
PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PASŪTĪTĀ PĒTĪJUMA IZPILDI

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPnieciskais PĒTĪJUMS

BIOKURINĀMĀ SAGATAVOŠANAS DARBA RAŽĪGUMU
UN IZMAKSAS IETEKMĒJOŠO FAKTORU IZPĒTE MEŽA
INFRASTRUKTŪRAS OBJEKTU APAUGUMĀ

LĪGUMA NR.: 3. 5.5-5.1-000P-101-12-8

IZPILDES LAIKS: 01.04.2012. - 31.03.2013. - 1. REDAKCIJA

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"



PROJEKTA VADĪTĀJS:

A. Lazdiņš

Kopsavilkums

Pētījuma mērķis ir noskaidrot biokurināmā sagatavošanas darba ražīgumu un noskaidrot izmaksas ietekmējošos faktorus, veicot mehanizētu meža infrastruktūras objektu apauguma izstrādi. Pētījuma otrajā etapā veikti izstrādes izmēģinājumi, salīdzinot 3 darba metodes – harvesters mēģina izstrādāt visus sīkkokus un krūmus, kas augstāki par 2 m; harvesters izstrādā sīkkokus un krūmus, kas resnāki par 4 cm, bet pārējos krūmus un sīkkokus pēc tam nozāgē un savāc ar rokām; pirms mehanizētās izstrādes ar rokas darba instrumentiem veic par 10 cm tievāko sīkkoku un krūmu izzāgēšanu. Pirmās 2 darba metodes saistītas ar aktīvu pakošanas mehānisma izmantošanu, 3. darba metodē pakošanas mehānisms izmantots minimāli. Visās darba metodēs apvienoja biokurināmā sortimentus un gatavoja visus tradicionālos apaļkoksnes sortimentus.

Salīdzinot izstrādes operācijas darba ražīgumu dažādu dimensiju kokiem, konstatēts, ka koku caurmērs būtiski ietekmē darba laika patēriņu 1 koka apstrādei. Tas skaidrojams ar atšķirīgu pieeju koku apstrādē – mazie koki aiziet galvenokārt biokurināmā sagatavošanā, bet no lielajiem kokiem gatavo vairākus sortimentus, kas palielina darba laika patēriņu sortimentācijas darba elementam. Tāpēc izstrādes darba ražīguma raksturošanai jāizmanto vienādojumi, kuros ražīgumu determinējošais faktors ir koku caurmērs. Katrai izstrādes metodei sagatavots savs vienādojums.

Pētījumā konstatēts, ka, strādājot ar 1. darba metodi, nav iespējams nodrošināt atbilstību AS "Latvijas valsts meži" kvalitātes prasībām. Šādas metodes pielietošana var attaisnoties tajos gadījumos, kad vienā iepirkumā apvieno grāvju apauguma novākšanas un grāvju tīrīšanas pakalpojumus; attiecīgi, pakalpojumu sniedzējs neveic liekas darbības, kas nepieciešamas ar atbilstības nodrošināšanu grāvju izzāgēšanas operācijā, bet koncentrējas un kvalitātes nodrošināšanu grāvju gultnes tīrīšanā.

Otrā darba metode ir ievērojami efektīvāka grāvjos ar salīdzinoši nelielu dimensiju kokiem un nedaudz efektīvāka par 1. darba metodi grāvjos ar lielākiem kokiem. Atšķirīgo darba ražīgumu nosaka, galvenokārt, vidējā izzāgējamā koka caurmērs, kas sākotnēji vienādos darba apstākļos 2. darba metodē vienmēr būs mazāks; attiecīgi, samazināsies vidējā izzāgējamā koka tilpums un darba ražīgums (m^3 stundā). Viens no risinājumiem darba ražīguma palielināšanai, strādājot ar 2. darba metodi, ir aktīvāka pakošanas funkcijas izmantošana mazo dimensiju koku zāgēšanā un izvairīšanās no liekām darbībām sortimentācijas laikā. Vienādos apstākļos (vienāds vidējā izzāgējamā koka caurmērs) 2. darba metode nodrošina lielāku darba ražīgumu. Otrās darba metodes galvenās priekšrocības ir mazākas izmaksas pameža izzāgēšanai un lielāks biokurināmā iznākums.

