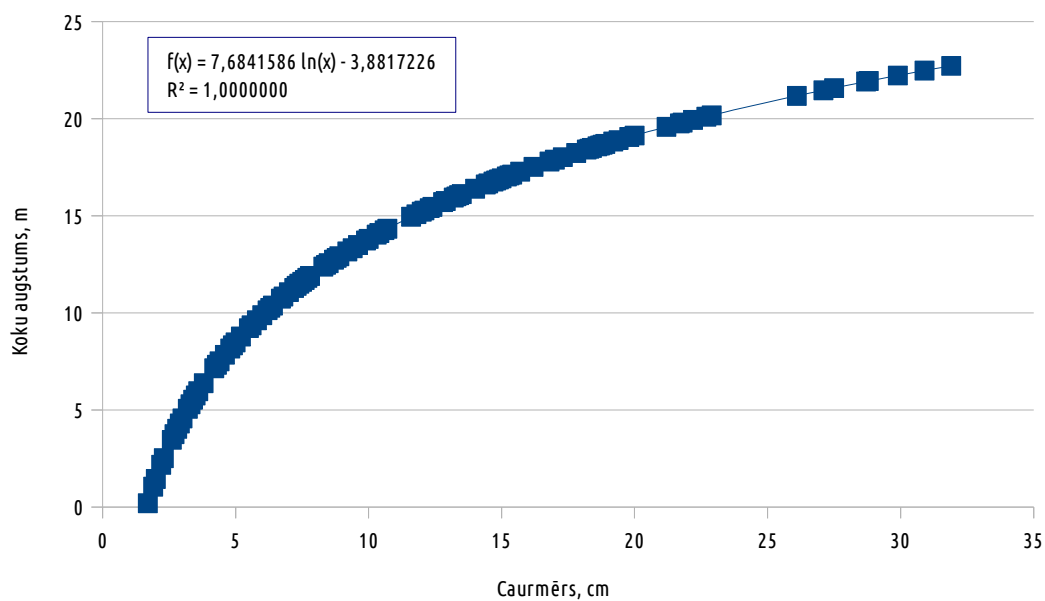


Att. 23: Koku skaita caurmēra sadalījums pēc krājas kopšanas cirtes.

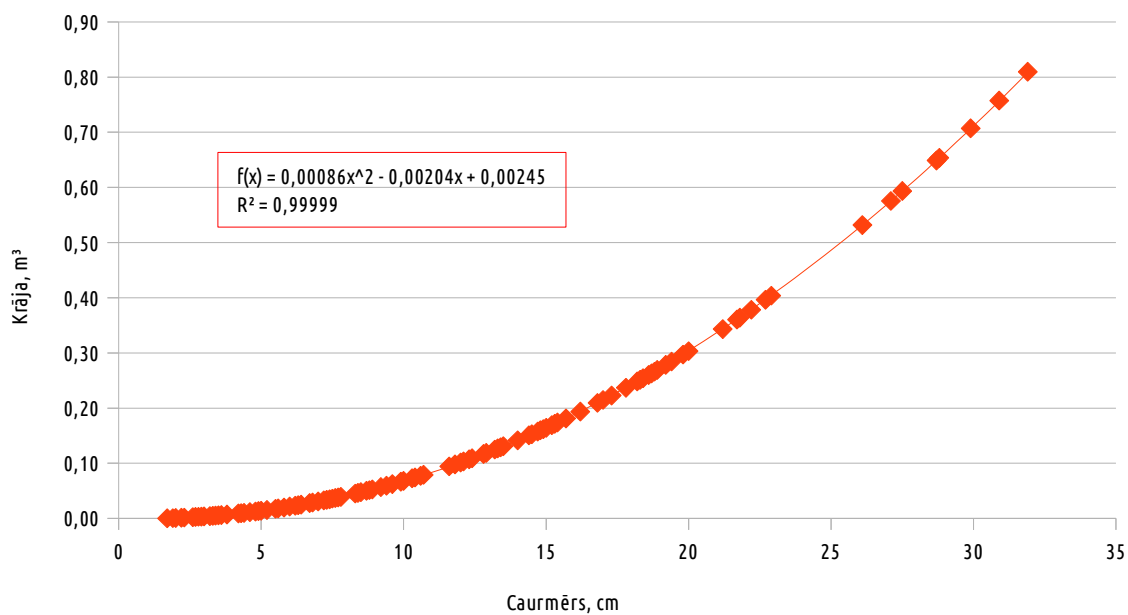


Att. 24: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs pirms un pēc kopšanas.

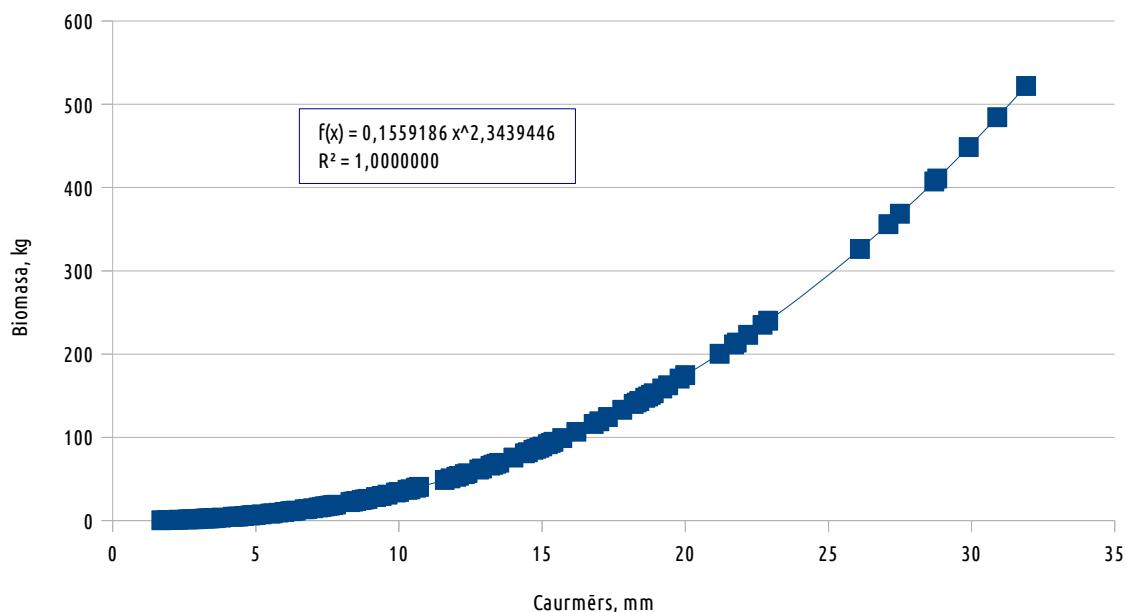
Izmantojot mērījumu datus, izstrādāti regresijas vienādojumi kopšanā nozāgēto koku raksturošanai un krājas aprēķiniem. Nozāgēto koku raksturošanai (augstums, krāja un biomasa) izmantoti pakāpes regresijas vienādojumi, ko veido visi parauglaukumos uzņēmītie koki (Att. 25, Att. 26 un Att. 27).



Att. 25: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.



Att. 26: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.



Att. 27: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.

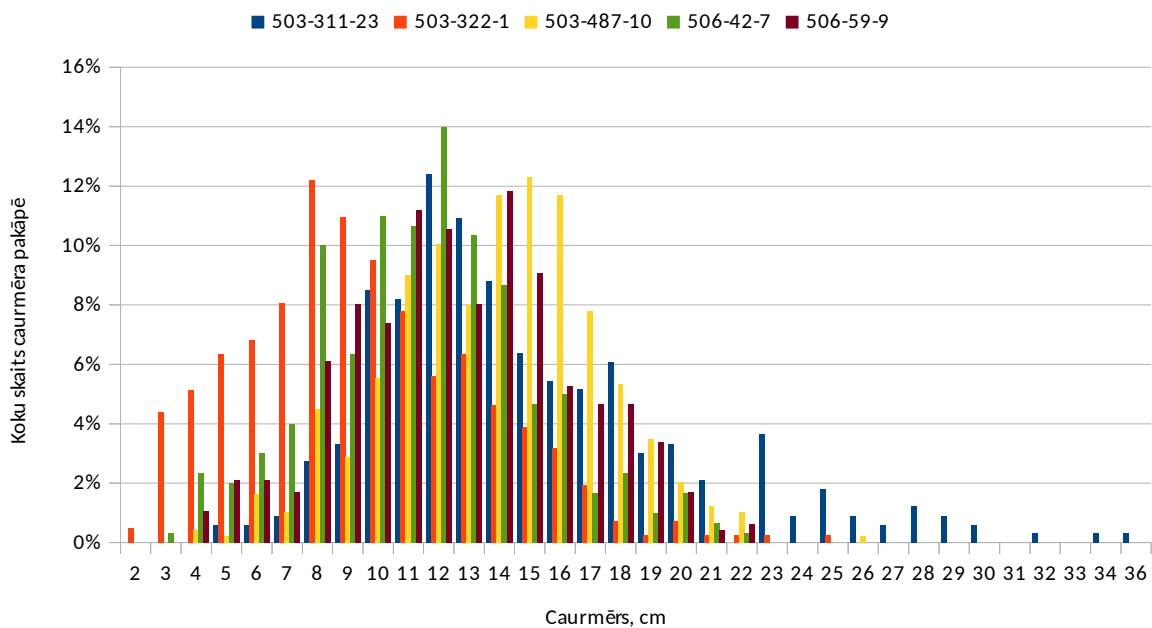
Jaunaudžu kopšanas cirte

Mežaudžu uzmērīšana veikta pēc kopšanas un pievešanas darbu izpildes, novērtējot kopšanas kvalitāti un mežaudzes taksācijas rādītājus. Pēc kopšanas vidējā koka caurmērs nedaudz palielinājās skujkoku audzēs, bet lapkoku audzē, kur izzāģēti 1. stāvā augošie bērzi, vidējā koka caurmērs ir samazinājies. Saskaņā ar parauglaukumu mērījumu datiem vidēji visās audzēs nozāģēti $115 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; būtiski vairāk kokmateriālu sagatavots cirtē, kur izzāģēti 1. stāva koki. Priežu audzēs, kur veikta augšanā atpalikušo koku izzāģēšana un valdaudzes koku kopšana, vidēji nozāģēti $37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Tab. 13: Mežaudžu raksturojums pēc kopšanas

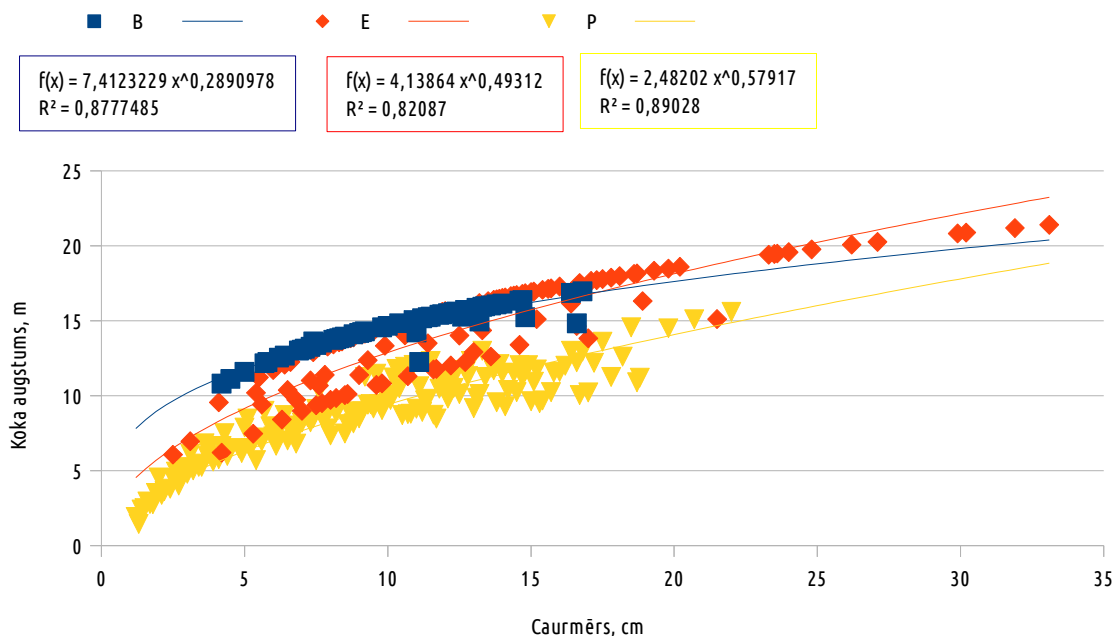
Objekts	Valdošā suga	Koku skaits, gab. ha^{-1}	Valdošās sugas koku skaits, gab. ha^{-1}	D, cm	H, m	H vald., m	G, $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$	Stumbra biomasas, tonnas ha^{-1}	Vidējā koka biomasas, kg	Krāja, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Vidējā koka krāja, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
503-311-23	E	611	530	14,10	16,65	16,65	12,04	64,97	86,01	100,65	0,1349742
503-322-1	E	854	558	9,06	14,32	14,38	7,10	32,79	29,35	51,03	0,0537056
503-487-10	P	775	635	12,32	14,58	14,72	12,30	52,96	58,85	68,18	0,0947584
506-42-7	P	833	831	7,46	10,24	10,52	9,32	36,48	22,83	53,11	0,0346990
506-59-9	P	788	705	11,22	14,51	14,98	10,62	44,05	52,13	74,16	0,0915910

Att. 28 redzams, ka objektā 503-322-1 ir saglabāties salīdzinoši daudz par 10 cm tievāku kociņu, bet priedes audzēs un lielākajā egļu audzē arī pirms kopšanas mazo kociņu skaits arī pirms kopšanas bija būtiski mazāks.

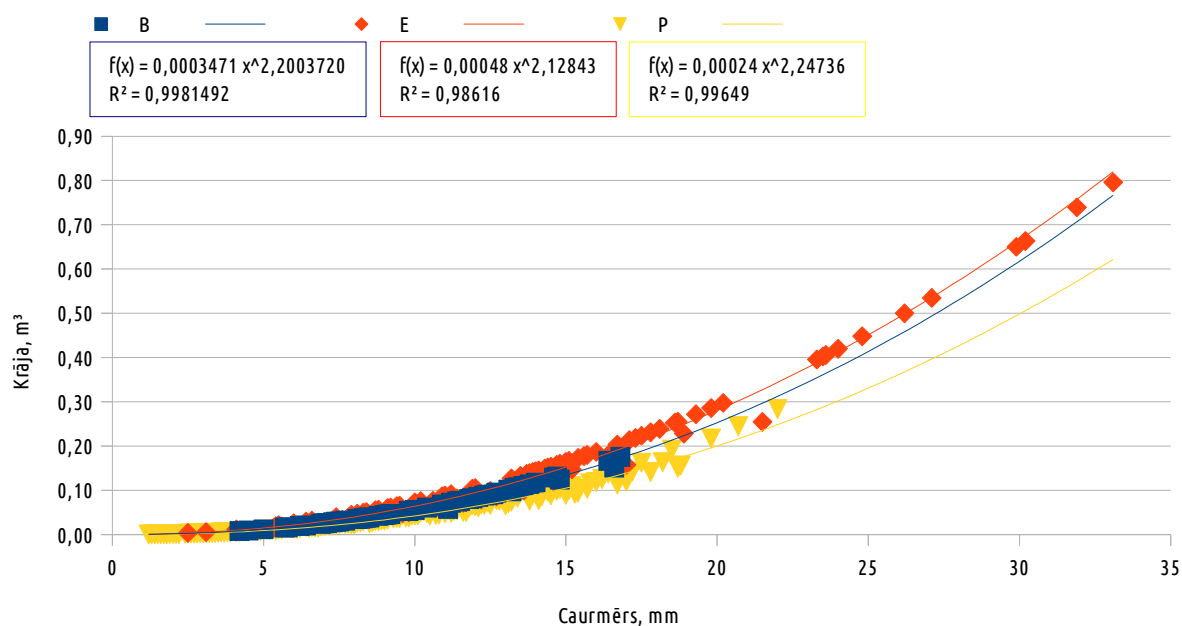


Att. 28: Koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs.

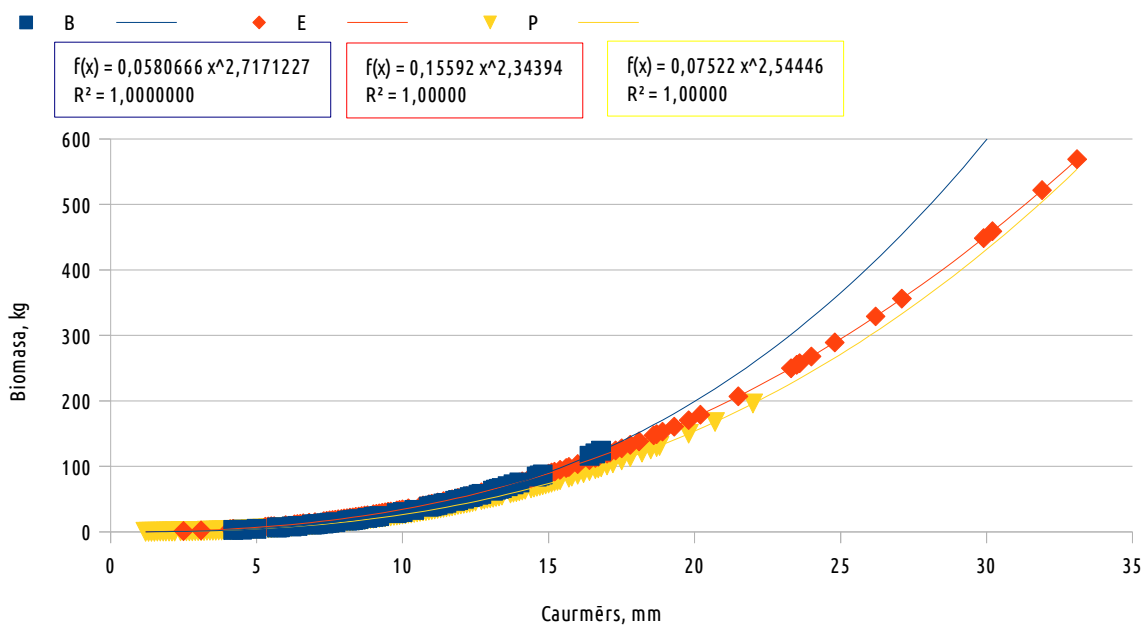
Izmantojot mērījumu datus, izstrādāti regresijas vienādojumi kopšanā nozāgēto koku raksturošanai un krājas aprēķiniem. Nozāgēto koku raksturošanai (augstums, krāja un biomasa) izmantoti pakāpes regresijas vienādojumi, ko veido visi parauglaukumos uzņēmītie koki (Att. 29, Att. 29 un Att. 30). Regresijas vienādojumi izveidoti priecī (P), eglei (E) un lapkokiem (B).



Att. 29: Regresijas vienādojums koku caurmēra un augstuma sakarības raksturošanai.



Att. 30: Regresijas vienādojums koku caurmēra un stumbra krājas sakarības raksturošanai.



Att. 31: Regresijas vienādojums koku caurmēra un virszemes biomasas sakarības raksturošanai.

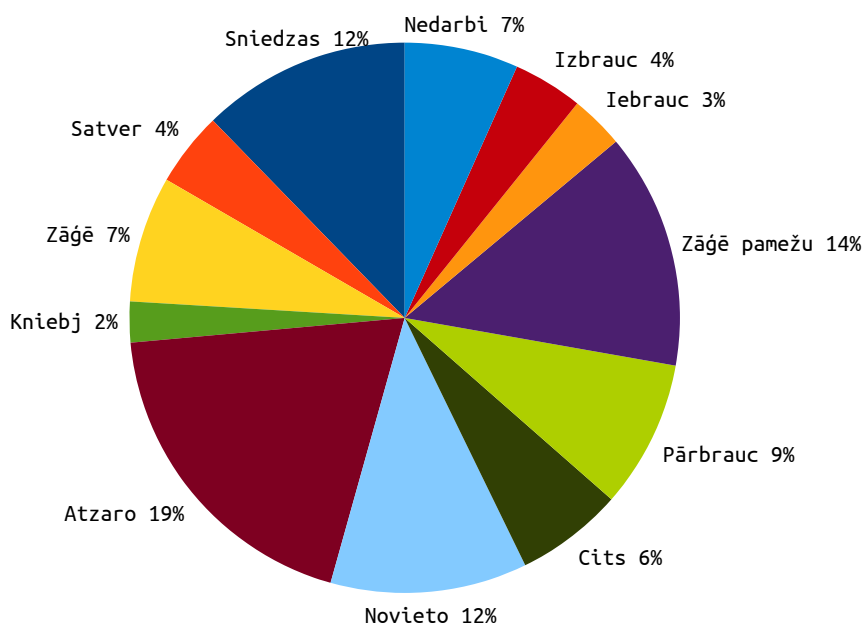
Izstrādes darba ražīgums

Krājas kopšanas cirte

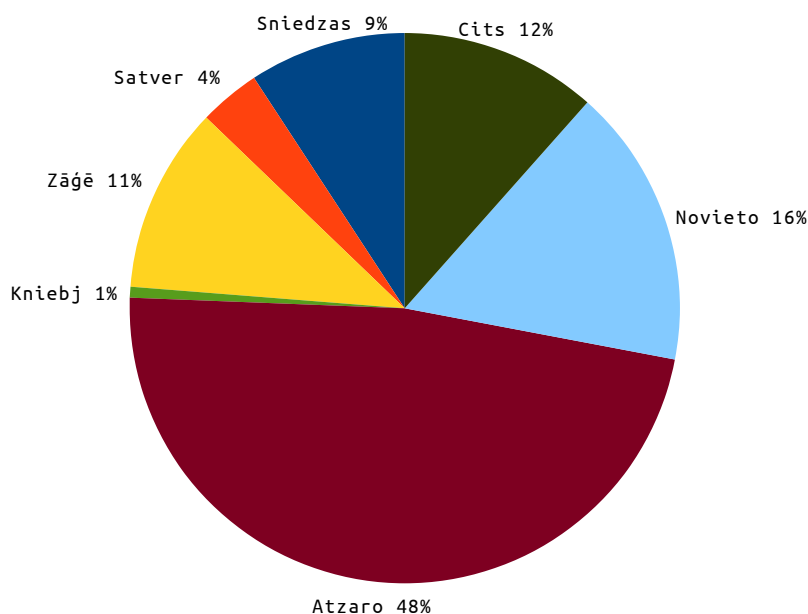
Darba laika uzskaitē veikta 6 dienas (37 stundas, neskaitot ilgākus pārtraukumus, kad dzinējs izslēgts). Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota kokmateriālu sagatavošanai, koku

satveršanai un pameža zāgēšanai (Att. 32); Produktīvais darba laiks, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu, ir 15 % no produktīvā nostrādātā laika un 20 % no kopējā darba laika (laiks, kad dzinējs ir iedarbināts). Lielākā daļa laika (48 %), kas patērēta darba ciklēm, kuri nenoslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu, neskaitot pārbraucienus, iebraukšanu un izbraukšanu no audzes, ir atzarošana. Tas nozīmē, ka operators mēģina sagatavot kokmateriālus, atzarošanas laikā koki izkrīt no griezējgalvas vai salūzt un nokrīt zemē, nenonākuši līdz kokmateriālu kaudzītēm. Iespējams, ka pēc tam šos kokmateriālus kā biokurināmo savāks pievedējtraktors. Iegūtais rezultāts norāda uz nepieciešamību reālistiskāk plānot kokmateriālu sagatavošanu un "problemātiskos" kokus uzreiz novirzīt uz biokurināmā kaudzīti. Tāpat, iegūtie rezultāti norāda uz neatzaroata biokurināmā sagatavošanas metodes priekšrocībām, jo atzarošana eksperimentos izmantotajai Moipu 300F3 griezējgalvai radīja lielākas grūtības, nekā citām līdz šim testētajām griezējgalvām. Ar līdzīgām problēmām nācās saskarties, testējot Timbear harvarderu lapkoku audzēs.

Salīdzinot produktīvā darba laika izmantošanu, atkarībā no darba metodes, nav konstatētas 5. darba metodes (neatzaroata biokurināmā sagatavošana) priekšrocības, taču izteikti vislielākais neveiksmīgo darba ciklu skaits un lielākais atzarošanas operācijas īpatsvars neveiksmīgajos darba ciklos ir 1. darba metodē, attiecīgi, lielākās grūtības griezējgalvai rada nevis mazie kociņi, no kuriem gatavo biokurināmo, bet lielākie koki, no kuriem gatavo apaļos kokmateriālus.



Att. 32: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.

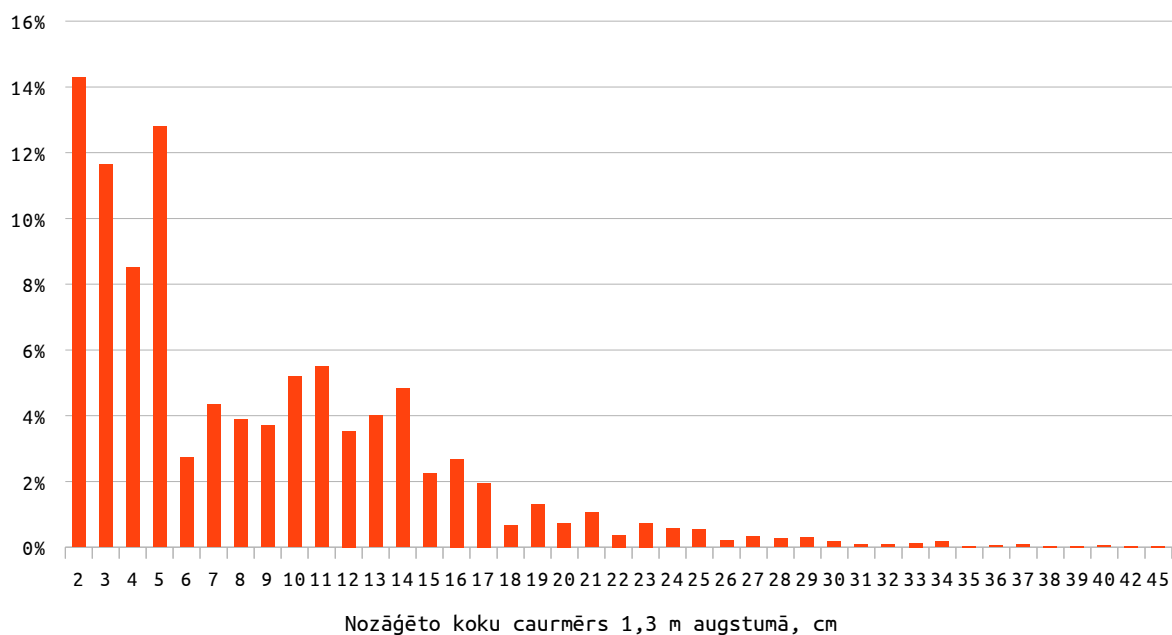


Att. 33: Produktīvā darba laika laika sadalījums darba ciklos, kas nenoslēdzas ar kokmateriālu sagatavošanu.

