

## PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,  
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPnieciskais PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

---

Pārskata nosaukums **SORTIMENTU STRUKTŪRAS  
IETEKME UZ KOPŠANAS UN  
PIEVEŠANAS RAŽĪGUMU  
LAPKOKU JAUNAUDZĒS**

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

Pārskata Nr. **2014/03**

Pārskata versija **1.0**

Izpildes laiks **03.01.2013 - 30.12.2013**

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

Projekta vadītājs

---

**A. Lazdiņš**

## KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot biokurināmā sagatavošanas darba ražīgumu atkarībā no sortimentu struktūras, kā arī noskaidrot izmaksas ietekmējošos faktorus, veicot mehanizētu jaunaudžu kopšanu. Pētījumā veikti jaunaudžu kopšanas izmēģinājumi, salīdzinot 4 darba metodes. Pirmā darba metode paredz gatavot standarta apaļos kokmateriālus kā arī daļēji atzarotus sīkkoksnes apaļos kokmateriālus ar minimālo tievgaļa caurmēru 3 cm, neizmantojot paketēšanas funkciju. Otrā darba metode paredz gatavot standarta apaļos kokmateriālus kā arī daļēji atzaroto sīkkoksnes sortimentu ar minimālo tievgaļa caurmēru 3 cm, izmantojot paketēšanas funkciju. Trešā darba metode paredz gatavo visus standarta apaļos kokmateriālus, lapkoku un skujkoku tehnoloģisko koksni, izmantojot paketēšanas funkciju, gatavot kā daļēji atzarotu sīkkoksnes sortimentu ar minimālo tievgaļa caurmēru 3 cm. Ceturtā darba metode paredz, maksimāli izmantojot paketēšanas funkciju, no visiem kokiem gatavot daļēji atzarotas sīkkoksnes sortimentu.

Pētījumā konstatēts, ka kopējais produktīvais un tiešais darba laiks Timbear harvesteram ir būtiski mazāks, nekā citās izmēģinājumos izmantotajām mašīnām. Produktīvā laika īpatsvaru samazināja biežie remontu un pārtraukumi tehnisku problēmu novēršanai. Tiešo darba laiku negatīvi ietekmēja iespējamās problēmas griezēj galvā. Lai uzlabotu Timbear ražīguma rādītājus, ir jāizvēlas cita griezēj galva. Produktīvā darba laika īpatsvara palielināšana ir iespējama, sadarbibā ar izgatavotāju uzlabojot problemātiskos mašīnas konstruktīvos risinājumus.

Izmēģinājumi uzskatāmi demonstrē Timbear galvenās priekšrocības meža kopšanas darbos – mašīna rada minimālus augsnes bojājumus, tajā skaitā nesablīvē augsnes dziļākos slāņus, tehnoloģiskie koridori ir būtiski šaurāki, nekā līdzīgas kravnesības riteņtraktoriem, nav nepieciešams materiāls ceļu pakošanai, nodrošinot iespēju izvest visu sagatavoto materiālu, mašīnas pielietošana saistās ar mazākiem dīkstāves riskiem, pasliktinoties laika apstākļiem. Augsnes sablīvējums veidojas tikai augsnes virskārtā, kur tas dažu gadu laikā izzudīs, augsnei vairākkārtīgi caursalstot.

Vismazāk tiešā darba laika  $1 \text{ m}^3$  izstrādei patērēts 4. darba metodē (11 min.); savukārt, visvairāk – 2. darba metodē (14 min.). Daļēji atzaroto sīkkoku sagatavošana būtiski palielina mehanizētās kopšanas ražīgumu. Trešā darba metode (atteikšanās no lapkoku papīrmalkas gatavošanas) var būt efektīvākais risinājums jaunaudžu kopšanai, ja izlīdzinās papīrmalkas un biokurināmā cena. Jāņem vērā, ka šķeldu piegāde patērētājam ir būtiski lētāka, nekā lapkoku papīrmalkas piegāde, tāpēc pie vienādas papīrmalkas (zem mizas) un biokurināmā (ar mizu) cenas, būtiski izdevīgāka ir biokurināmā gatavošana. Vidēji 1 kravas pievešanai nepieciešama 1 stunda produktīvā darba laika. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija vidēji  $30 \text{ m min.}^{-1}$ , bez kravas –  $49 \text{ m min.}^{-1}$ .

Lapkoku audzēs svarīgi apžāvēt sagatavoto materiālu, lai maksimāli efektīvi izmantotu šķeldu vedēja kravas telpu. Pāravadājot svaigi zāgētu sīkkoku šķeldu, pastāv risks pārsniegt maksimāli pieļaujamās masas ierobežojumus pat ar  $70 \text{ m}^3$  konteineru sistēmām. Lapkoku šķeldas izdevīgi pārdot pēc to siltumspējas, jo bērza un baltalkšņa koksne ir būtiski blīvāka, nekā skujkoku koksne, attiecīgi, tai ir lielāka siltumspēja.

Sīkkoku piegādes scenārijā pirmajām 2 darba metodēm ieņēmumi pārsniedz izdevumus, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs nav mazāks par 7 cm, bet 3. un 4. darba metodei pozitīva naudas plūsma jaunaudžu kopšanā nav sasniedzama, būtiski nepalielinoties biokurināmā cenai. Šķeldu piegādes scenārijā 1. un 2. darba metode nodrošina pozitīvu naudas plūsmu, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir lielāks par 6 cm, bet 3. un 4. darba metodē vidējā izzāgējamā koka caurmēram jābūt lielākam par 7 cm. Šķeldu piegādes scenārijs, atkarībā no izmantotās darba metode, nodrošina šķeldu pašizmaksas samazinājumu no  $0,27 \text{ EUR ber. m}^{-3}$  līdz  $0,36 \text{ EUR ber. m}^{-3}$ , salīdzinot ar daļēji atzarotu sīkkoku piegādi.

# SATURS

Kopsavilkums.....	2
Ievads.....	6
Darba metodika un izmēģinājumu objekti.....	8
Objektu atlase un sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana.....	8
Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana.....	8
Izkoptās audzes raksturojums.....	8
Taksācijas rādītāju noteikšana.....	8
Bojājumu raksturojums.....	8
Pētījumu objekti.....	9
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	12
Pētījumā salīdzinātās izstrādes darba metodes.....	14
Mežizstrādes un pievešanas tehnika.....	15
Ceļu transports.....	16
Kokvedēji.....	16
Šķeldu vedēji.....	17
Šķeldotāji.....	17
Darba laika uzskaitē.....	17
Aprīkojums.....	17
Kopšana.....	18
Pievešana.....	19
Pievestā materiāla uzskaitē.....	19
Aprēķini pēc biomasas vienādojumiem.....	20
Bojājumu un kopšanas kvalitātes uzskaitē.....	22
Taksācijas rādītāju un kopšanas kvalitātes noteikšana.....	22
Bojājumu un atstāto sortimentu uzskaitē.....	22
Meža tehnikas ietekme uz vidi.....	22
Meža tehnikas ietekme uz augsni.....	22
Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze.....	23
Rezultāti.....	27
Darba laika uzskaites kopsavilkums.....	27
Izstrādes darba ražīgums.....	27
Pievešanas ražīgums.....	32
Pievestais materiāls.....	32
Pievešanas ražīguma rādītāji.....	32
Ražīguma aprēķini.....	35
Izstrāde.....	35
Pievešana.....	38
Kokvedēji.....	39
Šķeldotāji un šķeldu vedēji.....	39
Kopsavilkums par darba ražīguma rādītājiem.....	39
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	39
Kopšanas kvalitāte un ietekme uz vidi.....	42
Koku izvietojums audzē pēc kopšanas.....	42
Paliekošo koku bojājumi.....	43
Risu veidošanās.....	46
Augsnes sablīvējums.....	46
502-423-5.....	46
502-423-6.....	48
502-436-1.....	49
Sistēmas analīze.....	51
Jutības analīze.....	51

Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums.....	53
Ieteikumi praksei un secinājumi.....	58
Literatūra.....	59

## Attēli

Att. 1: Parauglaukuma novietojums slejā.....	6
Att. 2: Parauglaukuma novietojums slejā.....	8
Att. 3: Lapkoku jaunaudzū un krājas kopšanas izmēģinājumu objekti pie Skrīveriem.....	10
Att. 4: Vidējā gaisa temperatūra izstrādes darbu laikā.....	13
Att. 5: Nokrišņu daudzums izstrādes darbu laikā.....	13
Att. 6: Vidējā gaisa temperatūra kokmateriālu pievešanas laikā.....	14
Att. 7: Nokrišņu daudzums kokmateriālu pievešanas laikā.....	14
Att. 8: Timbear harvards ar pakētējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme Ecotilt.....	15
Att. 9: Vidējā caurmēra un lapkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.....	16
Att. 10: Hronometrāžā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	18
Att. 11: Nozāgējamo koku skaits.....	20
Att. 12: Nozāgējamo koku caurmērs.....	20
Att. 13: Koku stumbra biomasas aprēķināšanas vienādojumi.....	22
Att. 14: Eijkelkamp penetroleris (Eijkelkamp, 2007).....	23
Att. 15: Nozāgēto koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm.....	28
Att. 16: Darba laika sadalījums pievešanā.....	33
Att. 17: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka sagatavošanai sadalījumā pa izstrādes dienām.....	36
Att. 18: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka apstrādei salīdzinājumā pa darba metodēm.....	36
Att. 19: Tiešā darba laika patēriņš 1 m <sup>3</sup> koksnes sagatavošanai salīdzinājumā pa darba metodēm.....	37
Att. 20: Kopšanas ražīgums, m3 tiešā darba laika stundā atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.....	37
Att. 21: Pievešanas darba laika sadalījums pa darba metodēm.....	38
Att. 22: Koku attālums no centra koptajās audzēs.....	42
Att. 23: Koku attālums no centra koptajās audzēs atkarībā no darba metodes.....	43
Att. 24: Dažādi bojājumu veidi.....	44
Att. 25: Bojāto koku skaita sadalījums pēc bojājumu veida.....	45
Att. 26: Bojāto koku īpatsvars atkarībā no darba metodes.....	45
Att. 27: Detalizēta bojājumu struktūra atkarībā no darba metodes.....	46
Att. 28: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 502-423-5.....	47
Att. 29: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšnes slāņos objektā 502-423-5.....	47
Att. 30: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 502-423-5;6.....	48
Att. 31: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 502-423-6.....	49
Att. 32: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšnes slāņos objektā 502-423-6.....	49
Att. 33: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 502-436-1.....	50
Att. 34: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšnes slāņos objektā 502-436-1.....	50
Att. 35: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 502-436-1.....	51
Att. 36: Jutīguma analīze 1.darba metodei.....	52
Att. 37: Jutīguma analīze 2.darba metodei.....	52
Att. 38: Jutīguma analīze 3.darba metodei.....	53
Att. 39: Jutīguma analīze 4.darba metodei.....	53
Att. 40: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.....	54
Att. 41: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.....	54
Att. 42: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.....	55
Att. 43: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.....	55
Att. 44: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.....	56
Att. 45: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.....	56

Att. 46: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 4.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.....	57
Att. 47: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 4.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.....	57

## Tabulas

Tab. 1: Jaunaudžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas (pēc Lazdiņš et al., 2012).....	6
Tab. 2: Jaunaudžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas.....	10
Tab. 3: Jaunaudžu uzmērījumu rezultātu kopsavilkums.....	10
Tab. 4: Ar attiecīgo darba metodi izkoptā platība.....	11
Tab. 5: Jaunaudžu taksācijas rādītāji pēc kopšanas.....	11
Tab. 6: Stāvoķļa salīdzinājums pirms un pēc kopšanas.....	12
Tab. 7: Nozāģētās koksnes raksturojums.....	12
Tab. 8: Koeficienti šķeldošanas ražības pārrēķiniem, raksturojot vienu kravu.....	17
Tab. 9: Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	18
Tab. 10: Izmēģinājumus sagatavotie apaļie kokmateriāli.....	19
Tab. 11: Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	19
Tab. 12: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai.....	21
Tab. 13: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai.....	21
Tab. 14: Pašizmaksas aprēķinu gaita.....	23
Tab. 15: Ar dažādām darba metodēm sagatavoto sortimentu grupas.....	27
Tab. 16: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa cīsmām (cmin.).....	29
Tab. 17: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm (cmin.).....	29
Tab. 18: Darba laika īpatsvars sadalījumā pa cīsmām.....	30
Tab. 19: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 m <sup>3</sup> kokmateriālu sagatavošanai (cmin.).....	31
Tab. 20: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 tonnas stumbra biomasas sagatavošanai (cmin.).....	31
Tab. 21: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 koka apstrādei (cmin.).....	31
Tab. 22: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 ha kopšanai (cmin.).....	31
Tab. 23: Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums starp operatoriem (cmin.).....	32
Tab. 24: Vidējā krava dažādos izstrādes variantos.....	32
Tab. 25: Pievešanas darba laika kopsavilkums salīdzinājumā pa audzēm (cmin.).....	34
Tab. 26: Pievešanas darba laika kopsavilkums salīdzinājumā pa darba metodēm (cmin.).....	34
Tab. 27: Vidējais darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (cmin.).....	35
Tab. 28: Vidējais darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai (cmin.).....	35
Tab. 29: Vidējais darba laika patēriņš 1 ha pievešanai (cmin.).....	35
Tab. 30: Izstrādātais apjoms produktīvajā stundā dažādās audzēs.....	38
Tab. 31: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī.....	40
Tab. 32: Darba stundas izmaksas dažādām meža mašīnām.....	40
Tab. 33: Biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei.....	40
Tab. 34: Pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei.....	40
Tab. 35: Pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei.....	41
Tab. 36: Pašizmaksas kopsavilkums 4. darba metodei.....	41
Tab. 37: Koku izvietojums pēc kopšanas.....	42
Tab. 38: Atstātie apaļie kokmateriāli, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> .....	43
Tab. 39: Paliekošo koku bojājumi.....	44
Tab. 40: Risu veidošanās.....	46

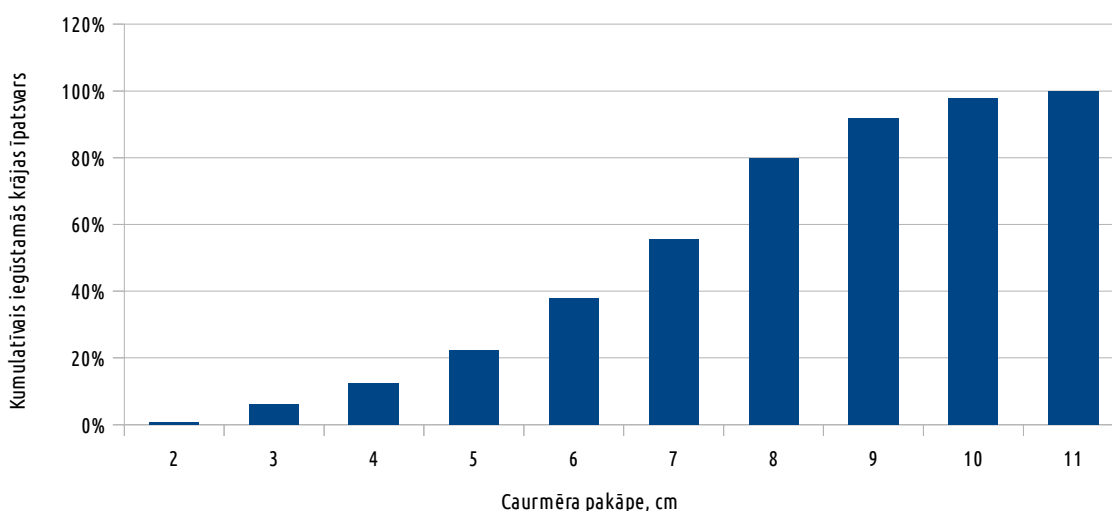
## IEVADS

2012. gadā veiktajā pētījumā par biokurināmā resursiem jaunaudzū kopšanā konstatēts, ka aptuveni puse biokurināmā resursu, kas pieejami jaunaudzū kopšanā valsts mežos, koncentrēti lapkoku audzēs (Lazdiņš *et al.*, 2012). Biokurināmo lapkoku jaunaudzēs valsts mežos var sagatavot 20 tūkst. ha platībā, kopējā iegūstamā krāja ir 437 tūkst. m<sup>3</sup>, tajā skaitā vairāk nekā puse biokurināmā iegūstama bērza jaunaudzēs. Vidēji no 1 ha teorētiski iegūstami 23 m<sup>3</sup> apaļo sortimentu, tajā skaitā biokurināmais (Tab. 1).

**Tab. 1: Jaunaudzū taksācijas rādītāji pirms kopšanas (pēc Lazdiņš *et al.*, 2012)**

Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Cita suga	Melnalksnis	Visas sugas
Izstrādājamā stumbra biomasas, tonnas ha <sup>-1</sup>	13	15	11	13	9	12
Izstrādājamā biomasas, tonnas ha <sup>-1</sup>	16	19	15	16	12	15
Izstrādājamā krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	36	33	23	25	20	25
Vidējais izstrādājama koks, m <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010
Platība, ha	2 719	2 068	13 273	431	1 654	20 144
Izstrādājamā biomasas, tūkst. tonnas	19	40	178	8	22	267
Izstrādājamā krāja, tūkst. m <sup>3</sup>	42	70	274	12	38	437

Vairāk nekā 80 % biokurināmā koncentrēts jaunaudzēs, kur vidējā koka caurmērs ir vismaz 5 cm (Att. 1). Tas nozīmē, ka mazāku koku audzēs resursu ieguve nav lietderīga.



**Att. 1: Parauglaukuma novietojums slejā.**

Pētījuma ietvaros iegūti dati par 4 dažādu darba metožu pielietošanu sortimentu sagatavošanā lapkoku audzēs kopšanā izmantojot Timbear harvarderu ar paketējošo griezējgalvu. Strādājot ar pirmo darba metodi, harvesters gatavoja darba uzdevumā noteiktos apaļos kokmateriālus neizmantojot paketēšanas funkciju kā arī nezāgējot pamežu. Otrajā darba metodē harvesters gatavoja visus darba uzdevumā noteiktos standarta apaļos kokmateriālus, kā arī daļēji atzarotas sīkkoksnes sortimentu (garums 2,5-3 m, minimālais tievgaļa caurmērs 3 cm), kokiem, no kuriem negatavo standarta apaļos kokmateriālus izmantota paketēšanas funkcija, pamežu nezāgēja, ja vien tas netraucē veikt jaunaudzū kopšanu. Ar trešo darba metodi harvesters gatavoja visus darba uzdevumā noteiktos

standarta apaļos kokmateriālus, izņemot egles TK SK un lapkoku sugu TK LK, ko novirza uz daļēji atzarotās sīkkoksnes sortimentu, paketēšanas funkciju izmantoja visiem kokiem, no kuriem negatavoja standarta apaļos kokmateriālus, biokurināmā tievgaļa caurmērs 30 mm, pamežu nezāgēja, ja vien tas netraucē veikt jaunaudžu kopšanu. Savukārt ceturtajā darba metodē no visiem kokiem gatavoja daļēji atzarotu sīkkoksni (biokurināmo), maksimāli izmantojot paketēšanas funkciju, pamežu nezāgēja, ja vien tas netraucēja veikt jaunaudžu kopšanu.

Darbu izpildes laikā iegūti jaunaudžu kopšanas un pievešanas darba laika uzskaites dati, veikts kopšanas kvalitātes novērtējums, sistēmas analīze un izmaksu un ieņēmumu izvērtējums.

# DARBA METODIKA UN IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI

## Objektu atlase un sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana

### Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana

Par pētījumam piemērotām tika atzītas kārpainā bērza audzes, kuru vidējais koku augstums bija robežās no 8-11 m, kā arī piemērots reljefs audžu mehanizētai izstrādei. Kā svarīgs kritērijs audžu atlasei tika izmantota biežība. Audžu raksturojums pirms kopšanas dots Tab. 2.

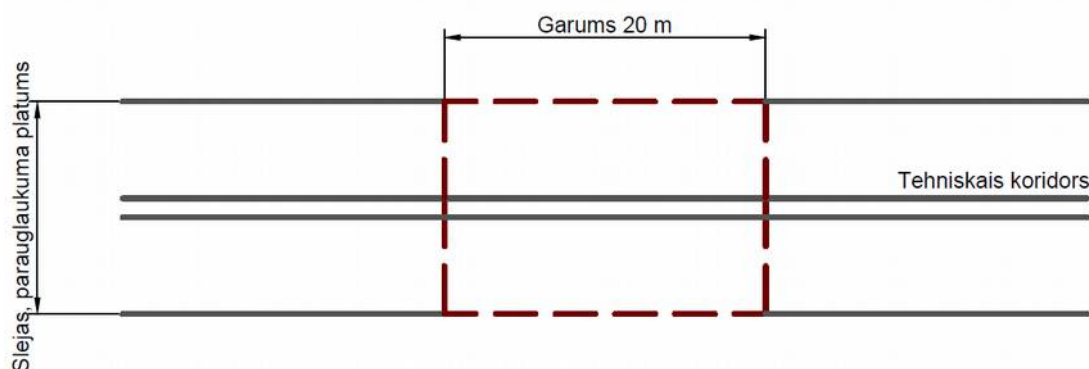
Taksācijas rādītāju noteikšanai pirms kopšanas tika ierīkoti aplveida parauglaukumi, kuru platība 25 m<sup>2</sup>. Parauglaukumi tika izvietoti uz divām diagonālēm ik pēc 20 m vai arī, ja platība neliela, tad tādā skaitā, lai uzmērīto koku skaits audzē būtu vismaz 100 gab. Kokiem parauglaukumos tika noteikta suga un caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla, ja tas lielāks par 4 cm.

### Izkoptās audzes raksturojums

Visas audzes tika izkoptas līdz minimālajam šķērslaukumam. Tehnoloģiskie koridori apaļkoku pievešanai ierīkoti 16 un 18 m attālumā viens no otra. Audžu kopšanām izmantotas vairākas darba metodes, kā rezultātā, daļā koridoru izzāgēts pamežs, otrai saglabājot arī kontroles koridorus. Audžu raksturojums pēc kopšana dots Tab. 5.

### Taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai audzēm pēc kopšanas ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi, kuru garums 20 m un platums 16 un 18 m. Parauglaukumi izvietoti paralēli tehnoloģiskajiem koridoriem tā, lai to vidus ass sakristu ar slejas vidus asi, bet parauglaukumu malas sakristu ar slejas malu līnijām (Att. 2). Attālums starp parauglaukiem atkarīgs no koridora garuma. Ja koridora garums pārsniedz 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 izmantots jau pirms kopšanas izveidotais augstuma līknes vienādojums.



Att. 2: Parauglaukuma novietojums slejā.

### Bojājumu raksturojums

Koku bojājumi katrā audzē noteikti 2 reizes – pēc kopšanas un apaļo kokmateriālu pievešanas uz augšgala krautuvi. Koku bojājumi noteikti parauglaukumos, kas izmantoti kopšanas



kvalitātes (saglabājamo koku skaita, sugu sastāva un dimensiju) novērtēšanai. Koku taksācijas rādītājus (sugu, caurmēru un katras sugas vismaz 9 paraugkoku augstumu) nosaka pēc kopšanas. Taksācijas rādītāju uzskaitē ietver gan veselos, gan bojātos kokus.

Koku bojājumu noteikšanai katrā tehnoloģiskajā koridorā ik pēc 50 m (starp parauglaukumu centriem) ierīko taisnstūrveida parauglaukumus, kuru centrs iet pa tehnoloģiskā koridora asi, bet platums ir atbilstošs harvestera izkoptās slejas platumam, t.i. ja attālums starp tehnoloģisko koridoru centriem ir 20 m, tad parauglaukuma platums ir 20 m (10 m uz katru pusi no tehnoloģiskā koridora centra). Parauglaukumu garums ir nemainīgs – 20 m, attiecīgi, ja harvestera izkoptās slejas platums ir 20 m, parauglaukuma platība ir 400 m<sup>2</sup>. Pirmo parauglaukumu ierīko tā, lai tā mala atrastos ne tuvāk kā 10 m attālumā no mežmalas. Pēdējo parauglaukumu arī ierīko tā, lai tā mala atrastos ne tuvāk par 10 m no mežmalas. Ja tehnoloģiskais koridors ir īsāks par 90 m un 2 parauglaukumus atbilstoši šai metodikai nav iespējams ierīkot, samazina attālumu starp parauglaukumu centriem tā, lai būtu ierīkojami 2 parauglaukumi. Ja tehnoloģiskais koridors ir tik īss, ka nevar ierīkot 2 parauglaukumus, lai tie nepārklātos, bojājumus nosaka visiem kokiem, kas atrodas tālāk par 10 m no mežmalas.