Strādājot sākotnēji vienādos apstākļos ar 1. darba metodi, šķeldu sagatavošanas un piegādes pašizmaksa ir vidēji 10,02 Ls ber. m^{-3} , ar 2. darba metodi – 7,75 Ls ber. m^{-3} , ar 3. darba metodi – 7,09 Ls ber. m^{-3} . Izmaksas būtiski ietekmē vidējā izzāgējamā koka caurmērs, tāpēc pirms lēmuma pieņemšanas par izstrādi būtiski novērtēt apauguma struktūru un biokurināmo gatavot tikai grāvjos, kur vidējā izzāgējamā koka caurmērs ir vismaz 15 cm (biokurināmā pašizmaksa pietuvosies 5 Ls ber. m^{-3}).

Biokurināmā kvalitāti būtiski ietekmē sīkkoku uzglabāšana augšgala krautuvē. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem uzglabāšanas laikā relatīvais mitrums koksne ir samazinājies no vidēji 55 % līdz 47 %. Sagatavotās šķeldas ir piemērotas izmantošanai centralizētajā siltumapgādē; iespējams, ka tās var izmantot arī skaidu plātņu ražošanai. OSB plātņu ražošanai patērētājam būtu jāpiegādā nesasmalcināta koksne, taču šim patērētājam vēl papildus jānoskaidro, vai daļēji atzaroto sīkkoku dimensijas ietekmē mizošanas efektivitāti. Darbā nav novērtētas apaļkoksnes piegādes iespējas patērētājam, taču teorētiski aprēķini liecina, ka, piegādājot apaļkoksni (un izmantojot stacionāros šķeldotājus ar elektropiedziņu, var būtiski samazināt šķeldu pašizmaksu.

Saskaņā ar grāvju struktūras izpēti, vidēji gada laikā var sagatavot 177 tūkst. ber. m^3 šķeldu vai 65 tūkst. m^3 stumbra koksnes sortimentu.

Projekta laiks 01.04.2012. - 31.03.2013. Projekta izpildītāji Andis Lazdiņš, Agris Zimelis, Māris Gackis, Agris Pobiaržens, Jānis Stalīdzāns, Modris Okmanis, Gints Spalva. Projekts īstenots Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava".

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Saturs.....	3
Ievads.....	7
Metodika.....	11
Grāvju struktūras analīze.....	11
Izmēģinājumu objekti.....	12
<i>Sākotnējā atlase.....</i>	<i>12</i>
<i>Uzmērīšana.....</i>	<i>13</i>
Izstrādes metodes.....	15
Darba laika uzskaitē.....	17
<i>Izstrāde.....</i>	<i>18</i>
<i>Pievešana.....</i>	<i>19</i>
<i>Pievestā materiāla svēršana.....</i>	<i>20</i>
Grāvju trašu izstrādes pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	21
Biomasa raksturojošo rādītāju noteikšana.....	24
<i>Paraugu ievākšana.....</i>	<i>24</i>
<i>Koksnes blīvuma noteikšana.....</i>	<i>24</i>
<i>Koksnes mitruma noteikšana.....</i>	<i>25</i>
Rezultāti.....	26
Grāvju raksturojums.....	26
Izmēģinājumu objektu raksturojums.....	29
Biomasa raksturojums.....	31
<i>Koksnes mitrums un blīvums.....</i>	<i>31</i>
<i>Šķeldu īpašības.....</i>	<i>34</i>
Darba laika uzskaites rezultāti.....	37
<i>Izstrādes darba ražīgums.....</i>	<i>37</i>
<i>Pievestais materiāls.....</i>	<i>47</i>
<i>Pievešanas darba ražīgums.....</i>	<i>48</i>
<i>Šķeldošanas darba ražīgums.....</i>	<i>52</i>
Biokurināmā sagatavošanas pašizmaksa.....	58
Secinājumi.....	66
Pielikumi:	
1.Pielikums: Apguma raksturojums uz grāvju trasēm	
2.Pielikums: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums	
3.Pielikums: Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums	
4.Pielikums: Pievestā materiāla svēršanas rezultāti	
5.Pielikums: Pašizmaksas modeļu izdrukas	