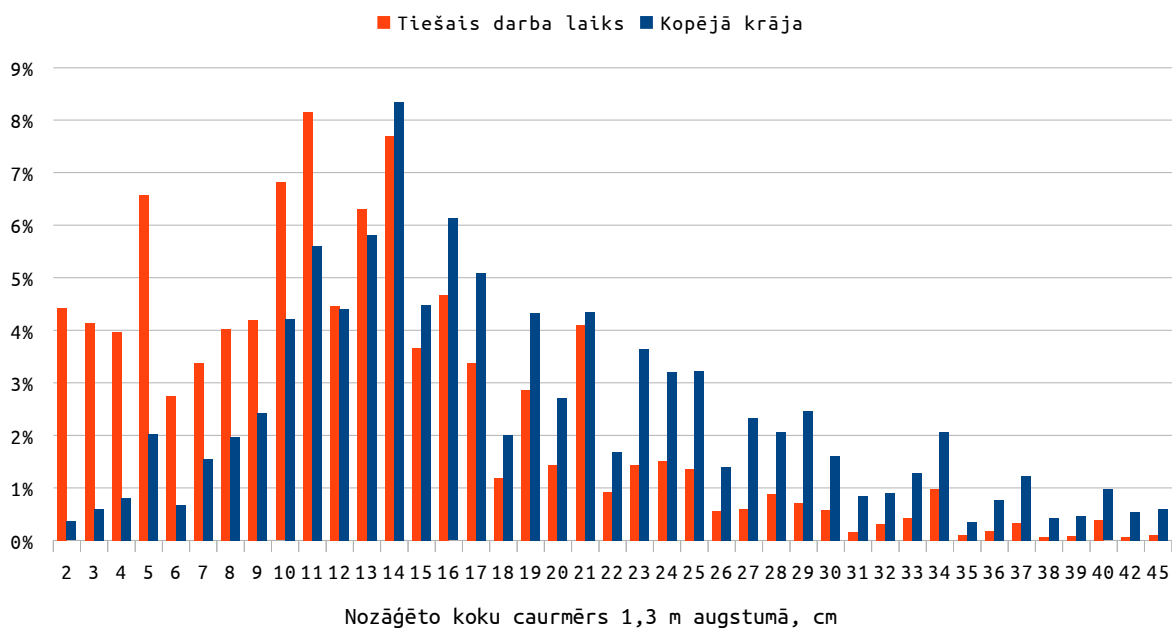
Kopšanas laikā zāgēti lielākoties pameža koki, kuru caurmērs mazāks par 6 cm (Att. 34), kuru īpatsvars no kopējā nozāgēto koku skaita ir 47 %, bet krāja – 4 % no sagatavotajiem kokmateriāliem (Att. 35). Darba gaitā uzsvērtā nepieciešamība izvairīties no mazo kociņu zāgēšanas un kniebšanas, taču operatori to skaidroja ar nepieciešamību attīrīt vietu kokmateriālu nokraušanai, izzāgēt ceļu un uzlabot redzamību mežaudzes kopšanai.

Nozāgēto koku sadalījums būtiski atšķiras no līdzīgu izmēģinājumu rezultātiem, kas tikko veikti Zviedrijā, izmantojot Vimek harvesteru, un kur lielākā daļa nozāgēto koku ir resnāki par 8 cm, neskatoties uz mazākām vidējā koka dimensijām pirms kopšanas.

Operatoriem ir maksimāli jāizvairās no par 8 cm tievāku kociņu zāgēšanas, uz tehnoloģiskajiem koridoriem tos vienkārši nomīdot, bet pārējā audzes daļā atstājot neskartus. Ja sīko kociņu zāgēšana nepieciešama, lai uzlabotu redzamību, to var darīt ar kniebšanas mehānismu, jo, lai arī tas ir lēnāks par zāģi, tas ļauj strādāt drošāk, nebaidoties no ķēdes nomešanas vai sliedes salocīšanas. Tieši tāpat, ja ir šaubas par to, vai zāģējot netiks skarti blakus esošie saglabājamiem koki, arī resnāko koku nogāšanai izmantojams kniebšanas mehānisms, kas ļauj samazināt bojājumu risku un nepieciešamību izzāģēt mazos kociņus redzamības uzlabošanai.



Att. 34: Nozāgēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.



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

Kopējais nostrādātais laiks minūtēs sadalījumā pa darba metodēm dots Tab. 15; darba laika uzskaites kopsavilkums sekundēs 1 m³ sagatavošanai sadalījumā pa darba metodēm un vidēji izmēģinājumos dots Tab. 16, bet Tab. 17 apkopota informācija par sagatavotajiem kokmateriāliem un citiem kopšanas rādītājiem. Kopā izmēģinājumos (laikā, kad veikta darba laika uzskaitē) sagatavots 271 m³ kokmateriālu. Vidējā nozāgētā koka caurmērs ir 11 cm (t.i. identisks audzes vidējā koka caurmēram). Vidējā nozāgētā koka stumbra tilpums ir 0,123 m³.

Būtiski lielāks vidējais nozāgētais koks ir tehnoloģiskajos koridoros, kur strādāts ar 2. darba metodi. Tas nav saistīts ar darba metodes īpatnībām, bet gan ar audzes nevienmērīgumu.

Kopšana veikta, izzāgējot galvenokārt augšanā atpalikušos kokus un visus kokus uz tehnoloģiskajiem koridoriem. Operatori patstāvīgi noteica kopšanas kvalitāti (atstāto koku augstumu un šķērslaukumu). Kopšanas intensitāte jeb saglabājamo koku šķērslaukums vērtēts atbilstoši situācijai operatora redzamības zonā, t.i. aptuveni 10 m rādiusā ap mašīnas kabīni.

Vidēji 1 tiešā darba stundā sagatavo 9,2 m³ kokmateriālu (Tab. 14). Tiešais darba laiks ir 80 % no plānotā darba laika un 85% no produktīvā darba laika, kas jāņem vērā izmaksu aprēķinos. Pašizmaksas aprēķinā pieņemts, ka harvestera kopējais darba laiks ir 85 % no operatora darba laika, t.i. operators katru stundu pārtrauc darbu uz 15 minūtēm (vai apvieno vairākus pārtraukumus), lai atpūstos vai veiktus tehnikas apkopes darbus, šajā laikā izslēdzot dzinēju. Šāda pieeja ir konservatīva attiecībā uz vidējām darba ražīguma rādītāju prognozēm, taču ir tuvāka reālajai situācijai meža darbos.

Vislabākie darba ražīguma rādītāji konstatēti, strādājot ar 1. darba metodi, kad operators negatavo biokurināmo no galotnēm un mazākajiem kokiem, bet visas mežizstrādes atliekas liek ceļos. Piektajai darba metodei ir vissliktākie vidējie darba ražīguma rādītāji, lai arī teorētiski, strādājot ar šo metodi, darba ražīgumam vajadzēja būt vislielākajam. Salīdzinot biokurināmā sagatavošanas metodes, labākie rezultāti iegūti ar 2. metodi (vāc mežizstrādes atliekas) un 3. metodi (atsevišķi vāc daļēji atzarotus sīkkokus).

Tab. 14: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

Darba metode	m ³ tiešā darba laika stundā	m ³ efektīvā darba laika stundā	m ³ kopējā darba laika stundā
1	12,348	9,983	9,508
2	11,763	10,326	9,489
3	11,186	9,065	8,776
4	8,662	7,408	6,787
5	7,361	6,451	5,996
Visas metodes	9,270	7,924	7,399

Ja pieņem, ka harvesters nezāgē par 6 cm tievākus kokus, darba ražīgums teorētiski var palielināties vidēji visām darba metodēm līdz 11 m³, bet pirmajai darba metodei – līdz 15,6 m³. Tajā pat laikā sagatavoto kokmateriālu apjoms samazinātos tikai par 11 m³ (par 4%). Praksē situācija, protams, atšķirsies no teorētiskā vērtējuma, jo pastāv dažādi iemesli mazo kociņu zāgēšanai. Pieņēmums par darba ražīguma pieaugumu un mazo kociņu saglabāšanas ietekmi uz pievedējtraktora darba ražīgumu un darbu izpildes kvalitāti ir jāpārbauda izmēģinājumos.

Tab. 15: Kopējais nostrādātais laiks minūtēs

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Kniebj	Atzaro	Novieto	Cits	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Iebrauc	Izbrauc	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā
1	35	14	42	0	72	25	13	20	1	10	19	13	204	253	265	81%	77%
2	28	10	9	4	53	40	7	25	65	6	7	23	225	256	279	88%	81%
3	48	20	35	13	69	40	11	23	14	8	10	10	238	294	304	81%	78%
4	44	16	23	9	64	48	14	31	94	14	22	35	326	381	416	86%	78%
5	113	36	52	26	160	99	93	89	128	30	31	66	759	865	931	88%	81%
Visas metodes	267	95	161	52	418	251	138	189	301	68	89	145	1752	2049	2195	85%	80%

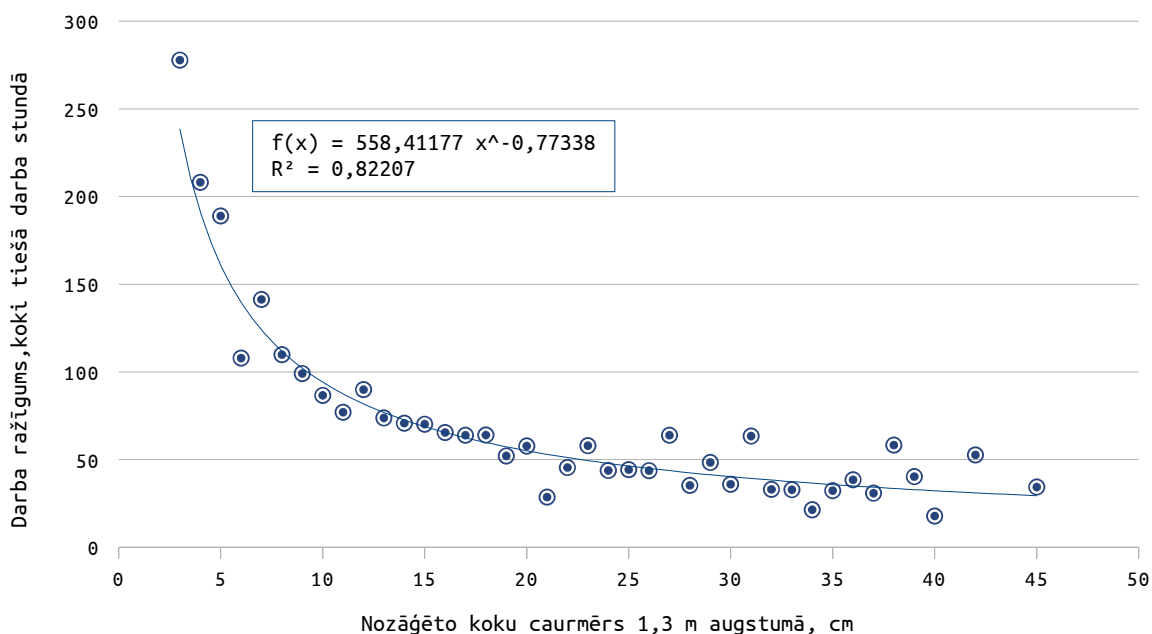
Tab. 16: Darba ražīguma kopsavilkums, sek. m⁻³

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Kniebj	Atzaro	Novieto	Cits	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Iebrauc	Izbrauc	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
1	50	20	60	0	103	35	18	29	1	14	27	18	292	361	379
2	38	13	13	5	72	54	9	34	88	8	10	31	306	349	379
3	64	27	47	18	93	54	15	32	19	11	13	13	322	397	410
4	56	20	30	11	81	61	18	40	119	18	28	44	416	486	530
5	73	23	34	17	103	64	60	57	83	19	20	42	489	558	600

Tab. 17: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem

Darba metode	D, cm	H, m	Koku skaits	Koki darba ciklā	Izkritušo koku īpatsvars	Egle	Lapkoks	Koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, tonnas	Atzarošanas
1	11	13	489	1,325	3%	95%	5%	0,114	42	35	13	1,114
2	14	15	367	1,536	2%	100%	0%	0,183	44	62	15	1,480
3	10	12	762	2,037	4%	100%	0%	0,116	44	38	14	1,144
4	11	13	574	1,599	1%	100%	0%	0,127	47	38	14	1,210
5	11	13	1335	1,644	3%	97%	2%	0,110	93	34	28	1,263
Visas metodes	11	13	3527	1,638	3%	98%	2%	0,123	271	39	83	1,237

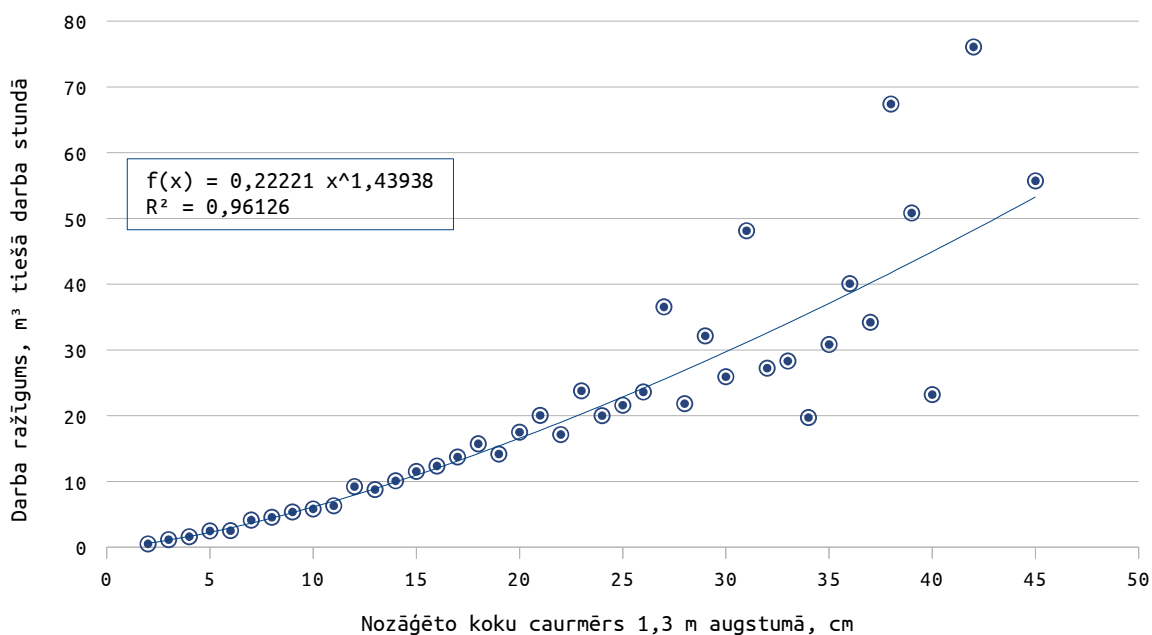
Stundā tiešā darba laika nozāgējamo koku skaitu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs – pieaugot caurmēram no 1 līdz 10 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās vairāk nekā 2 reizes, bet, zāgējot par 10 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits samazinās lēnāk. Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laika vidēji var apstrādāt 110 kokus (Att. 36), kas ir tuvu Zviedrijā ar Vimek harvesteru iegūtajiem darba ražīguma rādītājiem (123 koki tiešā darba stundā).



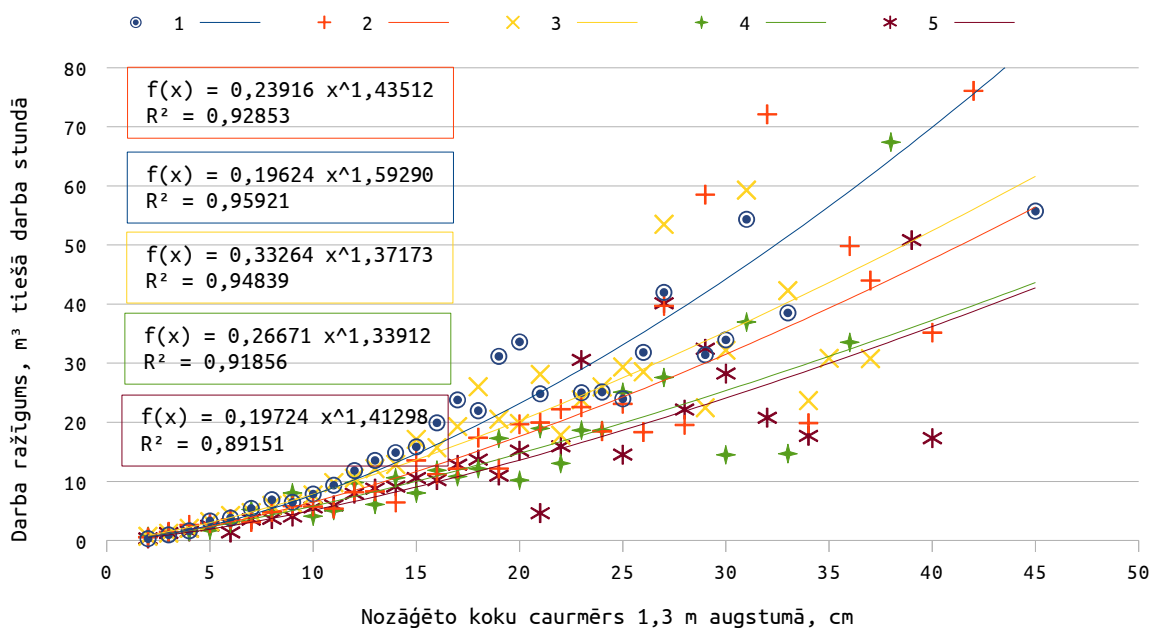
Att. 36: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Kokmateriālu sagatavošanas darba ražīgums vidēji ir no 0,5 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 2 cm resnus kokus, līdz 17 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 20 cm resnus kokus. Audzēs ar resnāku vidējo zāgējamo koku, šie dati nav izmantojami, jo resno koku īpatsvars izmēģinājumos bija salīdzinoši neliels un to apstrādei patērētais laiks neraksturo attiecīgajai caurmēra pakāpei piemērojamos darba ražīguma rādītājus. Vidējās darba ražīguma izmaiņas, atkarībā no zāgējamo koku caurmēra, raksturo pakāpes vienādojums (Att. 37). Darba ražīguma dinamikas rādītāji ir līdzīgi tiem, kas iegūti ar Vimek harvesteru egļu jaunaudzū kopšanā Zviedrijā.

Darba metožu griezumā (Att. 38) darba ražīgums visstraujāk aug 1. darba metodē, kurai operatori ir labi adaptējušies, bet no biokurināmā sagatavošanas metodēm labāko darba ražīgumu nodrošina 2. un 3. metode, starp kurām nav konstatēta būtiska atšķirība. Ceturtā un 5. metode nodrošina salīdzinoši vissliktākos darba ražīguma rādītājus, neatkarīgi no zāgējamo koku caurmēra. Sliktie biokurināmā sagatavošanas metožu darba ražīguma rādītāji saistīti ar papildus darba laika patēriņu kokmateriālu novietošanai un pameža zāgēšanai, vēlreiz norādot uz nepieciešamību izvairīties no mazo kociņu zāgēšanas un optimizējot kokmateriālu veidu struktūru mežizstrādes darba uzdevumos.

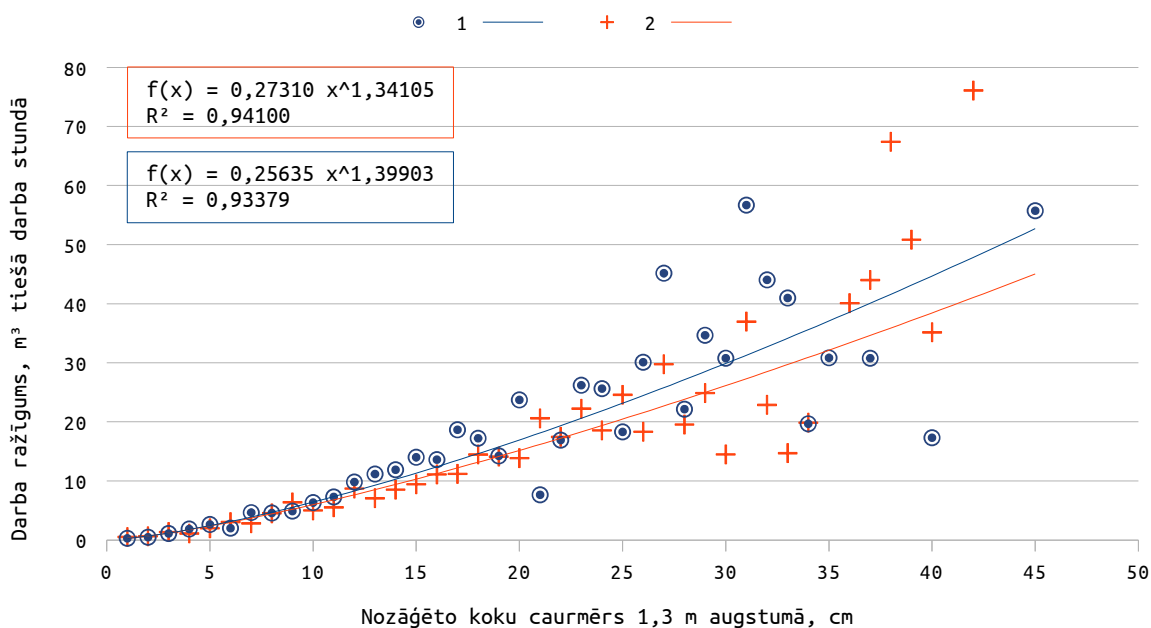


Att. 37: Stundā tiešā darba laika sagatavojamo kokmateriālu un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.



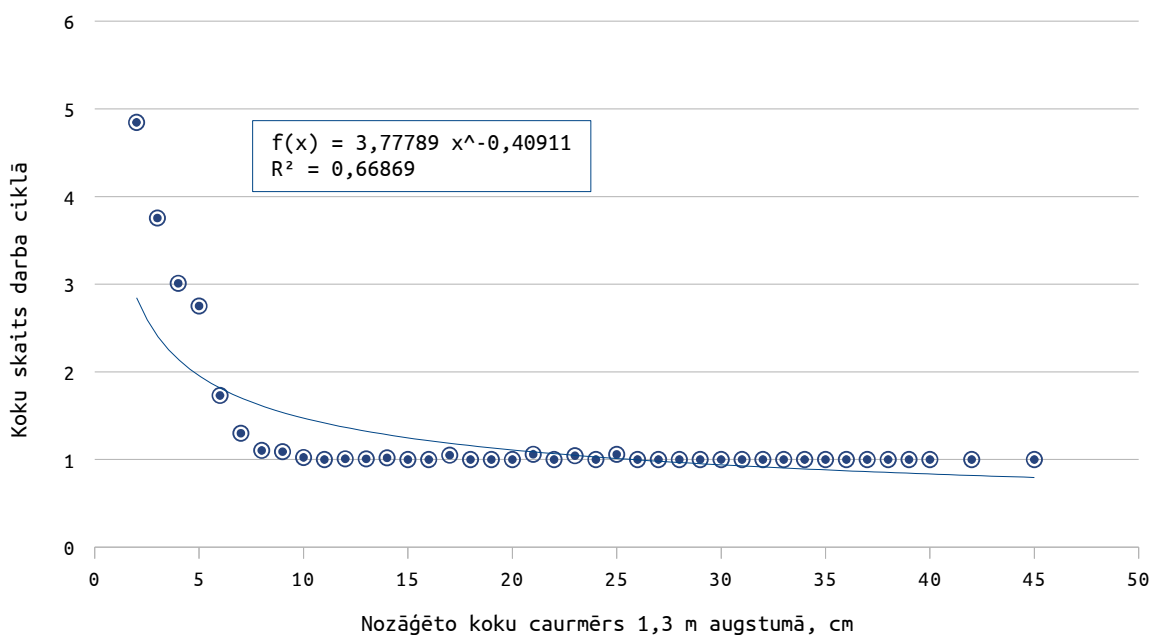
Att. 38: Mežizstrādes darba ražīgums (m³ tiešā darba stundā) atkarībā no darba metodes un nozāgējamā koka caurmēra.

Salīdzinot abu izmēģinājumos iesaistīto operatoru darba ražīgumu, statistiski būtiska atšķirība nav konstatēta (Att. 39), taču ar 1. darba metodi strādāja tikai 1. operators, kas uzrādīja vidēji nedaudz labāku sniegumu. Iespējams, ka operatora pieredze un spēja adaptēties darba metodēm bija viens no faktoriem, kas izraisīja atšķirības darba ražīgumā, kas redzamas Att. 38.