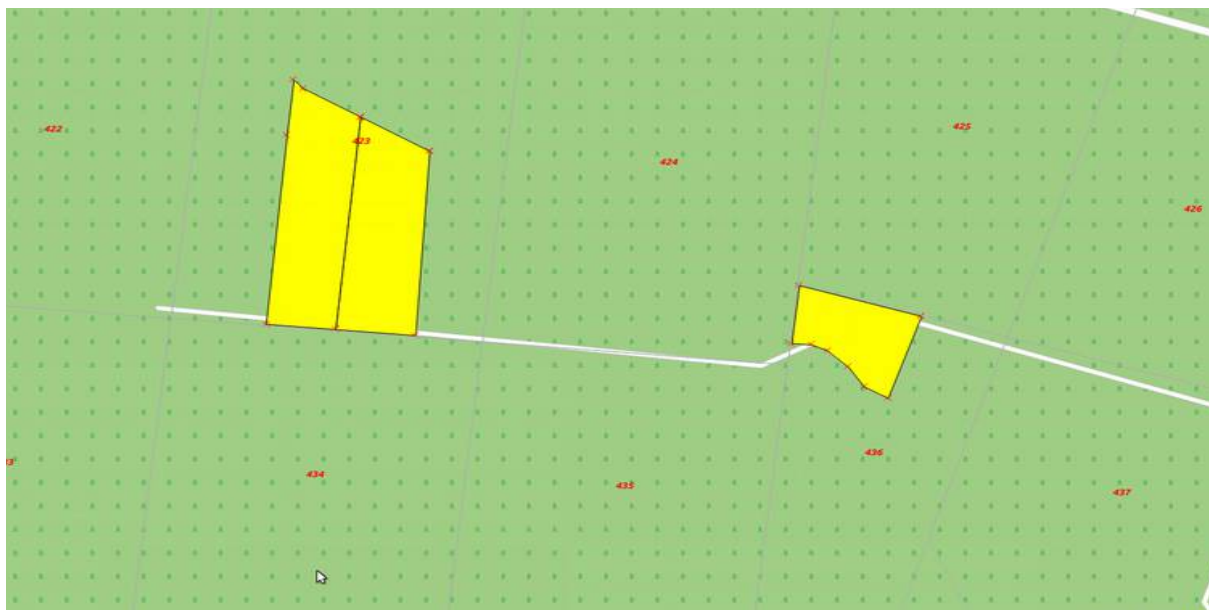
Veicot bojājumu uzskaiti, ar augstummēru un busoli nosaka bojātā koka attālumu no tehnoloģiskā koridora centra perpendikulāri tā asij un uzskaites lapā fiksē, vai bojājums ir augstāk par 0,5 m vai zemāk par 0,5 m, vai arī kokam ir bojātas saknes. Atsevišķi fiksē iezāgējumus, kas veikti ar harvestera griezējgalvu. Par bojājumu uzskata mizas nobrāzumus, kas atsedz koksni, ja tas ir lielāks vai vienāds par 15 cm<sup>2</sup> (sērkociņu kastītes lielumā). Iezāgējumu uzskaitē iekļauj visus harvestera galvas radītos bojājumus, kuru dziļums pārsniedz 10 % no koka caurmēra. Sakņu bojājumos iekļauj pārrautas saknes līdz 70 cm attālumā no koka, kā arī sakņu kakla mizas nobrāzumus, ko uzskaita tāpat, kā stumbra bojājumus. Pārrautās saknes uzskaita kā bojājumu, ja šīs saknes nākušas no dzīva koka. Katram kokam var būt vairāki bojājumu veidi.

Bojājumus uzskaita tikai valdaudzes kokiem. Pētījuma gaitā konstatēts, ka jaunaudzēs, kur vidējā koka augstums ir mazāks par 10 m, 15 cm<sup>2</sup> ir neobjektīvs bojājumu rādītājs, jo ar tik lielu nobrāztas mizas laukumu, bojājums var būt 50 % un vairāk no koka caurmēra, tāpēc šajās audzēs par stumbra bojājumu uzskaita no 4 cm<sup>2</sup> vai 30 % no koka caurmēra bojājuma vietā.

Uzskaites laikā bojātos kokus marķē ar krāsu un pēc pievešanas otrreiz neuzskaita, fiksējot tikai pievešanas laikā radītos bojājumus.

## **Pētījumu objekti**

Izmēģinājum atlasītas 3 jaunaudzes AS "Latvijas valsts meži" (LVM) valdījumā esošajos mežos Vidusdaugavas mežsaimniecības 502 iecirknī (Att. 3).



Att. 3: Lapkoku jaunaudžu un krājas kopšanas izmēģinājumu objekti pie Skrīveriem.

Atlasīto audžu raksturojums pirms kopšanas dots Tab. 2. Nogabali 502-425-5 un 502-423-6 raksturo novēlotu kopšanu, bet nogabals 502-436-1 – savlaicīgu kopšanu. Nevienā no audzēm iepriekš nav veikta sastāva kopšana.

Tab. 2: Jaunaudžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas

Audzes kods	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha <sup>-1</sup>	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējā koka augstums, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Stumbra biomasa, tonnas ha <sup>-1</sup>	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
502-423-5	3,8	B	2850	9,9	14,3	22,1	172,9	81,2	0,06
502-423-6	3,6	B	3250	10,6	15,4	28,5	239,5	110,1	0,07
502-436-1	1,8	B	2829	8	12,3	14,4	99,1	45,5	0,04

Audzū izkopšanā izmantotas 4 darba metodes. Tehnoloģisko koridoru raksturojums dots Tab. 3. Ar attiecīgo darba metodi izkopto platību apmērs dots Tab. 4. Ražības aprēķinos nav izmantoti dati, kas iegūti koridoros ar nozāģētu pamežu.

Tab. 3: Jaunaudžu uzmērījumu rezultātu kopsavilkums

Audzes kods	Tehnoloģiskais koridors	Slejas garums, m	Slejas platums, m	Slejas platība, m <sup>2</sup>	Darba metode	Pamežs
502-423-5	1	397	18	7146	1	Saglabāts
502-423-5	2	401	18	7218	2	Saglabāts
502-423-5	3	396	18	7128	3	Saglabāts
502-423-5	4	390	18	7020	5	Saglabāts
502-423-5	5	375	18	6750	2	Saglabāts
502-423-6	7	357	18	6426	2	Saglabāts
502-423-6	8	352	18	6336	1	Nozāģēts līdz 50 mm
502-423-6	9	322	18	5796	5	Nozāģēts līdz 30 mm
502-423-6	10	315	18	5670	3	Nozāģēts līdz 30 mm
502-423-6	11	312	18	5616	2	Nozāģēts līdz 30 mm
502-423-6	12	309	18	5562	1	Nozāģēts līdz 30 mm

Audzes kods	Tehnoloģiskais koridors	Slejas garums, m	Slejas platums, m	Slejas platība, m <sup>2</sup>	Darba metode	Pamežs
502-436-1	1	126,8	16	2029	2	Nozāgēts līdz 50 mm
502-436-1	2	116,4	16	1862	2	Nozāgēts līdz 50 mm
502-436-1	3	109,2	16	1747	2	Nozāgēts līdz 30 mm
502-436-1	4	89,9	16	1438	2	Nozāgēts līdz 30 mm
502-436-1	5	50,1	16	802	2	Saglabāts
502-436-1	6	28,4	16	454	2	Saglabāts

Tab. 4: Ar attiecīgo darba metodi izkoptā platība

Darba metode	Izkoptā platība, ha
1.	0,71
2.	3,43
3.	1,28
4.	1,28

Izkopto jaunaudzū raksturojums un stāvokļa izmaiņas dots Tab. 5 un Tab. 6. Nozāgētās krājas raksturojums dots Tab. 7. Vidēji visās audzēs nozāgēti 55 % no kokiem, kas krūšu augstumā resnāki par 4 cm. Nozāgēto koku krāja un biomasa ir 30 % no sākotnējiem rādītājiem. Lielākais krājas īpatsvars nozāgēts lielāko koku audzēs, kur kopšanas intensitāti nosaka pēc minimālā saglabājamā šķērslaukuma. Vidējā koka caurmērs pēc kopšanas palielinājies par 22 %, visvairāk lielāko koku audzēs; bet vidējā koka stumbra tilpums pieaudzis vidēji par 60 %. Vidējā nozāgētā koka caurmērs atbilstoši sākotnējiem un pēc kopšanas veikto mērījumu rezultātiem audzēs ar lielākiem kokiem ir vidēji 7,5 cm un audzē ar mazākiem kokiem (502-436-1) – 5 cm. Vidējā nozāgētā koka caurmērs ir par 30 % mazāks, nekā sākotnējais vidējā koka caurmērs audzē.

Salīdzinot saglabāto koku augstumu un prasības minimālajam šķērslaukumam, objektos 502-423-5 un 502-423-6 šķērslaukumu varēja samazināt vēl, attiecīgi, par 2,4 m<sup>2</sup> un 1,6 m<sup>2</sup>, bet 502-436-1 šķērslaukums pēc kopšanas ir mazāks par minimālo par 1,4 m<sup>2</sup>. Būtiski, ka pirms kopšanas lēmums par kopšanas intensitāti pieņemts, izmantojot netiešo metodi – pēc koku skaita, bet pēc kopšanas vidējā koka augstums būtiski palielinājās un kopšanas rezultātu vērtē pēc šķērslaukuma. Izstīdējušu koku audzēs aprēķinu atšķirība starp abām metodēm ir būtiska un var radīt pārpratumus kopšanas kvalitātes vērtēšanā.

Ražības aprēķinos izmantoti dati par pievestā materiāla apjomu un harvesteru uzskaites dati, pieņemot, ka 1. darba metodē harvesteru uzskaites rezultāti ir precīzi, bet pārējās darba metodēs harvesteru uzskaitītā un pievestā materiāla starpību veido daļēji atzarotā sīkkoksne. Jāņem vērā, ka pievestās kravas nebija iespējams nosvērt, tāpēc pievestais sīkkoksnes apjoms var būt pārspīlēts.

Tab. 5: Jaunaudzū taksācijas rādītāji pēc kopšanas

Audzes kods	Platība, ha	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha <sup>-1</sup>	Vidējā koka caurmērs, cm	Vidējais koku augstums, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Stumbra krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Stumbra biomasa, t ha <sup>-1</sup>	Vidējais koks, m <sup>3</sup>
502-423-5	3,8	B	1082	12,6	15,3	13,4	109,1	49,2	0,11
502-423-6	3,6	B	893	13,9	17,9	13,6	121,2	55,8	0,12
502-436-1	1,8	B	1167	9,7	13,7	8,6	62,2	29,3	0,05

Tab. 6: Stāwokļa salīdzinājums pirms un pēc kopšanas

Audzes kods	Stāwokļa izmaiņas						
	koku skaits	G	M	stumbra biomasa	D	H	vidējā koka tilpums
502-423-5	-63%	-39%	-33%	-38%	28%	16%	80%
502-423-6	-61%	-43%	-39%	-37%	22%	18%	58%
502-436-1	-40%	-18%	-16%	-15%	17%	10%	42%
Vidēji	-55%	-33%	-29%	-30%	22%	15%	60%

Kopā, atbilstoši sākotnējā un beigu stāwokļa novērtējumam, visās audzēs nozāģēti 580 m<sup>3</sup> koksnes, vidēji 56 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, tajā skaitā 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-3</sup> novēlotā kopšanā un 16 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> savlaicīgā kopšanā.

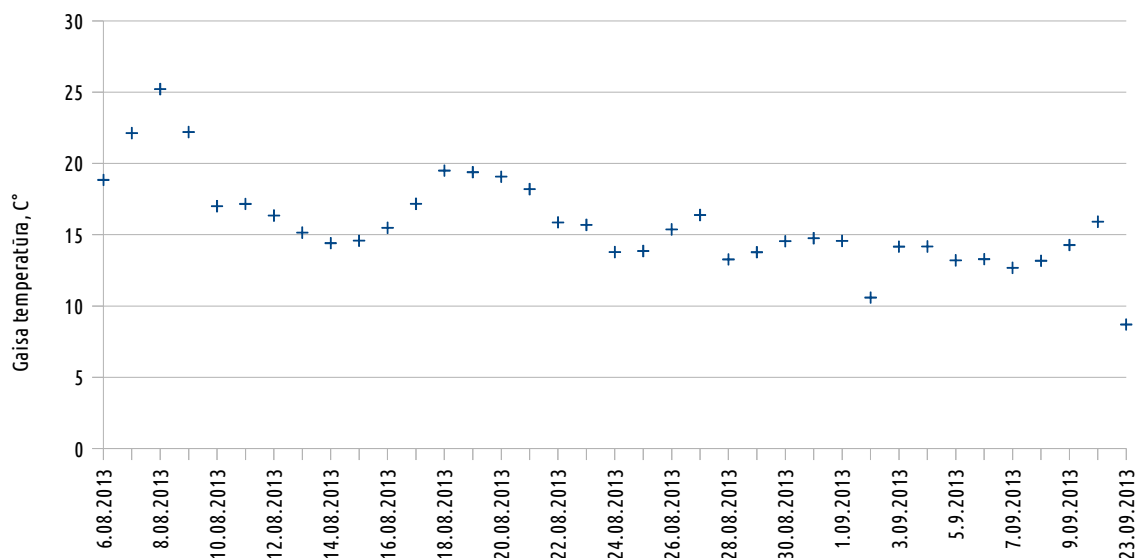
Tab. 7: Nozāģētās koksnes raksturojums

Audzes kods	Nozāģētās biomasas raksturojums, vidēji uz 1 ha					Nozāģētās biomasas raksturojums, kopā			
	N, gab.	vidējā koka tilpums, m <sup>3</sup>	G, m <sup>2</sup>	M, m <sup>3</sup>	stumbra biomasa, tonnas	N, gab.	G, m <sup>2</sup>	M, m <sup>3</sup>	stumbra biomasa, tonnas
502-423-5	1787	0,032	8,7	56,6	33,1	6 790	33	215	126
502-423-6	1994	0,047	12,2	93,6	42,8	7 180	44	337	154
502-436-1	1145	0,013	2,6	15,5	7,5	2 061	5	28	14
Kopā	-	-	-	-	-	16 031	82	580	293

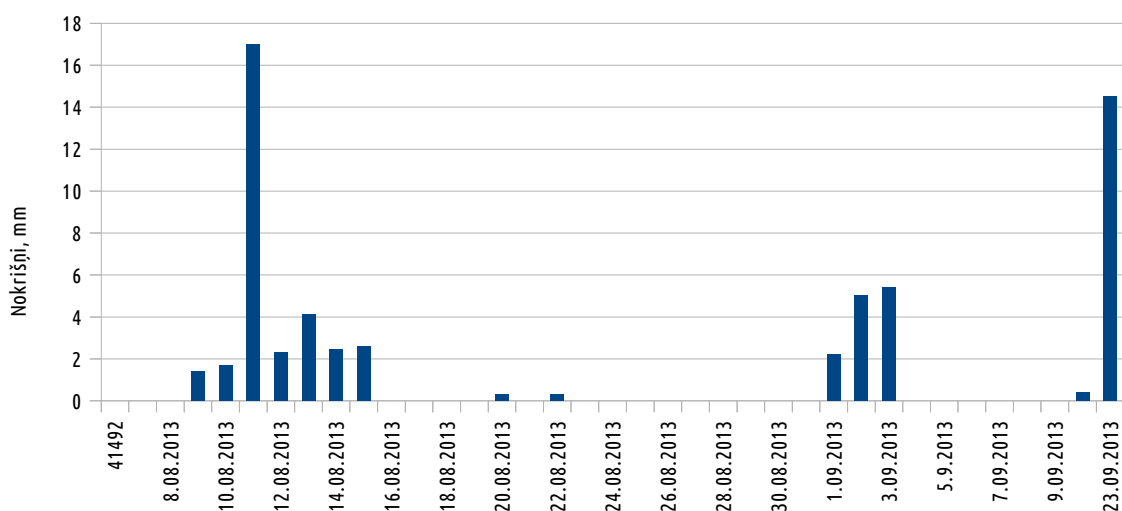
## Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Jaunaudzū kopšanas darbi izmantojot Timbear harvesteru veikti laikā no 06.08.2013. līdz 23.09.2013. Vidējā diennakts gaisa temperatūra augustā bija 17 °C, savukārt septembrī 13 °C. Vidējās diennakts gaisa temperatūras dinamika pa dienām izstrādes laikā dota Att. 4, bet nokrišņu daudzums izstrādes periodā parādīts Att. 5.

Vidējais nokrišņu daudzums izmēģinājumu periodā bija 4,0 mm, ko nevarētu uzskatīt augstu. Tā kā ievērojamas temperatūras svārstības izmēģinājuma laikā novērotas netika un vidējās diennakts temperatūras izmēģinājuma laikā uzskatāmas par mērenām un sezonai atbilstošām, visticamāk vidējā gaisa temperatūra darba ražību būtiski neietekmēja. Tā kā visstiprākie nokrišņi konstatēti brīvdienā, kad jaunaudzū kopšanas darbi nenotika, kā arī dienā, kad tika pabeigta jaunaudzū kopšana, nav pamata uzskatīt, ka nokrišņi būtu varējuši būtiski ietekmēt darbu ražību.



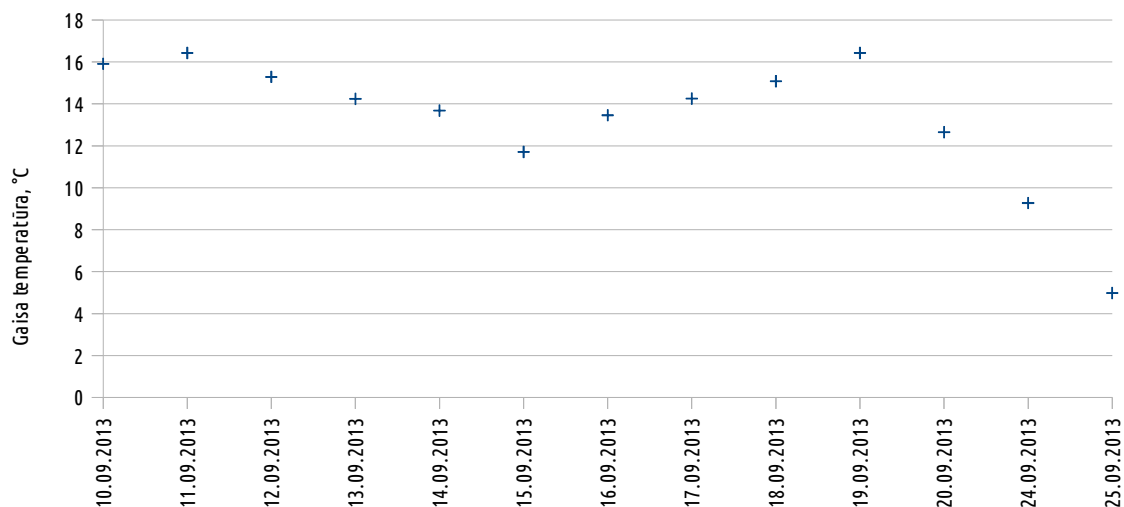
Att. 4: Vidējā gaisa temperatūra izstrādes darbu laikā.



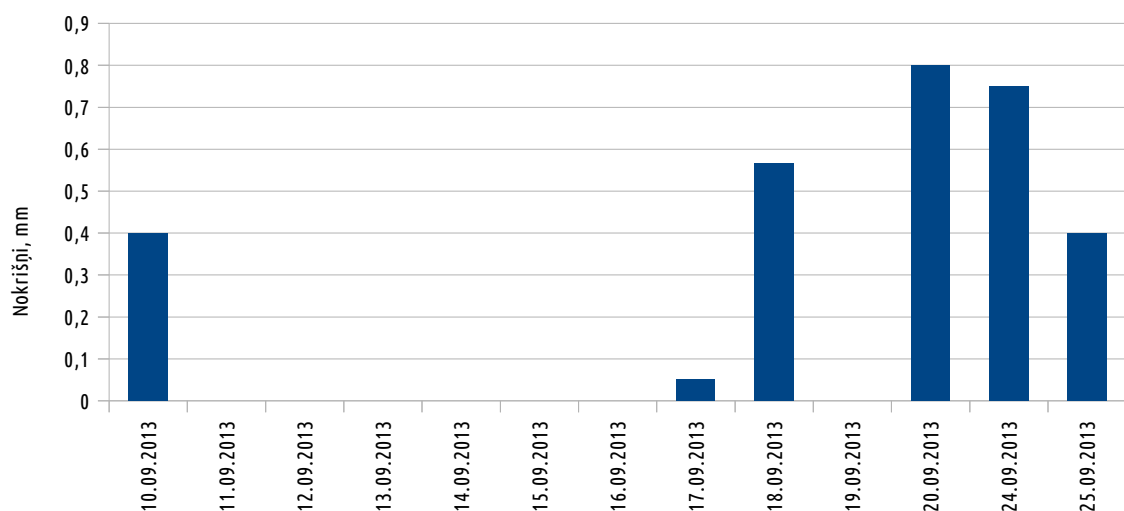
Att. 5: Nokrišņu daudzums izstrādes darbu laikā.

Sagatavoto sortimentu pievešanas darbi sākti 10.09.2013. un ilguši līdz 25.09.2013. Vidējā diennakts gaisa temperatūras pievešanas laikā bija 13 °C. Vidējās diennakts gaisa temperatūras dinamika pa dienām pievešanas laikā dota Att. 6, bet nokrišņu daudzums izstrādes periodā parādīts Att. 7.

Vidējais nokrišņu daudzums pievešanas laikā bija 0,5 mm. Visstiprākie nokrišņi novēroti divas darba dienas pievešanas darbu laikā, kas, iespējams varēja atstāt ietekmi uz pievešanas darba ražību. Diennakts vidējā gaisa temperatūra pievešanas darbu periodā bija sezonai atbilstoša un, visticamāk, būtisku ietekmi uz pievešanas darbu ražību neatstāja.



Att. 6: Vidējā gaisa temperatūra kokmateriālu pievešanas laikā.



Att. 7: Nokrišņu daudzums kokmateriālu pievešanas laikā.

## Pētījumā salīdzinātās izstrādes darba metodes

Pētījumā lapkoku audzēs salīdzinātas 4 mehanizētas jaunaudžu kopšanas darba metodes:

1. harvesters gatavo darba uzdevumā noteiktos apaļos kokmateriālus, paketēšanas funkciju neizmanto, pamežu nezāgē, ja vien tas netraucē veikt jaunaudžu kopšanu;
2. harvesters gatavo gatavo visus darba uzdevumā noteiktos standarta apaļos kokmateriālus, kā arī daļēji atzarotas sīkkoksnes sortimentu (garums 2,5-3 m, minimālais tievgaļa caurmērs 3 cm), paketēšanas funkciju izmanto kokiem, no kuriem negatavo standarta apaļos kokmateriālus, pamežu nezāgē, ja vien tas netraucē veikt jaunaudžu kopšanu;

3. harvesters gatavo visus darba uzdevumā noteiktos standarta apaļos kokmateriālus, izņemot egles TK SK un lapkoku sugu TK LK, ko novirza uz daļēji atzarotās sīkkoksnes sortimentu. Paketēšanas funkciju izmanto visiem kokiem, no kuriem negatavo standarta apaļos kokmateriālus, biokurināmā tievgaļa caurmērs 30 mm. Pamežu nezāgē, ja vien tas netraucē veikt jaunaudžu kopšanu;
4. no visiem kokiem gatavo daļēji atzarotu sīkkoksni (biokurināmo), maksimāli izmantojot paketēšanas funkciju. Pamežu nezāgē, ja vien tas netraucē veikt jaunaudžu kopšanu.

Pirmajā darba metodē harvesters neizmantoja paketēšanas funkciju, jo tradicionālos apaļos kokmateriālus gatavo, apstrādājot katru koku atsevišķi. Pārējās 3 darba metodēs paketēšanas funkcija izmantota tradicionālo sortimentu gatavošanai nepiemēroto sīkkoku apstrādei, attiecīgi, teorētiski akumulējošo funkciju visbiežāk vajadzēja izmantot, strādājot ar 4. darba metodi.

Izmēģinājumos piedalījās 2 pieredzējuši operatori. Operatori pirms tam bija izmantojuši griezējgalvas paketēšanas funkciju, taču viņiem nebija pieredzes ikdienas darbā ar šāda veida iekārtām. Operatori bija pieraduši pie tā, ka pirms kopšanas vai galvenās cirtes pameža zāgētāji novāc mazākos kokus un krūmus, kas apgrūtina redzamību.

## Mežizstrādes un pievešanas tehnika

Timbear harvarders ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme griezējgalvu (Att. 8) izmēģinājumos izmantots gan kā harvesters, gan kā pievedējtraktors. Harvestera garums ir 6 m, platums 2,2 m (2,5 m kā pievedējtraktors), pašmasa 9,5 tonnas, dzinēja jauda 130 zirgspēki, degvielas tvertne 160 L, krāna izlice 8,5 m. Degvielas patēriņš harvesteram 12,70 L stundā, forvardera režīmā – 10,80 L stundā. Degvielas patēriņš ir salīdzinoši liels dzinējam ar 130 zirgspēku jaudu. Degvielas patēriņš noteikts pēc vidējiem rādītājiem, jaunaudžu kopšanā harvestera režīmā, ja mašīna strādā ar 30-40 % noslodzi, tas var būt mazāks (8-10 L stundā).