Tabulas

1. Tabula: Biokurināmā sagatavošanas un piegāžu tiešās izmaksas (Ls ber. m ³ , Lazdiņš and Thor, 2009).....	6
2. Tabula. Uzskaites lapa.....	13
3. Tabula. Izstrādes darba laika uzskaites elementi.....	16
4. Tabula. Izmēģinājumos sagatavotie sortimenti.....	16
5. Tabula. Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	18
6. Tabula. Pieņemumi darba apstākļu un kurināmā raksturošanai raksturošanai.....	19
7. Tabula. Pašizmaksas aprēķinu gaita.....	20
8. Tabula. Nosacīto grāvju un aprēķinātais Meža valsts reģistra grāvju garumu sadalījums pa meža tipi.....	25
9. Tabula. Nosacīto grāvju datu bāzes ierakstu skaits.....	26
10. Tabula: Pētījumu objektu vispārīgs raksturojums.....	27
11. Tabula: Mitruma saturs un nosacītais koksnes blīvums.....	30
12. Tabula: Dažādos grāvjos sagatavoto sortimentu grupas.....	37
13. Tabula: Darba laika uzskaites kopsavilkums.....	38
14. Tabula: Darba laika uzskaites kopsavilkums.....	38
15. Tabula: Vidējā krava dažādos izstrādes variantos.....	45
16. Tabula: Darba ražīgums, min. uz 1 tonnu sausas.....	47
17. Tabula: Darba ražīgums, min. uz 1 m ³	48
18. Tabula: Darba laika uzskaites kopsavilkums, cmin.....	51
19. Tabula: Sagatavotais biokurināmais.....	52
20. Tabula: Darba laika patēriņš, sek. uz 1 ber. m ³	54
21. Tabula: Sagatavotā kurināmā raksturojuma kopsavilkums.....	54
22. Tabula: Darba laika patēriņš, sek. uz 1 tonnu.....	54
23. Tabula: Darba laika patēriņš, sek. uz 1 MWh.....	55
24. Tabula: Pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei.....	56
25. Tabula: Pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei.....	58
26. Tabula: Pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei.....	60
27. Tabula: Pētījumu objektu vispārīgs raksturojums.....	66
28. Tabula: Sugu raksturojums atlasītajos grāvjos.....	66
29. Tabula: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums – kopējais patērētais darba laiks.....	73
30. Tabula: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums (vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs) un izstrādātās krājas raksturojums.....	73
31. Tabula: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums dažādām darba metodēm (vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs) un izstrādātās krājas raksturojums.....	74
32. Tabula: Darba metožu un operatoru salīdzinājums (vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs).....	74
33. Tabula: Pievedējtraktora iekraušanas un izkraušanas darba laika uzskaites kopsavilkums.....	76
34. Tabula: Tukša pievedējtraktora svēršanas rezultāti.....	78
35. Tabula: Pievestā materiāla uzskaites kopsavilkums.....	78
36. Tabula: Pievestā materiāla raksturojums.....	78
37. Tabula: Pašizmaksas aprēķinu modeļa izdruka 1. darba metodei.....	81
38. Tabula: Pašizmaksas aprēķinu modeļa izdruka 2. darba metodei.....	84
39. Tabula: Pašizmaksas aprēķinu modeļa izdruka 3. darba metodei.....	87

Attēli un grafiki

Att. 1 Dažādas izstrādes tehnoloģijas un to galaprodukti.....	10
Att. 2 Ar instrumentu Intersect iegūtas kartes fragments.....	12
Att. 3 Sākotnējā potenciālo pētījumu objektu identifikācija.....	13
Att. 4 Pētījuma ietvaros apsekotais apgabals.....	13
Att. 5 Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem ar ceļu.....	14
Att. 6 Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem bez ceļa.....	15