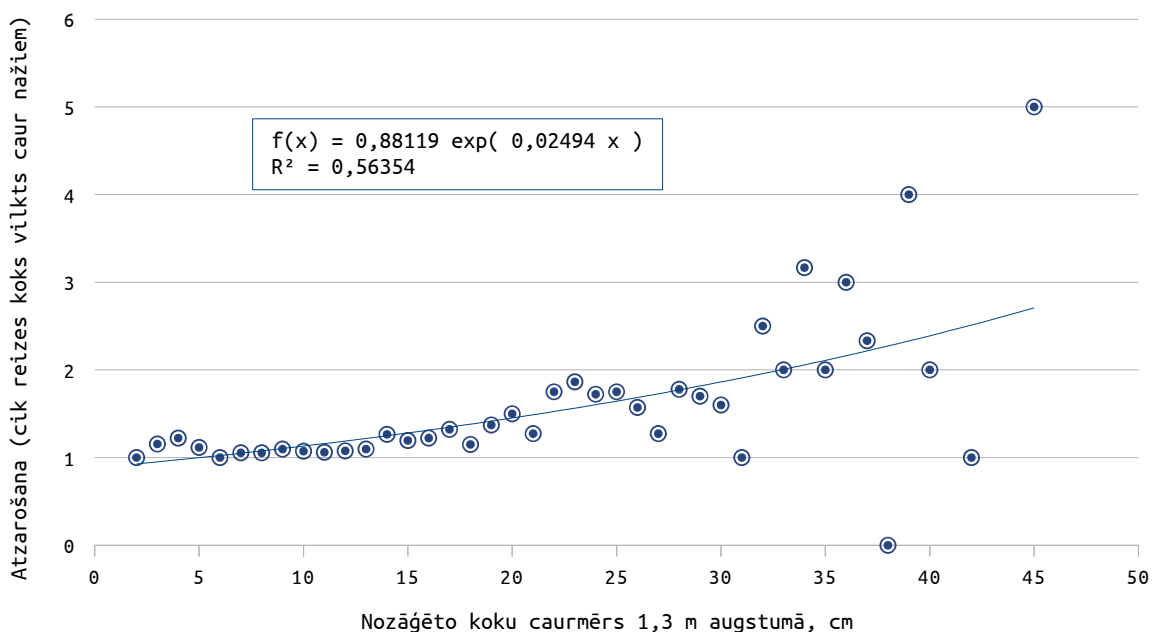
Att. 39: Izmēģinājumos iesaistīto operatoru darba ražīguma salīdzinājums.

Viens no svarīgākajiem rādītājiem, kas nosaka harvestera ražīgumu, ir darba ciklā apstrādājamo koku skaits. Pētījumā konstatēts, ka, zāgējot kokus, kas resnāki par 8 cm, vidēji darba ciklā apstrādā tikai 1 koku. Darba ciklā apstrādājamo koku skaitu 1-20 cm resniem kokiem vislabāk raksturo pakāpes vienādojums (Att. 40). Faktiski, paketēšanas funkciju izmanto tikai tiem kokiem, kas neder papīrmalkas gatavošanai. Zviedrijā ar Vimek harvesteru veiktos izmēģinājumos paketēšanas funkciju pārtrauca izmantot par 10 cm resnākiem kokiem. Paketēšanas funkcijas izmantošana papīrmalkas sagatavošanā ir viens no priekšnosacījumiem būtiskam darba ražīguma palielinājumam, strādājot ar tāda izmēra harvesteriem, kā John Deere 1070. Lielo koku paketēšanas iespēja ir viena no galvenajām vidējās klases un smago harvesteru priekšrocībām jaunaudžu kopšanā, salīdzinot ar mazo tehniku.



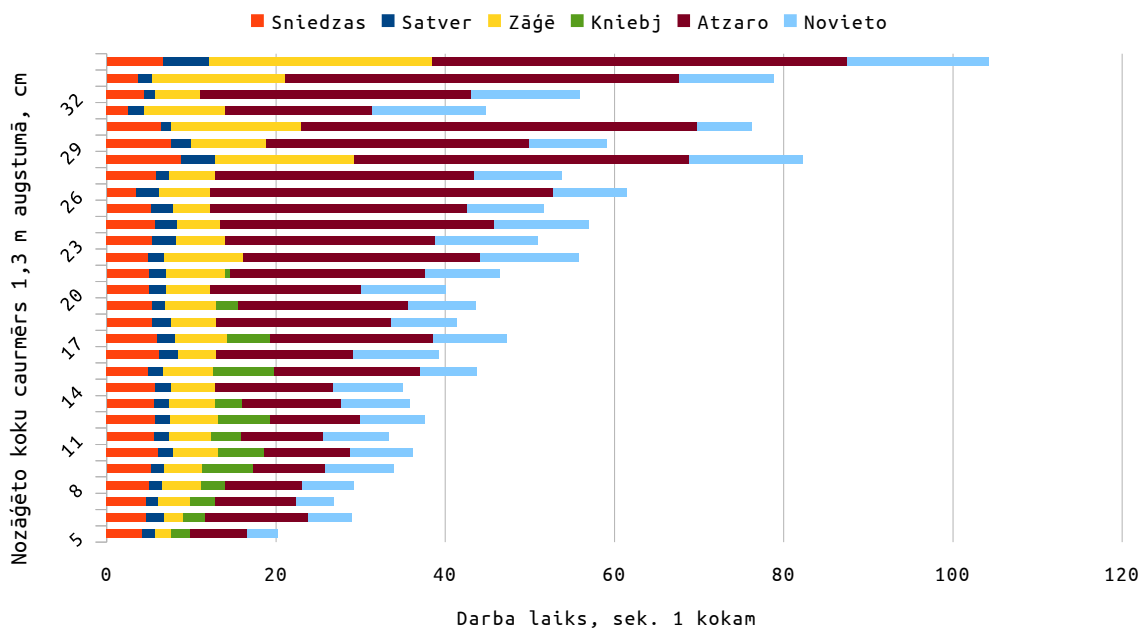
Att. 40: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Strādājot ar Moipu griezējgalvu, konstatēts, ka būtiska problēma, kas saistīta gan ar darba laika izmantošanas efektivitāti, gan arī kokmateriālu kvalitāti, ir nepieciešamība veikt koku atzarošanu atkārtoti. Pētījumā konstatēta sakarība starp nozāgējamā koka caurmēru un to, cik reizes koks jāvelk caur atzarošanas nažiem (Att. 41). Kokiem, kas resnāki par 30 cm, atzarošana jāatkārto vidēji 2 reizes kādā no stumbra apstrādes posmiem. Atzarošana nesagādā grūtības kokiem, kas nav resnāki par 14 cm.



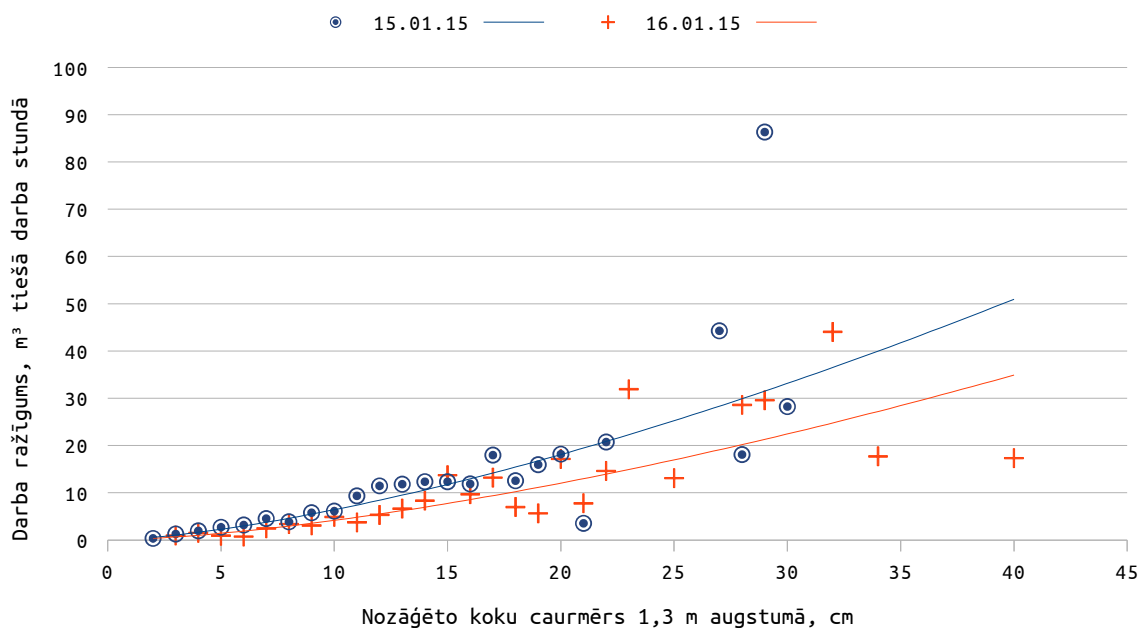
Att. 41: Atzarošanas – cik reizes koks jāvelk caur atzarošanas nažiem atkarībā no nozāgējamā koka caurmēra.

Atzarošanas ietekme uz darba ražīgumu redzama Att. 42, kur parādīts koka apstrādes darba operāciju ilgums atkarībā no koka caurmēra, zāgējot 5-35 cm resnus kokus. Sniegšanās un koka satveršana ir salīdzinoši nemainīgs rādītājs, koka nozāgēšanai patērētais laiks palielinās, zāgējot 5-8 cm resnus kokus, tad paliek salīdzinoši nemainīgs, zāgējot 9-27 cm resnus kokus un atkal palielinās, zāgējot par 27 cm resnākus kokus. Atzarošanai patērētais laiks pieaug visstraujāk un, ja 10 cm resna koka atzarošanai jāpatērē vidēji 10 sekundes, tad 35 cm resna koka atzarošanai un sagarumošanai jāpatērē jau 36 sekundes. Starp apstrādājamā koka caurmēru un atzarošanai un sagarumošanai patērējamo laiku pastāv cieša lineāra korelācija.



Att. 42: Darba laika elementu sadalījums 1 koka apstrādei atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.

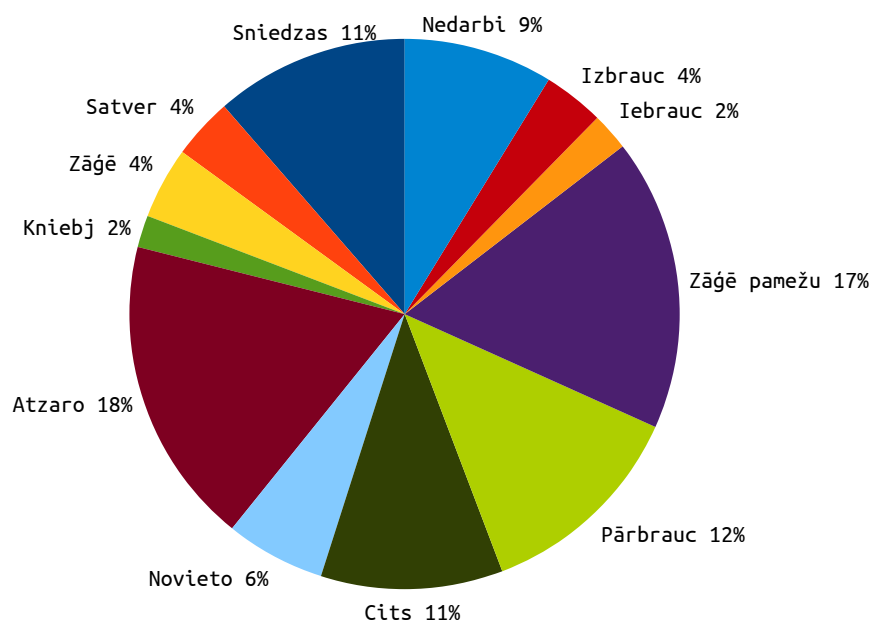
Pētījumā vērtēta arī operatoru adaptēšanās darba metodēm. Pirmais operators strādājis ar 5. darba metodi 2 dienas. Nostrādātais laiks nav pietiekoši liels, lai vērtētu darba ražīguma dinamiku, taču Att. 43 redzams, ka darba ražīguma rādītāji 2. dienā pasliktinājās, salīdzinot ar 1. dienu. Acīmredzot, operators vēl meklēja labāko risinājumu darba izpildei un 2. dienā izvēlējās nepareizu taktiku, jo 15. un 16. janvārī būtiski neatšķīrās ne laika apstākļi, ne arī mežaudzes raksturojums zāgējamajos tehnoloģiskajos koridoros. Labākai adaptācijai neierastām metodēm nepieciešams ilgāks laiks un daudzveidīgāki darba apstākļi, kā arī jāsamazina stresa līmenis, ko rada nepieciešamība ievērot striktas kvalitātes prasības, aprobējot pilnīgi jaunu darba metodi.



Att. 43: Adaptēšanās darba apstākļiem un 5. darba metodei.

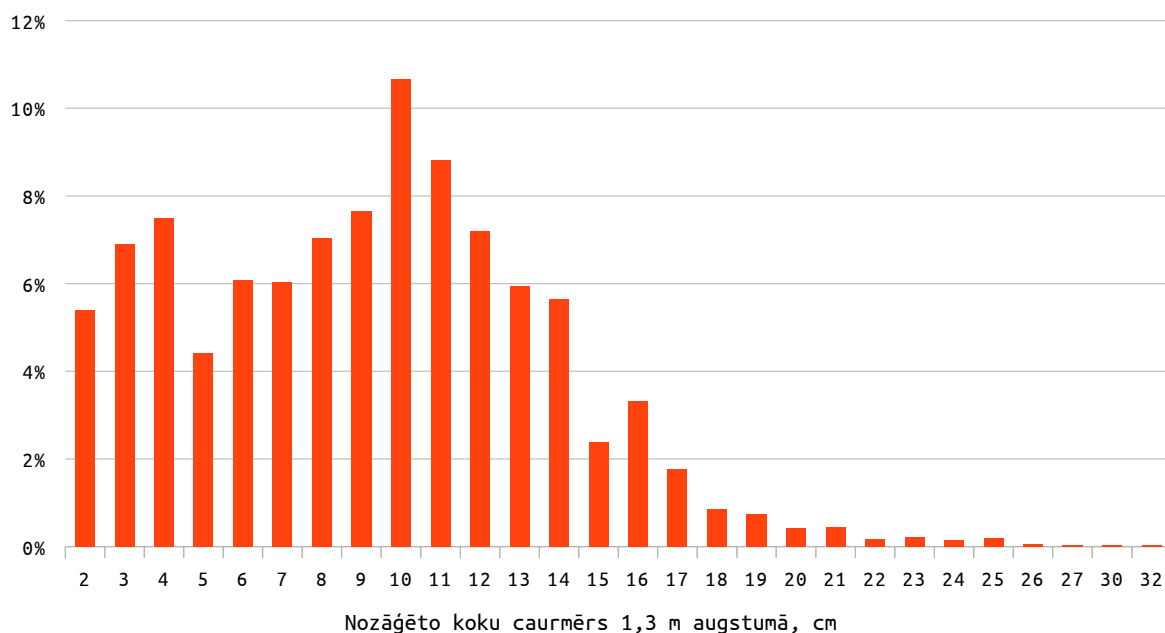
Jaunaudžu kopšanas cirte

Darba laika uzskaitē jaunaudžu kopšanā veikta 16 dienas (71 stunda, neskaitot ilgākus pārtraukumus, kad dzinējs noslāpēts). Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota kokmateriālu sagatavošanai (Att. 44), kā arī pameža zāģēšanai un pārbraucieniem pa audzi. Darba cikli, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu, kā arī iebraukšana un izbraukšana no audzes, ir 22 % no produktīvā darba laika un 28 % no kopējā nostrādātā laika.

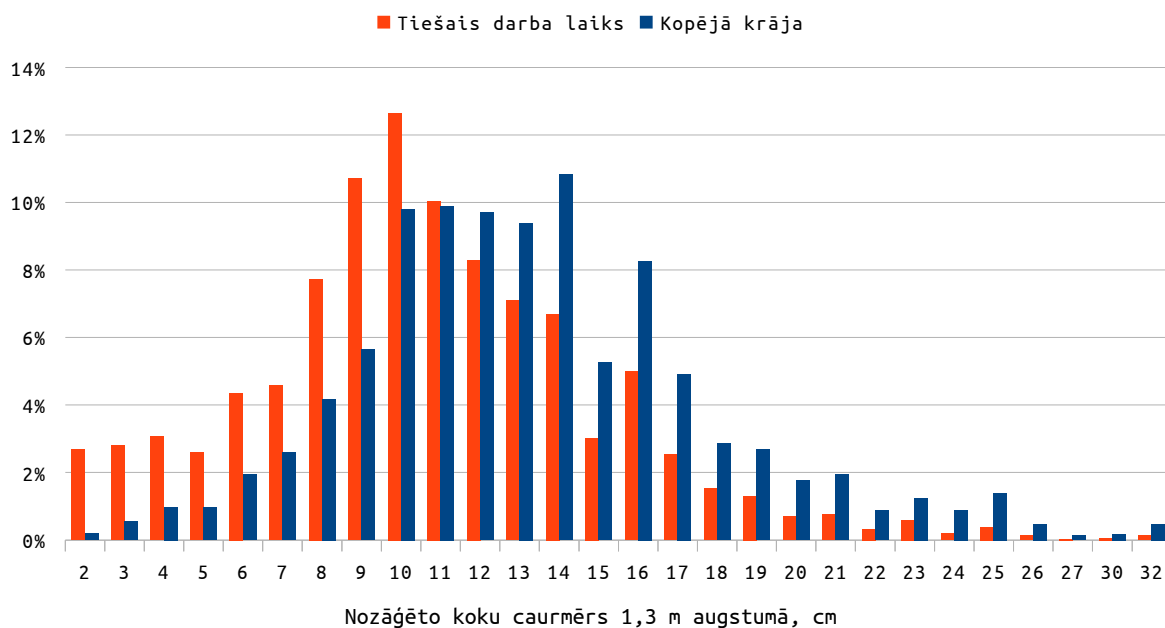


Att. 44: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.

Kopšanas laikā zāgēti gan par 8 cm tievāki kociņi, gan 8-14 cm resni koki (Att. 45). Par 8 cm tievāko kociņu īpatsvars no kopējā nozāgēto koku skaita ir 36 %, bet krāja – 7 % no sagatavotajiem kokmateriāliem (Att. 45). Mazo kociņu zāgēšana skaidrota ar nepieciešamību uzlabot redzamību, izkopt vietas, kur dabiski atjaunojušies lapkoki, attīrīt tehnoloģiskos koridorus un vietu kokmateriālu novietošanai. Mazo kociņu zāgēšanas negatīvā ietekme uz darba ražīgumu jau skaidrota iepriekšējā nodaļā par darba ražīguma rezultātiem: Krājas kopšanas cirte. Uzskatāmi mazo kociņu zāgēšanas ietekme redzama Att. 46 - 10 % kokmateriālu sagatavošanai patērēti 20 % tiešā darba laika. Arī problēmas risinājums ir zināms – samazināt kokmateriālu veidu skaitu tā, lai audzē veidotu ne vairāk kā 2 kokmateriālu kaudzītes, un tajās vietās, kur sīkie koki un krūmi pasliktina redzamību, koku nogāšanai izmantot giljotīnu. Abu risinājumu efektivitāte jāpārbauda turpmākajos izmēģinājumos. Būtiski šajos izmēģinājumos ietvert arī pievedējtraktoru ar kausa pacelšanas jeb "tilt" funkciju, kas parādīja būtiskas priekšrocības kopšanas izmēģinājumos Zviedrijā.



Att. 45: Nozāgēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.



Att. 46: Nozāģēto koku krājas un tiešā darba laika patēriņa sadalījums pēc nozāģēto koku caurmēra.

Ekstremāls mazo kociņu zāģēšanas gadījums redzams Att. 47, kur tehnoloģiskā koridora ceļa segumu veido, galvenokārt, 2-3 cm resni kociņi un krūmi, kurus harvesterā operatoram nevajadzēja aiztikt. Vienīgais arguments sīko kociņu un krūmu zāģēšanai šajā gadījumā ir nepieciešamība pakot ceļu, lai pa to varētu pievest kokmateriālus, jau augsne nav sasalusi. Šādā situācijā var palīdzēt labāka cirmsas saplānošana, apejot pārmitrās vietas un nebraucot ar tehniku vietās, kur koku augstums ir par mazu efektīvai mehanizētai kopšanai.



Att. 47: Piemērs darba laika patēriņam krūmu un sīkokoku zāgēšanai patērējamam laikam.

Darba laika uzskaites kopsavilkums darba metožu griezumā dots Tab. 19, darba laika patēriņš sekundēs 1 m^3 sagatavošanai dots Tab. 20; bet Tab. 21 apkopota informācija par sagatavotajiem kokmateriāliem un citiem kopšanas rādītājiem. Kopā izmēģinājumos (laikā, kad veikta darba laika uzskaitē) sagatavoti 288 m^3 kokmateriālu. Vidējā nozāgētā koka caurmērs ir 10 cm (t.i. līdzīgs vidējā koka caurmēram pirms kopšanas). Kopšana veikta, izzāgējot daļu valdaudzes koku un augšanā atpalikušos kokus.

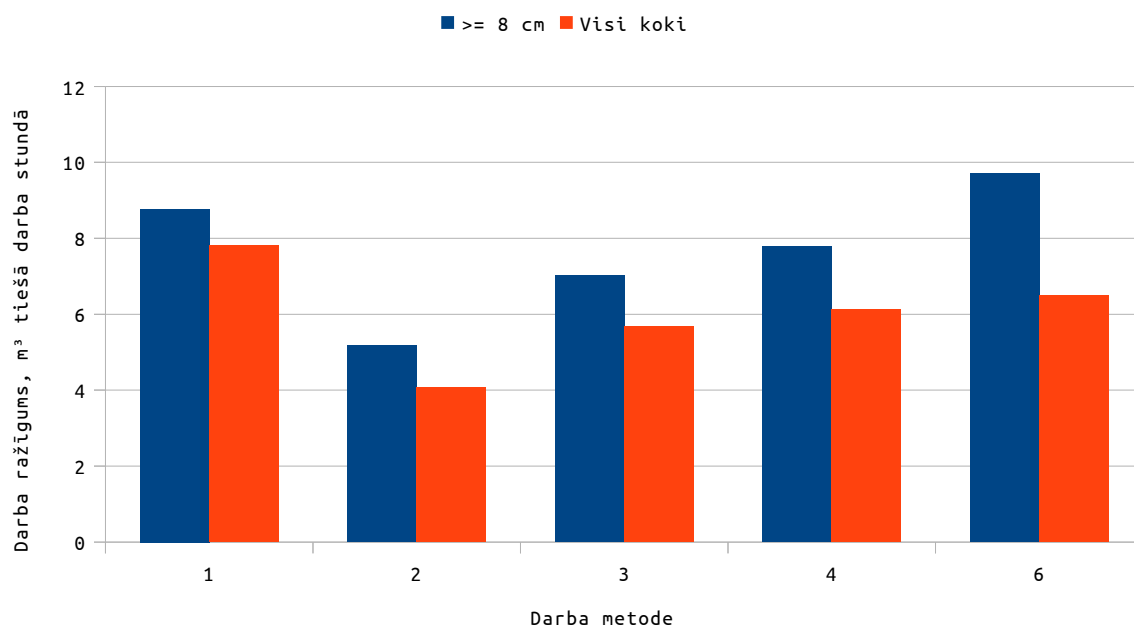
Vidēji 1 tiešā darba stundā sagatavo $5,7 \text{ m}^3$ kokmateriālu (Tab. 18). Tiešais darba laiks ir 78 % no produktīvā darba laika un 71 % no plānotā darba laika, kas jāņem vērā izmaksu aprēķinos. Vislabākie rezultāti iegūti ar 1. jeb klasisko darba metodi, kā arī ar 4. un 6. darba metodi (gatavo apaļos kokmateriālus, apvienotu biokurināmā sortimentu no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem, ko sagriež līdz 3 m garos nogriežņos, mežizstrādes atliekas vāc atsevišķās kaudzēs; gatavo tikai daļēji atzarotus, līdz 3 m garus biokurināmā nogriežņus). Biokurināmā sagatavošanas metode (6. darba metode) nenodrošināja būtisku darba ražīguma pieaugumu, jo operatori neizmantoja vienu no šīs metodes galvenajām priekšrocībām – kokmateriālu kraušana audzē lielākās kaudzītēs, izvairoties no pameža izzāgēšanas plašākā teritorijā, lai gan 4. un 6. darba metodē pameža zāgēšanai patērētais laiks ir 10 reizes mazāks, nekā 2. un 3. metodē. Vismazāk laika pameža zāgēšanai, pretēji prognozēm, patērēts 1. darba metodē. Darba laika patēriņa pieaugums biokurināmā sagatavošanas darba metodēs saistīts ar mēģinājumiem pēc iespējas efektīvāk izmantot pieejamos koksnes resursus, zāgējot arī tievos kociņus, kas vai nu uzreiz pēc nozāgēšanas, vai velkot uz kokmateriālu kaudzītēm, izkrita no kausa. Daudzos gadījumos sīko

kociņu zāģēšana identificēta kā pameža zāģēšana, jo nebija skaidrs, vai pievedējtraktora operators savāks nozāģēto kociņu kaudzītes.

Tab. 18: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

Darba metode	m ³ tiešā darba laika stundā	m ³ efektīvā darba laika stundā	m ³ kopējā darba laika stundā
1	7,808	7,196	7,046
2	4,074	3,520	3,475
3	5,681	4,141	3,677
4	6,126	5,393	5,154
6	6,495	5,490	5,321
Visas metodes	5,706	4,433	4,047

Ja operatori zāģētu tikai par 8 cm resnākos kociņus, darba ražīgums vidēji palielinātos līdz 7,1 m³ ha⁻¹ (par 20 %). Visstraujāk pieaugtu darba ražīgums 6. darba metodē (Att. 48).



Att. 48: Mazo kociņu zāģēšanas ietekme uz darba ražīgumu dažādās darba metodēs.