Att. 8: Timberharvesters ar paketējošo griezējgalvu Keto 51 Supreme Ecotilt.



## Ceļu transports

Pašizmaksas modelī izmantoti pieņēmumi no pārskata par apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīgumu un izmaksām (Kalēja *et al.*, 2014). Aprēķins veikts 2 scenārijiem – patērētājam piegādā šķeldas, kas sagatavotas augšgala krautuvē ar mobilo šķeldotāju, un patērētājam piegādā daļēji atzarotus sīkkokus.

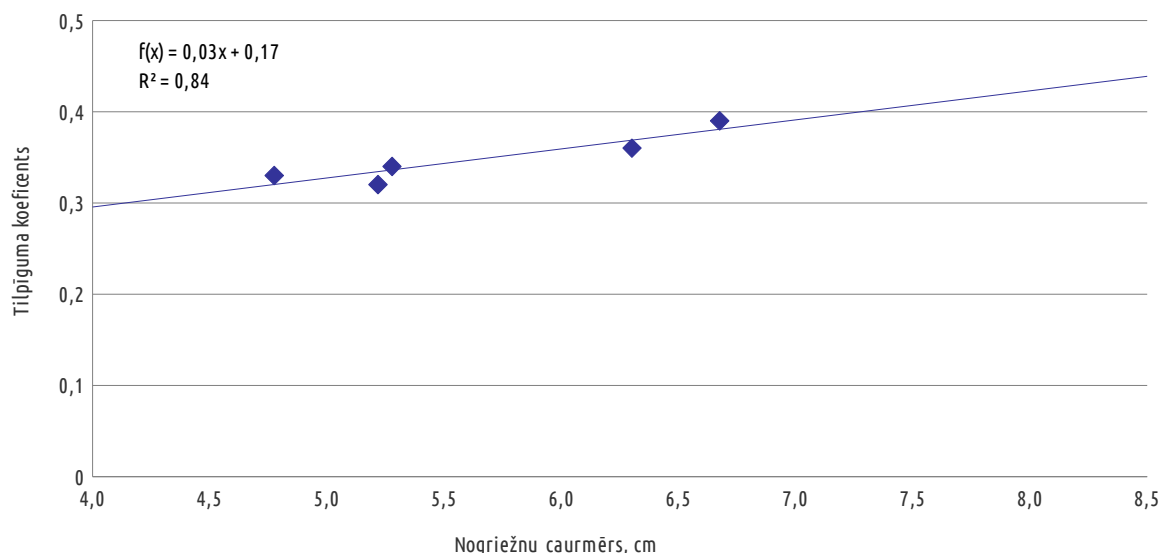
Šķeldu un apaļo kokmateriālu piegādes attālums pieņemts 50 km vienā virzienā.

### Kokvedēji

Pētījumos par daļēji atzaroto sīkkoku un šķeldu transportēšanu konstatēts, ka apaļo kokmateriālu caurmērs būtiski ietekmē daļēji atzaroto sīkkoku kravu tilpīguma koeficientu. Pieaugot sīkkoku caurmēram, palielinās kravas tilpīguma koeficients. Lapkoku sīkkoku kravu tilpīguma koeficients, neatkarīgi no kokmateriālu caurmēra, ir būtiski mazāks nekā skujkoku sīkkoku kravām. Pētījumos secināts, ka pārveidojot daļēji atzarotus lapkoku sīkkokus, neskatoties uz lielāku koksnes blīvumu un neatkarīgi no vidējā koka dimensijām, kokvedēja pilnīga noslogošana (piekraušana, lai pilna masa sasniegtu 52 tonnas) nav iespējama.

Sīkkoku transportēšanas galvenais trūkums ir kokvedēja mazā ietilpība, kas jebkuros apstākļos padara kokvedēja izmantošanu mazāk izdevīgu par šķeldu vedēja ar konteineru sastāvu vai puspiekabi izmantošanu. Izņēmums ir situācijas, kad apaļo kokmateriālu realizācijas cena ir būtiski lielāka par šķeldu realizācijas cenu. Šāda situācija teorētiski ir iespējama skujkoku kokmateriāliem, pieaugot ražošanas apjomam kokskaidu granulu rūpnīcās (Kalēja *et al.*, 2014).

Salīdzinot pētījumu ietvaros piegādāto kontrolpaku datus, ir vērojama lineāra sakarība starp nogriežņa vidējo caurmēru un tilpīguma koeficientu arī lapkoku audzēs – palielinoties nogriežņa vidējam caurmēram palielinās tilpīguma koeficients (Att. 9). Šo sakarību raksturo lineārs vienādojums ar determinācijas koeficientu ( $R^2 = 0,7385$ ). Kokmateriālu piegādes pašizmaksas jutīguma analīzē izmantots Att. 9 dotais vienādojums.



Att. 9: Vidējā caurmēra un lapkoku kravas tilpīguma koeficienta sakarība.

kokvedēja iekraušanā produktīvā darba laika īpatsvars pieņemts 100 %, izkraušanā – 98 %, atbilstoši labākajiem rādītājiem skujkoku audzēs, jo lielais neefektīvā darba laika īpatsvars lapkoku audzēs var būt neobjektīvs rādītājs, kas saistīts ar šoferu neapmierinātību par kokmateriālu kvalitāti un ilgajām diskusijām par tā transportēšanu. Vidējais produktīvais darba laiks 1 kravas iekraušanai un izkraušanai arī pieņemts atbilstoši skujkoku audzēs iegūtajiem



rezultātiem, attiecīgi, 36 min. un 19 min., jo lapkoku audzēs nenotika detalizēta darba laika uzskaitē, bet tikai kopējā darba laika hronometrāža.

### Šķeldu vedēji

Pētījumos konstatēts, ka sīkkoku šķeldu transportēšanai izdevīgāk izmantot šķeldu vedēju ar puspiekabi vai divus 55 m<sup>3</sup> lieliem uz sāniem izgāžamiem konteineriem, jo iespējams vienā kravā aizvest lielāku šķeldu masu, nepārsniedzot maksimāli pieļaujamo kravas masu. Jārisina sīkkoksnes žāvēšanas jautājums, lai varētu pilnībā izmantot šķeldu vedēju kravas telpu, nepārsniedzot maksimāli pieļaujamās mašīnu masas ierobežojumus.

Pašizmaksas un jutīguma analīzes aprēķinos pieņemts, ka sīkkoksne ir nožāvēta augšgala krautuvē un auto masas ierobežojumi nekavē pārvadāt pilnas kravas (110 m<sup>3</sup>). Pārrēķinu koeficienti, kas izmantoti šķeldu kravu raksturošanai, doti Tab. 8.

**Tab. 8: Koeficienti šķeldošanas ražības pārrēķiniem, raksturojot vienu kravu**

Variants	Kravas lielums				Pārrēķinu koeficienti šķeldu apjoma noteikšanai, ber. m <sup>3</sup>		
	tonnas sausas	dabiski mitras tonnas	m <sup>3</sup>	ber. m <sup>3</sup>	no tonnām sausas	no kravas tonnām	no m <sup>3</sup>
Daļēji atzarotu sīkkoku šķeldošana	19	31	41	110	5,79	3,55	2,68

### Šķeldotāji

Šķeldošanai izmantojot tehnoloģiskās malkas sortimentu, vidēji produktīvajā stundā iespējams sagatavot 0,9 kravas jeb 10 sausas tonnas, kas atbilst 93,8 ber m<sup>3</sup> dabiski mitra materiāla. Divu 55 m<sup>3</sup> lielu konteineru piešķeldošanai patērē 70 min. darba laika, tajā skaitā mašīnu nomaiņa (Kalēja *et al.*, 2014).

## Darba laika uzskaitē

### Aprīkojums

Pētījuma ietvaros veikta izstrādes un pievešanas darba laika uzskaitē. Izstrādes un pievešanas laikā iegūtie dati salīdzināti ar kopējo patērētājam nogādātā materiāla apjomu, kas noteikta patēriņa vietā.

Darba laika uzskaitē veikta ar specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 10), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 10: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

## Kopšana

Izstrādes darba laika uzskaitē veikta 2 maiņas diennakts gaišajā laikā. Katras maiņas ilgums 8 stundas.

Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 9. Izmēģinājuma ietvaros gatavotas 4 kokmateriālu sortimentu grupas (Tab. 10). Visi biokurināmā apaļie kokmateriāli krauti vienā kaudzē gan izstrādes, gan pievešanas laikā. Zāģbaļķu apaļie kokmateriāli, papīrmalka un malka cīsmā un augšgala krautuvē nokrauta atsevišķi.

Sortimenti krauti tehnoloģiskā koridorā abās malās, mežizstrādes atliekas daļēji atstātas izklaidus, daļēji ieklātas ceļos.

Tab. 9: 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	Satvertais vid koku skaits, gab
	operators	Harvestera operatora vārds
Produktīvais darba laiks	sniedz	sniegšanās pēc koka
	satver	Koka satveršanas laiks
	zage	Koka nozāģēšana
	akumule	Paketējošā mehānisma pielietošana
	pievelk	Koku pievilkšana/ pārceļšana līdz atzarošanas vietai
	atzaro	Atzarošanai un garumošanai patērētais laiks
	zari	Zaru novietošana zaru kaudzēs
	pārbraucieni	Harvestera pozīciju maiņa
	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

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
	remon	Remonts

Tab. 10: Izmēģinājumos sagatavotie apaļie kokmateriāli

Nr.	Sortiments	Sortimenta raksturojums
1.	BAĻĶIS (10 X 14; 12x18 un 14 X 18)	Lapkoks, skujkoks, tievgalis sākot no 105 mm caurmērā; skujkoks, tievgalis sākot no 140 mm caurmērā, dažāda garuma
2.	TM	Pārējie apaļie kokmateriāli, tajā skaitā daļēji atzaroti sikkoki un koku galotnes, garums 2-4 m
3.	PM LK	Lapkoku papīrmalka, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m
4.	Malka	Malka

## Pievešana

Kokmateriālu pievešana hronometrēta pilnībā, uzskaitot daba laika patēriņu un pievestās kravas 2 maiņās.

Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi, tajā skaitā noteikts krāna ciklu skaits kravas izveidošanai. Darba laika uzskaites elementi un cita informācija, kas fiksēta hronometrāžas laikā, parādīta Tab. 11.

Tab. 11: Pievešanas darba laika uzskaites elementi

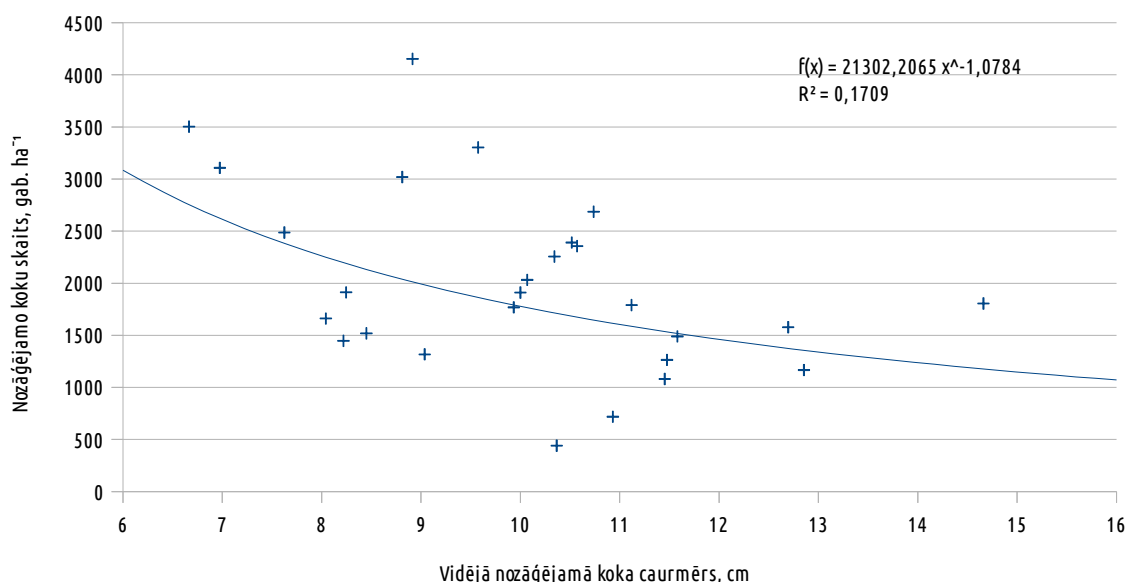
Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	skielade	iekraušanas ciklu skaits
	skizlade	izkraušanas ciklu skaits
	operators	pievedējtraktora operatora vārds
	sortiments	pievestais sortiments
	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Produktīvais darba laiks	iebrauc	iebraukšanas cīsmā laiks
	iekrauj	iekraušanas cikla laiks
	parbr	pārvietošanas pa cīsmu uzkrauoties
	ara	izbraukšana uz augšgala krautuvi
	izlade	izkraušanās laiks
	brauc	pārbraucieni augšgala krautuvē starp sortimentu kaudzēm
	iekļaj	ceļa ieklāšana
	cits	citas operācijas, t.sk. mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	remonts	tehnikas remonts
	sver	pievedējtraktora svēršana
	stop	ārpus darba laiks

## Pievestā materiāla uzskaitē

Tā kā pievešanas darbus veica Timbear traktors pievedējtraktora versijā, pievesto kravu svēršana nebija iespējama, jo harvarders ir aprīkots ar kāpurķēdēm. Pievesto kravu apjoma noteikšanai tika izmantoti Timbear traktora operatoru pievestā kokmateriālu apjoma uzskaites dati. Kravas uzskaitīja m<sup>3</sup>, ko aprēķinos pēc vajadzības pārvērtā tonnās, pieņemot, ka 1 m<sup>3</sup> atbilst 0,7 tonnas dabiski mitra materiāla.

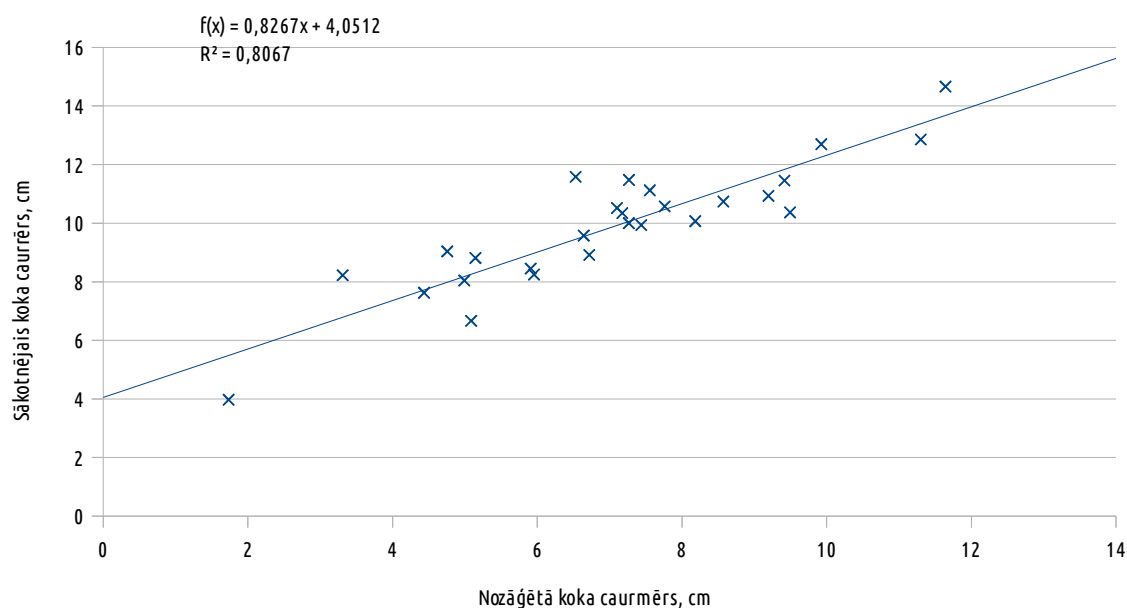
## Aprēķini pēc biomasas vienādojumiem

Nozāgējamo koku skaitu sadalījumā pa caurmēra pakāpēm raksturo pakāpes vienādojums, kas dots Att. 11.



Att. 11: Nozāgējamo koku skaits.

Nozāgējamo koku caurmēra aprēķināšanai no sākotnējā koka caurmēra izmanto Att. 12 doto lineārās regresijas vienādojumu.



Att. 12: Nozāgējamo koku caurmērs.

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

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

$$V = \Psi * L^a * D^{\beta * \lg(H) + \varphi}$$

Koku sugai atbilstoši pārrēķina koeficienti doti Tab. 12

**Tab. 12: Pārrēķina koeficienti mežaudzes krājas aprēķināšanai**

Koku suga	$\Psi$	$\alpha\alpha$	$\beta\beta$	$\varphi\varphi$
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
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:

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

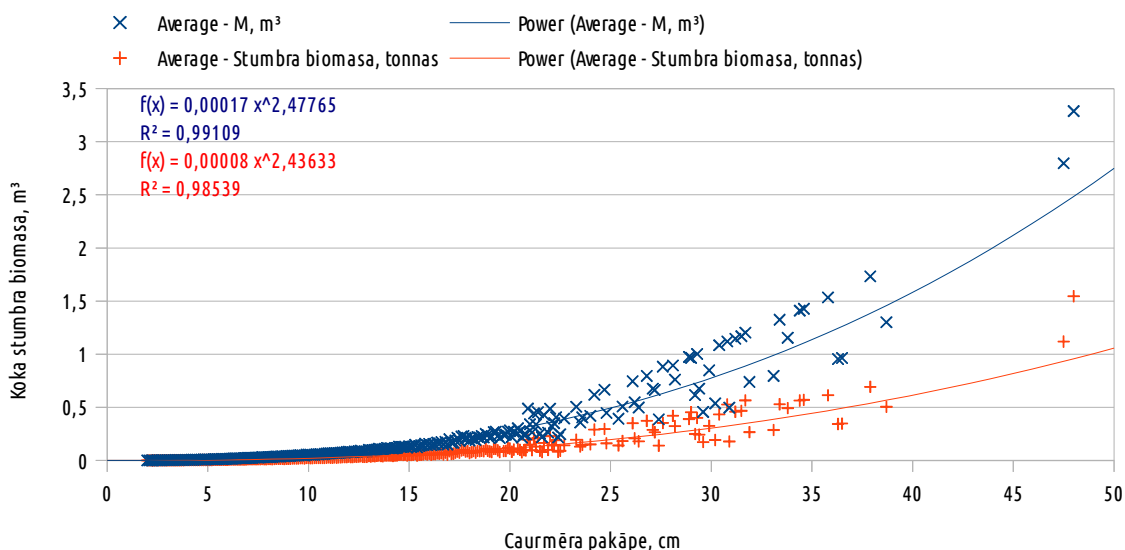
$$D - \text{caurmērs } 1,3 \text{ m augstumā (cm)}.$$

X un Y pārrēķina koeficienti doti Tab. 13.

**Tab. 13: Pārrēķina koeficienti koku virszemes biomasas aprēķināšanai**

Koku suga	xx	yy
Egle	0,0002	2,3519
Priede	0,00007	2,5639
Apse	0,00006	2,6631
Bērzs	0,00006	2,724

Nozāgētajiem kokiem nav noteikta suga, tāpēc izstrādātā krāja un biomasas aprēķināta, izmantojot regresijas vienādojumus, kas iegūti, salīdzinot visu pētāmās audzēs uzmērīto koku caurmēru, krājas un stumbra biomasas sakarības. Att. 13 parādīti pakāpes vienādojumi, kas izmantoti nozāgēto koku krājas un stumbra biomasas aprēķināšanai pēc darba laika uzskaites datiem.



Att. 13: Koku stumbra biomasas aprēķināšanas vienādojumi.

## Bojājumu un kopšanas kvalitātes uzskaitē

### Taksācijas rādītāju un kopšanas kvalitātes noteikšana

Parauglaukumu ierīkošana un uzskaitē pēc kopšanas, tajā skaitā koku izvietojuma uzskaitē. Atstāto sortimentu uzskaitē.

### Bojājumu un atstāto sortimentu uzskaitē

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.

Atstātie apaļie kokmateriāli tika uzskaitīti atsevišķi katrai slejai. Par atstātajiem apaļie kokmateriāliem tika uzskatīti stumbra nogriežņi, kuriem abi gali nozāgēti un to garumi vismaz 3 m, un kuri palikuši audzē pēc kokmateriālu pievešanas. Atstātajiem nogriežņiem tika noteikta suga, sortimenta veids un vidus caurmērs. Par atstātajiem apaļie kokmateriāliem netika uzskaitīti nogriežņi, kas ieklāti pievešanas ceļos.

## Meža tehnikas ietekme uz vidi

### Meža tehnikas ietekme uz augsni

Augsnes pretestība mērīta ar Eijkelkamp firmas ražojuma penetrolu (Att. 14). Parauglaukumi pētījuma veikšanai izvietoti uz tehnoloģiskajiem koridoriem ik pēc 50 m. 10 m no katra parauglaukuma audzes neskartajā daļā veikti kontroles mērījumi. Katrā parauglaukumā veiktas 3 penetrācijas. Augsnes pretestība mērīta līdz 80 cm dziļumam, ja tas iespējams.



Att. 14: Eijkelkamp penetroleris (Eijkelkamp, 2007).

## Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze

Pašizmaksas aprēķins veikts saskaņā ar Tab. 14 doto pašizmaksas aprēķina gaitu. Kokmateriālu piegādes un šķeldošanas izmaksu aprēķinos izmantoti dati, kas nav iegūti konkrēto izmēģināju ietvaros, bet citos izmēģinājums (Kalēja *et al.*, 2014). Harvesteru un pievedējtraktora investīciju sadalījums novērtēts proporcionāli mašīnas noslodzei dažādos darbos, pieņemot, ka viena un tā pati mašīna veic gan pievešanu, gan kopšanu, attiecīgi, arī darba stundu skaits ir sadalīts proporcionāli mašīnas noslodzei dažādos darbos.

Tab. 14: Pašizmaksas aprēķinu gaita

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Investīcijas					
Sākotnējās investīcijas, EUR			A		
Nolietojuma periods, gadi			B		
Aizdevuma procentu likme, %			C		
Atlikusī vērtība, EUR	D		$P=0,15 * M$		
Investīciju koeficients	E		$Q=\frac{\frac{O}{100}*(1+\frac{O}{100})^N}{(1+\frac{O}{100})^N-1}$		
Investīcijas, EUR gadā	F		$R=Q*(M-P)$		
Atalgojums					
Algas likme, EUR stundā			G		
Soc. nodoklis, %			H		

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Darba dienas gadā	I				
Maiņas ilgums, stundas	J				
Virsstundas maiņā, stundas	K				
Virsstundu atalgojums, EUR stundā	L	X = S			
Maiņu skaits dienā	M				
Lietderības koeficients	N				
Tehnikas pārvietošana, reizes gadā	O				
Pārbrauciena ilgums, stundas	P				
Virsstundas gadā	Q	AC = U * W * Y			
Normālās darba stundas gadā	R	AD = U * V * Y			
Motorstundas gadā	S	AE = (AD + AC) * Z – AA * AB			
Atalgojums par normālo darbu, EUR gadā	T	AF = S * AD			
Atalgojums par virsstundām, EUR gadā	U	AG = X * AC			
Sociālais nodoklis, EUR gadā	V	AH = (AF + AG) * T			
Atalgojums kopā, EUR gadā	W	AH = (AF + AG) * T			
Operacionālās izmaksas					
Degviela, EUR L <sup>-1</sup>	X	AJ = B			
Smērvielas, EUR 400 g <sup>-1</sup>	Y				
Degvielas patēriņš, L ber. m <sup>3</sup>	Z				
Degvielas patēriņš motorstundā, L	AA				
Degvielas patēriņš, L 100 km <sup>-1</sup>	AB				
Smērvielas, g motorstundā	AC				
Remonti, EUR motorstundā	AD				
Šķeldotāja naži, EUR ber. m <sup>3</sup>	AE				
Pārvietošanās izmaksas, EUR pārbrauciens	AF				
Apdrošināšana, EUR gadā	AG				
Degvielas izmaksas, EUR gadā	AH	AT = AM * AJ * AE			
Smērvielas, EUR gadā	AI	AT = AO * AK * AE			
Remonti, EUR gadā	AJ	AV = AP * AE			
Tehnikas pārvešana, EUR gadā	AK	AW = AR * AA			
Operacionālās izmaksas kopā, EUR gadā	AL	AX = AW + AV + AU + AT			



Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Kopējās izmaksas, tūkst. EUR gadā	AM	$AY = \frac{AX + AI + AS}{1000}$			
Izmaksas darba stundā, EUR	AN	$AZ = \frac{AY}{AC + AD}$			
Izmaksas motorstundā, EUR	AO	$BA = \frac{AY}{AE}$			
EUR ber. m <sup>3</sup> (tonna <sup>1</sup> )	AP	$BB = \frac{AY * 1000}{BM}$			
Darba ražīgums					
Iekraušana, min kravai	AQ				
Izkraušana, min kravai	AR				
Gaidīšanas laiks min kravai	AS				
Vidējais ātrums <sup>2</sup> , m min <sup>-1</sup> ; km h <sup>-1</sup>	AT				
Attālums vienā virzienā <sup>3</sup> , m; km	AU	-	BG = C	-	BG = D
Braukšanas laiks, min	AV	$BH = \frac{BG * 2}{BF}$ (pievedējtraktors) $BH = \frac{BG * 2}{BF} * 60$ (kravas mašīnas)			
Mašīnas darba laiks kravai, min	AW	BI = BH + BC + BD + BE			
Mašīnas darba laiks kravai, stundas	AX	$BJ = \frac{BI}{60}$			
Vidējā krava <sup>4</sup> , ber. m <sup>3</sup> (sausnas tonnas)	AY				BK = H
Darba ražīgums, ber. m <sup>3</sup> (tonnas <sup>5</sup> ) motorstundā	AZ	-	$BL = \frac{BK}{BJ}$	96,51	$BL = \frac{BK}{BJ}$
Ražošana, ber. m <sup>3</sup> gadā	BA	BM = BL * AE * J			
Krāja, ber. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	BB				
Kopējais darba laiks, ha	BC	$BO = \frac{\frac{BN}{J}}{\frac{BL}{Z}}$			
Ražošana, ha gadā	BD	$BP = \frac{BM}{BN}$			
Ietekme uz vidi					
Degvielas patēriņš, L gadā	BE	BQ = AM * AE			

<sup>1</sup> Pievedējtraktoram izmaksas izteiktas Ls tonnā.<sup>2</sup> Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km h<sup>-1</sup>; pievedējtraktoram – m min<sup>-1</sup>.<sup>3</sup> Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km; pievedējtraktoram – m.<sup>4</sup> Sausnas tonnās izsaka pievedējtraktora kravu.<sup>5</sup> Sausnas tonnas pievedējtraktora darba ražīguma apzīmēšanai.