Att. 7 Izmēģinājumos izmantotais harvesters Ponsse Fox.....	16
Att. 8 Ponsse H6 griezējgalva.....	16
Att. 9: Hronometrāžā izmantotais laukdatore Allegro CX.....	17
Att. 10: Sortimentu izvietošana.....	19
Att. 11 Logset 4F pievedējtraktors.....	19
Att. 12: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svāri CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.....	20
Att. 13 Pievedējtraktora svēršana.....	21
Att. 14 Koksnes blīvuma noteikšanas iekārta.....	25
Att. 15 Grāvju sadalījums pa meža tipiem.....	26
Att. 16 Kumulatīvais caurmēra sadalījums.....	30
Att. 17 Krājas sadalījums.....	31
Att. 18 Pētījumā iegūtā koksnes blīvuma atšķirība no teorētiskajām aprēķinos izmantotajām vērtībām.....	32
Att. 19 Koksnes paraugu skaita sadalījums.....	33
Att. 20 Sakarība starp melnalkšņa nogriežņu resgaļa caurmēru un relatīvo koksnes mitruma saturu.....	33
Att. 21 Sakarība starp bērza nogriežņu resgaļa caurmēru un nosacīto koksnes blīvumu.....	34
Att. 22 Relatīvais mitruma saturs un nosacītais koksnes blīvums dažādās krautnēs.....	34
Att. 23 Raksturīgas sīkkoku šķeldas puspiekabē.....	35
Att. 24 Gaisa temperatūra.....	35
Att. 25 Nokrišņi 2013. gada februārī.....	36
Att. 26 Šķeldu frakcijas.....	37
Att. 27 Gaisa temperatūra izstrādes laikā.....	38
Att. 28 Nokrišņi izstrādes laikā.....	38
Att. 29 Darba laika patēriņa sadalījums dažādām darba metodēm.....	41
Att. 30 Tiešais produktīvais laiks dažādās izstrādes metodēs atkarībā no vidējā koka izmēra, sek. uz 1 koku.....	41
Att. 31 Sakarība starp vidējā koka stumbra tilpumu un 1 koka apstrādei patērējamo laiku.....	42
Att. 32 Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei, atkarībā no darba metodes.....	42
Att. 33 Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā apstrādājamo koku skaitu, atkarībā no darba metodes.....	43
Att. 34 Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā izstrādājamo krāju, atkarībā no darba metodes.....	43
Att. 35 Produktīvajā darba stundā sagatavojamā krāja atkarībā no vidējā koka caurmēra.....	44
Att. 36 Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei, atkarībā no operatora.....	44
Att. 37 Koku skaita sadalījums pēc caurmēra dažādiem operatoriem.....	45
Att. 38 Dažādu operatoru uzrādītais darba ražīgums, atkarībā no darba metodes.....	45
Att. 39 Sakarība starp vidējā koka caurmēru un aprēķināto krāju izmēģinājumu objektos.....	46
Att. 40 Sakarība starp vidējā koka caurmēru un vidējā koka stumbra tilpumu izmēģinājumu objektos.....	46
Att. 41 Kravu skaita sadalījums pēc masas.....	48
Att. 42 Vidējās kravas masa.....	48
Att. 43 Biokurināmā sortiments ceļmalā.....	50
Att. 44 Darba laika sadalījums dažādu izstrādes variantu pievešanā.....	51
Att. 45 Iekraušanas un izkraušanas darba laika kopsavilkums.....	51
Att. 46 Pievešanas darba ražīguma salīdzinājums, pielietojot dažādas darba metodes.....	52
Att. 47 Darba laika elementu sadalījums.....	52
Att. 48 Izmēģinājumos izmantotais šķeldotājs.....	53
Att. 49 Šķeldu transportēšanai izmantotās kravas mašīnas.....	53
Att. 50 Darba laika elementu procentuālais sadalījums.....	54
Att. 51 Jutības analīze 1. darba metodē.....	59
Att. 52 Izmaksu struktūra 1. darba metodē.....	60
Att. 53 Jutības analīze 2. darba metodē.....	61
Att. 54 Izmaksu struktūra 2. darba metodē.....	62
Att. 55 Jutības analīze 3. darba metodē.....	63

Att. 56 Izmaksu struktūra 3. darba metodē.....	64
Att. 57 Biokurināmā pašizmaksas salīdzinājums, izstrādājot par 5 cm resnākus kokus ar dažādām darba metodēm.....	64
Att. 58 Oglekļa emisiju struktūra ražošanas procesā.....	65

Ievads

Orientējošs biokurināmā resursu vērtējums meža infrastruktūras objektos valsts mežos veikts 2008. gada, izmantojot AS "Latvijas valsts meži" veiktās meža meliorācijas sistēmu inventarizācijas rezultātus.