Tab. 19: Kopējais nostrādātais laiks minūtēs

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Knibj	Atzaro	Novieto	Cits	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Iebrauc	Izbrauc	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā
1	21	4	9	1	54	5	5	16	1	7	0	3	116	126	129	92%	90%
2	53	17	12	13	56	44	50	40	57	13	20	5	326	378	382	86%	85%
3	285	92	123	39	504	99	295	338	650	60	108	330	1908	2617	2947	73%	65%
4	91	29	29	15	142	68	75	104	12	10	20	28	527	599	627	88%	84%
6	31	9	6	11	11	32	27	31	7	4	4	6	147	174	180	85%	82%
Visas metodes	481	152	179	79	768	248	452	528	726	93	152	371	3025	3894	4265	78%	71%

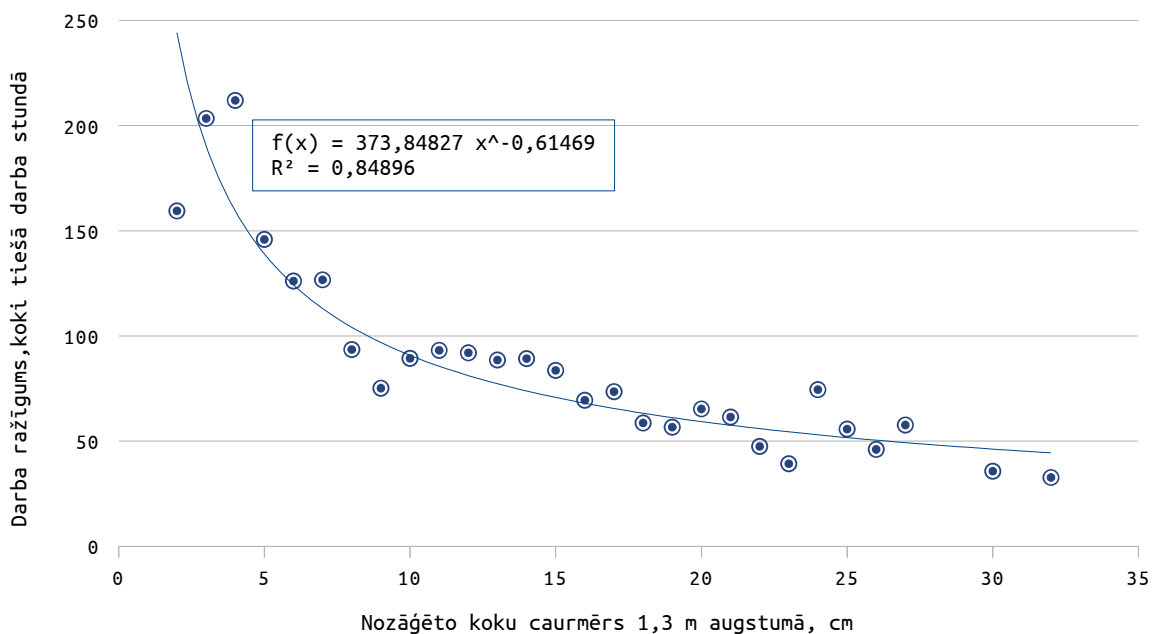
Tab. 20: Darba ražīguma kopsavilkums, sek. m⁻³

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Knibj	Atzaro	Novieto	Cits	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Iebrauc	Izbrauc	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
1	84	18	38	3	215	18	19	64	4	27	1	11	461	500	511
2	144	47	32	34	152	120	136	108	153	35	54	13	884	1023	1036
3	95	30	41	13	167	33	98	112	216	20	36	110	634	869	979
4	101	33	32	17	159	75	83	116	13	11	22	31	588	668	698
6	117	36	23	42	41	121	103	116	27	15	13	21	554	656	677

Tab. 21: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem

Darba metode	D, cm	H, m	Koku skaits	Koki darba ciklā	Izkritušo koku īpatsvars	Egle	Lapkoks	Priede	Koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, tonnas	Atzarošanas
1	10	13	248	1,025	0%	10%	75%	15%	0,062	15	32	8	1,103
2	9	13	672	1,589	2%	9%	80%	11%	0,055	22	27	11	1,043
3	10	11	3261	1,208	2%	40%	21%	38%	0,067	181	29	78	1,152
4	10	13	1220	1,504	1%	14%	71%	14%	0,065	54	33	27	1,068
6	9	13	431	1,573	1%	5%	87%	8%	0,055	16	29	8	1,016
Visas metodes	10	12	5832	1,311	1%	29%	42%	28%	0,064	288	30	132	1,124

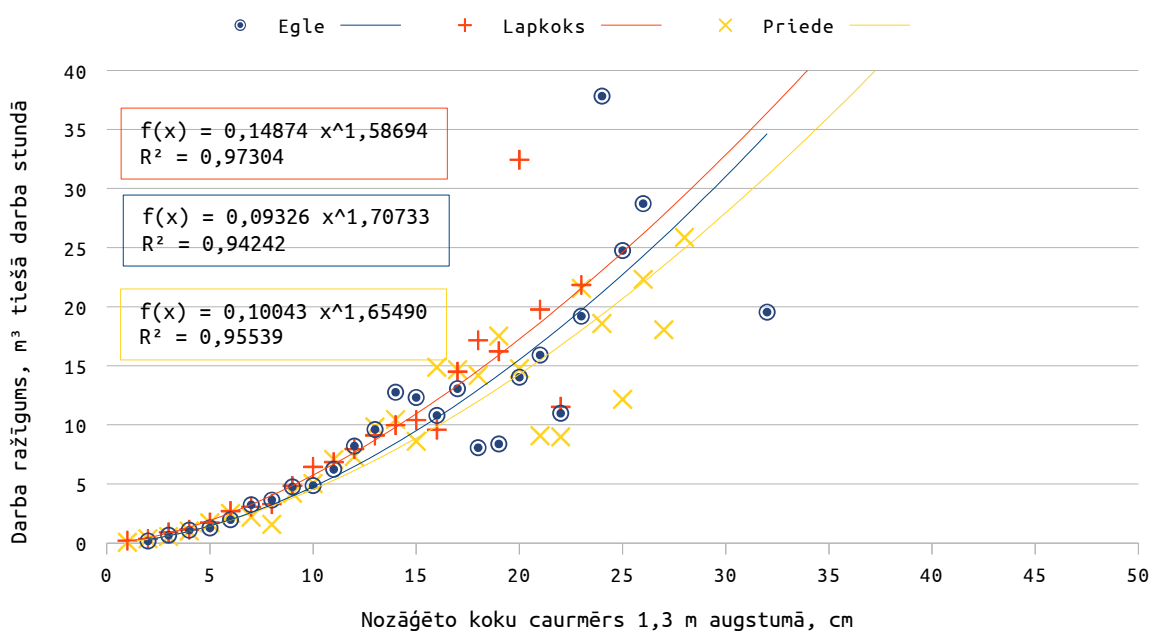
Stundā tiešā darba laika nozāgējamo koku skaitu būtiski ietekmē zāgējamo koku caurmērs – pieaugot caurmēram no 1-10 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās vairāk nekā 2 reizes (līdzīgi kā krājas kopšanas cirtē), bet, zāgējot par 10 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits samazinās lēnāk. Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laika var apstrādāt 94 kokus (Att. 49).



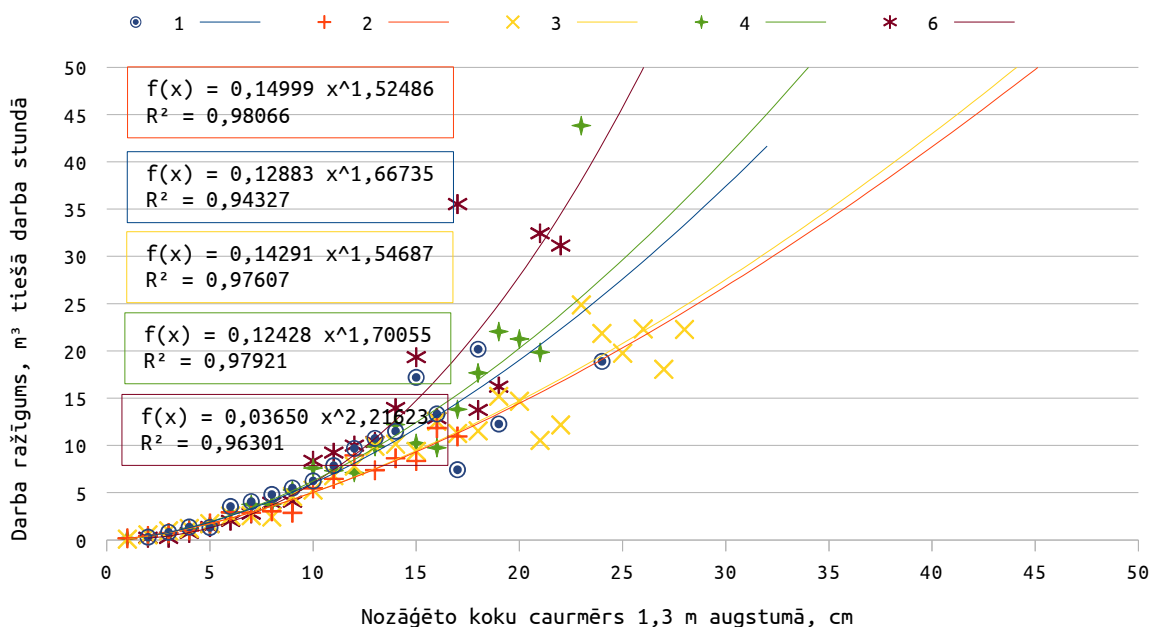
Att. 49: Stundā tiešā darba laika apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Vidējais kokmateriālu sagatavošanas darba ražīgums ir no 0,1 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 2 cm resnus kokus, līdz 26 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 32 cm resnus kokus. Pētījumā salīdzināta sugas un darba metodes ietekme uz darba ražīguma rādītājiem. Salīdzinoši vislabākie darba ražīguma rādītāji ir, zāgējot lapkokus, sliktāki darba ražīguma rādītāji, ir zāgējot priedi (Att. 50). Tomēr atšķirība nav statistiski būtiska.

Labākie darba ražīguma rādītāji iegūti ar 6. darba metodi (gatavo tikai daļēji atzarotu biokurināmo), kā arī 1. un 4. darba metodi. Sliktāki darba ražīguma rādītāji iegūti ar 2. un 3. darba metodi (Att. 51), kurās krasi pieauga pameža zāgēšanai patērētais darba laiks, kas saistīts ar neprecīzu darba metožu interpretāciju attiecībā uz sīko kociņu zāgēšanu. Statistiski būtiskas atšķirības konstatētas starp 2. un 3., kā arī 2. un 6. darba metodi.

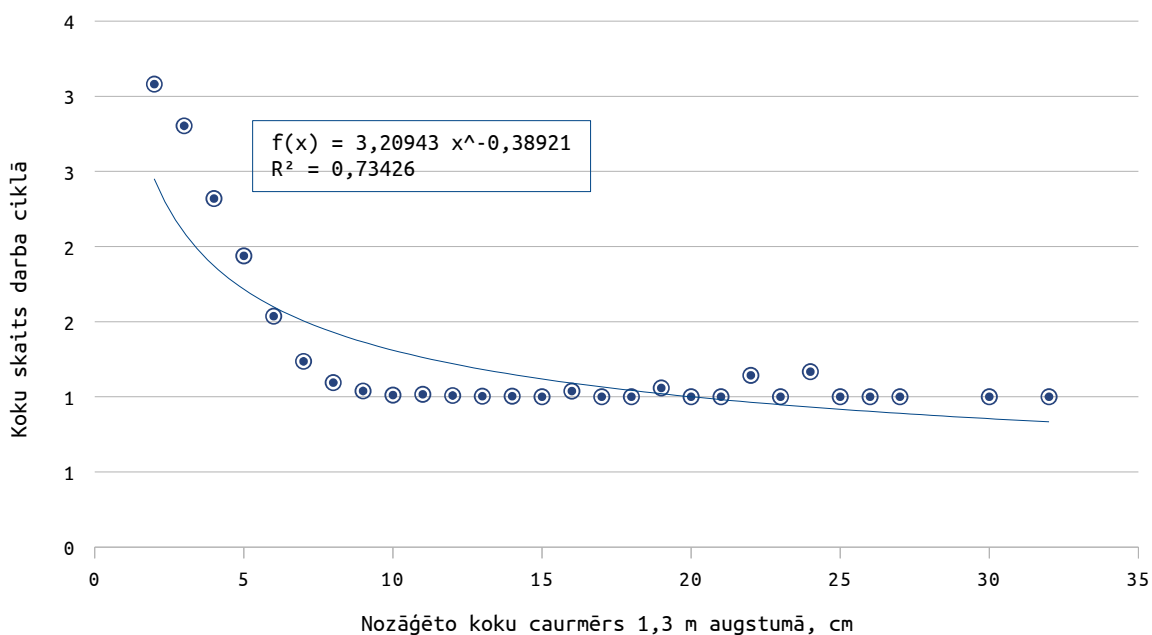


Att. 50: Mežizstrādes darba ražīgums (m³ tiešā darba stundā) atkarībā no valdošās koku sugas un nozāgējamā koka caurmēra.



Att. 51: Mežizstrādes darba ražīgums (m³ tiešā darba stundā) atkarībā no darba metodes un nozāgējamā koka caurmēra.

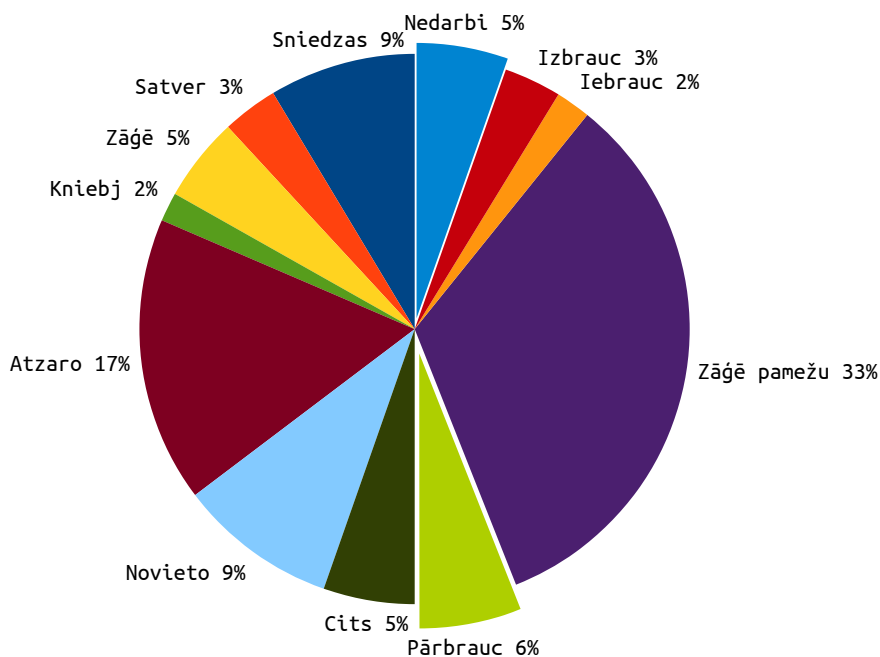
Pētījumā konstatēts, ka, tāpat kā krājas kopšanas cirtēs, zāgējot kokus, kas resnāki par 8 cm, vidēji darba ciklā apstrādā tikai 1 koku. Darba ciklā apstrādājamo koku skaitu 1-20 cm resniem kokiem raksturo pakāpes vienādojums, taču var pieņemt, ka darba ciklā apstrādājamo koku skaits samazinās lineāri līdz zāgējamie koki sasniedz 8 cm caurmēru un tad paliek konstants (Att. 52).



Att. 52: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāģējamā koka caurmēra sakarība.

Grāvju trašu apauguma novākšana

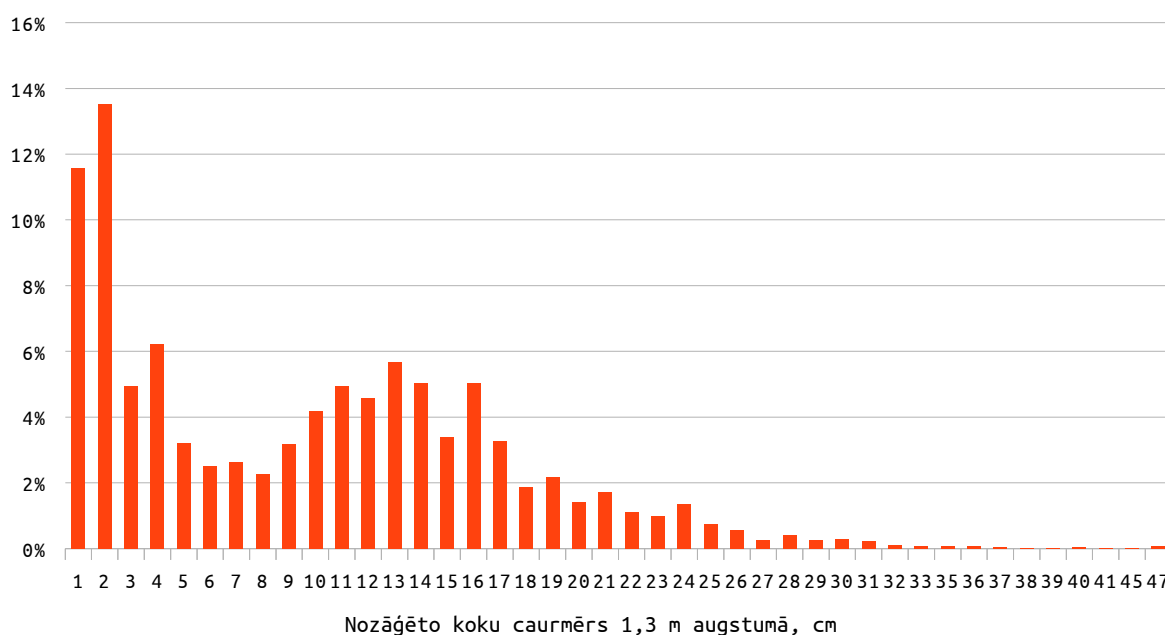
Darba laika uzskaitē veikta 8 dienas (67 stundas, neskaitot ilgākus pārtraukumus). Lielākā daļa nostrādātā laika izmantota pameža – sīko koku un krūmu - zāģēšanai (Att. 53); iebraukšana un izbraukšana no audzes, kā arī darba cikli, kas nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu, ir 29 % no produktīvā darba laika vai 32 % no kopējā nostrādātā laika. Darba laika patēriņa struktūra grāvju trasēs būtiski atšķiras no darba laika patēriņa struktūras kopšanas cirtēs.



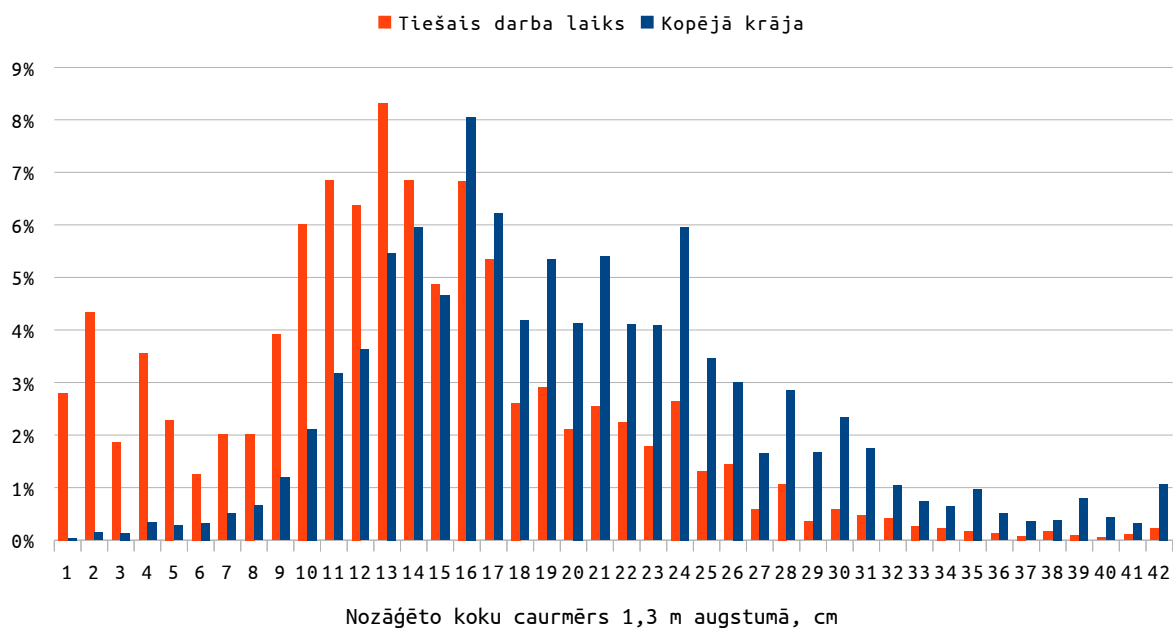
Att. 53: Darba laika elementu kopējā ilguma sadalījums.

Kopšanas laikā zāgēti lielākoties 1-2 cm resni koki (Att. 54), bet par 8 cm tievāku koku īpatsvars no kopējā nozāgēto koku skaita ir 45 % (šo kociņu krāja ir 2 % no sagatavotajiem kokmateriāliem (Att. 55). Vairāk nekā 30 % produktīvā darba laika patērēts operācijām, kas nav saistītas ar kokmateriālu sagatavošanu; faktiski, krūmu zāgēšanai un kniebšanai, veicot darbu, kas jādara ar rokas motor-instrumentiem vai uzkarināmiem mulčētājiem.

Lai palielinātu darba ražīgumu grāvju trašu apaugumā, ir pilnībā jāatsakās no mašinizētas mazo kociņu un krūmu zāgēšanas, pabeidzot grāvju tīrīšanu ar rokas motor-instrumentiem vai mulčētājiem. Esošā pieeja, zāgējot un kniebjot ar harvesteru visus kociņus un krūmus, būtiski pasliktina darba ražīguma rādītājus.



Att. 54: Nozāgēto koku skaita sadalījums pēc caurmēra.



Att. 55: Nozāģēto koku krājas un to nozāģēšanai patērētā tiešā darba laika sadalījums pēc nozāģēto koku caurmēra.

Viena no Moipu M 300F3 griezējgalvas tehniskajām nepilnībām, kas pirmo reizi konstatēta grāvju trašu apauguma zāģēšanā, ir ne sevišķi veiksmīgā giljotīnas konstrukcija (Att. 56). Kustoties tikai 1 nazim, koka nokniebšanai jāpatērē būtiski vairāk laika, nekā koka nozāģēšanai, tāpēc operatori izmantoja giljotīnu nelabprāt, bet centās visus kociņus un krūmus nozāģēt ar zāģi, kā rezultātā nācās patērēt vairāk laika notrulinātu ķēžu mainīšanai un nomestu ķēžu atlikšanai vietā. Tāpēc, neskatoties uz lēno darbību, mazo kociņu un krūmos ieaugušo lielāko kociņu nogāšanai vairāk jāizmanto giljotīna.

Vēl viens risinājums darba ražīguma palielināšanai ir griezējgalvas Moipu M500 F3 izmantošana (Att. 57). Šī griezējgalva ir paredzēta lielāku koku zāģēšanai un ir aprīkota ar 2 kustīgiem giljotīnas asmeņiem, attiecīgi, giljotīnas sakļaušanās aizņem 2 reizes mazāk laika, nodrošinot būtisku darba ražīguma pieaugumu koku nogāšanas operācijā.



Att. 56: Moipu M 300F3 griezējgalvas kniebšanas mehānisms.



Att. 57: Moipu M500 F3 griezējgalva¹.

¹ <http://www.moisioforest.com/sv/aggregat/feeding-heads/m500-f3>

Kopējā nostrādātā laika sadalījums darba metožu griezumā parādīts Tab. 23. Darba laika uzskaites kopsavilkums sekundēs 1 m³ sagatavošanai dots Tab. 24; bet Tab. 25 apkopota informācija par sagatavotajiem kokmateriāliem un citiem kopšanas rādītājiem darba metožu griezumā. Kopā izmēģinājumos (laikā, kad veikta darba laika uzskaitē) sagatavoti 453 m³ kokmateriālu. Vidējā nozāgētā koka caurmērs ir 13 cm, būtiski mazāks 4. darba metodē. Vidējā koka krāja 0,14 m³.

Vidēji 1 tiešā darba stundā sagatavo 10 m³ kokmateriālu (Tab. 22). Tiešais darba laiks ir 71 % no produktīvā darba laika un 68 % no kopējā darba laika. Būtiski labāki vidējie darba ražīguma rādītāji iegūti ar 1., 2. un 3. darba metodi. Sliktākie darba ražīguma rādītāji 4. darba metodē var būt saistīti ar mazākām vidējā nozāgētā koka dimensijām.