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Degvielas patēriņš, L ber. m <sup>3</sup>	BF	$BR = \frac{BQ}{BM}$			
Oglekļa emisijas, kg ber. m <sup>3</sup>	BG	$BS = BR * K * L$			
Oglekļa saturs koksnē, kg ber. m <sup>3</sup>	BH	$BT = \frac{I}{J}$			
Oglekļa bilance	BI	$BU = \frac{BT}{BS}$			

# REZULTĀTI

## Darba laika uzskaites kopsavilkums

Izmēģinājumā veikta izstrādes un pievešanas darba laika uzskaitē. Izstrādes darba laika uzskaitē veikta katram krāna ciklam atsevišķi. Pievešanas darba laika uzskaites veikta, summējot vienai kravai patērēto darba laiku sadalījumā pa darba laika elementiem. Kravas nav svērtas, bet, mērot krautuves, uzskaitīts pievestais apjoms.

## Izstrādes darba ražīgums

Izstrādes izmēģinājumi veikti laikā no 06.08.2013 līdz 23.09.2013. Ar 4 dažādām darba metodēm sagatavoto sortimentu struktūra parādīta Tab. 15. Visi tradicionālie apaļo kokmateriālu apaļie kokmateriāli ir gatavots 1. un 2. darba metodē. Jaunaudžu kopšanā gatavotie zāgbaļķu apaļie kokmateriāli dalīti atkarībā no tievgaļa caurmēra. Zāgbaļķi un papīrmalka gatavoti arī 3. darba metodē, bet atsevišķi nav gatavots malkas sortiments. Sīkkoksne, kas atbilst malkas sortimenta kvalitātes prasībām, gatavota kā daļēji atzarota tehnoloģiskās malkas sortiments. Izmantojot 4. darba metodi, visa jaunaudžu kopšanā iegūtā koksne gatavota kā daļēji atzarota tehnoloģiskā malka.

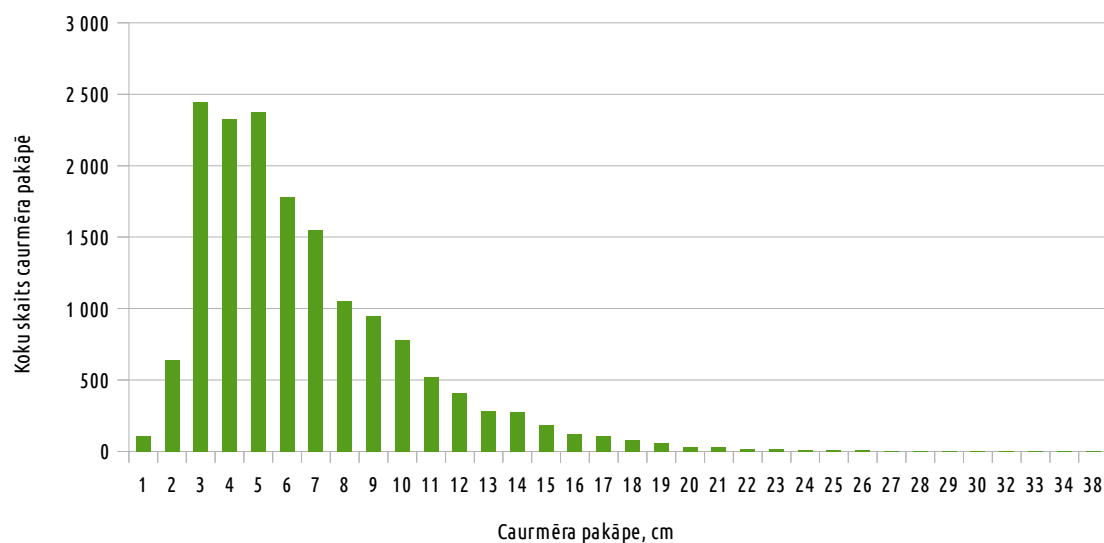
**Tab. 15 Ar dažādām darba metodēm sagatavoto sortimentu grupas**

Darba metodes	1.	2.	3.	4.
BAĻĶIS (10 X 14)	X	X	X	
BAĻĶIS (14 X 18)	X	X	X	
BAĻĶIS (12 X 18)	X	X	X	
PAPĪRMALKA	X	X	X	
MALKA	X	X		
TEHNOĻISKĀ MALKA (DAĻĒJI ATZAROTI SĪKKOKSNES SORTIMENTS)		X	X	X

Izstrādes darbi veikti 2 maiņās, pamīšus strādājot diviem operatoriem. Maiņas ilgums – 8 stundas. Darba laika uzskaitē veikta visam jaunaudžu kopšanai patērētajam darba laikam, kad mašīnas dzinējs ir iedarbināts (motorstundām) un nelieliem remontiem. Darba laika uzskaitē nav iekļauti ilgstoši remontu un dīkstāves.

Kopumā iegūti dati par 219 darba stundām, ko harvesters pavadīja, kopjot jaunaudzi. Kopējā izmēģinājumu platība 9,8 ha, kopā nozāģēti 16 207 koki. Nozāģēto koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm dots Att. 15. Lielākā daļa nozāģēto koku ir 3-5 cm resni. Tas nozīmē, ka operatori ne vienmēr ņemuši vērā norādījumu nezāģēt par 4 cm tievākos kokus. Tomēr, veicot kopšanu ar Timbear, darba gaitā tika pilnveidota darba metodika un sākotnēji tika izvirzīta prasība izzāģēt arī pamežu, kas daļēji izskaidro lielo 3 cm resno kociņu īpatsvaru.

20 % no nozāģētajiem kokiem krūšaugstuma caurmērs bija mazāks par 4 cm. Savukārt 49 % no nozāģētajiem kokiem veidoja koki, kuru krūšaugstuma caurmērs bija līdz 6 cm.



**Att. 15: Nozāgēto koku skaita sadalījums pa caurmēra pakāpēm.**

Kopējā darba laika uzskaites kopsavilkums cirsmu un darba metožu griezumā dots Tab. 16 un Tab. 17.

## Rezultāti

Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums

**Tab. 16: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa cirmām (cmin.)**

Cirsmas kods	Darba metode	Koku skaits, gab.	Novēroju mu skaits	Sniedzas	Satver	Nozāgē	Pievelk	Atzaro	Novieto zarus	Citas operācijas	Pārbrauc	Iebrauc audzē	Izbrauc no audzes	Remontē	Zāgē pamežu	Pilda degvielu	Nedarbi	Lietkoki, gab.	Malka, gab.	Produktīvais laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais darba laiks
502-423-5	1.; 2.; 3.; 5.	6695	4660	67681	12529	13452	36625	107909	596	21136	28779	14407	16405	106949	23639	13013	80931	1896	12290	343158	531038	312346
502-423-6	1.; 2.; 3.; 5.	8349	6731	75223	17288	20095	49910	152630	1025	19292	28936	5878	67163	64731	21934	38984	178486	4457	16901	459374	702591	386333
502-436-1	2	1163	680	12933	1911	1660	6362	12590	23	2899	5011	244	322	4805	3454	889	30586	363	1411	47409	82800	46843

**Tab. 17: Darba laika uzskaites kopsavilkums pa darba metodēm (cmin)**

Darba metode	Koku D, cm	Koku skaits, gab.	Novēroju mu skaits	Sniedzas	Satver	Nozāgē	Pievelk	Atzaro	Novieto zarus	Citas operācijas	Pārbrauc	Iebrauc audzē	Izbrauc no audzes	Remontē	Zāgē pamežu	Pilda degvielu	Nedarbi	Lietkoki, gab.	Malka, gab.	Produktīvais laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais darba laiks
1.	8,26	2944	2899	27417	6103	8562	17466	66242	841	12314	18993	4765	6772	63828	16419	0	47748	3232	3385	185894	297470	174357
2.	6,95	5547	4290	52871	10657	11395	33363	93603	406	11645	23130	3476	11725	72259	23752	889	103896	3410	8516	276023	452178	260822
3.	7,35	2656	1533	30930	5574	6887	14131	41168	145	9323	9741	6246	5146	25873	3661	12	69888	74	6716	132952	228713	121560
4.	7,56	5059	3349	44611	9391	8354	27937	72116	252	10045	10862	5575	60247	14525	5178	51985	68284	0	11985	254568	337377	18874

Analizējot produktīvā laika īpatsvaru kopējā darba laikā, jāsecina, ka produktīvā laika īpatsvars veido vien 62 % jeb nedaudz vairāk kā pusi no kopējā jaunaudžu kopšanai patērētā darba laika un uzskatāms par salīdzinoši zemas produktivitātes rādītāju. Attiecīgi tiešais darba laiks, kas saistīts ar tiešo darbu sortimentu sagatavošanā, veido vidēji 91 % no produktīvā darba laika, ko varētu uzskatīt par augstu rādītāju (Tab. 18).

**Tab. 18: Darba laika īpatsvars sadalījumā pa cirmām**

Cirsmas kods	Tiešais darba laiks no produktīvā darba laika	Produktīvais darba laiks no kopējā darba laika
502-423-5	91%	65%
502-423-6	84%	65%
502-436-1	99%	57%

Vidējie rādītāji par produktīvā darba laika patēriņu 1 m<sup>3</sup> koksnes izstrādei, 1 tonnas sagatavošanai, 1 koka apstrādei un 1 ha izstrādei doti Tab. 19, Tab. 20, Tab. 21 un Tab. 22.

Tab. 19: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 m³ kokmateriālu sagatavošanai (cmin.)

Cirsmas kods	Sagatavotie kokmateriāli, m³	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Produktīvais darba laiks
502-423-5	225	300,6	55,7	59,8	162,7	479,3	2,7	93,9	127,8	64,0	72,9	105,0	1524,3
502-423-6	329	228,7	52,6	61,1	151,7	463,9	3,1	58,6	88,0	17,9	204,2	66,7	1396,3
502-436-1	10	1237,8	182,9	158,9	608,9	1204,9	2,2	277,5	479,6	23,4	30,8	330,6	4537,3

Tab. 20: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 tonnas stumbra biomasas sagatavošanai (cmin.)

Cirsmas kods	Stumbra biomasas, tonnas	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Produktīvais darba laiks
502-423-5	108	626,3	115,9	124,5	338,9	998,6	5,5	195,6	266,3	133,3	151,8	218,8	3175,6
502-423-6	158	476,4	109,5	127,3	316,1	966,6	6,5	122,2	183,2	37,2	425,3	138,9	2909,1
502-436-1	5	2578,7	381,0	331,0	1268,5	2510,3	4,6	578,0	999,1	48,7	64,2	688,7	9452,7

Tab. 21: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 koka apstrādei (cmin.)

Cirsmas kods	Koku skaits, gab	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Produktīvais darba laiks
502-423-5	6695	10,1	1,9	2,0	5,5	16,1	0,1	3,2	4,3	2,2	2,5	3,5	51,3
502-423-6	8349	9,0	2,1	2,4	6,0	18,3	0,1	2,3	3,5	0,7	8,0	2,6	55,0
502-436-1	1163	11,1	1,6	1,4	5,5	10,8	0,0	2,5	4,3	0,2	0,3	3,0	40,8

Tab. 22: Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 ha kopšanai (cmin.)

Cirsmas kods	Audzes platība, ha	Sniegšanās	Satveršana	Nozāģēšana	Pievilkšana	Atzarošana	Zaru novietošana	Citas operācijas	Pārbraucieni pa audzi	Iebraukšana audzē	Izbraukšana no audzes	Pameža zāģēšana	Produktīvais darba laiks
502-423-5	3,8	17810,8	3297,1	3540,0	9638,2	28397,1	156,8	5562,1	7573,4	3791,3	4317,1	6220,8	90304,7
502-423-6	3,6	20895,3	4802,2	5581,9	13863,9	42397,2	284,7	5358,9	8037,8	1632,8	18656,4	6092,8	127603,9
502-436-1	1,8	7185,0	1061,7	922,2	3534,4	6994,4	12,8	1610,6	2783,9	135,6	178,9	1918,9	26338,3

Atbilstoši pētījuma rezultātiem vidējais tiešais produktīvais darba laiks<sup>6</sup> 1 koka izstrādei ir 29 sekundes, 1 ha izstrādei – 814 minūtes (13 stundas), 1 m<sup>3</sup> sagatavošanai – 25 min.

Abu izmēģinājumā iesaistīto operatoru darba ražīguma rādītāju salīdzinājums dots Tab. 23. Statistiski būtiskas atšķirības abu operatoru sniegtajā nav konstatētas. Atšķirības vidējos rādītājos skaidrojamas ar to, ka 1. operators vairāk nozāgēja mazākus kokus, kas samazināja vidējos ražības rādītājus.

Tab. 23: Darba ražīguma rādītāju salīdzinājums starp operatoriem (cmin.)

Operators	Produktīvais darba laiks, cmin.	Biomasa kopā, kg	Apjoms, m <sup>3</sup>	Tiešais darba laiks, cmin.	Tiešais darba laiks 1 kokam	Tiešais darba laiks darba ciklam	Tiešais darba laiks uz 1 m <sup>3</sup>	Koka stumbra krāja, m <sup>3</sup>	Vidējā stumbra biomasa, kg	Koku skaits, gab.	Koku skaits, gab.
1	422 765	123 283	257	394 779	58	70	6 952	0,04	21,0	1,4	7 792
2	427 176	147 705	308	350 743	48	56	6 270	0,05	22,7	1,3	8 415

Tā kā abu operatoru ražīguma rādītāji ir līdzīgi un statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas, turpmākos aprēķinos būtu jāizmanto vidējie rādītāji par operatoru darba ražīgumu.

## Pievešanas ražīgums

### Pievestais materiāls

Kopā izmēģinājumos pievestas 458 m<sup>3</sup> jeb 321 tonnas kokmateriālu, izvestas 79 kravas ar vidējās kravas masu 5,8 m<sup>3</sup> jeb 4 tonnas. Lielākā krava bija 7 m<sup>3</sup> jeb 4,9 tonnas, mazākā attiecīgi 3,4 m<sup>3</sup> jeb 2,4 tonnas. Dažādos darba metožu variantos pievesto kravu apjoms parādīts Tab. 24.

Tab. 24: Vidējā krava dažādos izstrādes variantos.

Darba metode	Vidējā krava, m <sup>3</sup>
1	6,0
2	5,8
3	5,1
4	6,1
Vidēji	5,8

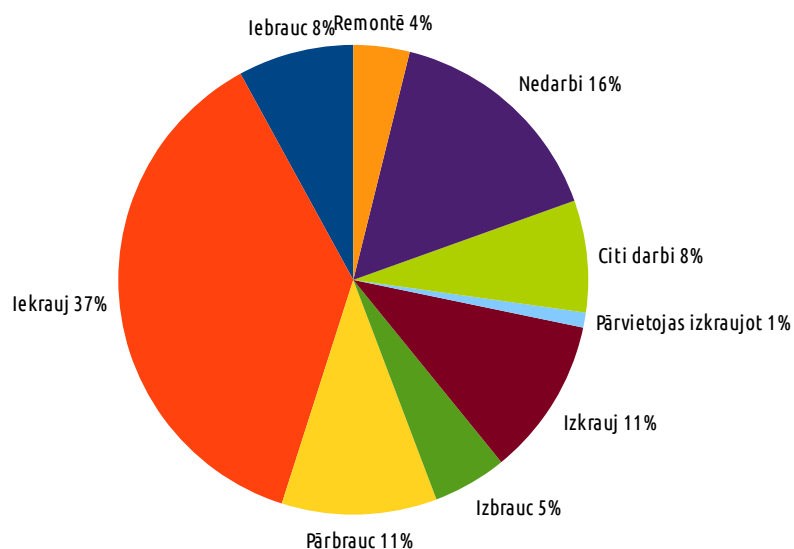
Pētījuma rezultāti neparāda kravu lieluma atšķirības tendenci dažādām darba metodēm, taču tas var būt skaidrojams ar pieredzes trūkumu daļēji atzarotu sīkkoku kravu uzskaitē. Objektīvi rezultāti par atšķirībām kravu lielumā iegūstami, izmantojot krāna svarus turpmākajos pētījumos.

### Pievešanas ražīguma rādītāji

Pievešanas darba laika uzskaitē sastāvēja no 11 atsevišķām darbībām. Vislielāko īpatsvaru veido "iekraušana", kas ietver laiku, kas tiek patērēts sniedzoties pēc sortimenta, satverot to un ievietojot kravas tilpnē. Pievešanas laikā nebija nepieciešams veikt ceļa ieklāšanu kā arī netika svērts pievedējtraktors (Att. 16).

<sup>6</sup> Vidējais tiešais laiks ir produktīvais darba laiks, izņemot iebraukšanu cīsmā un izbroukšanu no cīsmas.





**Att. 16: Darba laika sadalījums pievešanā.**

Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums cirsmu un darba metožu griezumā dots Tab. 25 un Tab. 26. Produktīvais darba laiks ir 82 % no kopējā darba laika.

Tab. 25: Pievešanas darba laika kopsavilkums salīdzinājumā pa audzēm (cmin.)

Audzes kods	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Nedarbi	Remontē	Kopējais darba laiks	Produktīvais darba laiks
502-423-5	22289	89985	29191	14302	26262	2211	14450	37905	9304	247842	198690
502-423-6	23944	122397	31728	15861	37872	4295	31227	53626	5970	334264	267324
502-436-1	6173	31689	9455	3219	7520	174	5026	11441	10257	85456	63256

Tab. 26: Pievešanas darba laika kopsavilkums salīdzinājumā pa darba metodēm (cmin.)

Darba metode	Kvartāla Nr.	Iebrauc	Iekrauj	Pārbrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietojas izkraujot	Citi darbi	Nedarbi	Remontē	Kopējais darba laiks	Produktīvais darba laiks
1	502-423-5	2019	15567	8236	245	3227	412	3025	4263	1615	38609	32731
	502-423-6	6924	40298	13469	2854	10519	1407	10810	13997	2	100280	86281
1. metode		8943	55865	21705	3099	13746	1819	13835	18260	1617	138889	119012
2	502-423-5	8238	36298	11901	5060	8662	1265	4971	12657	3257	92309	76395
	502-423-6	4308	20218	6577	3144	5509	976	7270	8347	2083	58432	48002
	502-436-1	9779	57343	16361	6110	14712	1167	10710	28366	10257	154805	116182
2. metode		22325	113859	34839	14314	28883	3408	22951	49370	15597	305546	240579
3	502-423-5	2833	13469	4005	2780	4741	145	1714	3789	0	33476	29687
	502-423-6	3592	15625	2303	3014	6966	618	4260	9366	2345	48089	36378
3. metode		6425	29094	6308	5794	11707	763	5974	13155	2345	81565	66065
4	502-423-5	3073	8961	2297	1608	2465	163	1745	4208	35	24555	20312
	502-423-6	5514	20602	2473	3958	7686	301	3203	4991	1540	50268	43737
4. metode		8587	29563	4770	5566	10151	464	4948	9199	1575	74823	64049
Visas metodes		39855	199287	61314	22979	52780	5691	41734	76829	18789	519258	423640

Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 kravas pievešanai dots Tab. 27, 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai – Tab. 28. Vidējais produktīvā darba laika patēriņš 1 ha pievešanai dots Tab. 29.

Vidēji 1 kravas pievešanai patērē 63 minūtes produktīvā laika, 1 tonnas pievešanai – 13,6 minūtes produktīvā laika, savukārt, 1 ha pievešanai vidēji patērēts 9 stundas produktīvā laika, tajā skaitā 10 stundas ha<sup>-1</sup> novēlotā kopšanā un 6 stundas ha<sup>-1</sup> jaunaudžu kopšanā.

**Tab. 27: Vidējais darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (cmin.)**

Cirsmas kods	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietošanas izkraujot	Citi darbi	Vidēji 1 krava
502-423-5	743	3000	973	493	875	96	482	6662
502-423-6	684	3497	907	467	1082	130	892	7659
502-436-1	441	2264	675	230	537	44	359	4549

**Tab. 28: Vidējais darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai (cmin.)**

Cirsmas kods	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietošanas izkraujot	Citi darbi	Vidēji 1 tonna
502-423-5	161	652	211	104	190	16	105	1440
502-423-6	149	760	197	98	235	27	194	1660
502-436-1	96	492	147	50	117	3	78	982

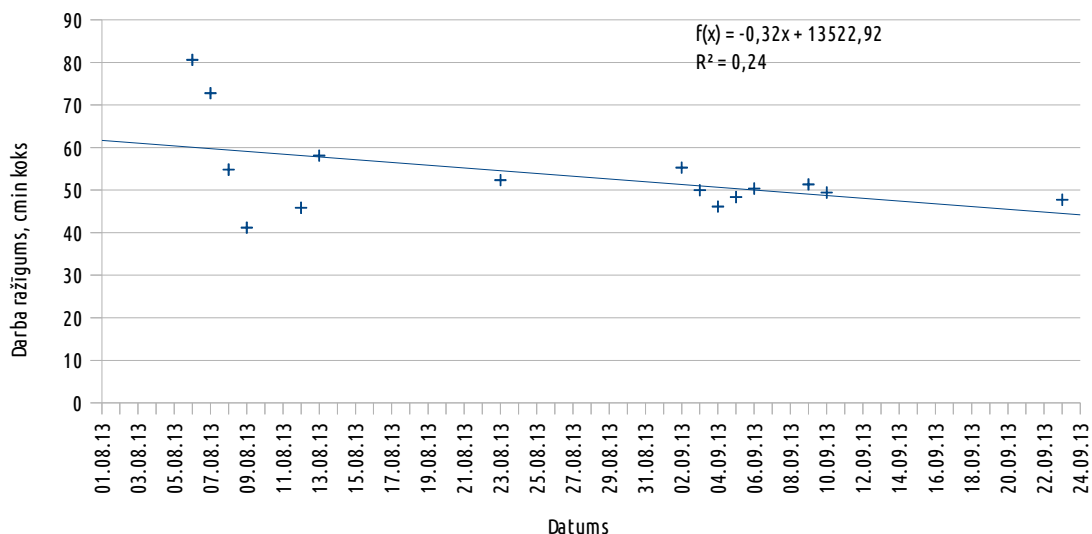
**Tab. 29: Vidējais darba laika patēriņš 1 ha pievešanai (cmin.)**

Cirsmas kods	Iebrauc	Iekrauj	Pābrauc	Izbrauc	Izkrauj	Pārvietošanas izkraujot	Citi darbi	Vidēji 1 ha
502-423-5	5866	23680	7682	3764	6911	582	3803	52287
502-423-6	6651	33999	8813	4406	10520	1193	8674	74257
502-436-1	3429	17605	5253	1788	4178	97	2792	35142

## Ražīguma aprēķini

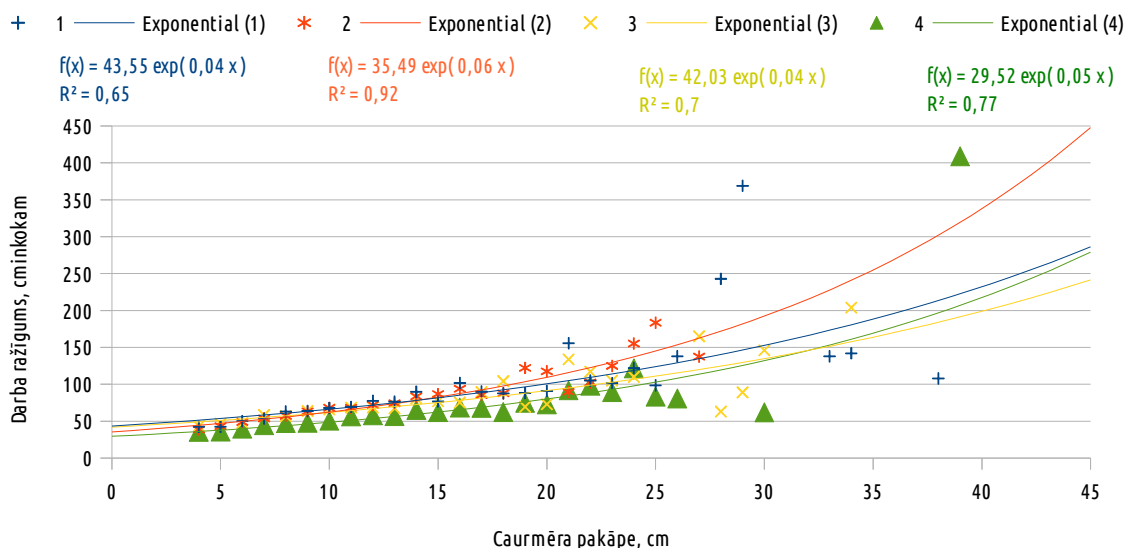
### Izstrāde

Salīdzinot darba ražīgumu 1 koka sagatavošanai pa darba dienām (Att. 17), vērojama vāja korelācija, kas liecina, ka darba gaitā ražīguma rādītāji uzlabojusies. Ražības pieaugums skaidrojams gan ar darba metožu apgūšanu, gan ar kopšanas nosacījumu maiņu – pēc pirmās darba nedēļas panākta vienošanās par to, ka pameža koki ar harvesteru nav jāzāgē. Ražības pieauguma sakarību vislabāk raksturo lineārās regresijas vienādojums.