Tab. 22: Mežizstrādes darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

Darba metode	m ³ tiešā darba laika stundā	m ³ efektīvā darba laika stundā	m ³ kopējā darba laika stundā
1	10,555	7,377	6,951
2	10,821	7,582	7,170
3	10,253	7,084	6,727
4	4,424	3,953	3,827
Visas metodes	9,983	7,130	6,750

Tab. 23: Kopējais nostrādātais laiks minūtēs

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Kniebj	Atzaro	Novieto	Cits	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Iebrauc	Izbrauc	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks	Tiešais darba laiks no efektīvā	Tiešais darba laiks no kopējā
1	126	45	66	24	246	133	98	90	466	53	62	88	999	1430	1518	70%	66%
2	138	52	90	25	283	152	88	82	472	28	37	84	1027	1466	1550	70%	66%
3	40	18	29	5	106	54	21	40	251	1	31	32	416	603	635	69%	66%
4	37	15	12	13	33	32	7	27	130	0	4	10	278	311	321	89%	87%
Visas metodes	342	130	197	68	667	371	214	239	1319	82	134	214	2721	3809	4023	71%	68%

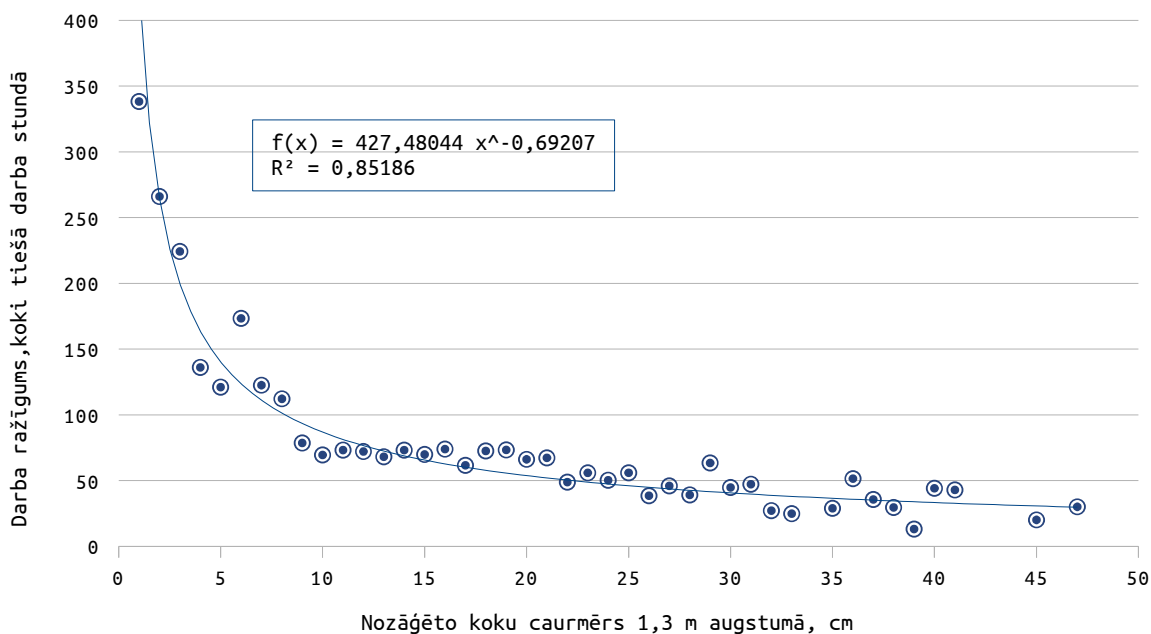
Tab. 24: Darba ražīguma kopsavilkums, sek. m⁻³

Darba metode	Sniedzas	Satver	Zāgē	Kniebj	Atzaro	Novieto	Cits	Pārbrauc	Zāgē pamežu	Iebrauc	Izbrauc	Nedarbi	Tiešais darba laiks	Efektīvais laiks	Kopējais laiks
1	43	15	22	8	84	45	34	31	159	18	21	30	341	488	518
2	45	17	29	8	92	49	28	27	153	9	12	27	333	475	502
3	34	15	25	5	89	45	18	34	212	1	26	27	351	508	535
4	109	44	34	38	95	95	20	78	381	0	11	30	814	911	941

Tab. 25: Dažādi mežizstrādi raksturojošie rādītāji atbilstoši harvestera darba laika uzskaites datiem

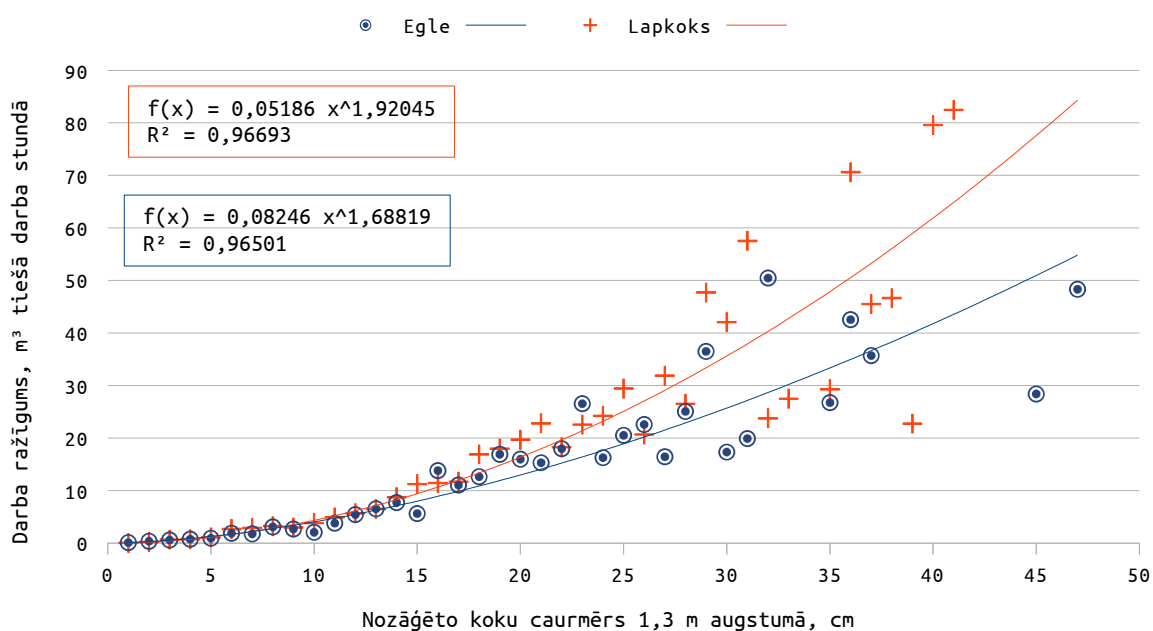
Darba metode	D, cm	H, m	Koku skaits	Koki darba ciklā	Izkritušo koku īpatsvars	Egle	Lapkoks	Koka krāja, m ³	Kopējā krāja, m ³	Koka biomasa, kg	Kopējā biomasa, tonnas
1	13	15	1679	1,482	3%	14%	86%	0,158	176	96	107
2	13	15	1907	1,370	4%	17%	83%	0,133	185	77	107
3	14	14	534	1,187	3%	44%	56%	0,162	71	93	41
4	9	8	561	1,864	1%	85%	15%	0,066	20	33	10
Visas metodes	13	14	4681	1,429	3%	26%	74%	0,139	453	82	264

Vidējā nozāgētā koka caurmēram pieaugot no 1 līdz 10 cm, stundas laikā nozāgējamo koku skaits samazinās vairāk nekā 3,5 reizes, bet, zāgējot par 10 cm resnākus kokus, stundas laikā apstrādājamo koku skaits samazinās lēnāk. Ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir 8 cm, stundā tiešā darba laikā var apstrādāt 112 kokus (Att. 58), kas ir aptuveni tikpat cik krājas kopšanas cirtē.

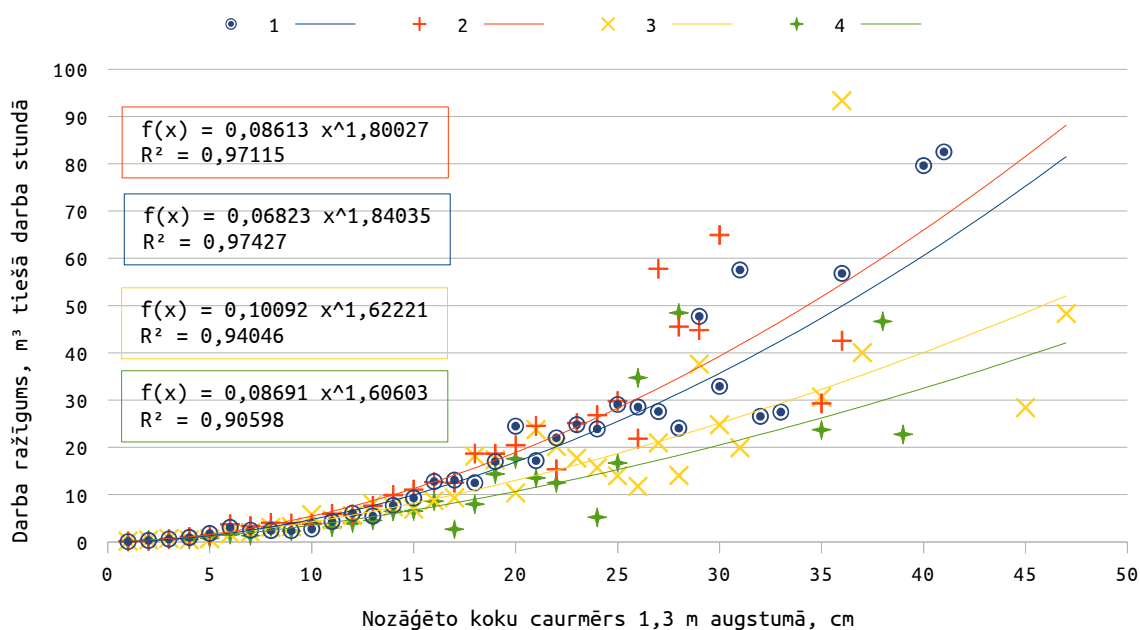


Att. 58: Stundā tiešā darba laikā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Kokmateriālu sagatavošanas darba ražīgums ir no 0,1 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 1 cm resnus kokus, līdz 48 m³ tiešā darba stundā, zāgējot 47 cm resnus kokus. Pētījumā vērtēta koku sugas un zāgējamā koka caurmēra, kā arī darba metodes ietekme uz darba ražīgumu. Darba ražīguma izmaiņas, atkarībā no zāgējamo koku caurmēra un koku sugas, raksturo pakāpes vienādojums (Att. 59). Labāki darba ražīguma rādītāji, tāpat kā jaunaudzju kopšanas cirtēs, iegūti, zāgējot lapkokus. Salīdzinot darba metodes, izteikti labāki rezultāti iegūti ar 1. un 2. darba metodi un sliktāki rezultāti iegūti ar 3. un 4. darba metodi (Att. 60). Sīkāk par darba metodēm nodaļā: Grāvju trašu apauguma novākšana 20. lpp.

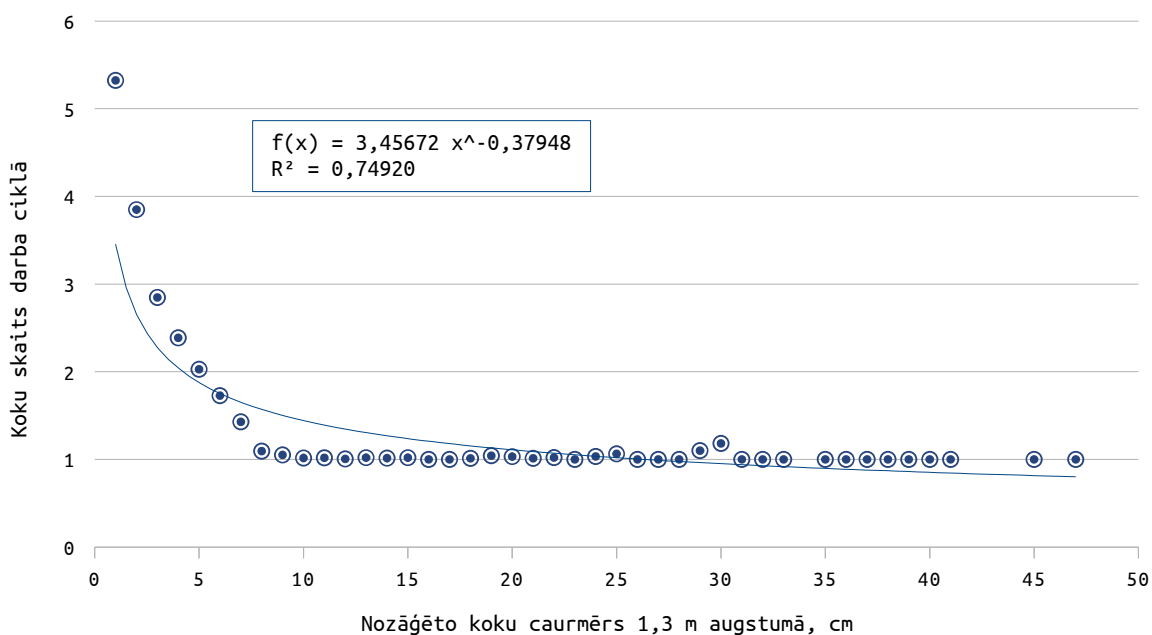


Att. 59: Mežizstrādes darba ražīgums (m³ tiešā darba stundā) atkarībā no valdošās koku sugas un nozāgējamā koka caurmēra.



Att. 60: Mežizstrādes darba ražīgums (m³ tiešā darba stundā) atkarībā no darba metodes un nozāgējamā koka caurmēra.

Tāpat kā jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēs, zāgējot kokus, kas resnāki par 8 cm, vidēji darba ciklā apstrādā tikai 1 koku (Att. 61).



Att. 61: Darba ciklā apstrādājamo koku skaita un nozāgējamā koka caurmēra sakarība.

Grāvju trašu apauguma zāģēšana parādīja griezējgalvas nepilnības atzarošanas operācijā, kas mazāk izpaudās jaunaudzū un krājas kopšanas cirtēs. Att. 62 redzamas raksturīgākās atzarošanas problēmas – kreisajā pusē nomesta eglīte, kuru harvestera operators vairākkārtīgi vilka caur atzarošanas nažiem, taču tā arī neieguva apmierinošu kvalitāti un nometa biokurināmā vai mežizstrādes atlieku kaudzītē. Labajā pusē redzams ievilcējuļļu izēvelēts robs, mēģinot izvilkēt kociņu starp atzarošanas nažiem.

Līdzīgi bojājumi bija raksturīgi arī lapkoku kokmateriāliem (Att. 63). Šādu bojājumu veidošanās saistīta ar to, ka abi atzarošanas naži nostiprināti pie viena hidrocilindra un nav atverami atsevišķi. Griezējgalvas naži nav vienāda izmēra, paredzot nelielu stumbra raukumu starp augšējo un apakšējo nažu pāri, taču tas ne vienmēr atbilst faktiskajam raukumam un nevar izsekot koku stumbra līkumiem.



Att. 62: Problēmas ar skujkoku atzarošanu un raksturīgākais kokmateriālu bojājumu veids.

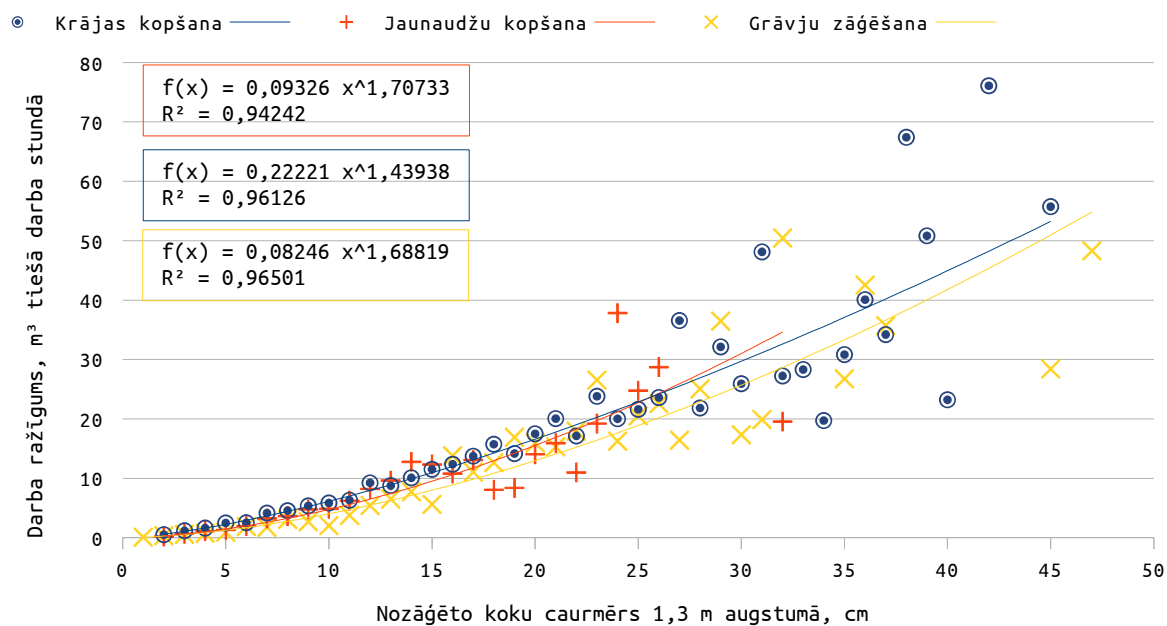


Att. 63: Raksturīgs lapkoku kokmateriālu bojājums.

Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

Saliekot kopā darba ražīguma rādītājus skujkoku izstrādē krājas un jaunaudžu kopšanas cirtēs, kā arī grāvju trašu apauguma zāgēšanā, Att. 64 redzams, ka grāvju trašu apauguma zāgēšanas darba ražīgums atpaliek no kopšanas cirtēm raksturīgajiem rādītājiem, kas saistīts, galvenokārt, ar būtiski lielāku darba laika patēriņu sīko kociņu un krūmu zāgēšanai. Darba ražīguma pieaugums, palielinoties zāgējamā koka caurmēram, jaunaudžu un krājas kopšanā iet pa vienu trajektoriju.

Izmaksu un ieņēmumu analīzei krājas kopšanas cirtē aprēķins veikts 3. darba metodē, jaunaudžu kopšanas cirtē 6. darba metodei, kas paredz tikai biokurināmā sagatavošanu, bet grāvju trašu apauguma zāgēšanā – 2. darba metodei.

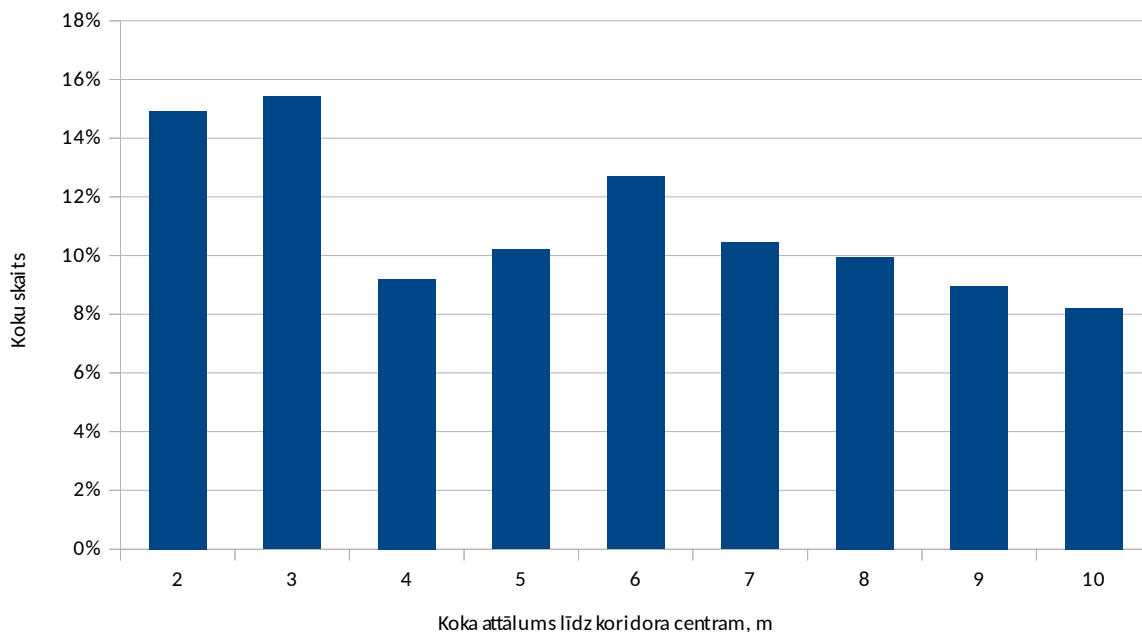


Att. 64: Darba ražīguma salīdzinājums jaunaudžu un krājas kopšanā un grāvju trašu apauguma novākšanā.

Kopšanas kvalitāte

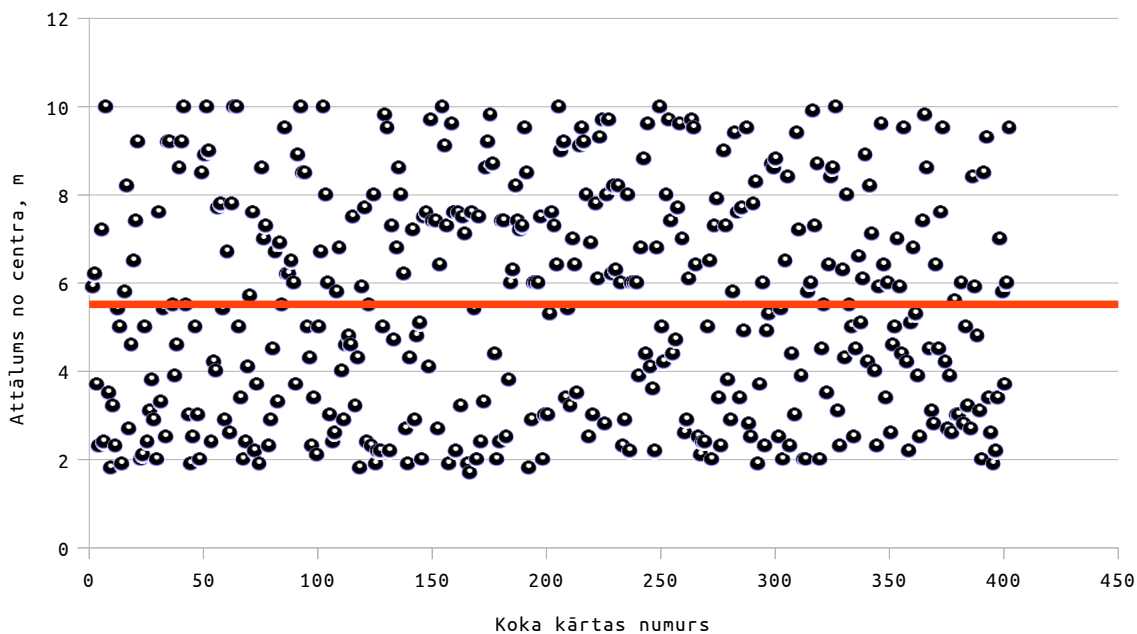
Krājas kopšanas cirte

Attālums starp slejām izmēģinājumos ir 18-20 m, vidējā paliekošā koka attālums no slejas centra ir vidēji 6 m. Koku izvietojums, tajā skaitā, pārrēķinot uz krāju, ir vienmērīgs (Att. 65). Pie pašas tehnoloģiskā koridora malas ir atstāts būtiski vairāk koku, kas var būt galvenais iemesls liela bojāto koku skaita īpatsvaram krājas kopšanas izmēģinājumos.



Att. 65: Atstāto koku skaita un krājas izvietojums slejā.

Koku izvietojums uzskatāmi demonstrēts Att. 66, kur redzams, ka tehnoloģisko koridoru malās (2 m attālumā no koridora ass) ir saglabāts vairāk koku.



Att. 66: Atstāto koku caurmēra un attāluma no slejas centra sakarība.

Kopā izmēģinājumu platībā bojāti 11,7 % no paliekošajiem kokiem. Raksturīgākais bojājumu veids (57 %) ir mizas nobrāzums augstāk par 0,5 m no sakņu kakla. Pateicoties sarežģītajiem

darba apstākļiem, platībā ir daudz harvestera radīto bojājumu (17 % no kopskaita); gandrīz tikpat daudz ir mizas bojājumu pie celma.

Lielais bojāto koku īpatsvars skaidrojams ar vairākiem faktoriem – gan sarežģītie darba apstākļi, gan pamežs, kas apgrūtināja redzamību, gan arī lielāka koku skaita atstāšana pie tehnoloģiskajiem koridoriem (Att. 65). Bojāto koku skaitu var samazināt, izvairoties no pameža koku un krūmu zāģēšanas, kā arī, neveidojot sabiezinātu audzi gar tehnoloģisko koridoru malām, tādējādi pasliktinot redzamību.

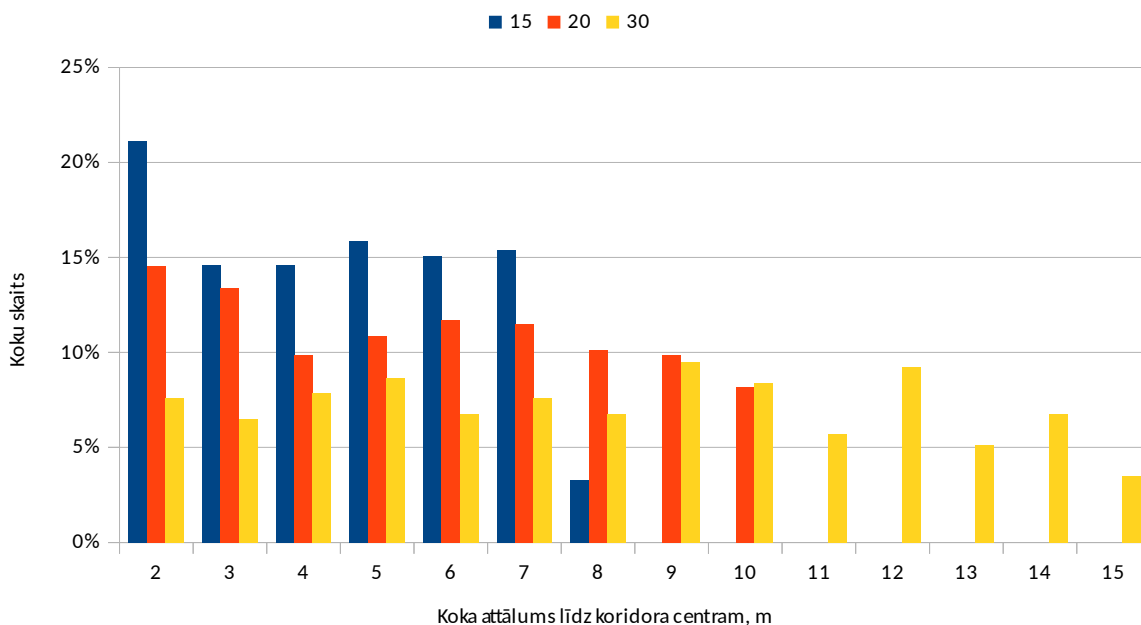
Jaunaudžu kopšanas cirte

Attālums starp slejām izmēģinājumos ir 15-30 m, vidējā paliekošā koka attālums no slejas centra ir vidēji 4,3-8,4 m (Tab. 26). Koku izvietojums, t.i. vidējais koka attālums no tehnoloģiskā koridora ass ir tuvu optimālajam.

Koku izvietojums ir vienmērīgs (Att. 67). Tikai variantā, kad attālums starp koridoriem ir 15 m, konstatēta lielāka koku skaita saglabāšana gar tehnoloģisko koridoru malām un intensīvāka kopšana no viena tehnoloģiskā koridora kopjamo joslu saskares vietās. Acīmredzot, apgrūtinātas redzamības apstākļos, ko radījusi koku atstāšana gar koridoru malām, operators ir izkopis saskares joslu no 2 pusēm. Veidojot tehnoloģiskos koridorus ik pēc 30 m un “spoku” ceļus starp tiem, koku izvietojums saglabājas vienmērīgs. Aptuvenajā “spoku” ceļa atrašanās vietā (13-15 m attālumā no tehnoloģiskā koridora ass) konstatēta koku skaita samazināšanās.

Tab. 26: Vidējais attālums no kokiem līdz tehnoloģiskā koridora asij

Audzes kods	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem		
	15 m	20 m	30 m
503-311-23		5,7	8,4
503-322-1	4,5		
503-487-10	4,3		8,0
506-42-7		5,3	
506-59-9		5,8	



Att. 67: Atstāto koku skaita un krājas izvietojums slejā.

Bojāto koku skaits ir 0,24-2,73 %, vismazāk bojāto koku ir egļu jaunaudzē ar būtisku bērza piemistojumu (503-322-1), vislielākais – egļu jaunaudzē, kur kopšanas intensitāte bijusi vislielākā. Priežu audzēs vidējais bojāto koku īpatsvars ir 1,43 %. Raksturīgākais bojājumu veids (85 %) ir mizas nobrāzums augstāk par 0,5 m no sakņu kakla. Neskatoties uz to, ka audzē nav izzāgēts pamežs, iezāgējumi konstatēti tikai 2 audzēs (7 % no bojājumiem).

Salīdzinot tehnoloģisko koridoru ietekmi, konstatēts, ka vislielākais bojājumu īpatsvars ir tad, ja koridori izvietoti ik pēc 20 m, t.i. harvesteris strādā ar pilnu strēles izlici, bet vismazākais bojāto koku īpatsvars ir vietās, kur tehnoloģiskie koridori izvietoti ik pēc 30 m (Tab. 27). Pētījuma rezultāti apstiprina iepriekšējos izmēģinājumus secināts, ka, strādājot ar vidējās klases harvesteriem (John Deere 1070 un tam līdzīgie), tehnoloģisko koridoru izvietošana ik pēc 20 m nav optimāls risinājums – tehnoloģisko koridoru tīkls vai nu jāsabiezina vai jāizretina, veidojot “spoku” ceļus.

Tab. 27: Bojāto koku īpatsvars, atkarībā no attāluma starp tehnoloģiskajiem koridoriem

Audzes kods	Attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem		
	15 m	20 m	30 m
503-311-23		3,70%	0,88%
503-322-1	0,24%		
503-487-10	1,72%		0,00%
506-42-7		2,00%	
506-59-9		1,48%	
Visas audzes	0,78%	2,12%	0,27%

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Krājas kopšanas cirte

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir kopšanas darba ražīgums, kā arī pievedējtraktora kravas tilpums. Pārējie dati ir pieņēmumi no citiem izmēģinājumiem un kontraktoru sniegtā informācija. Izmaksu analīze veikta 3. darba metodei, ar kuru iegūti vislabākie darba ražīguma rādītāji.

Pašizmaksas aprēķinos, tajā skaitā jaunaudžu un grāvju zāģēšanas izmaksu novērtēšanā, pieņemts ka izmanto lietotu harvesteru un pievedējtraktoru, kas jau nostrādājuši vismaz 10000 stundas un atlikušais kalpošanas laiks bāzes mašīnām ir 15000 stundas. Ņemot vērā pieņēmumu, ka mežizstrādē izmanto lietotas mašīnas, nav koriģēti pieņēmumi par efektīvā laika izmantošanas lietderīgumu. Harvestera un pievedējtraktora cenas pieņemtas atbilstoši vidējiem rādītājiem portāla Mascus² sludinājumos.

Vidējā koka caurmērs pieņemts atbilstoši vidējam rādītājam izmēģinājumos. Vidējais apaļo kokmateriālu pievešanas attālums pieņemts 150 m. Izvešanas attālums pieņemts vienāds biokurināmajam un apaļajiem kokmateriāliem (50 km). Rādītāji, kas raksturo harvestera un pievedējtraktora pašizmaksas aprēķina ievades datus, ir parādīti Tab. 28.

Pašizmaksas aprēķini veikti 2 scenārijiem – patērētājam piegādā daļēji atzarotas sīkkoksnes sortimentu un gatavu šķeldu, ko sagatavo ar mobilo šķeldotāju augšgala krautuvē. Šķeldu vedēja tilpums pieņemts 90 ber. m³ (29,3 m³), bet kokvedēja lielums ieņemts 60 m³ ar vidējo tilpīguma koeficientu 0,5 neatkarīgi no tā, vai pieved biokurināmo vai apaļos kokmateriālus.

Tab. 28: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī

Rādītāji	Skaitliskā vērtība
Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	10,0
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	5,0
Efektīvais darba laiks iekraušanai un izkraušanai, min. kravai	15,0 / 3,3
Pievešanas / izvešanas attālums	150 m / 50 km
Efektīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	6,8
Biokurināmais % no apaļajiem kokmateriāliem / mizas īpatsvars % kokmateriālos	20 / 10
Šķeldu bēruma blīvums, ber. m ³ m ⁻³	3,1

Biokurināmā pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums, tajā skaitā pieņēmumi par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādēm un biomasas smalcināšanu augšgala krautuvē, dots Tab. 29. Sīkkoku piegādes scenārijā izmaksās nav ietverta biomasas smalcināšana, pieņemot, ka koksni realizē nesasmalcinātu. Apaļiem kokmateriāliem no krājas aprēķina atskaitīta miza, bet biokurināmais aprēķināts ar mizu. Apaļo kokmateriālu sagatavošanas un pievešanas izmaksas atbilstoši izmēģinājumu vidējiem darba ražīguma rādītājiem ir 13,99 EUR m⁻³. Saskaņā ar biokurināmā piegāžu scenāriju salīdzinājumu sīkkoksnes piegādes scenārijs ir ekonomiski izdevīgāks, nekā šķeldu piegādes scenārijs (4,62 un 6,34 EUR ber. m⁻³). Ja sīkkoku piegādes scenārijā ietver sīkkoku šķeldošanu (1,51 EUR ber. m⁻³, Tab. 30), tad atšķirība starp scenārijiem būtiski samazinās. Pieņemot lēmumu par viena vai otra scenārija pielietošanu ražošanā, pirmkārt, jāvērtē dažādu biokurināmā veidu pārdošanas cena.

² <http://www.mascus.com>

Tab. 29: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā:						
Investīcijas	€ 70 394	€ 43 025	€ 17 301	€ 58 238	€ 17 308	€ 17 301
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248
Operacionālās izmaksas	€ 111 620	€ 92 356	€ 34 649	€ 160 957	€ 44 266	€ 34 649
Plānotā peļņa	€ 12 414	€ 9 586	€ 3 360	€ 12 565	€ 3 841	€ 3 360
Kopā, EUR gadā	€ 260 697	€ 201 305	€ 70 558	€ 263 866	€ 80 663	€ 70 558
Darba ražīgums						
Ražīgums, m³ E15-h⁻¹	6,7	16,3	9,4	31,4	9,0	9,0
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms:						
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m³ gadā, tajā skaitā	35521	82219	16807	56900	16023	16072
apaļie kokmateriāli, m³ gadā	30193	69886	16807			
biokurināmais, m³ gadā	5328	12333		56900	16023	16072
pārreķinot šķeldās:						
biokurināmais, ber. m³ gadā	16358	37862		174682	49191	49341
Rezultāts:						
Kokmateriāli & biokurināmais, EUR m⁻³	€ 7,34	€ 2,45	€ 4,20	€ 4,64	€ 5,03	€ 4,39

Ikgadējais harvestera ražošanas apjoms, atbilstoši izmēģinājumam raksturīgiem darba apstākļiem, ir 36 tūkst. m³; pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms ir 82 tūkst. m³, attiecīgi, 1 pievedējtraktors var apkalpot vismaz 2 harvesterus, kas pastāvīgi strādā šādā darba režīmā. Harvestera un pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms izlīdzinās, ja vidējais pievešanas attālums palielinās līdz 877 m (pievešanas pašizmaksa pieaug līdz 5,59 EUR m⁻³) vai arī vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 18 cm (izmantojot Moipu griezējgalvu otrajā krājas kopšanas cirtē, mašīnas darba ražīgums vai sortimentu sagatavošanas kvalitāte var sākt pasliktināties, nesasniedzot prognozēto darba ražīguma palielinājumu). Kokmateriālu sagatavošanas pašizmaksa, zāgējot vidēji 18 cm resnus kokus, samazinātos līdz 3,18 EUR m⁻³, bet kopējās apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas – līdz 8,36 EUR m⁻³.

Tab. 30: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
apaļie kokmateriāli	€ 7,34	€ 2,45	€ 4,20				€ 13,99
Biokurināmais, EUR m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 7,34	€ 2,45				€ 4,39	€ 14,18
šķeldu scenārijs	€ 7,34	€ 2,45		€ 4,64	€ 5,03		€ 19,46
Biokurināmais, EUR ber. m⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 2,39	€ 0,80				€ 1,43	€ 4,62
šķeldu scenārijs	€ 2,39	€ 0,80		€ 1,51	€ 1,64		€ 6,34

Kopējās 1 ha izkopšanas pašizmaksa ir 1724 EUR šķeldu piegādes scenārijā un 1632 EUR daļēji atzarotu sīkkoku piegādes scenārijā (Tab. 31). Pašizmaksā nav ietverta pameža zāgēšanas izmaksas (ap 150 EUR), kas var būt nepieciešamas auglīgajos meža tipos.

Tab. 31: Mežaudžu kopšanas izmaksas pārrēķinot uz 1 ha

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
Apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹	€ 727	€ 242	€ 416				€ 1 385
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 128	€ 43				€ 77	€ 248
šķeldu scenārijs	€ 128	€ 43		€ 81	€ 88		€ 340
Kopējās izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 855	€ 285	€ 416	€ 0	€ 0	€ 77	€ 1 632
šķeldu scenārijs	€ 855	€ 285	€ 416	€ 81	€ 88	€ 0	€ 1 724

Jaunaudžu kopšanas cirte

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir kopšanas darba ražīgums. Pārējie dati ir pieņēmumi no citiem izmēģinājumiem un kontraktoru sniegtā informācija. Izmaksu aprēķins veikts 6. darba metodei, kas nodrošināja vislielāko darba ražīgumu, attiecīgi, tiek sagatavots tikai biokurināmais.

Vidējā koka caurmērs pieņemts atbilstoši vidējam rādītājam izmēģinājumos. Vidējais apaļo kokmateriālu pievešanas attālums pieņemts 150 m. Izvešanas attālums pieņemts vienāds biokurināmajam un apaļajiem kokmateriāliem (50 km). Rādītāji, kas raksturo harvestera un pievedējtraktora pašizmaksas aprēķina ievades datus, ir parādīti Tab. 32.

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

Tab. 32: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī

Rādītāji	Skaitliskā vērtība
Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	9,1
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	6,8
Efektīvais darba laiks iekraušanai / izkraušanai, min. kravai	15,0 / 3,3
Pievešanas / izvešanas attālums	150 m / 50 km
Biokurināmais % no apaļajiem kokmateriāliem / mizas īpatsvars % kokmateriālos	100 / 10
Šķeldu bēruma blīvums, ber. m ³ m ⁻³	3,1

Biokurināmā pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums, tajā skaitā pieņēmumi par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādēm un biomasas smalcināšanu augšgala krautuvē, dots Tab. 33. Sīkkoku piegādes scenārijā izmaksās nav ietverta biomasas smalcināšana. Apaļiem kokmateriāliem no krājas aprēķina atskaitīta miza, bet biokurināmais aprēķināts ar mizu. Apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas atbilstoši izmēģinājumu vidējiem darba ražīguma rādītājiem ir 20,10 EUR m⁻³.

Biokurināmā piegāžu scenāriju salīdzinājums parāda, ka sīkkoksnes piegādes scenārijs ir ekonomiski izdevīgāks, nekā šķeldu piegādes scenārijs (6,61 un 8,24 EUR ber. m⁻³, Tab. 34). Atšķirība izmaksās saglabājas arī tad, ja sīkkokiem pieskaita šķeldošanas izmaksas lejasgala krautuvē vai patēriņa vietā. Situācija mainās, ja kopšana veikta lapkoku audzēs; tad izmaksas

sīkkoku piegādei un šķeldošanai lejasgala krautuvē kopā ir lielākas, nekā šķeldu piegādes no augšgala krautuves izmaksas.

Tab. 33: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā:						
Investīcijas	€ 70 394	€ 43 025	€ 17 301	€ 58 238	€ 17 308	€ 17 301
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248
Operacionālās izmaksas	€ 111 620	€ 92 356	€ 34 649	€ 160 957	€ 44 266	€ 34 649
Plānotā peļņa	€ 12 414	€ 9 586	€ 3 360	€ 12 565	€ 3 841	€ 3 360
Kopā, EUR gadā	€ 260 697	€ 201 305	€ 70 558	€ 263 866	€ 80 663	€ 70 558
Darba ražīgums						
Ražīgums, m³ E15-h⁻¹	3,7	16,3	8,8	31,4	9,0	8,4
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms:						
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m³ gadā, tajā skaitā	19796	82219	15735	56900	16023	15047
apaļie kokmateriāli, m³ gadā	15837	65775	15735			
biokurināmais, m³ gadā	3959	16444		56900	16023	15047
pārrēķinot šķeldās:						
biokurināmais, ber. m³ gadā	12155	50482		174682	49191	46193
Rezultāts:						
Kokmateriāli & biokurināmais, EUR m⁻³	€ 13,17	€ 2,45	€ 4,48	€ 4,64	€ 5,03	€ 4,69

Ikgadējais harvestera ražošanas apjoms, atbilstoši izmēģinājumam raksturīgiem darba apstākļiem, ir 20 tūkst. m³; pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms ir 82 tūkst. m³, attiecīgi, 1 pievedējtraktors var apkalpot līdz 4 harvesterus, ja tie nepārtraukti strādā jaunaudžu kopšanā. Harvestera un pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms izlīdzinās, ja vidējais pievešanas attālums palielinās līdz 1900 m (pievešanas pašizmaksa pieaug līdz 10,07 EUR m⁻³) vai arī vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 17 cm (faktiski, izmantojot harvesteru krājas kopšanas cirtēs). Biokurināmā izstrādes pašizmaksa, zāgējot vidēji 17 cm resnus kokus, samazinātos līdz 3,22 EUR m⁻³, bet kopējās apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas – līdz 8,57 EUR m⁻³.

Tab. 34: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
Biokurināmais, EUR m ⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 13,17	€ 2,45				€ 4,69	€ 20,31
šķeldu scenārijs	€ 13,17	€ 2,45		€ 4,64	€ 5,03		€ 25,29
Biokurināmais, EUR ber. m ⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 4,29	€ 0,80				€ 1,53	€ 6,61
šķeldu scenārijs	€ 4,29	€ 0,80		€ 1,51	€ 1,64		€ 8,24

Kopējās 1 ha izkopšanas izmaksas ir 1083 EUR šķeldu piegādes scenārijā un 1032 EUR daļēji atzarotu sīkkoku piegādes scenārijā (Tab. 35). Pameža zāgēšana nav ietverta izmaksu aprēķinā.

Tab. 35: Mežaudžu kopšanas izmaksas pārrēķinot uz 1 ha

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas	Šķeldu vedējs	Sīkkoku	Kopā
----------	------------	------------------	-----------	-----------	---------------	---------	------

				smalcinātājs		transports	
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 675	€ 125				€ 240	€ 1 041
šķeldu scenārijs	€ 675	€ 125		€ 238	€ 258		€ 1 296
Kopējās izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 675	€ 125	€ 184	€ 0	€ 0	€ 48	€ 1 032
šķeldu scenārijs	€ 675	€ 125	€ 184	€ 48	€ 52	€ 0	€ 1 083

Grāvju trašu apauguma novākšana

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir kopšanas un pievešanas darba ražīgums, kā arī pievedējtraktora kravas tilpums. Darba ražības novērtējumā efektīvākā izrādījās 2. darba metode, tāpēc šīs metodes darba ražīguma rādītāji izmantoti izmaksu analīzē. Pārējie dati (pievešana, kokmateriālu transports un šķeldošana) ir sagatavoti no iepriekšējo gadu izmēģinājumu rezultātiem un kontraktoru sniegtās informācijas.

Vidējā koka caurmērs pieņemts atbilstoši vidējam rādītājam izmēģinājumos. Vidējais apaļo kokmateriālu pievešanas attālums pieņemts 100 m, kas, saskaņā ar zviedru pakalpojumu sniedzēja sniegto informāciju, ir optimāls pievešanas attālums, strādājot ar Vimek pievedējtraktoru. Faktiski tas nozīmē, ka ar Vimek pievedējtraktoru kokmateriālus pieved līdz cirsmas malai, bet tālāk, nepieciešamības gadījumā, kokmateriālus pieved ar lielāku traktoru. Izvešanas attālums pieņemts vienāds biokurināmajam un apaļajiem kokmateriāliem (50 km). Rādītāji, kas raksturo harvestera un pievedējtraktora pašizmaksas aprēķina ievades datus, ir parādīti Tab. 36.

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

Tab. 36: Ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī

Rādītāji	Skaitliskā vērtība
Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	13
Pievedējtraktora kravas tilpums, m ³	6,8
Efektīvais darba laiks iekraušanai, min. kravaī	15,0
Pievešanas / izvešanas attālums	150 m / 50 km
Efektīvais darba laiks izkraušanai, min. kravaī	3,3
Biokurināmais % no apaļajiem kokmateriāliem / mizas īpatsvars % kokmateriālos	50 / 10
Šķeldu bēruma blīvums, ber. m ³ m ⁻³	3,1

Biokurināmā pašizmaksas aprēķinu kopsavilkums, tajā skaitā pieņēmumi par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādēm un biomasas smalcināšanu augšgala krautuvē, izmantojot 2. darba metodi, dots Tab. 37. Sīkkoku piegādes scenārijā izmaksās nav ietverta biomasas smalcināšana, pieņemot, ka koksni realizē nesasmalcinātu. Apaļiem kokmateriāliem no krājas aprēķina atskaitīta miza, bet biokurināmais aprēķināts ar mizu. Apaļo kokmateriālu sagatavošanas un pievešanas izmaksas atbilstoši izmēģinājumu vidējiem darba ražīguma rādītājiem ir 13,85 EUR m⁻³; biokurināmā izmaksas, pārdodot un piegādājot to kā apaļkoksni – 4,57 EUR ber. m⁻³, bet, pārdodot kā šķeldas – 6,52 EUR. ber. m⁻³. Lielākā daļa izmaksu saistīta ar mežizstrādi un

Biokurināmā piegāžu scenāriju salīdzinājums parāda, ka sīkkoksnes piegādes scenārijs ir ekonomiski izdevīgāks, nekā šķeldu piegādes scenārijs. Ja sīkkoku piegādes scenārijā ietver sīkkoku šķeldošanu (1,51 EUR ber. m⁻³, Tab. 38), tad atšķirība starp abiem scenārijiem samazinās, tomēr sīkkoku piegādes scenārijs vēl arvien paliek būtiski izdevīgāks.

Tab. 37: Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes sistēmas pašizmaksas aprēķins

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, EUR gadā:						
Investīcijas	€ 70 394	€ 43 025	€ 17 301	€ 58 238	€ 17 308	€ 17 301
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248
Operacionālās izmaksas	€ 111 620	€ 92 356	€ 34 649	€ 160 957	€ 44 266	€ 34 649
Plānotā peļņa	€ 12 414	€ 9 586	€ 3 360	€ 12 565	€ 3 841	€ 3 360
Kopā, EUR gadā	€ 260 697	€ 201 305	€ 70 558	€ 263 866	€ 80 663	€ 70 558
Darba ražīgums						
Ražīgums, m³ E15-h⁻¹	6,2	16,3	11,2	31,4	9,0	10,7
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms:						
Kokmateriālu ražošanas apjoms, m ³ gadā, tajā skaitā	33077	82219	20023	56900	16023	19148
apaļie kokmateriāli, m ³ gadā	16539	41109	20023	-	-	-
biokurināmais, m ³ gadā	16539	41109	-	56900	16023	19148
pārrēķinot šķeldās:						
biokurināmais, ber. m ³ gadā	50773	126206	-	174682	49191	58785
Rezultāts:						
Kokmateriāli & biokurināmais, EUR m⁻³	€ 7,88	€ 2,45	€ 3,52	€ 4,64	€ 5,03	€ 3,68

Ikgadējais harvestera ražošanas apjoms, atbilstoši izmēģinājumam raksturīgiem darba apstākļiem, ir 33 tūkst. m³; pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms ir 82 tūkst. m³, attiecīgi, 1 pievedējtraktors teorētiski var apkalpot 2-3 harvesterus. Harvestera un pievedējtraktora ikgadējais ražošanas apjoms izlīdzinās, ja vidējais pievešanas attālums palielinās līdz 900 m (pievešanas pašizmaksa pieaug līdz 5,57 EUR m⁻³) vai arī vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 21 cm (faktiski, tas nozīmē izmantot Moipu griezējgalvu galvenajā cirtē, kur iekārtas darba ražīgums vai sortimentu sagatavošanas kvalitāte var sākt pasliktināties, nesasniedzot prognozēto darba ražīguma palielinājumu). Biokurināmā izstrādes pašizmaksa, zāgējot vidēji 16 cm resnus kokus un piegādājot nesmalcinātu sīkkoksni, samazinātos līdz 8,26 EUR m⁻³, bet apaļo kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas – līdz 8,15 EUR m⁻³. Būtisks izmaksu samazinājuma potenciāls ir darba laika efektīvākā izmantošanā, t.i., ja vairāk darba ciklu noslēgtos ar sagatavotiem kokmateriālu nogriežņiem. Aprēķinos izmantotais rādītājs (71 %) ir salīdzinoši mazs, taču raksturo reālo situāciju, kāda konstatēta izmēģinājumos – harvesters ārkārtīgi daudz laika patērē mazo kociņu kniebšanai un zāgēšanai un nereti darba cikli beidzas, nesagatavojot kokmateriālu nogriežņus.

Tab. 38: Biokurināmā sagatavošanas scenāriju analīze

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
apaļie kokmateriāli	€ 7,88	€ 2,45	€ 3,52				€ 13,85
Biokurināmais, EUR m ⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 7,88	€ 2,45				€ 3,68	€ 14,01

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
šķeldu scenārijs	€ 7,88	€ 2,45		€ 4,64	€ 5,03		€ 20,00
Biokurināmais, EUR ber. m ⁻³							
sīkkoku scenārijs	€ 2,57	€ 0,80				€ 1,20	€ 4,57
šķeldu scenārijs	€ 2,57	€ 0,80		€ 1,51	€ 1,64		€ 6,52

Kopējās 1 ha nozāgēšanas izmaksas 1984 EUR šķeldu piegādes scenārijā un 1633 EUR daļēji atzartu sīkkoku piegādes scenārijā (Tab. 39).