Att. 17: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka sagatavošanai sadalījumā pa izstrādes dienām.

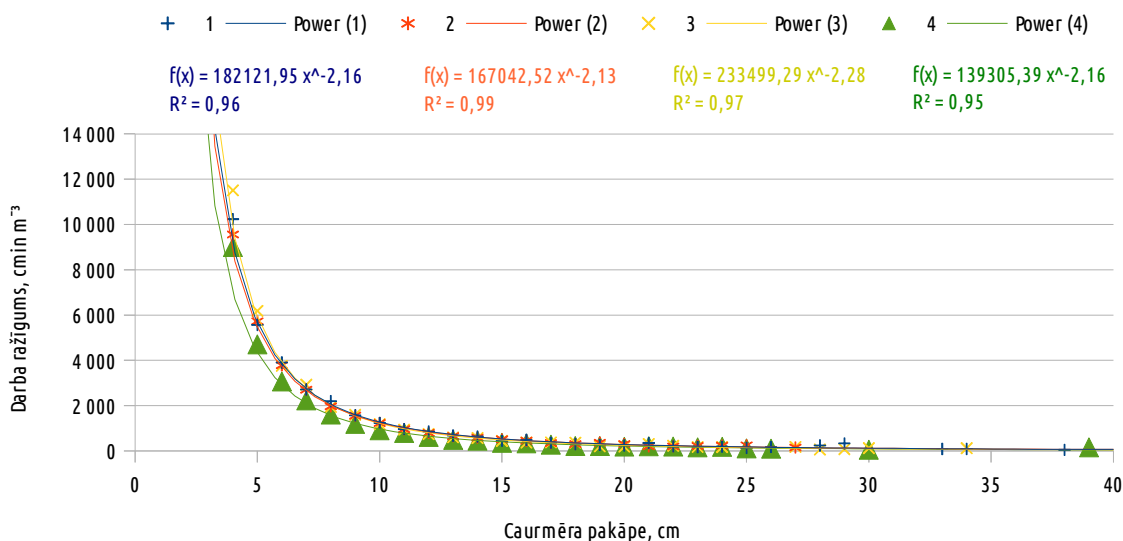
Tiešā darba laika patēriņu 1 koka apstrādei salīdzinājumā pa darba metodēm raksturo eksponenciāli regresijas vienādojumi (Att. 18). 2., 3. un 4. darba metodei konstatēta cieša eksponenciāla sakarība starp koka caurmēru un darba ražīgumu. Izmantojot 1. darba metodi, sakarība starp koka caurmēru un darba ražīgumu ir vidēji cieša. Strādājot ar 2. darba metodi, pieaugot vidējā nozāgējamā koka caurmēram, strauji pieaug koka sagatavošanai patērētais tiešais darba laiks. Strādājot ar 1. un 4. darba metodei, vidējā nozāgējamā koka caurmēra pieaugums nerada tik būtisku 1 koka sagatavošanai patērētā tiešā darba laika pieaugumu.



Att. 18: Tiešā darba laika patēriņš 1 koka apstrādei salīdzinājumā pa darba metodēm.

Vidēji, atkarībā no izstrādē lietotās darba metodes, 1 koka izstrāde aizņēma no 48 sek. tiešā darba laika strādājot ar 4. darba metodi, līdz 63 sek. Strādājot ar 1. darba metodi. Vidēji 1 koka apstrādei patērē 54 sekundes tiešā darba laika.

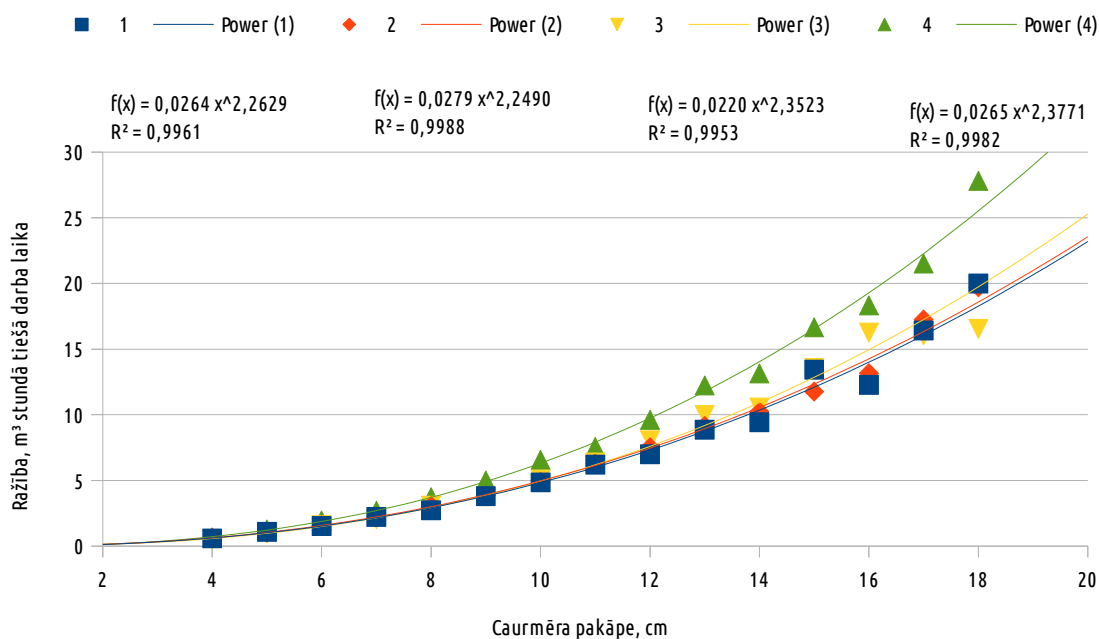
Tiešā darba laika patēriņu 1 m³ koksnes sagatavošanai raksturo pakāpes vienādojumi (Att. 19).



Att. 19: Tiešā darba laika patēriņš 1 m³ koksnes sagatavošanai salīdzinājumā pa darba metodēm.

Vismazāk tiešā darba laika 1 m³ izstrādei patērēts strādājot ar 4. darba metodi (11 min.), visvairāk – strādājot ar 2. darba metodi (14 min.). Vidēji 1 m³ koksnes sagatavošanai patērē 13 min. tiešā darba laika.

Ražīguma pieaugumu, atkarībā no vidējā zāgējamā koka caurmēra, raksturo pakāpes vienādojumi, kas parādīti Att. 20. Būtiski lielākus ražīguma rādītājus var sasniegt ar 4. darba metodi, gatavojot tikai biokurināmo. Pārējās darba metodes būtiski neatšķiras, lai gan vērojama tendence, ka, novirzot lielāku daļu koksnes biokurināmajā, ražīgums pieaug. Robeža 5 m³ tiešā darba stundā, strādājot ar 4. metodi, tiek pārsniegta, ja vidējais nozāgējamais koks ir 9 cm resns, pārējām darba metodēm, zāgējot vidēji 10 cm resnus kokus.



Att. 20: Kopšanas ražīgums, m³ tiešā darba laika stundā atkarībā no zāgējamā koka caurmēra.

Vidēji produktīvajā stundā pētījuma ietvaros apstrādāja 124 koks, kas ir salīdzinoši zems rādītājs. Pētījuma ietvaros produktīvajā stundā izstrādāja vien 3,2 m<sup>3</sup> koksnes (Tab. 30). Jaunaudžu kopšanā ražība ir līdz 3 reizes mazāka, nekā novēlotā kopšanā. Ražības palielināšanai jāpalielina minimālā nozāgējamā koka caurmērs. Tas nedaudz mazinās iegūstamās koksnes daudzumu, bet būtiski palielinās ražīgumu.

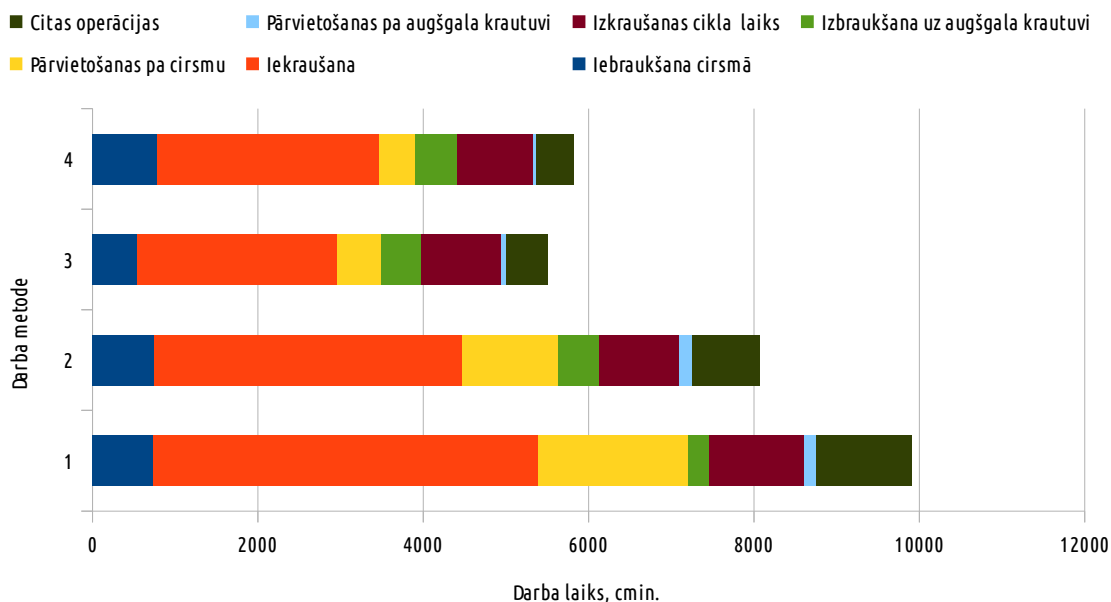
Tab. 30: Izstrādātais apjoms produktīvajā stundā dažādās audzēs

Cirsmas kods	Apstrādātie koki produktīvajā stundā, gab.	Izstrādātais koksnes apjoms produktīvajā stundā, m <sup>3</sup>
502-423-5	117	3,9
502-423-6	109	4,3
502-436-1	147	1,3
<b>Vidēji</b>	<b>124</b>	<b>3,2</b>

## Pievešana

Vidēji 1 kravas pievešanai nepieciešama 1 stunda produktīvā darba laika. Vidēji 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai patērē 14 min. produktīvā darba laika. Vidēji 1 hektāra pievešanai patērē 8,9 stundas produktīvā darba laika.

Ar 1. un 2. darba metodi 1 kravas pievešanai (Att. 21) vidēji tērēts visvairāk produktīvā darba laika. Salīdzinoši ilgāks laiks patērēts iekraušanai un pārbraucieniem pa audzi, lasot apaļkokus. Arī izkraušanā vērojama līdzīga sakarība – jo lielāks biokurināmā sortimentu īpatsvars, jo mazāks darba laika patēriņš izkraujoties. Vismazāk produktīvā darba laika 1 kravas pievešanai patērēts, ja darbi veikti ar 3. un 4. darba metodi. Pašizmaksas aprēķinos izmantots vidējais iebraukšanas un izbraukšanas laiks, jo nav objektīva pamatojuma uzskatīt, ka šajos darba etapos sortimentu struktūra var ietekmēt ražīgumu.



Att. 21: Pievešanas darba laika sadalījums pa darba metodēm.

Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais darba laiks bija 43 min., bet izkraušanai attiecīgi 9 min. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija vidēji 35 m min.<sup>-1</sup>, bez kravas – 54 m min.<sup>-1</sup>. Būtiski mazāks pievešanas ātrums ir jaunaudžu kopšanā (502-436-1), kur iegūtais rezultāts skaidrojams ar īsiem koridoriem – traktoram vajadzēja vairāk manevrēt un

taisnvirziena kustība veidoja salīdzinoši mazāku nobraukto attālumu. Pašizmaksas aprēķinos izmantots braukšanas ātrums, kas iegūts novēlotās kopšanas audzēs.

## Kokvedēji

Atbilstoši pētījumos iegūtajiem rezultātiem vidējais produktīvais darba laiks 1 kravas iekraušanai pieņemts 36 min., bet izkraušanai – 19 min.

Vidēji produktīvajā stundā var iekraut 1,7 kokvedēja kravas (vienas krava – 31 tonna dabiski mitra materiāla), savukārt izkraut – 3,2 kravas. Produktīvajā stundā var iekraut 23 sausnas tonnas vai 32 m<sup>3</sup> koksnes un izkraut 43 sausnas tonnas vai 61 m<sup>3</sup> koksnes (Kalēja *et al.*, 2014).

## Šķeldotāji un šķeldu vedēji

Aprēķinos pieņemts, ka vidēji produktīvajā stundā var sagatavot 0,9 kravas (viena krava 27 tonnas) jeb 10 sausnas tonnas, kas atbilst 93,8 ber m<sup>3</sup> dabiski mitra materiāla ar relatīvā mitruma saturu 40 %. Vidējais patērētais produktīvais laiks 1 šķeldu kravas sagatavošanai pieņemts 63 minūtes (Kalēja *et al.*, 2014).

## Kopsavilkums par darba ražīguma rādītājiem

Atkarībā no izstrādē lietotās darba metodes, 1 koka apstrāde aizņem 48 sek. (4. darba metode), līdz 63 sek. (1. darba metode) tiešā darba laika. Vidēji 1 koka apstrādei patērē 54 sekundes tiešā darba laika.

Vismazāk tiešā darba laika 1 m<sup>3</sup> izstrādei patērēts, strādājot ar 4. darba metodi (11 min.), savukārt, visvairāk – strādājot ar 2. darba metodi (14 min.). Vidēji 1 m<sup>3</sup> koksnes sagatavošanai patērē 13 min. tiešā darba laika.

Vidēji produktīvajā stundā pētījuma ietvaros apstrādāja 124 kokus, kas ir salīdzinoši zems rādītājs. Pētījuma ietvaros produktīvajā stundā sagatavoja 3,2 m<sup>3</sup> apaļo kokmateriālu.

Vidēji 1 kravas pievešanai nepieciešama 1 stunda produktīvā darba laika. Vidēji 1 hektāra pievešanai patērē 8,9 stundas produktīvā darba laika.

Ar 2. darba metodi izstrādātā 1 m<sup>3</sup> pievešanai (Att. 17) vidēji tiek tērēts visvairāk produktīvā darba laika. Lielāko īpatsvaru no kopējā produktīvā darba laika veido iebraukšana cismā, kā arī salīdzinoši liels ir izbraukšanas no cismas patērētais darba laiks. Iebraukšanas un izbraukšanas laiks pašizmaksas aprēķinos ir izlīdzināts. Vismazāk produktīvā darba laika tiek tērēts 1 m<sup>3</sup> pievešanai, kas izstrādāts ar 4. darba metodi.

Kaut arī produktīvā laika patēriņā 1 m<sup>3</sup> pievešanā salīdzinājumā pa darba metodēm pastāv atšķirības, tās tomēr nav statistiski būtiskas ( $p < 0,05$ ). Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais darba laiks bija 43 min., bet izkraušanai 9 min.

Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija vidēji 35 m min.<sup>-1</sup>, savukārt, bez kravas – 54 m min.<sup>-1</sup>.

## Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir izstrādes, pievešanas un ceļu transporta darba ražīgums, pievedējtraktora kravas masa un kokvedēja kravas tilpums.

Vidējā koka caurmērs dažādās darba metodēs noteikts atbilstoši faktiskajam vidējā nozāgētā koka caurmēram izmēģinājumos. Rādītāji, kas raksturo dažādas darba metodes, ir parādīti Tab. 31. Nozāgēto koku krāja pieņemta visos izmēģinājumos vienāda – 27,8 m<sup>3</sup>. Šis rādītājs neatstāj būtisku ietekmi uz aprēķiniem, jo raksturo tikai platību, ko sezonas laikā var izstrādāt vai pievest 1 tehnikas vienība. Visos variantos pievešanas vienāds pievešanas attālums (199 m) un ceļu transporta attālums (50 km), atbilstoši vidējiem rādītājiem projektā.

Tab. 31: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī

Rādītājs	Darba metode			
	1.	2.	3.	4.
Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	8	7	7	7
Pievedējtraktora kravas tilpums, m <sup>3</sup>	6	6	6	6
Produktīvais darba laiks iekraušanai, min. kravai	43	43	43	43
Produktīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	9	9	9	9

Vidējās darba stundas izmaksas katrai mašīnai parādītas Tab. 32. Pētījumā salīdzināts apaļkoksnes un šķeldu piegādes scenārijs, tāpēc izmaksu analizē iekļauta arī šķeldotāja un šķeldu vedēja darba stundas izmaksu aprēķins. Būtiski, ka aprēķinā šķeldu transporta scenārijā izmantots bēruma blīvums, kas iegūts laboratoriski, pieņemot, ka iegūtais blīvums atbilst šķeldu bēruma blīvumam šķeldojot mežā. Darbā izmantotie pieņēmumi par šķeldu bēruma blīvumu var ietekmēt rezultātu, palielinot prognozējamo šķeldu pašizmaksu.

Tab. 32: Darba stundas izmaksas dažādām meža mašīnām

Rādītājs	Harvesters	Pievedējtraktors	Kokvedējs
Izmaksas plānotajā darba stundā, EUR	39	31	35
Izmaksas produktīvajā darba stundā (E15), EUR	67	40	41

Strādājot ar 1. darba metodi, šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 0,81 EUR m<sup>-3</sup> jeb 0,27 EUR ber.m<sup>-3</sup> (Tab. 33).

Tab. 33: Biokurināmā pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei

Pozīcija	Operācija						Kopā
Izmaksas, EUR gadā	Izstrāde	Pievešana	Apaļkoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 80 214	€ 55 407	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	
Operacionālās izmaksas	€ 162 353	€ 86 817	€ 33 833	€ 159 810	€ 43 450	€ 33 833	
Plānotā peļņa	€ 15 442	€ 9 928	€ 3 463	€ 11 661	€ 3 944	€ 3 463	
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 324 278</b>	<b>€ 208 489</b>	<b>€ 72 718</b>	<b>€ 244 882</b>	<b>€ 82 825</b>	<b>€ 72 718</b>	
Ražīgums, m <sup>3</sup> E15-h <sup>-1</sup>	4,7	5,5	7,1	31,4	8,9	6,7	
<b>Biokurināmais, EUR m<sup>-3</sup></b>							
sīkkoku scenārijs	€ 14,63	€ 7,47				€ 6,04	€ 28,14
šķeldu scenārijs	€ 14,63	€ 7,47		€ 4,30	€ 5,22		€ 31,63
<b>Biokurināmais, EUR ber. m<sup>-3</sup></b>							
sīkkoku scenārijs	€ 4,77	€ 2,43				€ 1,97	€ 9,17
šķeldu scenārijs	€ 4,77	€ 2,43		€ 1,40	€ 1,70		€ 10,30

Strādājot ar 2. darba metodi, šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 1,13 EUR m<sup>-3</sup> jeb 0,36 EUR ber.m<sup>-3</sup> (Tab. 34).

Tab. 34: Pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei

Pozīcija	Operācija						Kopā
Izmaksas, EUR gadā	Izstrāde	Pievešana	Apaļkoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 80 214	€ 55 407	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	



Operacionālās izmaksas	€ 162 701	€ 86 817	€ 33 833	€ 159 810	€ 43 450	€ 33 833	
Plānotā peļņa	€ 15 459	€ 9 928	€ 3 463	€ 11 661	€ 3 944	€ 3 463	
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 324 643</b>	<b>€ 208 489</b>	<b>€ 72 718</b>	<b>€ 244 882</b>	<b>€ 82 825</b>	<b>€ 72 718</b>	
Ražīgums, m <sup>3</sup> E15-h <sup>-1</sup>	3,6	5,5	6,7	31,4	8,9	6,4	
<b>Biokurināmais, EUR m<sup>-3</sup></b>							
sīkkoku scenārijs	€ 19,23	€ 7,47				€ 6,33	€ 33,03
šķeldu scenārijs	€ 19,23	€ 7,47		€ 4,30	€ 5,22		€ 36,22
<b>Biokurināmais, EUR ber. m<sup>-3</sup></b>							
sīkkoku scenārijs	€ 6,26	€ 2,43				€ 2,06	€ 10,76
šķeldu scenārijs	€ 6,26	€ 2,43		€ 1,40	€ 1,70		€ 11,80

Strādājot ar 3. darba metodi, šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 1,03 EUR m<sup>-3</sup> jeb 0,36 EUR ber.m<sup>-3</sup> (Tab. 35).

**Tab. 35: Pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei**

Pozīcija	Operācija						Kopā
Izmaksas, EUR gadā	Izstrāde	Pievešana	Apajkoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 80 214	€ 55 407	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	
Operacionālās izmaksas	€ 166 839	€ 86 817	€ 33 833	€ 159 810	€ 43 450	€ 33 833	
Plānotā peļņa	€ 15 666	€ 9 928	€ 3 463	€ 11 661	€ 3 944	€ 3 463	
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 328 988</b>	<b>€ 208 489</b>	<b>€ 72 718</b>	<b>€ 244 882</b>	<b>€ 82 825</b>	<b>€ 72 718</b>	
Ražīgums, m <sup>3</sup> E15-h <sup>-1</sup>	3,8	5,5	6,7	31,4	8,9	6,4	
<b>Biokurināmais, EUR m<sup>-3</sup></b>							
sīkkoku scenārijs	€ 18,53	€ 7,47				€ 6,33	€ 32,33
šķeldu scenārijs	€ 18,53	€ 7,47		€ 4,30	€ 5,22		€ 35,52
<b>Biokurināmais, EUR ber. m<sup>-3</sup></b>							
sīkkoku scenārijs	€ 6,03	€ 2,43				€ 2,06	€ 10,53
šķeldu scenārijs	€ 6,03	€ 2,43		€ 1,40	€ 1,70		€ 11,57

Strādājot ar 4. darba metodi, šķeldu transportēšanas scenārijs paredz pašizmaksas samazinājumu 1,10 EUR m<sup>-3</sup> jeb 0,35 EUR ber.m<sup>-3</sup> (Tab. 36).