Tab. 39: Mežizstrādes izmaksas pārrēķinot uz 1 ha

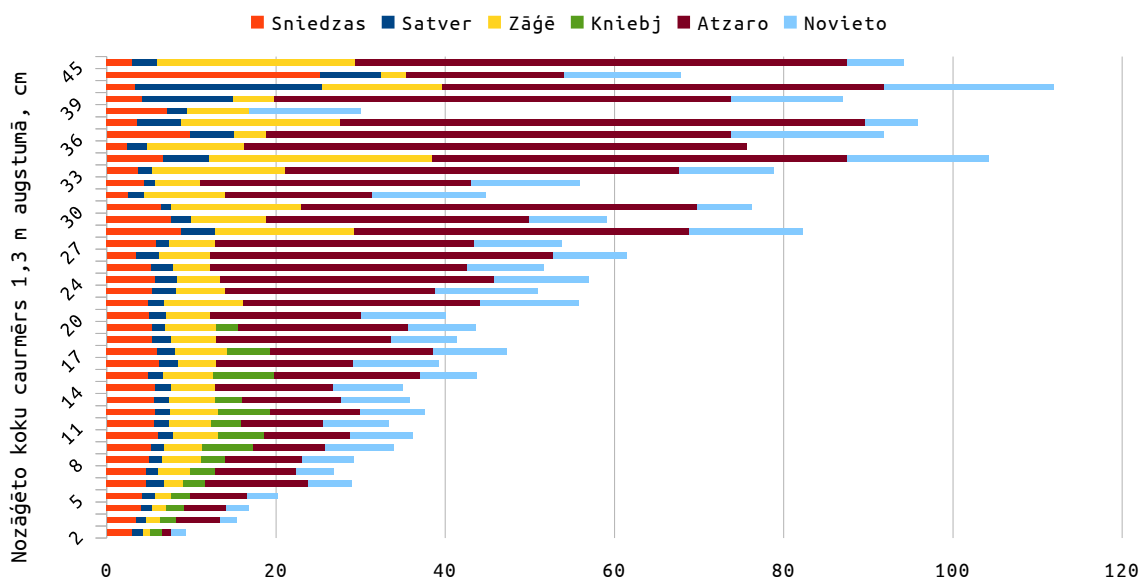
Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs	Biomassas smalcinātājs	Šķeldu vedējs	Sīkkoku transports	Kopā
Apaļo kokmateriālu sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹	€ 462	€ 143	€ 207				€ 812
Biokurināmā sagatavošanas izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 462	€ 143				€ 216	€ 821
šķeldu scenārijs	€ 462	€ 143		€ 272	€ 295		€ 1 172
Kopējās izmaksas, EUR ha ⁻¹ :							
sīkkoku scenārijs	€ 924	€ 287	€ 207	€ 0	€ 0	€ 216	€ 1 633
šķeldu scenārijs	€ 924	€ 287	€ 207	€ 272	€ 295	€ 0	€ 1 984

Jutīguma analīze

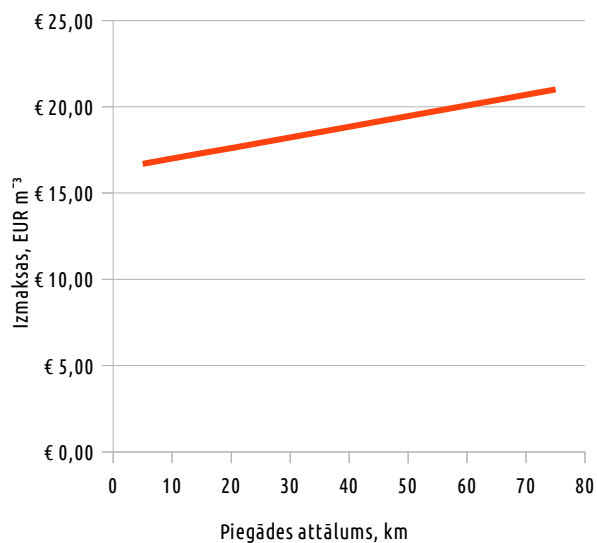
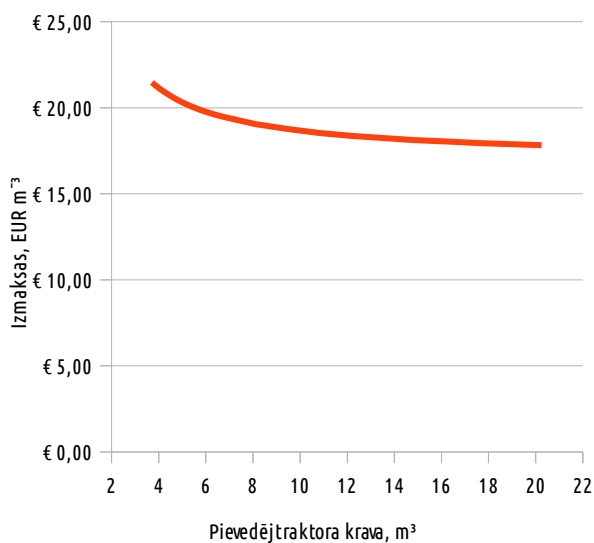
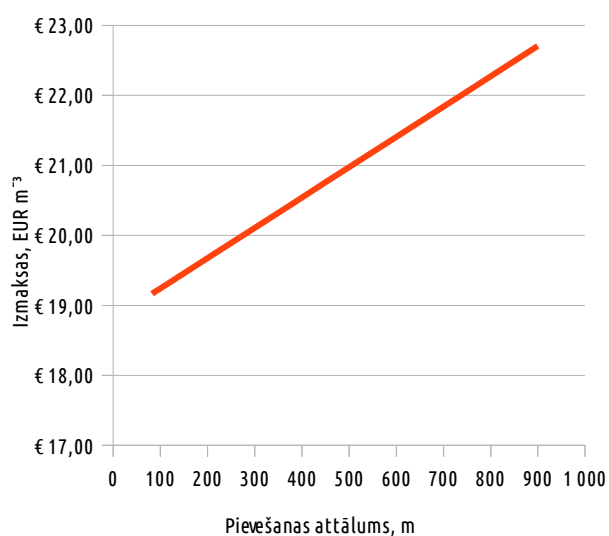
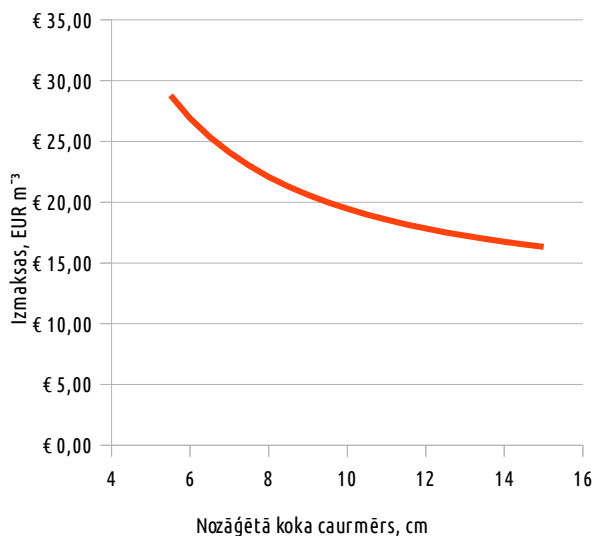
Krājas kopšanas cirte

Kokmateriālu sagatavošanas sistēmas jutīguma analīzes grafikos Att. 69 redzams, ka lielāko ietekmi uz kokmateriālu sagatavošanas pašizmaksu rada vidējā izzāgējamā koka caurmēra izmaiņas; samazinoties vidējam nozāgējamā koka caurmēram par 45 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas palielinās par 48 %; turpretim, vidējā nozāgējamā koka caurmēram palielinoties par 50 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas samazinās par 16 %.

Saskaņā ar darba ražīguma rādītājiem, pieaugot nozāgējamā koka caurmēram, palielinās visu harvesteru darba laika elementu ilgums, izņemot sniegšanos un griezējgalvas pozicionēšanu, kas ir salīdzinoši nemainīgi rādītāji (Att. 68). Visvairāk lielākiem kokiem pieaug atzarošanai patērētais laiks, kas norāda uz griezējgalvas nepilnībām.



Att. 68: Darba laika elementu sadalījuma struktūra (sek. 1 kokam).



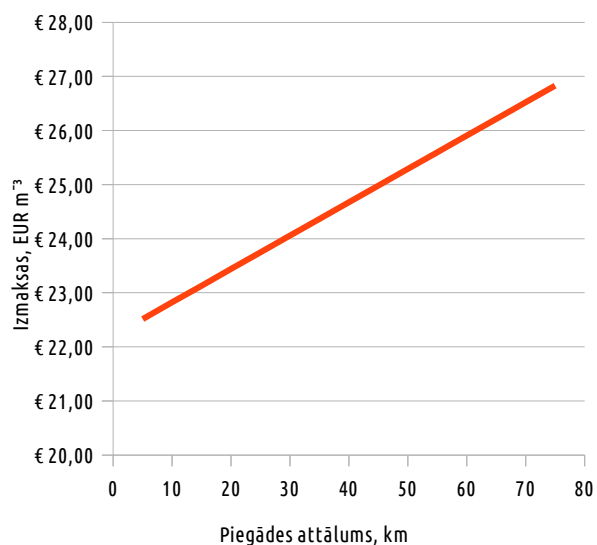
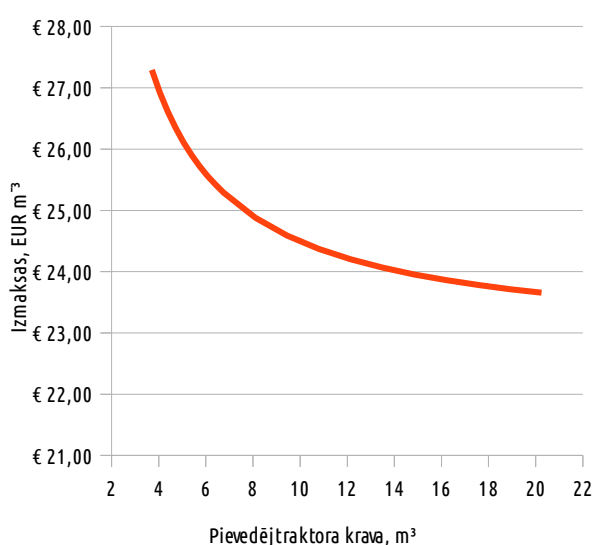
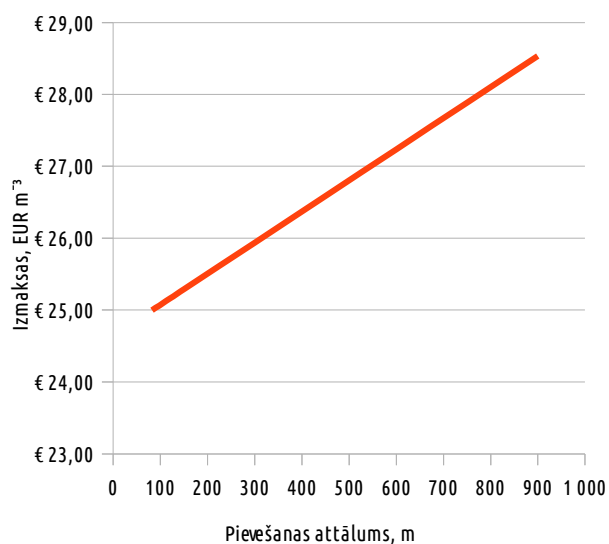
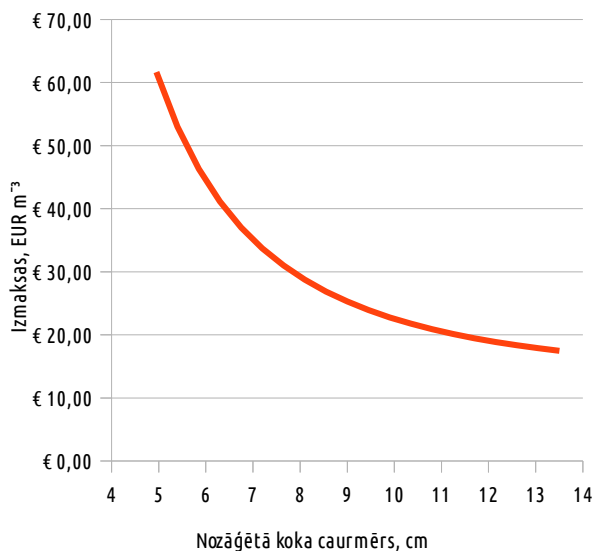
Att. 69: Jutīguma analīze.

Jaunaudžu kopšanas cirte

Saskaņā ar kokmateriālu sagatavošanas sistēmas jutīguma analīzes rezultātiem, lielāko ietekmi uz šķeldu pašizmaksu rada vidējā izzāgējamā koka caurmēra izmaiņas; samazinoties vidējam nozāgējamā koka caurmēram par 45 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas palielinās 2,5 reizes; turpretim, vidējā nozāgējamā koka caurmēram palielinoties par 50 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas samazinās par 31 % (Att. 70). Būtiska ietekme ir arī pārējiem jutīguma analīzē ietvertajiem faktoriem (pievešanas attālums, pievedējtraktora kravas lielums un kokmateriālu piegādes attālums).

Vidējā zāgējamā koka caurmēra izmaiņu ietekme jaunaudžu kopšanā ir būtiski lielāka, nekā krājas kopšanā (nodaļa: Krājas kopšanas cirte), kas var liecināt par atšķirīgu metodisku pieeju,

zāģējot mazos kokus jaunaudžu un krājas kopšanā. Iespējams, ka atšķirīga pieeja, zāģējot mazos kokus, saistīta ar būtiski lielāku mazāko koku īpatsvaru jaunaudžu kopšanā, kas paketēšanas funkcijas izmantošanā nepieredzējušiem operatoriem radīja papildus grūtības.

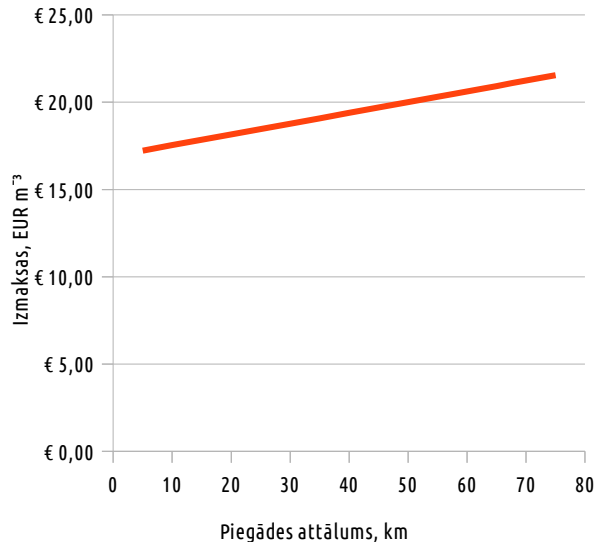
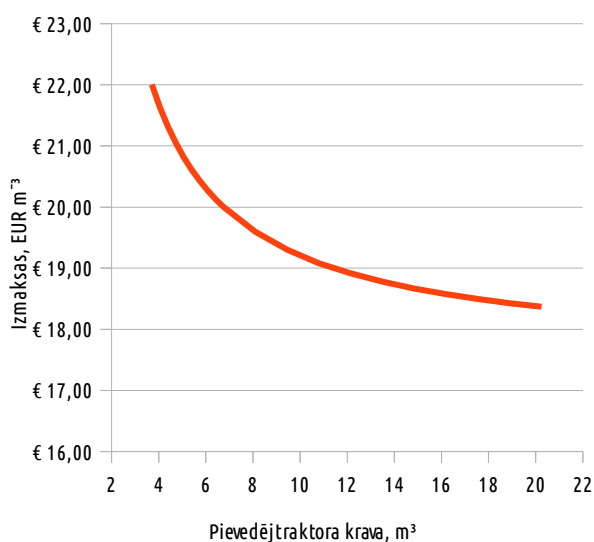
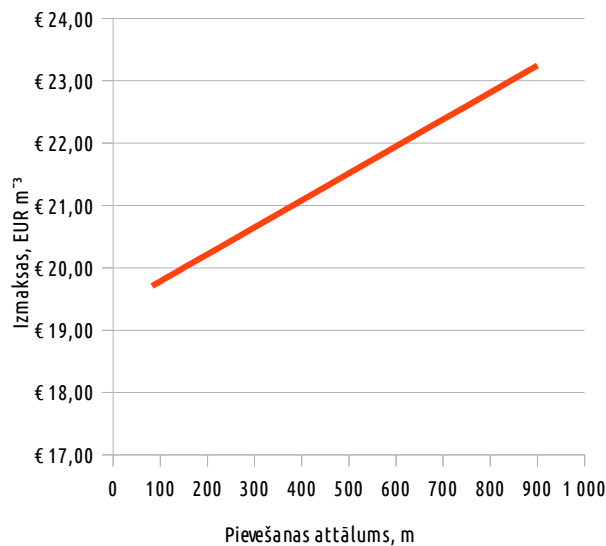
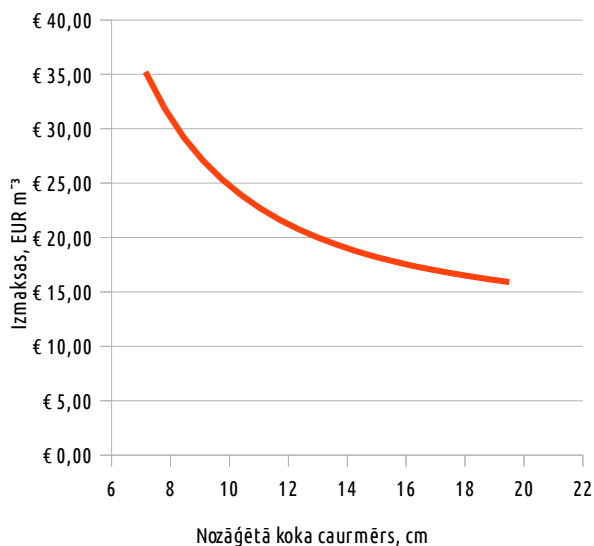


Att. 70: Jutīguma analīze.

Grāvju trašu apauguma novākšana

Kokmateriālu sagatavošanas sistēmas jutīguma analīze (Att. 71) parāda, ka lielāko ietekmi uz kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksu rada vidējā izzāģējamā koka caurmēra izmaiņas; samazinoties vidējam nozāģējamā koka caurmēram par 45 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas palielinās par 76 %; turpretim, vidējā nozāģējamā koka caurmēram palielinoties par 50 %, kokmateriālu sagatavošanas izmaksas samazinās par 20 %. Pievešanas attālumam

palielinoties līdz 400 m, kokmateriālu sagatavošanas un piegādes izmaksas pieaug virs 21 EUR m⁻³.

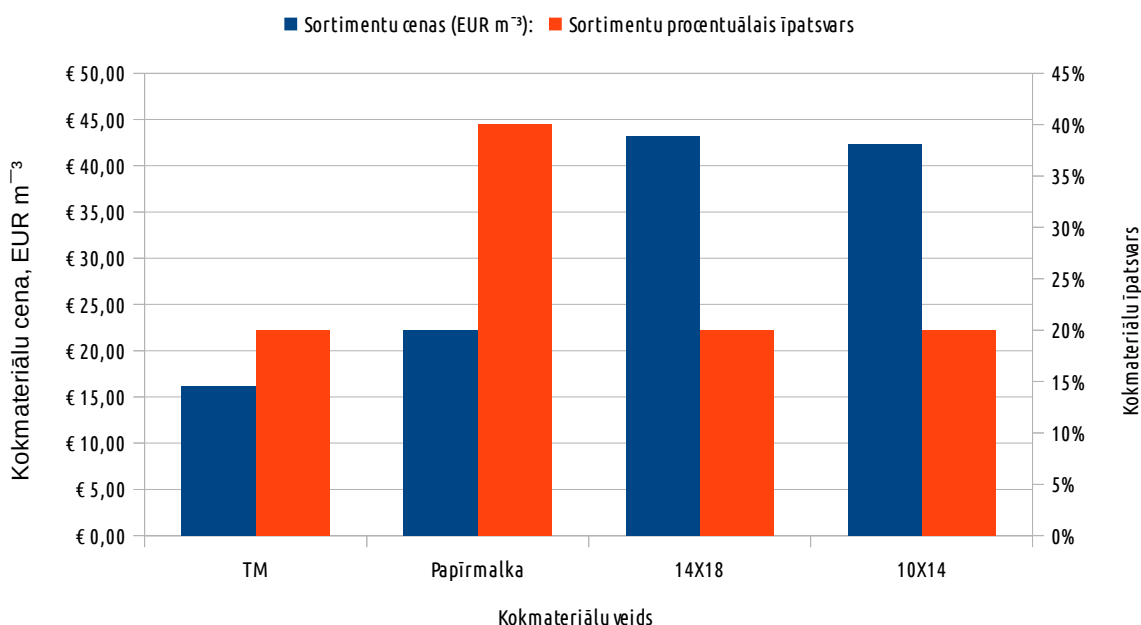


Att. 71: Jutīguma analīze.

Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

Krājas kopšanas cirte

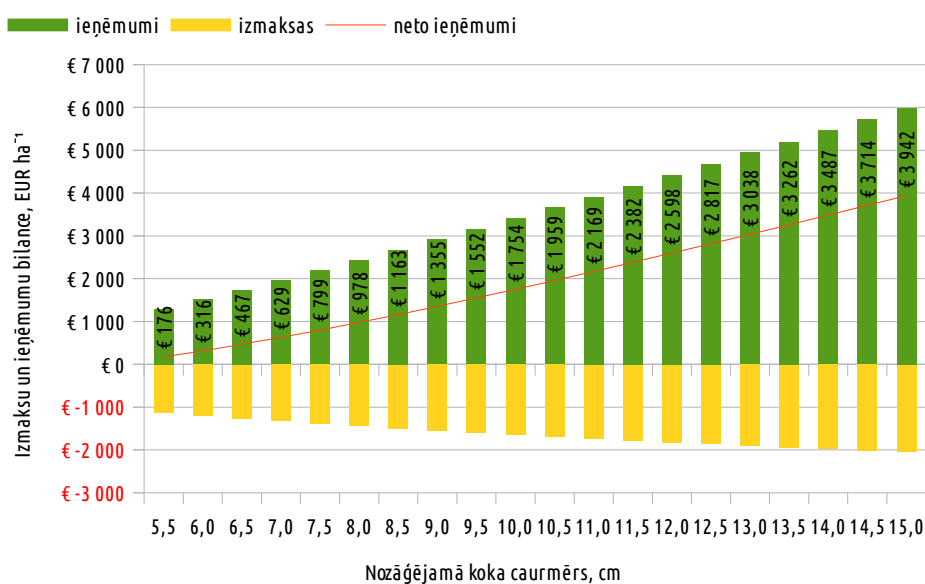
Izmaksu un ieņēmumu analīzē izdarītie pieņēmumi par kokmateriālu cenu un procentuālo sadalījumu dots Att. 72. Šķeldu cena pieņemta 10 EUR ber. m⁻³. Pameža zāģēšanas izmaksas aprēķinos nav ietvertas.



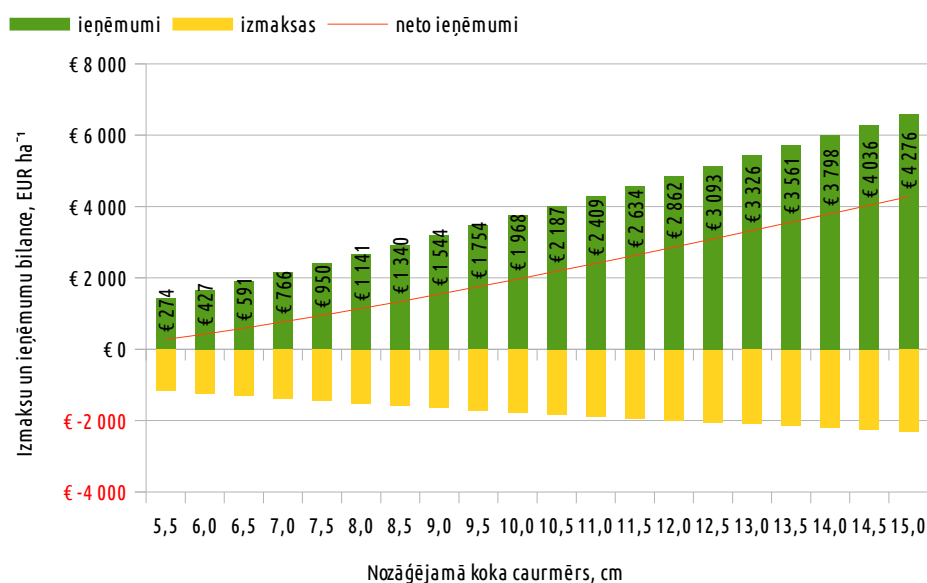
Att. 72: Aprēķinos izmantotais kokmateriālu apjoma sadalījums un cenas.

Neto ieņēmumi no apaļo kokmateriālu un sašķeldota materiāla piegādes patērētājam ir lielāki, nekā no daļēji atzarotu sīkkoku piegādes (Att. 73 un Att. 74). Atbilstoši faktiskajiem rādītājiem pētījumā izkoptajās audzēs (vidējais nozāgētā koka caurmērs 10 cm), neto ieņēmumi sīkkoku piegādes scenārijā ir 799 EUR ha⁻¹, bet šķeldu piegādes scenārijā – 950 EUR ha⁻¹.

Biokurināmā ietekme uz ieņēmumiem procentuāli nav liela, taču mežaudzēs ar lielāku mazu dimensiju lapkoku īpatsvaru mazāko dimensiju koku pārstrāde biokurināmajā var būtiski ietekmēt krājas ieņēmumu un izdevumu bilanci. Daļēji atzarotu sīkkoku sagatavošanas priekšrocības var izpausties, pieaugot skujkoku sīkkoksnes cenai, piemēram, granulu vai kokskaidu plātņu deficīta apstākļos.



Att. 73: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzarotu sīkkoku piegādes scenārijā.



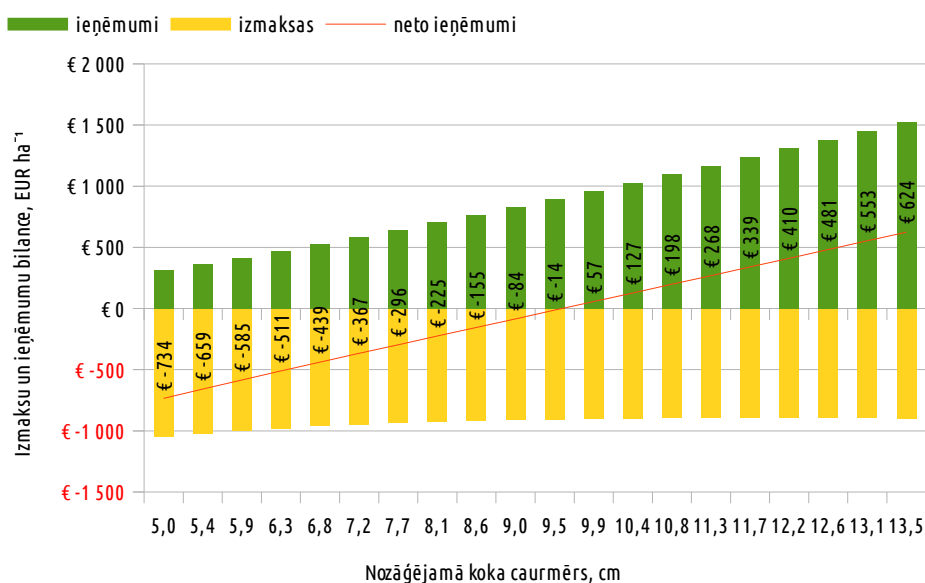
Att. 74: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.

Jaunaudžu kopšanas cirte

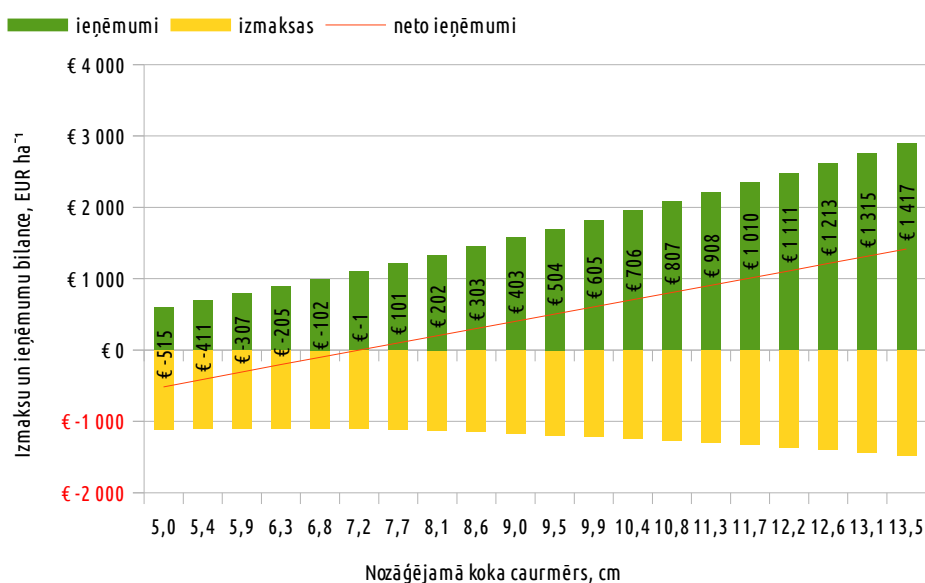
Izmaksu un ieņēmumu analīzē pieņemts, ka tehnoloģiskās malkas (daļēji atzarota sīkkoksne) cena ir 16,20 EUR m⁻³, bet šķeldu cena ir 10 EUR ber. m⁻³. Jaunaudžu kopšanas ar rokām izmaksas pieņemtas 85-172 EUR ha⁻¹, atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra.