**Tab. 36: Pašizmaksas kopsavilkums 4. darba metodei**

Pozīcija	Operācija						Kopā
Izmaksas, EUR gadā	Izstrāde	Pievešana	Apajkoku transports	Šķeldošana	Šķeldu transports	Sīkkoku transports	
Investīcijas	€ 80 214	€ 55 407	€ 20 175	€ 41 305	€ 20 183	€ 20 175	
Personāls	€ 66 269	€ 56 338	€ 15 248	€ 32 106	€ 15 248	€ 15 248	
Operacionālās izmaksas	€ 147 767	€ 86 817	€ 33 833	€ 159 810	€ 43 450	€ 33 833	
Plānotā peļņa	€ 14 713	€ 9 928	€ 3 463	€ 11 661	€ 3 944	€ 3 463	
<b>Kopā, EUR gadā</b>	<b>€ 308 963</b>	<b>€ 208 489</b>	<b>€ 72 718</b>	<b>€ 244 882</b>	<b>€ 82 825</b>	<b>€ 72 718</b>	
Ražīgums, m <sup>3</sup> E15-h <sup>-1</sup>	2,9	5,5	6,7	31,4	8,9	6,4	

Biokurināmais, EUR m <sup>-3</sup>							
sīkkoku scenārijs	€ 22,50	€ 7,47				€ 6,33	€ 36,30
šķeldu scenārijs	€ 22,50	€ 7,47		€ 4,30	€ 5,22		€ 39,50
Biokurināmais, EUR ber. m <sup>-3</sup>							
sīkkoku scenārijs	€ 7,33	€ 2,43				€ 2,06	€ 11,82
šķeldu scenārijs	€ 7,33	€ 2,43		€ 1,40	€ 1,70		€ 12,87

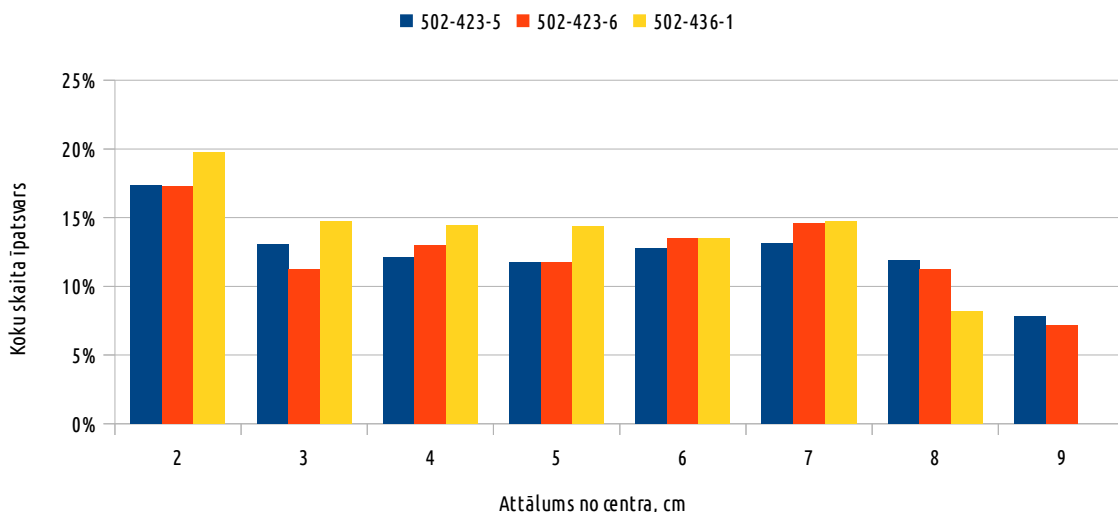
## Kopšanas kvalitāte un ietekme uz vidi

### Koku izvietojums audzē pēc kopšanas

Koku izvietojums pēc kopšanas ir vienmērīgs visās audzēs, ja attālums starp koridoriem ir 18 m, vidējais koks atrodas 5,1 m attālumā no slejas centra, ja 16 m – 4,6 m (Tab. 37). Salīdzinoši vairāk koku atstāts tehnoloģisko koridoru malās un mazāk – pa vidu starp koridoriem (Att. 22). Lielāko koku skaitu gar koridoru malām rada harvestera līkumošana, cenšoties saglabāt lielākos koridoru malās augošos kokus.

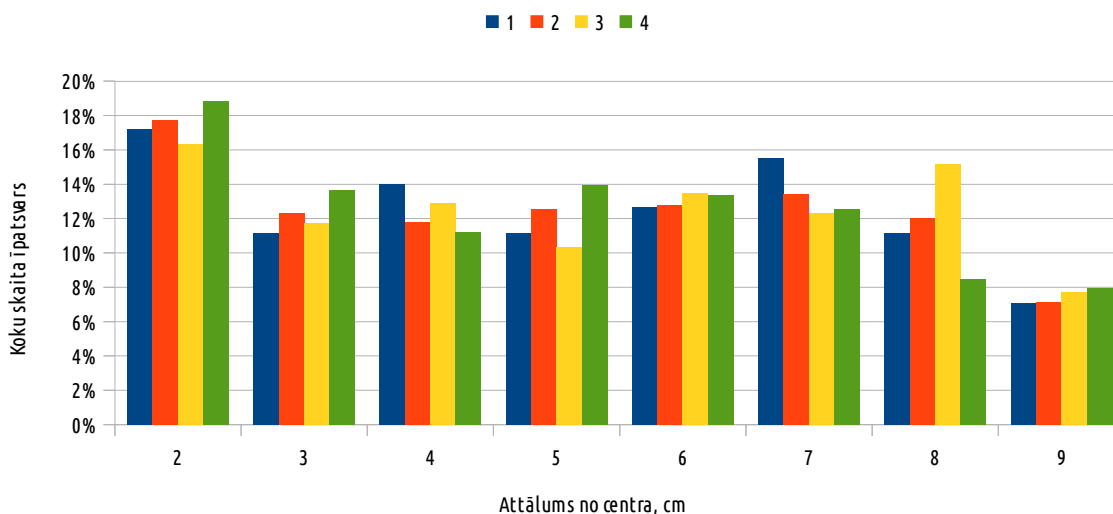
Tab. 37: Koku izvietojums pēc kopšanas

Audze	Slejas platums, m	Attālums no koka līdz slejas līdz centram, m	Vidējais attālums līdz centram, %
502-423-5	18	5,1	57%
502-423-6	18	5,1	57%
502-436-1	16	4,6	54%



Att. 22: Koku attālums no centra koptajās audzēs.

Att. 23 redzams, ka arī darba metode būtiski neietekmē koku izvietojumu pēc kopšanas.



**Att. 23: Koku attālums no centra koptajās audzēs atkarībā no darba metodes.**

Pētījumā noteikts arī audzē atstāto sortimentu skaits un krāja (Tab. 38). Lielākā daļa no atstātajiem apaļie kokmateriāliem ir papīrmalka un tehnoloģiskā malka – mazāk gatavotie apaļie kokmateriāli, kas biežāk bija novietoti pa vienam vai nelielās kaudzītēs. Tas nozīmē, ka 4. darba metodei teorētiski ir priekšrocības, salīdzinot ar tradicionālajām metodēm, jo apaļie kokmateriāli novietoti salīdzinoši lielākās kaudzītēs. Kopējie zudumi, kas saistīti ar sortimentu atstāšanu, izmēģinājumā ir ap 330 EUR (40 EUR ha<sup>-1</sup>).

Audzēs atstāts 0,5-1 % no sagatavotajiem apaļie kokmateriāliem. Pie tik maziem zudumiem nav pamata vērtēt atšķirības starp darba metodēm.

**Tab. 38: Atstātie apaļie kokmateriāli, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>**

Kods	M	PM	TKLK	Visi apaļie kokmateriāli
502-423-5		0,14	0,80	0,94
502-423-6		0,05	0,03	0,09
502-436-1	0,09	0,35		0,44
<b>Visās audzēs</b>	<b>0,09</b>	<b>0,55</b>	<b>0,83</b>	<b>1,47</b>

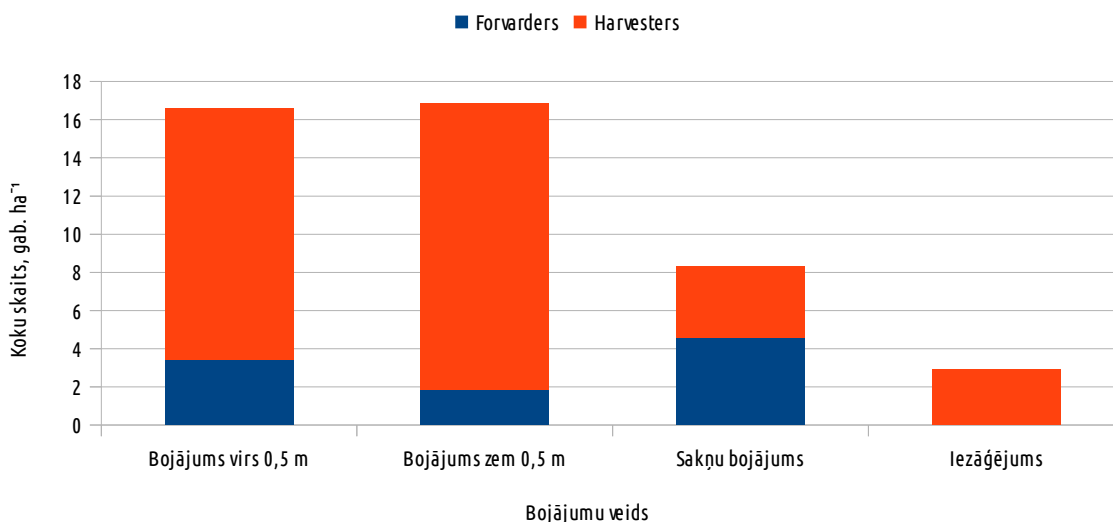
## Paliekošo koku bojājumi

Viens no būtiskākajiem rādītājiem, kas raksturo kopšanas kvalitāti, ir paliekošo koku bojājumi. Kopsavilkums par paliekošo koku bojājumiem, atkarībā no pielietotās darba metodes dots Tab. 39. Vidēji dažāda veida bojājumi konstatēti 5 % paliekošo koku, tajā skaitā 80 % bojājumu rada harvesters un 20 % – pievedējtraktors. Pievedējtraktors pārsvarā bojā kokus, kas aug tuvāk tehnoloģiskajam koridoram (vidēji 1 m attālumā no koridora malas), harvesters rada bojājumus vienmērīgi visā audzē (vidējais attālums no koridora centra 5,3 m). Pievedējtraktora bojātie koki vidēji ir par 8 % resnāki, nekā harvestera bojātie koki. Šis fakts var būt saistīts ar harvestera darbības īpatnībām – operators intuitīvi cenšas apbraukt vai saglabāt lielākos kokus tehnoloģisko koridoru malā, bet pievedējtraktors izlīdzina harvestera veidotos līkumus, radot koridora malās augošo koku bojājumus.

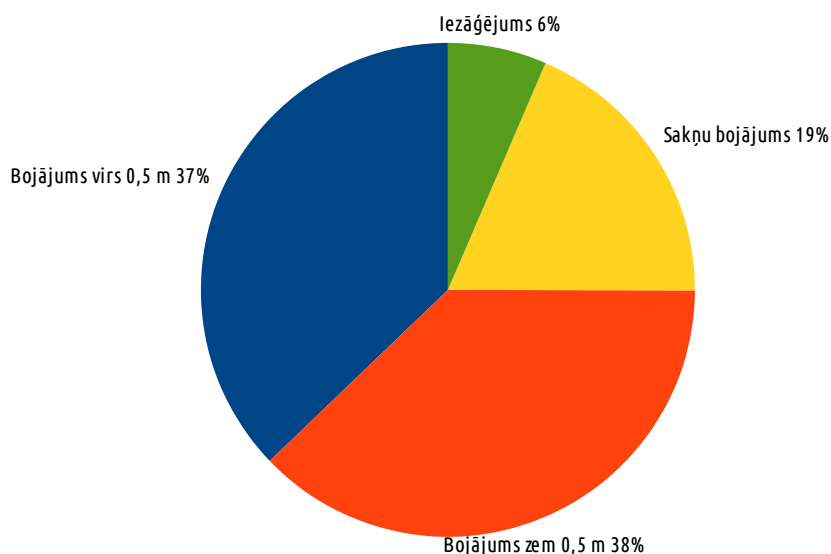
Tab. 39: Paliekošo koku bojājumi

Darba metode	Bojājuma iemesls	D <sub>1,3</sub> , cm	Bojāto koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>					Bojātā krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Attālums līdz centram, m	Bojātās krājas īpatsvars	Bojāto koku skaita īpatsvars
			bojājums virs 0,5 m	bojājums zem 0,5 m	sakņu bojājums	iezāgējums	kopā				
1	forvarders	13,1	10	5	3	0	18	2,1	3,2	2%	2%
	harvesters	13,7	13	16	5	2	36	4,8	5,6	4%	3%
	<b>kopā</b>	<b>13,5</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>6,9</b>	<b>4,8</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>
2	forvarders	16,5	1	0	5	0	6	1,3	2,3	1%	1%
	harvesters	13,9	17	13	2	5	38	5,2	4,8	5%	4%
	<b>kopā</b>	<b>14,3</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>44</b>	<b>6,5</b>	<b>4,4</b>	<b>6%</b>	<b>4%</b>
3	forvarders	15,2	0	3	5	0	8	1,3	2,7	1%	1%
	harvesters	13,1	13	15	3	0	30	3,6	5,9	4%	3%
	<b>kopā</b>	<b>13,5</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>4,9</b>	<b>5,3</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>
4	forvarders	16,4	3	0	5	0	8	1,6	2,1	1%	1%
	harvesters	14,8	10	15	5	5	35	5,7	5,0	5%	4%
	<b>kopā</b>	<b>15,1</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>43</b>	<b>7,3</b>	<b>4,5</b>	<b>7%</b>	<b>5%</b>
Vidēji	forvarders	14,7	3	2	5	0	10	1,6	2,6	1%	1%
	harvesters	13,9	13	15	4	3	35	4,8	5,3	5%	4%
	<b>kopā</b>	<b>14,1</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>45</b>	<b>6,4</b>	<b>4,7</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>

Lielākā daļa bojājumu ir stumbra mizas nobrāzumi. Iezāgējumu skaits ir salīdzinoši neliels, neskatoties uz to, ka redzamību kopšanas laikā traucēja pamežs un dabiski atjaunojušies lapkoki nereti aug puduros, radot papildus grūtības mehanizētajā kopšanā. šādās vietās darbu būtiski atviegloja garu celmu atstāšana. Pievedējtraktors visvairāk rada sakņu bojājumus (Att. 24). Kopumā stumbra nobrāzumi ir 75 % no visiem bojājumiem (Att. 25).

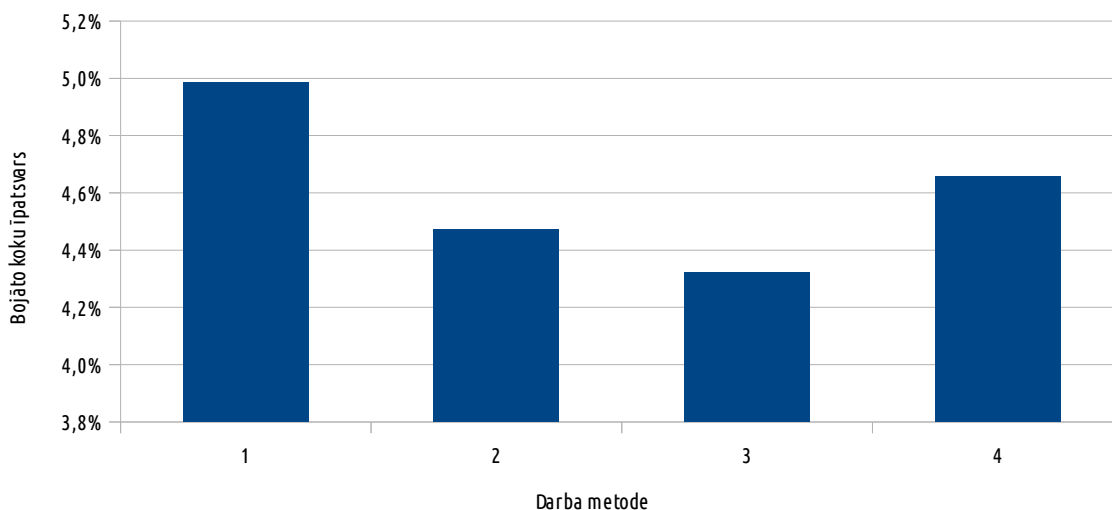


Att. 24: Dažādi bojājumu veidi.



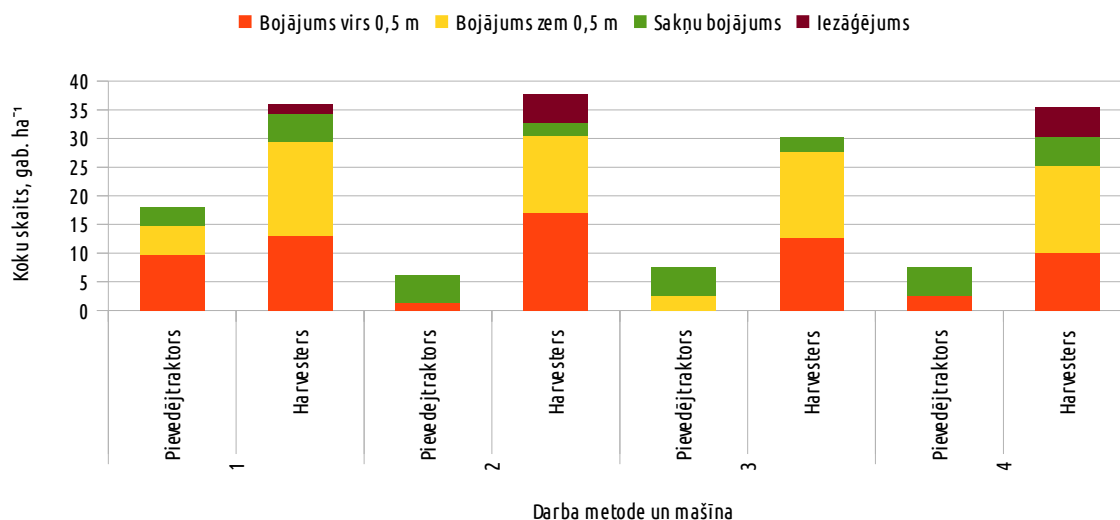
**Att. 25: Bojāto koku skaita sadalījums pēc bojājumu veida.**

Salīdzinot dažādas darba metodes, konstatēts, ka visvairāk bojājumu veidojas, pielietojot 1. darba metodi (tradicionālo apaļo kokmateriālu zāgēšanas metodi). Strādājot ar biokurināmā sagatavošanas darba metodēm (2., 3. un 4.), bojāto koku īpatsvars ir vidēji par 10 % mazāks (Att. 26).



**Att. 26: Bojāto koku īpatsvars atkarībā no darba metodes.**

Detalizēta bojājumu struktūras analīze, pielietojot dažādas darba metodes, neuzrāda sakarības, lai gan 1. darba metodē gandrīz nav konstatēti iezāgējumi, kas ir salīdzinoši izplatīts bojājumu veids. Harvestera radītie bojājumi 1. darba metodē būtiski neatšķiras no biokurināmā gatavošanas darba metodēm raksturīgajiem rādītājiem, taču ir būtiski vairāk (3 reizes) pievedējtraktora radīto bojājumu (Att. 27). Ar 1. darba metodi vairāk koptas slejas ar iepriekš izzāgētu pamežu. Iespējams, ka pameža koki amortizē strēles un apaļkoku brīvkustību iekraušanas laikā, mazinot paliekošo koku bojājumu risku. Biokurināmā sagatavošanas darba metodēs pievedējtraktora radīto bojājumu īpatsvars būtiski neatšķiras.



Att. 27: Detalizēta bojājumu struktūra atkarībā no darba metodes.

## Risu veidošanās

Viena no Timbear priekšrocībām ir minimāli augsnes bojājumi. Pētījumā skaidrota risu veidošanās un augsnes sablīvējums ar Timbear koptajās un pievestajās audzēs. Risas konstatētas tikai 423. kvartālā, taču abos izkoptajos nogabalos risas ir mazāk par 1 % no koridoru garuma. Risu veidošanās 436. kvartālā nav konstatēta (Tab. 40). Risas veidojās izstrādes nevis pievešanas laikā, kas skaidrojams ar palielinātu attālumu starp tehnoloģiskajiem koridoriem – harvesteram vajadzēja pārvietoties no vienas koridora malas pie otras, lai izkoptu visu sleju. Tas nozīmē, ka, strādājot ar Timbear, koridori ir jāizvieto 16 m attālumā viens no otra.

Pētījuma rezultāti liecina, ka būtiskākā Timbear priekšrocība ir spēja pievest kokmateriālus bez zaru ieklāšanas ceļos. Šī priekšrocība, pirmkārt, ir jāizmanto galvenajā cirtē, pievedot kokmateriālus un mežizstrādes atliekas no kūdreņiem, āreņiem un slapjainiem vietās, kur augsnes nestspēja ierobežo pievešanu, bet pievešanas attālums un biokurināmā piegādes attālums ir ekonomiski izdevīgi.

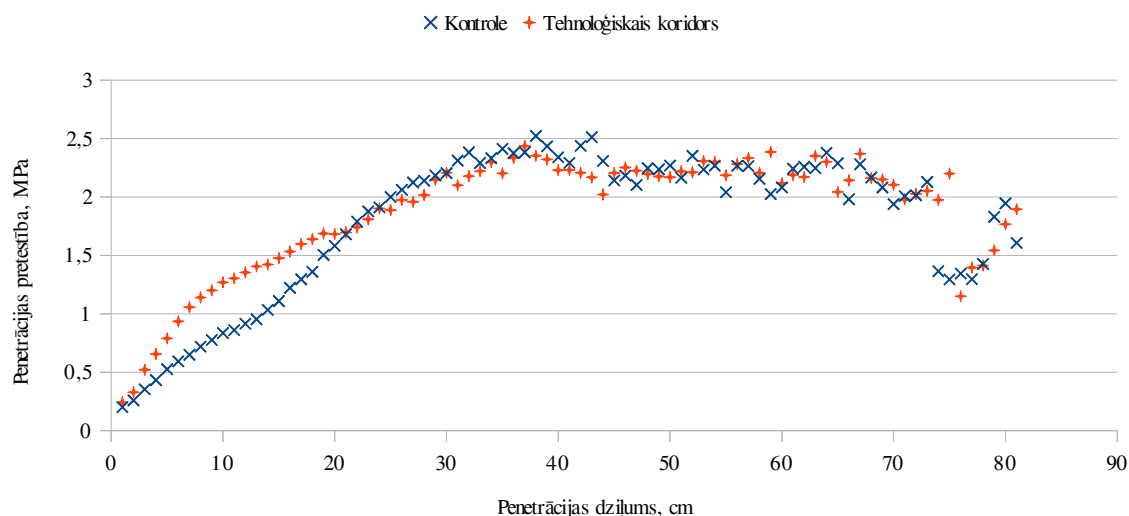
Tab. 40: Risu veidošanās

Nr.	Objekts	Risas, % no koridora garuma
1.	502-423-5	0,95%
2.	502-423-6	0,54%
3.	502-436-1	0,00%

## Augsnes sablīvējums

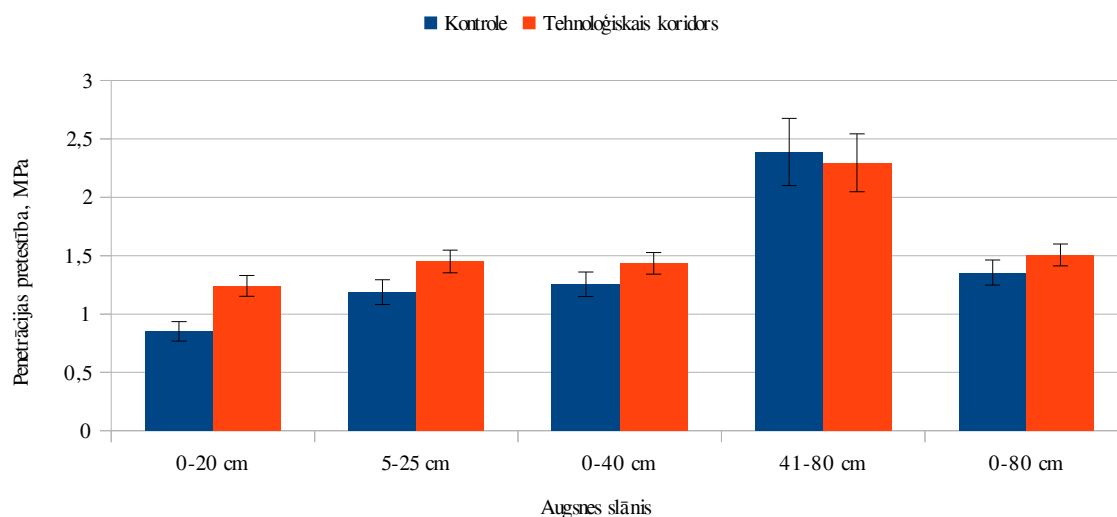
### 502-423-5

Objektā 502-423-5 salīdzināts augsnes sablīvējums audzes daļā, kuru nav ietekmējis mežizstrādes process, un sablīvējums uz tehnoloģiskā koridora, kur pārvietojusies mežizstrādes tehnika. Būtiskas atšķirības starp abiem variantiem nepastāv. Pēc grafika redzams, ka lielāks sablīvējums konstatēts tehnoloģiskā koridora augsnes virskārtā (Att. 28). Maksimālais sablīvējums, kāds konstatēts objektā, nepārsniedz 2,5 Mpa, līdz ar to netiek pārsniegta sakņu augšanai traucējoša robeža, kas ir 3 MPa.