Neto ieņēmumi no šķeldu piegādes patērētājam ir lielāki, nekā no daļēji atzarotu sīkkoku piegādes (Att. 75 un Att. 76). Atbilstoši faktiskajiem rādītājiem pētījumā izkoptajās audzēs (vidējais nozāgētā koka caurmērs 9 cm), neto ieņēmumi sīkkoku piegādes scenārijā ir negatīvi (-84 EUR ha⁻¹), bet šķeldu piegādes scenārijā ieņēmumu un izdevumu attiecība ir pozitīva – 403 EUR ha⁻¹. Minimālais nozāgējamo koku caurmēram jābūt vismaz 10 cm, lai daļēji atzarotu sīkkoku piegāžu scenārijs nodrošinātu pozitīvu naudas plūsmu, bet šķeldu piegādes scenārijā pozitīvu naudas plūsmu var nodrošināt arī vidēji 8 cm resnu koku zāgēšana (vidējā koka caurmērs pirms kopšanas 11,5 cm)

Praksē situācija var būt atšķirīga un ieņēmumi no daļēji atzarotiem sīkkokiem var pārsniegt ieņēmumus no šķeldu realizācijas, piemēram, pieaugot *premium* klases granulu izejvielu cenai vai novirzot daļēji atzaroto sīkkoksni ražošanas procesos, kas paredz kokmateriālu mizošanu pirms tālākās pārstrādes. Vēl lielāku ekonomisku atdevi var nodrošināt daļēji atzarotās sīkkoksnes realizācija skujkoku papīrmalkas tirgū, taču, lai saglabātu tikpat labus darba ražīguma rādītājus, kādi konstatēti 6. darba metodē, un realizētu produkciju kā papīrmalku, tās iepircējiem ir jāpārskata kvalitātes prasības attiecībā uz pieļaujamām nogriežņu garuma atšķirībām un maksimāli pieļaujamo zaru garumu.



Att. 75: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzarotu sīkkoku piegādes scenārijā.

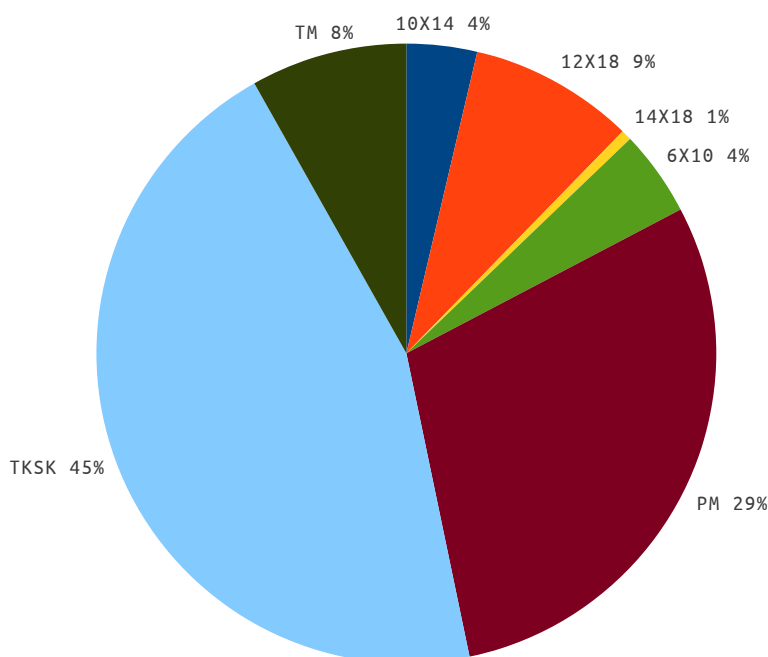


Att. 76: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.

Faktiski, strādājot ar visām darba metodēm, sagatavoto kokmateriālu apjomā lielākā daļa ir skujkoku tehnoloģiskā koksne plātņu ražošanai un papīrmalka (74 %); zāģbaļķi ir 18 % no saražotā apjoma un tehnoloģiskā malka (biokurināmais) – 8 % no saražotā apjoma, atbilstoši harvestera uzskaites datiem (Att. 77). Tehnoloģiskās malkas apjoms atbilstoši darba laika uzskaites datiem un sākotnējiem pievešanas rādītājiem nav novērtēts objektīvi, tāpēc biokurināmā apjoms nav nosakāms pēc pievešanas rādītājiem. Pārējiem kokmateriālu veidiem, kas sagatavoti, neizmantojot pakietēšanas funkciju, kokmateriālu apjomu var noteikt pēc harvestera uzskaites datiem. Zāģbaļķu iznākums skujkoku audzēs ir vidēji 2,5 m³ ha⁻¹. Šāda apjoma sagatavošana un nokraušana atsevišķās kaudzītēs var būtiski palielināt darba laika patēriņu pameža izzāģēšanai sortimentu nokraušanas vietās, samazinot mežizstrādes darba ražīgumu un negatīvi ietekmējot izdevumu un ieņēmumu struktūru. Plānojot Moipu

griezējgalvas izmantošanu jaunaudžu un 1. krājas kopšanā, ir jāizvērtē zāģbaļķu gatavošanas lietderīgums, kā arī to novietošanas cismā un pievešanas stratēģija. Darba laika patēriņa samazināšanai pameža zāģēšanai, zāģbaļķi novietojami kopā ar citiem kokmateriāliem un nepieciešamības gadījumā marķējami ar krāsu. Kokmateriālu šķirošana veicama krautuvē. Ja papīrmalkas sagatavošanā pieļaujama paketēšanas funkcijas izmantošana, zāģbaļķu sagatavošana jaunaudžu kopšanā var būtiski samazināt darba ražīgumu, jo zāģbaļķu iegūšanai koki jāapstrādā pa vienam.

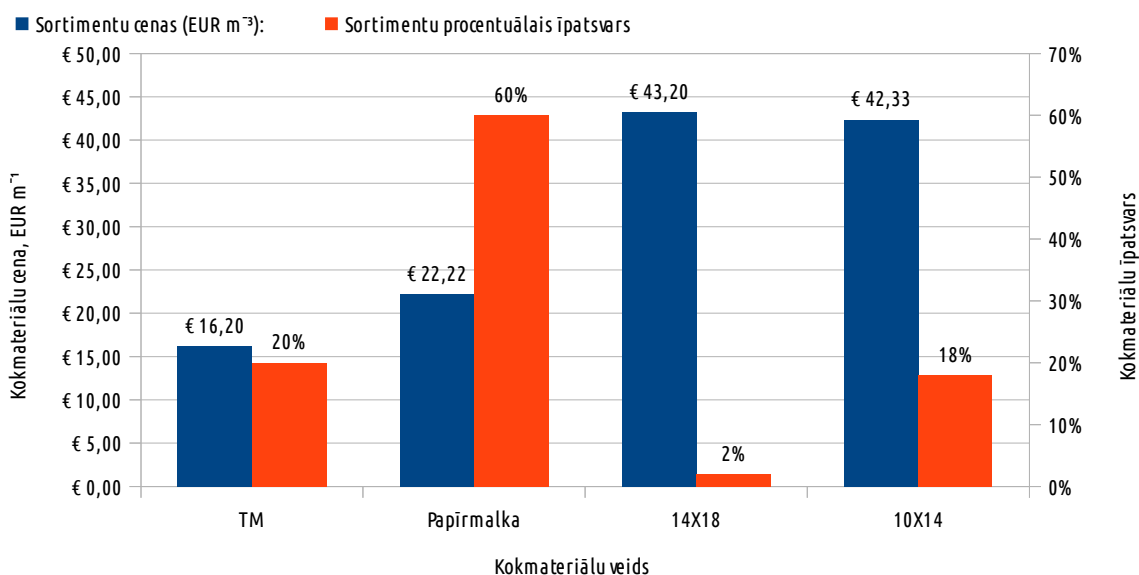
Turpinot pētījumus par Moipu un taml. sīkiem kokiem piemērotu griezējgalvu un kniebējgalvu izmantošanu kopšanas cirtēs, ir jāizvērtē kokmateriālu šķirošanas augšgala krautuvē, t.i. sortimentu nokraušana audzē 2 kaudzītēs – biokurināmais un apaļie kokmateriāli, un apaļo kokmateriālu sašķirošana augšgala krautuvē.



Att. 77: Faktiskais apaļo kokmateriālu iznākums jaunaudžu kopšanas cirtē.

Grāvju trašu apauguma novākšana

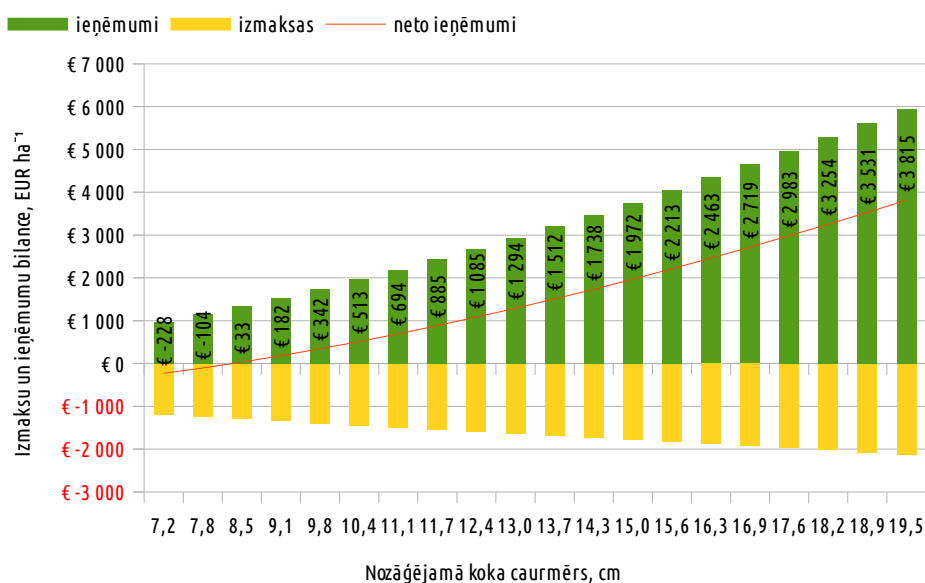
Izmaksu un ieņēmumu analizē izmantotie pieņēmumi par dažādu kokmateriālu veidu īpatsvaru un cenu parādīti Att. 78. Šķeldu cena pieņemta 10 EUR ber. m⁻³. Grāvju izzāģēšana ar rokas darba instrumentiem nav vērtēts kā alternatīvs scenārijs.



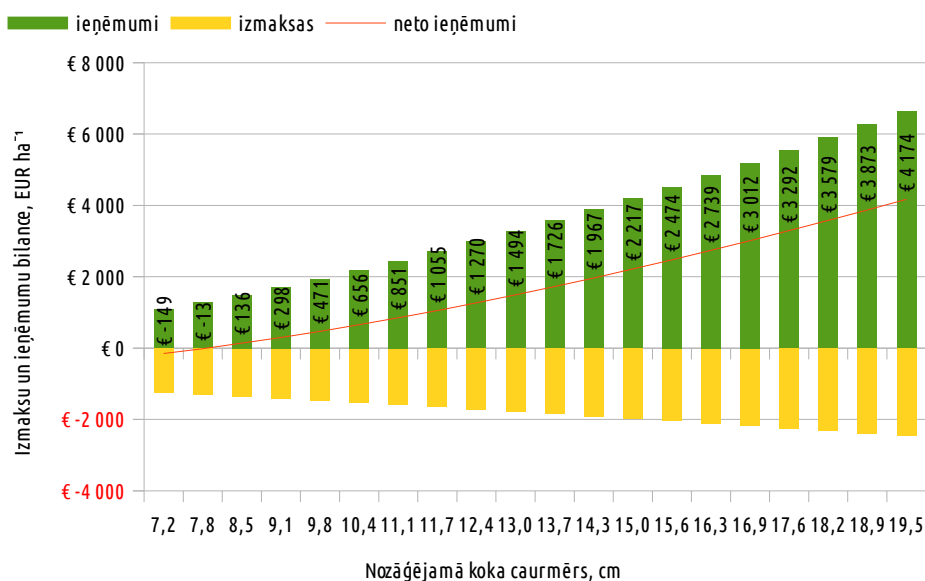
Att. 78: Aprēķinos izmantotā kokmateriālu iznākuma struktūra un kokmateriālu cena.

Neto ieņēmumi no apaļo kokmateriālu un sasmalcināta biokurināmā piegādes patērētājam būtiski neatšķiras no daļēji atzarotu sīkkoku piegādes scenārija (Att. 79 un Att. 80). Lielā mērā tas saistīts ar nelielo daļēji atzaroto sīkkoku īpatsvaru kopējā kokmateriālu apjomā, kā rezultātā ieņēmumu struktūru lielā mērā nosaka sagatavotais papīrmalkas un zāģbaļķu apjoms. Atbilstoši faktiskajiem rādītājiem pētījumā izkoptajās audzēs (vidējais nozāgētā koka caurmērs 13 cm), neto ieņēmumi sīkkoku piegādes scenārijā ir 1294 EUR ha⁻¹, bet šķeldu piegādes scenārijā – 1494 EUR ha⁻¹.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem šķeldu sagatavošana nedaudz palielina ieņēmumus no biokurināmā realizācijas, tomēr atšķirība nav būtiska. Ieņēmumu un ieņēmumu attiecība būtiski atšķiras grāvjos ar baltalkšņa un skujkoku vai bērza apaugumu, jo baltalksnis nav izmantojams papīrmalkas sagatavošanai. Zāģējot baltalksni, būtiski pasliktināsies ieņēmumu prognoze sīkkoku piegādes scenārijā, bet šķeldu piegādes scenārijā to kompensēs lielāki ieņēmumi no šķeldu realizācijas.



Att. 79: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji atzarotu sikkoku piegādes scenārijā.



Att. 80: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums daļēji šķeldu piegādes scenārijā.

Grāvju trašu apauguma novākšana ar harvesteru ir rentabla, ja vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir vismaz 8,5 cm. Ieņēmumu prognoze var būt pārāk optimistiska, ņemot vērā atzarošanas problēmas uz grāvju trasēm, attiecīgi, kokmateriālu struktūra praksē var būtiski atšķirties no teorētiskā aprēķina, pieaugot biokurināmā, papīrmalkas un tehnoloģiskās koksnes īpatsvaram.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Krājas kopšanas cirtē labākie darba ražīguma rādītāji iegūti ar 1. darba metodi, kas neparedz biokurināmā sagatavošanu no sīkkokiem. Labākie ražīguma rādītāji "biokurināmā" darba metodēs iegūti, strādājot ar 2. un 3. darba metodi (mežizstrādes atlieku metode – gatavo apaļos kokmateriāls, tajā skaitā malku, un mežizstrādes atliekas vāc kaudzēs; sīkkoku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus un apvienotu līdz 3 m garu biokurināmā nogriežņu kaudzīti no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem, mežizstrādes atliekas klājot ceļos). Ieviešanai ražošanā, strādājot ar Moipu 300F griezējgalvu, ieteicams izmantot 3. darba metodi.
2. Krājas kopšanas cirtē konstatētas problēmas ar resnāko, kā arī mežmalās augošo koku atzarošanu, tāpēc kokmateriālu veidu iznākums, strādājot ar Moipu 300F griezējgalvu, ir jāplāno piesardzīgi, ņemot vērā, ka darba laiks vērtīgāko kokmateriālu sagatavošanai var tikt patērēts nelietderīgi un tie tāpat nonāks papīrmalkas vai tehnoloģiskās koksnes kaudzē. Krājas kopšanas cirtēs, veicot mežizstrādi ar Moipu 300F griezējgalvu, ir jāizvērtē kokmateriālu veidu skaita samazināšanas iespējas, koncentrējoties uz tiem kokmateriāliem, kuriem ir mazāk striktas prasības attiecībā uz atzarošanu.
3. Strādājot ar 3. darba metodi krājas kopšanā, pozitīva naudas plūsma iespējama pat tad, ja vidējais nozāgējamais koks ir 5,5 cm resns. Tomēr jāņem vērā, ka aprēķins balstās uz pieņēmumu, ka harvesters spēs nodrošināt optimālu kokmateriālu iznākumu. Praksē, visticamāk, veidosies būtiski lielāks biokurināmā iznākums, kas, zāgējot mazos kociņus, naudas plūsmas grafiku pietuvinās jaunaudzēs pielietotajai 6. darba metodei, attiecīgi, vidējam nozāgējamam kokam jābūt vismaz 8 cm, lai nodrošinātu pozitīvu naudas plūsmu šķeldu piegādes scenārijā.
4. Krājas kopšanas izmēģinājumos konstatēts, ka ir jāmeklē risinājumi, lai atteiktos no sīko kociņu zāgēšanas. Viens no šādiem risinājumiem ir kokmateriālu veidu skaita samazināšana, otrs – giljotīnas izmantošana sliktas redzamības apstākļos, trešais – pievedējtraktora kausa ar pacelšanas funkciju pielietošana, lai operators varētu satvert kokmateriālus jebkurā vietā un iecelt kravā, ar strēli atkārtotot harvestera strēles trajektoriju.
5. Jaunaudžu kopšanas cirtēs labākie darba ražīguma rādītāji iegūti, strādājot ar 6. darba metodi (tiek gatavoti tikai daļēji atzaroti, līdz 3 m gari biokurināmā nogriežņi). No pārējām darba metodēm, kas paredz arī apaļo kokmateriālu sagatavošanu, labākie rezultāti iegūti ar 1. un 4. darba metodi. Pirmajā metodē nav paredzēta biokurināmā sagatavošana, tāpēc izmaksu un ieņēmumu analīze veikta 4. darba metodei (sīkkoku un mežizstrādes atlieku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus, apvienotu līdz 3 m garu biokurināmā nogriežņu kaudzi no malkas, daļēji atzarotām galotnēm un par 6 cm resnākiem pameža kokiem un mežizstrādes atliekas). Izmantošanai praksē ieteicama 6. un 4. darba metode, atkarībā no sugu sastāva, koku dimensijām un prognozējamā papīrmalkas iznākuma. Ceturtajā metodē ieteicams atteikties no mežizstrādes atlieku vākšanas kaudzēs, lai samazinātu nepieciešamību izzāgēt sīkkokus atlieku nokraušanas vietās, attiecīgi, ražošanā ieviešama 3. darba metode, tāpat kā krājas kopšanas cirtēs.
6. Jaunaudžu kopšanas cirtēs ir jāizvairās no mazo kociņu zāgēšanas, samazinot kokmateriālu skaitu un mežizstrādes atliekas ieklājot ceļos, bet uz tehnoloģiskajiem koridoriem augošos mazos kociņus noliecot vai nolaužot ar harvestera riepām. Apgrūtinātas redzamības apstākļos vairāk jāizmanto giljotīna. Būtisku darba ražīguma palielinājumu var panākt, izmantojot paketēšanas mehānismu papīrmalkas sagatavošanā, taču ir papildus jāizvērtē šādā veidā sagatavotās papīrmalkas atbilstību kvalitātes prasībām.

7. Jaunaudžu kopšanā, strādājot ar Moipu 300F griezējgalvu, ir lietderīgi atteikties no zāgbaļķu sagatavošanas un gatavot tikai tehnoloģisko koksni, papīrmalku un biokurināmo, jo vērtīgo kokmateriālu veidu iznākums ir neliels, bet kokmateriālu veidu skaita samazināšana ļautu samazināt arī nepieciešamību izzāgēt mazos kociņus kokmateriālu nokraušanas vietās. Plānojot kokmateriālu sagatavošanu, ir jāpanāk, lai vienā apstāšanās vietā harvesteram vajadzētu veidot ne vairāk kā 2 kokmateriālu kaudzītes.
8. Kokmateriālu struktūras izmaiņas, kā arī apvienotu kravu veidošana ietekmēs pievešanas darba ražīgumu un pašizmaksu, tāpēc nepieciešams pētījums arī par šo darba etapu un tā optimizēšanas iespējām, lai novērstu iespējamās konfliktsituācijas, palielinot harvestera darba ražīgumu uz pieaugoša pievedējtraktora darba apjoma rēķina. Pievešanas izmēģinājumos ir jānovērtē arī pievedējtraktora kausa pacelšanas funkcijas priekšrocības, kas konstatētas izmēģinājumos Zviedrijā.
9. Jaunaudžu kopšanā, strādājot ar 6. darba metodi, t.i. gatavojot tikai biokurināmo, pozitīva naudas plūsma, realizējot daļēji atzarotus sīkkokus, sasniedzama, ja vidējais nozāgējamais koks ir vismaz 9,9 cm resns, bet, realizējot šķeldas – vismaz 7,7 cm resns. Papīrmalkas sagatavošana uzlabo ieņēmumu prognozi, taču nedaudz pasliktina darba ražīguma rādītājus.
10. Grāvju trašu apauguma zāgēšanā labākie darba ražīguma rādītāji iegūti ar 1. un 2. darba metodi: (1) veselu koku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus, bet mežizstrādes atliekas un neatzarotus sīkkokus liek vienā kaudzē uz bermas vai atbērtnes; (2) daļēji atzarotu sīkkoku biokurināmā metode – gatavo apaļos kokmateriālus, mežizstrādes atliekas un līdz 3 m garus daļēji atzarotu sīkkokus. Šīs metodes rekomendējamais ieviešanai praksē; attiecīgi, gatavojot daļēji atzarotus sīkkokus, ja ir šāda kokmateriālu veida realizācijas priekšrocības vai arī neatzarotu biokurināmo un mežizstrādes atliekas, ja nepastāv cenu atšķirības.
11. Būtisku kokmateriālu pašizmaksas samazinājumu grāvju trašu apauguma zāgēšanā var panākt maksimāli izvairoties no sīko kociņu un krūmu zāgēšanas (tievāki par 6-8 cm), atstājot tos izstrādei ar rokas darba instrumentiem. Izmantojot 1. darba metodi, pēc harvestera palikušo sīkkoku un krūmu nozāgēšana veicama pirms biokurināmā izvešanas, lai pievedējtraktors varētu savākt arī ar rokas motor-instrumentiem nozāgētos kociņus, neveicot grāvja gultnes tīrīšanu ar rokām, bet gan ar pievedējtraktora greiferi.
12. Ieņēmumu un izdevumu analīze parāda, ka pozitīva naudas plūsma grāvju trašu apauguma izstrādē iespējama tad, ja vidējais nozāgētais koks ir vismaz 8,5 cm resns. Visos ciršu veidos, bet jo īpaši grāvju trašu apaugumā, kur kokiem raksturīgi resni zari, izmantojot Moipu 300F griezējgalvu, jābūt piesardzīgiem ar sagatavojamo kokmateriālu veidu prognozēm. Lielākā daļa kokmateriālu nonāks papīrmalkas, tehnoloģiskās koksnes vai biokurināmā kaudzītēs, tāpēc, strādājot ar šo griezējgalvu grāvju trasēs, nav lietderīgi plānot citu kokmateriālu veidu sagatavošanu.
13. Pētījumā konstatēts, ka tehnoloģisko koridoru izvietojums ik pēc 20 m nav optimāls kopšanas ciršu izpildei un, lai samazinātu bojājumu apjomu, kā arī smagās tehnikas ietekmi uz augsni, attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem vai nu palielināms līdz 30 m, ierīkojot pa vidu "spoku" ceļus, vai samazināms.
14. Moipu 300F griezējgalvas darba ražīgums krājas un jaunaudžu kopšanas cirtēs un grāvju trašu apauguma izstrādē būtiski neatšķiras, taču to negatīvi ietekmē pameža kociņu zāgēšana, no kuras ir jāizvairās visos ciršu veidos, pārvērtējot, nepieciešamības gadījumā, kvalitātes prasības vai arī pabeidzot mazo kociņu zāgēšanu ar rokas motor-instrumentiem.
15. Moipu 300F lietderīgi izmantot uz lietotiem harvesteriem vai ekskavatoriem, ārzemju pētījumi parāda, ka griezējgalvas izmantošana uz pacelājtraktora nav ekonomiski pamatota.

LITERATŪRA

1. Kalle Kärh , T. H. (2009). Integrated energy wood and pulpwood harvesting in first-thinning stands.
2. Laitila, J. & Asikainen, A. (2006). Energy Wood Logging from Early Thinnings by Harwarder Method. *Baltic Forestry* 12(1), 94–102.
3. Lazdiņ , A., Liepiņ , K., Lazdiņa, D., Jansons,  ., B rdule, A. & Lupi is, A. (2013). *Me saimniecisko darb bu ietekmes uz siltumn cefekta g zu emisij m un CO₂ piesaisti nov rt jums (p rskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
4. Liepa, I. (1996). *Pieauguma m c ba*. Jelgava: LLU.
5. Rottensteiner Christian, A. G. (2008). Evaluation of the Feller-Buncher Moipu 400E for Energy Wood Harvesting. *Croatian Journal of Forest Engineering*.
6. Wide Iwarsson, M. I. (2008). Techniques and methods for harvesting of small trees. In: Talbot, B. & Suadicani, K. (Eds) *Proceedings of The Nordic-Baltic conference on forest operations*, Copenhagen, 2008. p 39. Copenhagen: Forest & Landscape, University of Copenhagen.