**Att. 28: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 502-423-5.**

Salīdzinot augsnes sablīvējumu dažādos augsnes slāņos, konstatēts, ka būtiskas atšķirības starp kontroli un tehnoloģisko koridoru pastāv augsnes virskārtā līdz 25 cm dziļumam. Tas nozīmē, ka mežizstrādē pielietotā tehnika, rada sablīvējumu tieši augsnes virsējiem slāņiem. Dziļākajos augsnes slāņos būtiskas atšķirības nav konstatētas (Att. 29).



**Att. 29: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augsnes slāņos objektā 502-423-5.**

Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā parāda, ka vismazākais augsnes sablīvējums koncentrēts nogabala ziemeļu daļā (Att. 30). Stipri sablīvēta ir objekta vidusdaļa, kur pēc punktu krāsas intensitātes var spriest par lielāko augsnes sablīvējumu.

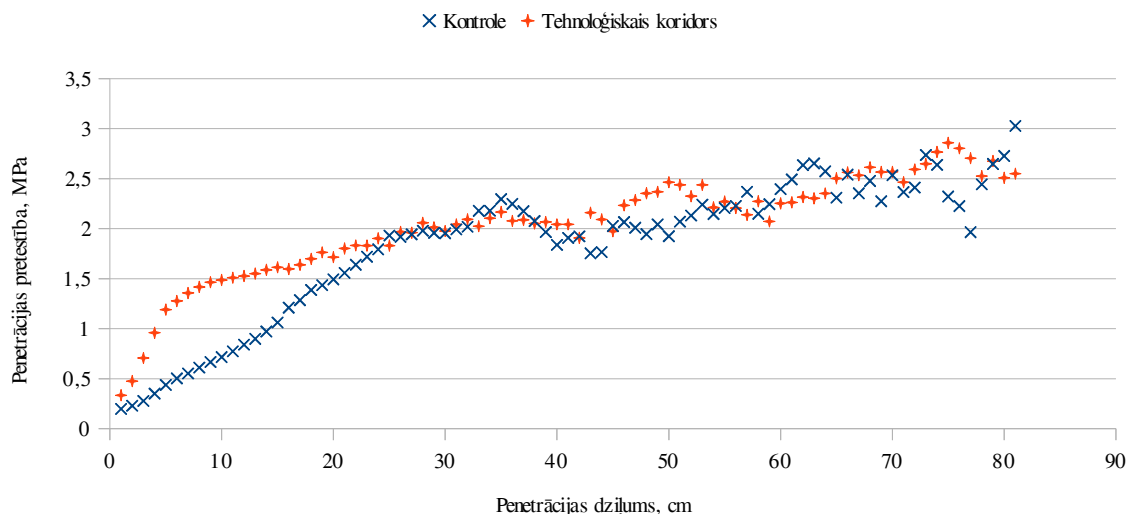


Att. 30: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 502-423-5;6.

### 502-423-6

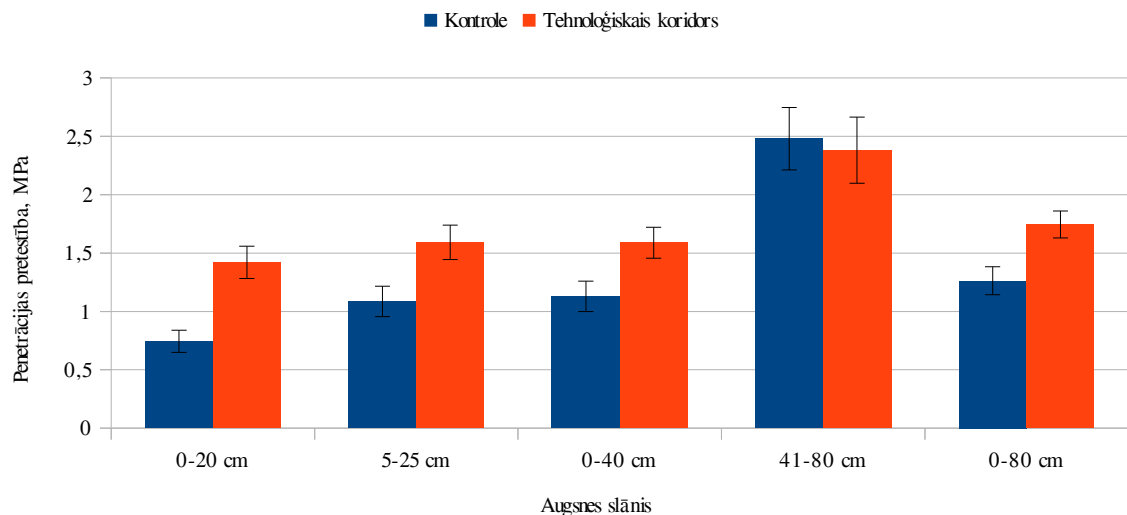
Apskatot 502-423-6 objekta iegūtos penetrācijas datus, var secināt, ka pastāv būtiskas atšķirības starp audzes kontroles daļu un tehnoloģisko koridoru ( $p < 0,05$ ). Kā redzams grafikā (Att. 31), vislielākās augsnes sablīvējuma atšķirības konstatētas augsnes virskārtā, kur tehnoloģiskā koridora sablīvējums ir izteikti lielāks. Dziļākajos augsnes slāņos, sākot no 70 cm dziļuma, konstatēts sablīvējums, kas stipri pietuvojās 3 Mpa, kā rezultātā var tik apgrūtināta koku sakņu pilnvērtīga funkcionēšana un audzes kopējais hidroloģiskais režīms.





**Att. 31: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 502-423-6.**

Salīdzinot penetrācijas pretestību dažādos augšes slāņos, secināts, ka būtiskas atšķirības starp tehnoloģisko koridoru un kontroli nav vērojamas 41–80 cm dziļā audzes slānī (Att. 32). Augšes virskārtā līdz 40 cm dziļumam konstatēts, ka tehnoloģiskā koridora sablīvējums ir lielāks, kā kontroles daļā, kas radies mežizstrādes tehnikas ietekmes rezultātā.



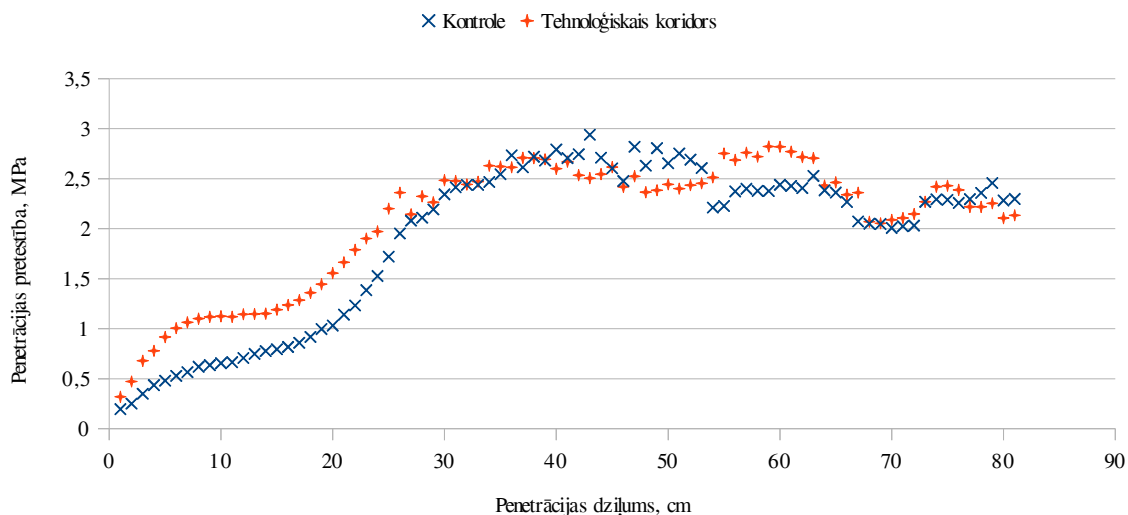
**Att. 32: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augšes slāņos objektā 502-423-6.**

Līdzīgi kā iepriekš apskatītajā objektā, arī šajā vizemākais augšes sablīvējums konstatēts teritorijas ziemeļu daļā (Att. 30). Virzoties uz dienvidiem, sablīvējums palielinās un aptuveni nogabala vidusdaļā sasniedz maksimālo augšes blīvumu.

### 502-436-1

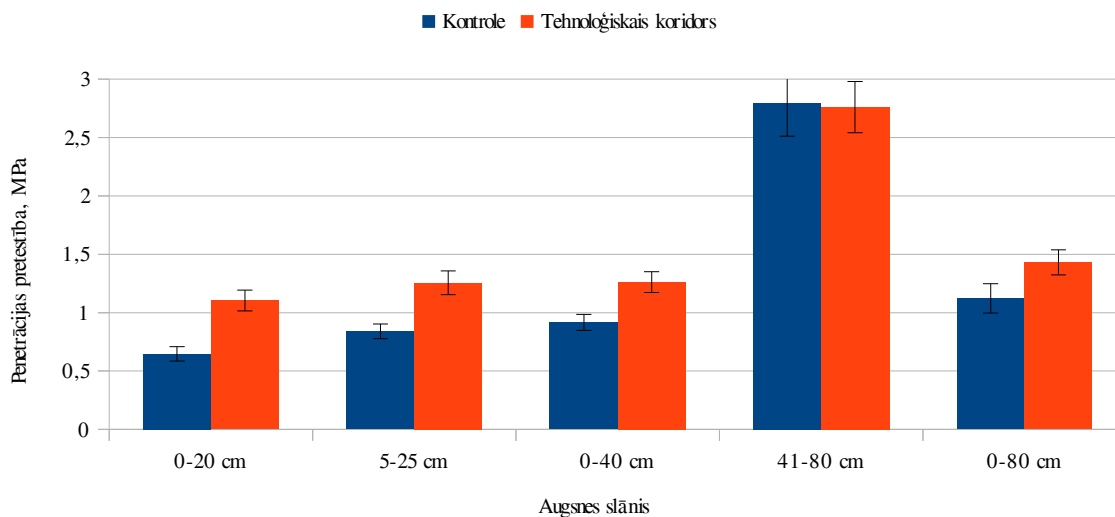
Objektā 502-436-1 nav konstatētas būtiskas atšķirības augšes sablīvējuma mērījumiem starp audzes kontroles daļu un tehnoloģiskajiem koridoriem. Grafikā redzams, ka arī šajā objektā

tehnoloģiskā koridora virskārta ir vairāk sablīvēta (Att. 33). Redzams, ka augsnes slānī no 35 cm līdz 60 cm dziļumam sablīvējuma rādītāji pietuvojas robežai (3 MPa), kad būtiski tiek ierobežota koku sakņu augšana.



**Att. 33: Augsnes penetrācijas pretestība objektā 502-436-1.**

Grafikā redzams (Att. 34), ka arī šajā objektā mežizstrādes tehnikas darbības rezultātā būtiski tiek ietekmēta augsnes virskārta līdz 40 cm dziļumam. Augsnes dziļākajos slāņos būtiskas atšķirības augsnes sablīvējumā starp kontroli un tehnoloģisko koridoru nepastāv.



**Att. 34: Augsnes penetrācijas pretestība dažādos augsnes slāņos objektā 502-436-1.**

Attēlā redzams, ka penetrācijas punkti ar vislielāko augsnes sablīvējumu atrodas objekta ziemeļos (Att. 35). Lielāks sablīvējums konstatēts arī nogabala dienvidaustrumu teritorijā. Vismazāk sablīvēts ir objekta dienvidrietumu teritorija, kur izvietoti punkti ar vismazāko penetrācijas pretestību.



Att. 35: Augsnes penetrācijas punktu izvietojums objektā 502-436-1.

## Sistēmas analīze

Pētījuma rezultāti rāda, ka 1 pievedējtraktors var apkalpot 2 harvesterus vai 30 % Timbear izmantojams kā pievedējtraktors un 70 % kā harvesters. Tas ļauj samazināt pievešanas izmaksas, salīdzinot ar lielāku dimensiju koku zāgēšanu, ņemot vērā, ka Timbear ir gandrīz 2 reizes dārgāks par līdzīgas kravnesības pievedējtraktoru uz riteņu bāzes. Lai maksimāli efektīvi izmantotu Timbear priekšrocības, šo mašīnu pirmām kārtām jāizmanto kopšanas cirtēs ar nelielu dimensiju kokiem, kur Timbear lielāko daļu laika strādās kā harvesters. Timbear izmantošana jaunaudzū kopšanas cirtēs ļauj pilnīgāk izmantot koksnes resursus, jo nav nepieciešama zaru iekļāšana ceļos un var izvest gan sīkkokus, gan mežizstrādes atliekas.

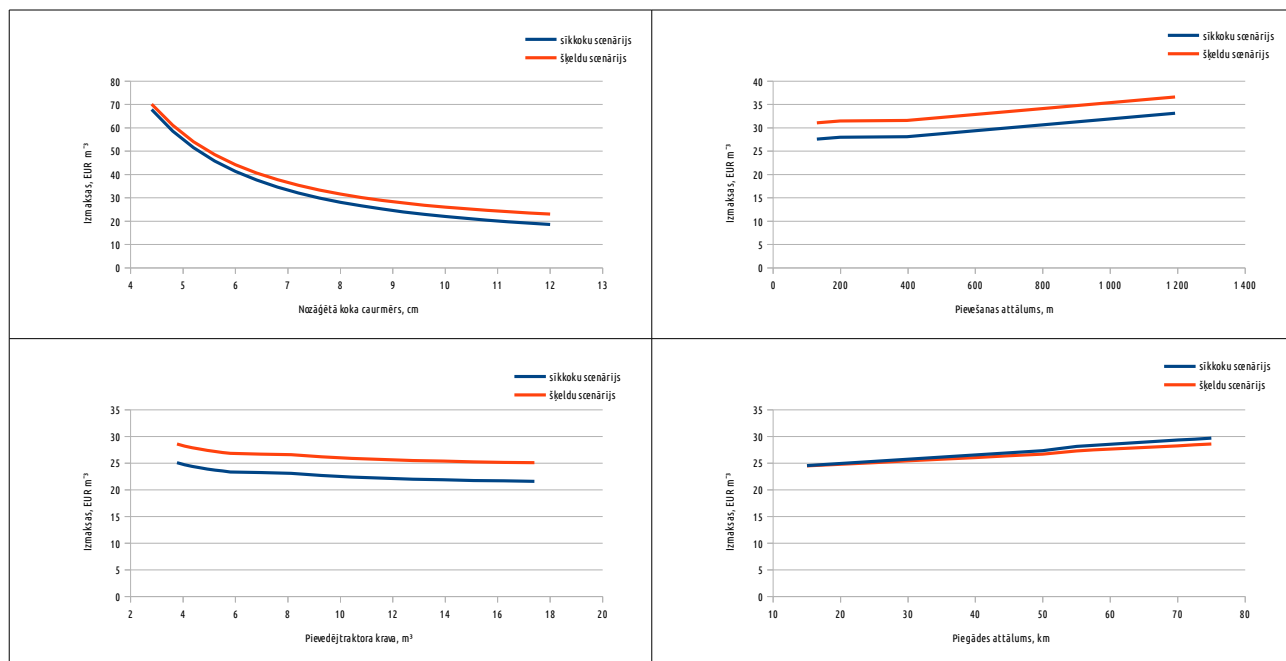
Viens šķeldotājs var apkalpot līdz 6 Timbear traktoros, kas 30 % darba laika noslogoti kā pievedējtraktori.

Biokurināmā piegādi 50 km attālumā no 1 šķeldotāja var nodrošināt 3-4 šķeldu vedēji.

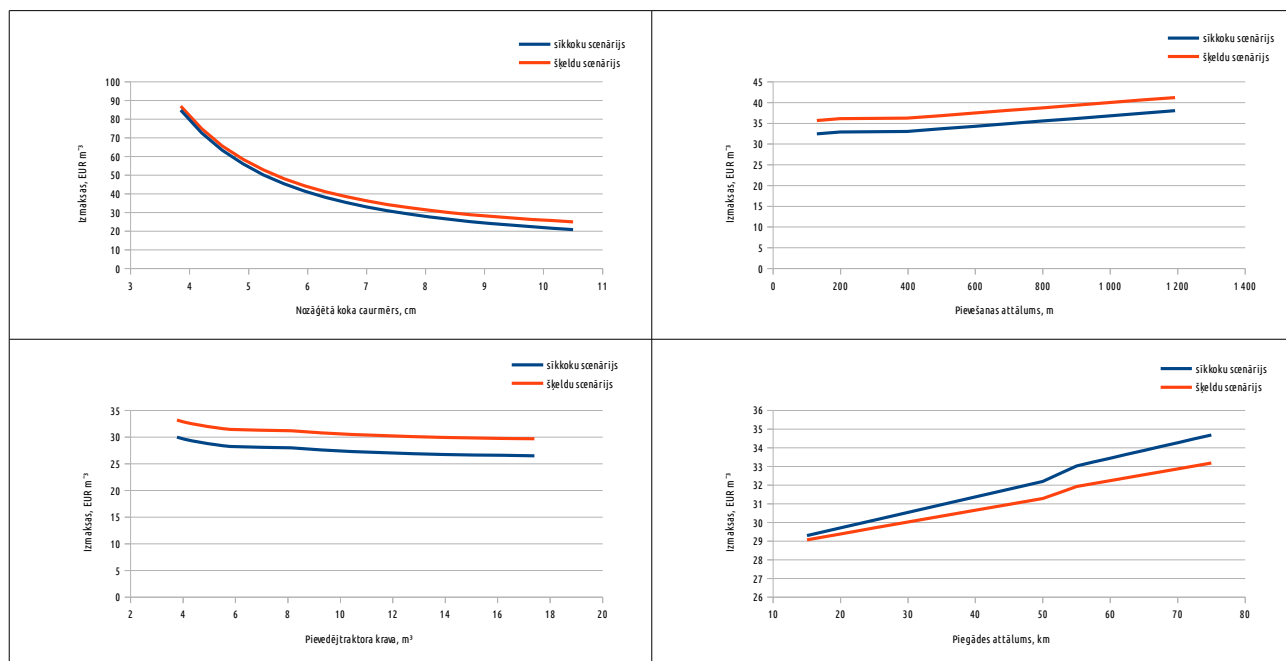
Viena pievedējtraktora pievesto sīkkoksnes sortimentu tālāku transportu 50 km attālumā no augšgala krautuves spēj nodrošināt 2-3 sīkkoksnes pārvadājumiem piemēroti kokvedēji.

## Jutības analīze

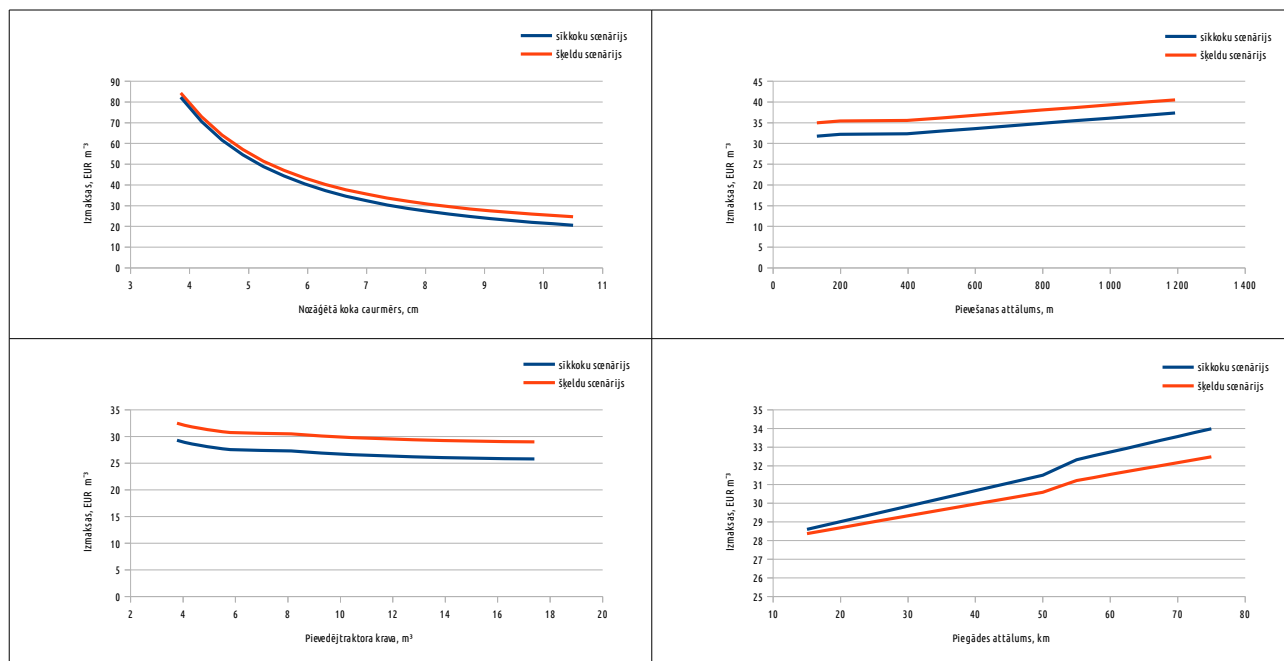
Sistēmas jutīguma analīzē redzams, ka lielāko ietekmi uz šķeldu pašizmaksu rada šķeldu transportēšanas attāluma un vidējā izzāgējamā koka koka caurmēra izmaiņas (Att. 36; Att. 37; Att. 38 un Att. 39). Šķeldu piegādes izdevīgums palielinās, pieaugot transportēšanas attālumam. Biokurināmā pašizmaksa pie dažādiem vidējā koka caurmēra rādītājiem ir salīdzinoši mazāka 4. darba metodē un vislielākā – 1. darba metodē.



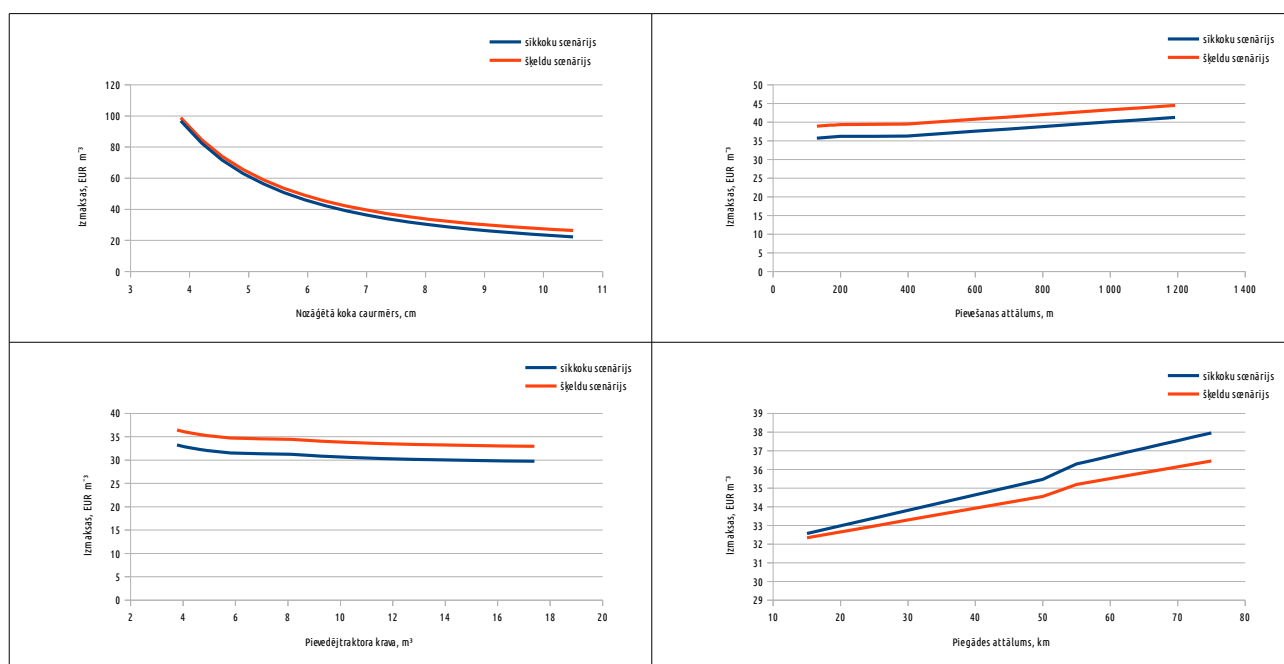
Att. 36: Jutīguma analīze 1.darba metodei.



Att. 37: Jutīguma analīze 2.darba metodei.



Att. 38: Jutīguma analīze 3.darba metodei.



Att. 39: Jutīguma analīze 4.darba metodei.

## Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums

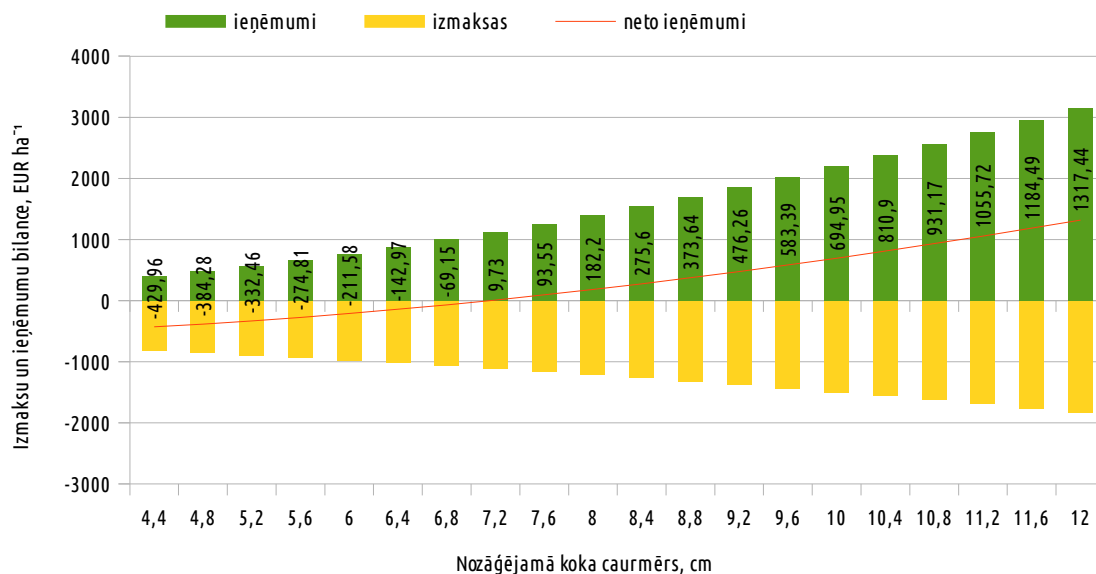
Pētījumā izvērtēti divi scenāriji – sīkkoksnes sortimentu transportēšana gala patērētājam, izmantojot kokvedēju un biokurināmā (šķeldu) sagatavošana augšgala krautuvē un piegāde patērētājam.

Iegūtie rezultāti parāda, ka, izmantojot sīkkoku biokurināmā piegādes scenāriju, pirmajām 2 darba metodēm izmaksu un ieņēmumu bilances nulles punkts tiek sasniegts pie nosacījuma, ka vidējā nozāgētā koka caurmērs nav mazāks par 7 cm. Izmantojot 3. un 4. darba metodi, sīkkoku piegādes scenārijs nav ekonomiski pamatots. Pieaugot vidējā nozāgētā koka

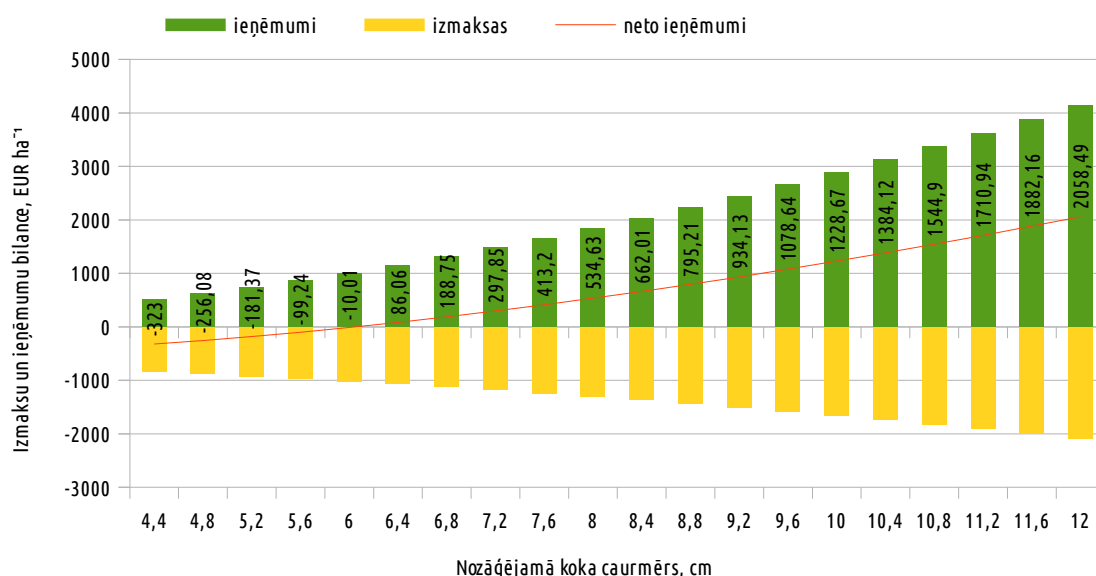
caurmēram izmaksu un ieņēmumu bilance tuvojas nullei, tomēr izdevumi pārsniedz potenciālos ieņēmumu, saglabājot negatīvus bilances rādītājus (Att. 40; Att. 42; Att. 44 un Att. 46).

Izmantojot šķeldu piegādes scenāriju, strādājot ar 1. un 2. darba metodi, pozitīva izdevumu ieņēmumu bilance iegūstama pie nosacījuma, ka vidējā nozāgētā koka caurmērs ir lielāks par 6 cm, bet 3. un 4. darba metodē vidējā izzāgējamā koka caurmēram jābūt lielākam par 7 cm (Att. 41; Att. 43; Att. 45 un Att. 47).

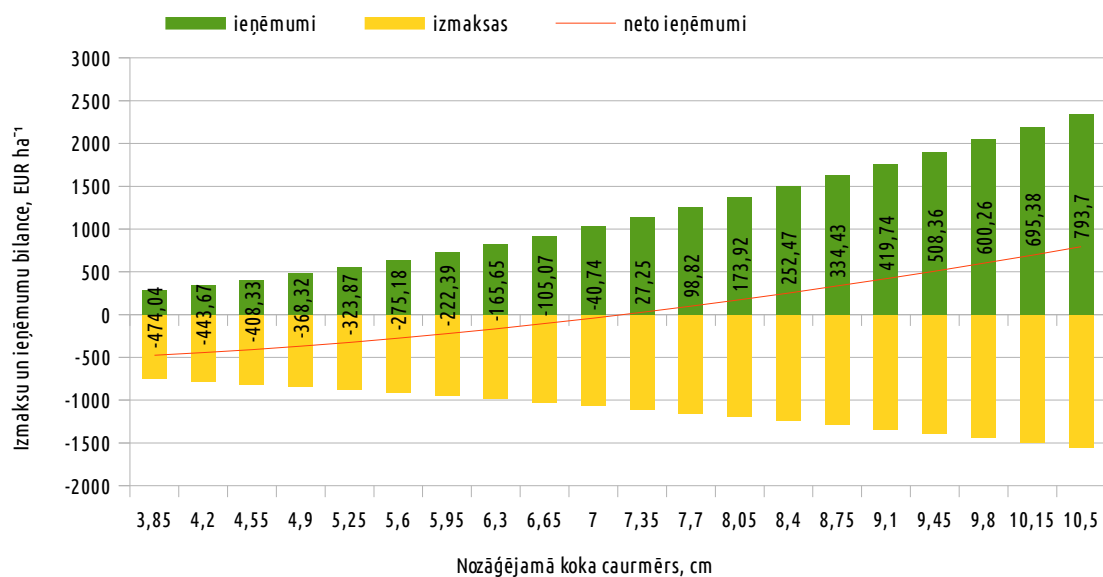
Izmaksu aprēķinā ņemtas vērā roku darba izmaksas, veicot kopšanu ar rokas motor-instrumentiem un atstājot koksni mežā.



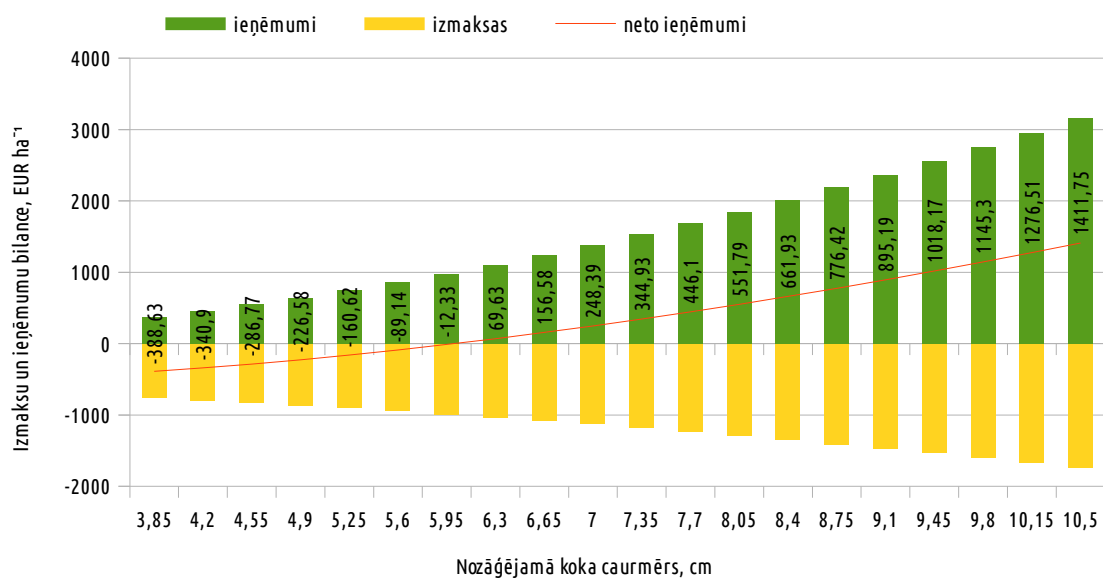
Att. 40: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.



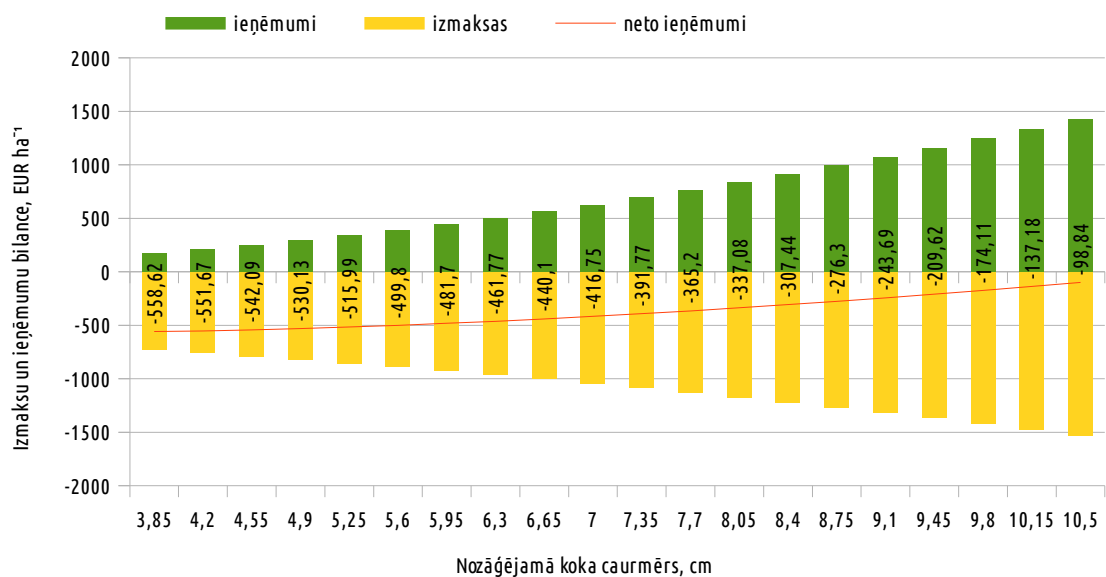
Att. 41: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 1.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.



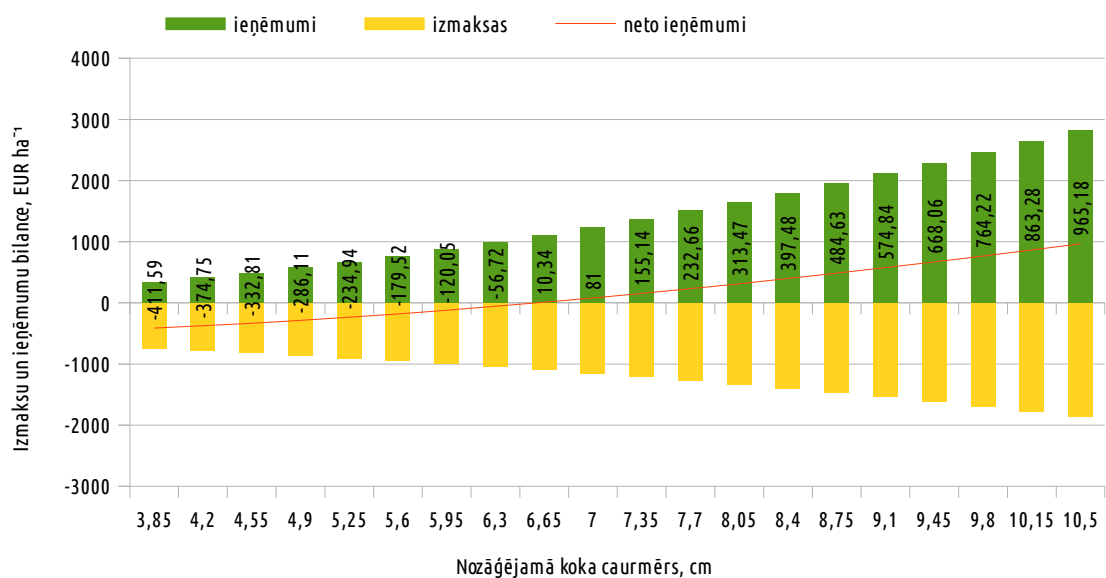
Att. 42: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.



Att. 43: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 2.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.

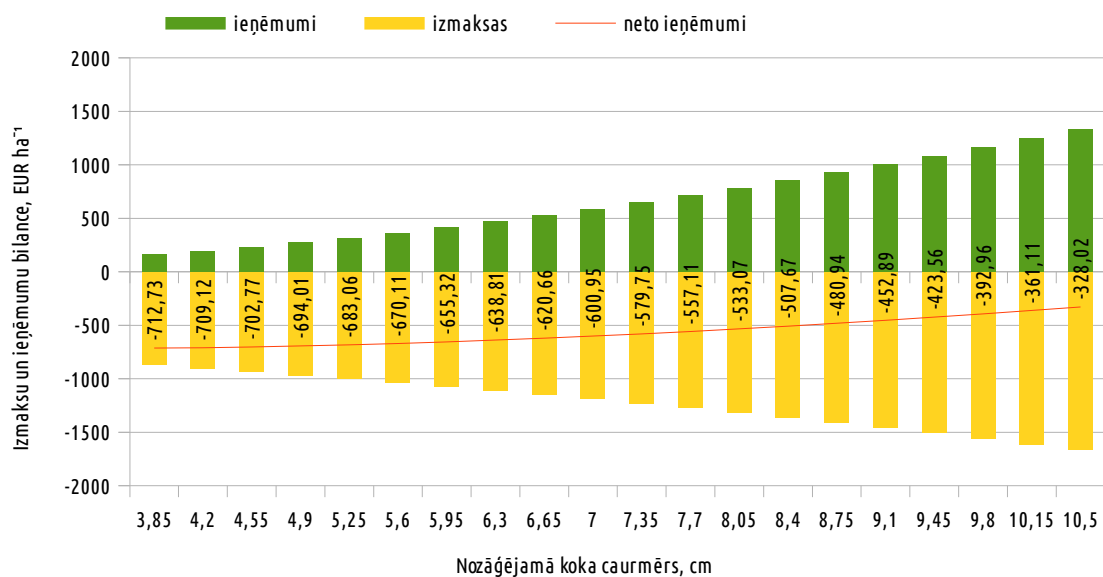


Att. 44: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.

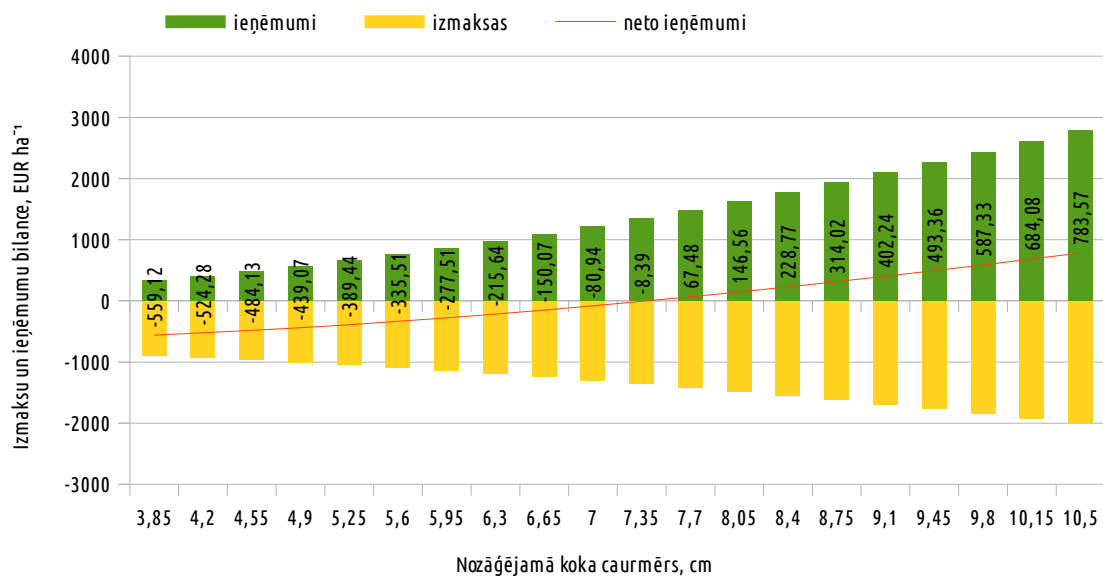


Att. 45: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 3.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.





Att. 46: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 4.darba metodei sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā.



Att. 47: Ieņēmumu un izdevumu salīdzinājums 4.darba metodei šķeldu piegādes scenārijā.

## IETEIKUMI PRAKSEI UN SECINĀJUMI

1. Jaunaudžu kopšanā ar Timber harvardera vidējais produktīvais darba laiks ir 64 % no kopējā darba laika, savukārt, tiešais darba laiks ir vidēji 88 % no produktīvā darba laika. Abi rādītāji ir būtiski mazāki, nekā citām 2013. gada izmēģinājumos izmantotajām mašinām. Produktīvā laika īpatsvaru samazināja biežie remontu un pārtraukumi tehnisku problēmu novēršanai. Tiešo darba laiku negatīvi ietekmēja lielais neveiksmīgo darba ciklu īpatsvars, kas, visticamāk, saistīts ar problēmām griezējgalvā. Lai uzlabotu Timber ražīguma rādītājus, ir jānovērtē citu griezējgalvu pielietošanas iespējas. Produktīvā darba laika īpatsvara palielināšana ir iespējama, uzlabojot problemātiskos mašīnas konstruktīvos risinājumus sadarbībā ar izgatavotāju.
2. Izmēģinājumi uzskatāmi demonstrē Timber galvenās priekšrocības meža kopšanas darbos – mašina rada minimālus augsnes bojājumus, tajā skaitā nesablīvē augsnes dziļākos slāņus, tehnoloģiskie koridori ir būtiski šaurāki, nekā līdzīgas kravnesības riteņtraktoriem, nav nepieciešams materiāls ceļu pakošanai, nodrošinot iespēju izvest visu sagatavoto materiālu, mašīnas pielietošana saistās ar mazākiem dīkstāves riskiem, pasliktinoties laika apstākļiem.
3. Atkarībā no pielietotās darba metodes, 1 koka sagatavošanai patērēts no 48 sek. tiešā darba laika 4. darba metodē līdz 63 sek. 1. darba metodē. Vidēji 1 koka apstrādei patērē 54 sekundes tiešā darba laika. Vismazāk tiešā darba laika 1 m<sup>3</sup> izstrādei patērēts 4. darba metodē (11 min.); savukārt, visvairāk – 2. darba metodē (14 min.). Vidēji 1 m<sup>3</sup> koksnes sagatavošanai patērētas 13 min. tiešā darba laika. Daļēji atzaroto sīkkoku sagatavošana būtiski palielina mehanizētās kopšanas darba ražīgumu. Trešā darba metode var būt efektīvākais risinājums jaunaudžu kopšanai, ja izlīdzinās papīrmalkas un biokurināmā cena. Jāņem vērā, ka šķeldu piegāde patērētājam ir būtiski lētāka, nekā lapkoku papīrmalkas piegāde, tāpēc pie vienādas papīrmalkas (zem mizas) un biokurināmā (ar mizu) cenas, būtiski izdevīgāka ir biokurināmā gatavošana.
4. Lapkoku audzēs būtiski jau kopjamajā audzē vai augšgala krautuvē apžāvēt sagatavoto materiālu, lai maksimāli efektīvi izmantotu šķeldu vedēja kravas telpu. Pārveidojot svaigi zāgētu sīkkoku šķeldu, pastāv risks pārsniegt maksimāli pieļaujamās masas ierobežojumus pat ar 70 m<sup>3</sup> konteineru sistēmām. Lapkoku šķeldas izdevīgi pārdot pēc to siltumspējas, jo bērza un baltalkšņa koksne ir būtiski blīvāka, nekā skujkoku koksne, attiecīgi, tai ir lielāka siltumspēja.
5. Kopumā izmēģinājuma ietvaros no 3 izkoptām jaunaudzēm pievesta 79 krava (vidējā krava – 5,1 tonnas, kas atbilst 2,6 sausnas tonnām vai 5,6 m<sup>3</sup>) kopā pievestas 458 tonnas koksnes. Vidēji 1 kravas pievešanai nepieciešama 1 stunda produktīvā darba laika. Vidēji 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai patērē 14 min. produktīvā darba laika. Vidēji 1 hektāra pievešanai patērē vidēji 8,9 stundas produktīvā darba laika. Biokurināmā sagatavošanas metožu pielietošana būtiski palielina pievešanas ražīgumu. Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais darba laiks bija 43 min., bet izkraušanai attiecīgi 9 min. Vidējais braukšanas ātrums pievedējtraktoram ar kravu bija vidēji 30 m min.<sup>-1</sup>, bez kravas – 49 m min.<sup>-1</sup>.
6. Salīdzinot divus biokurināmā piegādes scenārijus, sīkkoku piegādes scenārijs no ekonomiskā izdevīguma viedokļa var būt izdevīgs, strādājot ar 1. un 2. darba metodi, bet ar 3. un 4. darba metodi sagatavotajam biokurināmajam ekonomiski pamatots ir tikai ir šķeldu piegādes scenārijs. Sīkkoku biokurināmā piegādes scenārijā pirmajām 2 darba metodēm ieņēmumi pārsniedz izdevumus, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs nav mazāks par 7 cm, bet 3. un 4. darba metodei, piegādājot daļēji atzarotus sīkkokus, pozitīva bilance jaunaudžu kopšanā nav sasniedzama. Šķeldu piegādes scenārijā 1. un 2. darba metode nodrošina pozitīvu naudas plūsmu, ja vidējā nozāgētā koka caurmērs ir lielāks par 6 cm, bet 3. un 4. darba metodē vidējā izzāgējamā koka caurmēram jābūt lielākam par 7 cm. Šķeldu piegādes scenārijs, atkarībā no izmantotās darba metode, nodrošina šķeldu pašizmaksas samazinājumu no 0,27 EUR ber. m<sup>-3</sup> līdz 0,36 EUR ber. m<sup>-3</sup>, salīdzinot ar daļēji atzarotu sīkkoku piegādi.
7. Lielākā daļa no audzē atstātajiem apaļie kokmateriāliem ir papīrmalka un tehnoloģiskā malka, kas nozīmē, ka 4. darba metodei teorētiski ir priekšrocības, salīdzinot ar tradicionālajām metodēm, jo apaļie kokmateriāli novietoti salīdzinoši lielākās kaudzītēs. Kopējie zudumi, kas saistīti ar sortimentu atstāšanu, izmēģinājumā ir ap 330 EUR (40 EUR ha<sup>-1</sup>).

## LITERATŪRA

1. Eijkelkamp (2007). Operating instructions - 06.15.SA Penetrologger set. Eijkelkamp.
2. Kalēja, S., Brencis, M. & Lazdiņš, A. (2014). *Apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīguma salīdzinājums jaunaudzju kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014/02).
3. Lazdiņš, A., Donis, J., Zimelis, A. & Lazdāns, V. (2012). *Enerģētiskās koksnes resursi jaunaudzēs faktiskajā un ilgtermiņa griezumā pie dažādiem meža apsaimniekošanas scenārijiem*. Salaspils. (3. 5.5-5.1-000p-101-12-8).
4. Liepa, I. (1996). *Pieauguma mācība*. Jelgava: LLU.



**LVMi Silava**  
**Rīgas ielā 111, Salaspils, LV-2169**