Grāvji meliorācijas sistēmās ir sadalīti šādās kategorijās:

- maģistrālie grāvji;
- novadgrāvji;
- susinātājgrāvji;
- kontūrgrāvji.

Visi grāvji valsts mežos ir uzmērīti un aprakstīti, lielākā daļa no tiem ir atrodamā valsts mežu meliorācijas sistēmu datu bāzē. Grāvju aprakstos par apaugumu ir savākta salīdzinoši nepilnīga informācija, kura ietver vizuālu grāvja gultnes un trases apauguma novērtējumu un ir reģistrēta ar šādām kategorijām:

- L – apaugumā ir likvīdā koksne, ja grāvja gultne un trase ir apaugusi ar kokiem, kuru caurmērs 1,3 m augstumā ir 6 cm un vairāk;
- K – grāvja gultne un trase ir apaugusi ar krūmāju sugām;
- LK – grāvja gultne un trase apaugusi ar krūmiem un likvīdo koksni;
- BA – grāvju trases, kurās apaugums nav sastopams.

Apkopojot ievākto informāciju, konstatēts, ka daudzi apsekotāji paplašinājuši šo sadalījumu ar kokaugu kategoriju atvasāji, kurus savieto gan ar krūmiem, gan likvīdo koksni (AK, AL u.c.). Krūmi ir apaugums ar krūmveida koku sugām, kuras raksturojas ar lielāku biezību, bet maziem koku taksācijas rādītājiem – caurmērs 1-5 cm, augstums 2-4 m. To kopējā krāja uz 1 km grāvja trases jeb 1 ha tā platības reti pārsniedz 10-20 m³ (Valentīns Lazdāns, Andis Lazdiņš, and Agris Zimelis 2008).

Atvasāji ir apaugums, kurš rodas pēc grāvju trašu kopšanas, novācot baltalkšņa, apses, bērza, melnalkšņa u.c. koku sugu apaugumu. Atvasāji sāk augt tūlīt pēc mātes koku novākšanas, un tie ar gadiem sasniedz likvīdās koksnes parametrus. Tāpēc tie būtu jāiedala atsevišķā kategorijā. Apšaubāma ir likvīdās koksnes un atvasāju kategorija (LA), jo, ja atvasāji aug pēc apauguma novākšanas, tad likvīdai koksnei uz šādiem grāvjiem vajadzētu būt novāktai kopā ar atvasāju mātes kokiem.

Analizējot grāvju apauguma kategorijas kopsavilkumā 2008. gada pētījumā pieņemtas četras grāvju trašu apaugumu raksturojošās kategorijas un tajās sagrupēti visi valsts mežu inventarizētie grāvji. Kopējais grāvju garums LVM mežos ir 48 247 km¹ un ar likvīdo koksni apauguši 55 % no visiem grāvjiem. 24% grāvju ir bez apauguma, kur ietilpst arī koptie grāvji; 21% grāvju ir apauguši ar krūmiem un atvasēm. Vērtējot kopējo grāvju apauguma krāju, 2008. gada pētījumā pieņemts, ka vidējais apauguma apjoms ar likvīdo koksni apaugušajiem grāvjiem ir līdz 80 m³ uz 1 km grāvju trases. Tādā veidā uz grāvjiem apaugums varētu būt ap 1,9 milj. m³ likvīdās koksnes vai 5,7 milj. ber. m³ šķeldu (Valentīns Lazdāns, Andis Lazdiņš, and Agris Zimelis 2008).

Pieņemot, ka visu meliorācijas sistēmu renovācijas cikls varētu atkārtoties ik pēc 20 gadiem, gadā iegūstamais enerģētiskās koksnes apjoms no grāvju apauguma valsts mežos var būt ap 300 tūkst. ber. m³ šķeldu. AS "Latvijas valsts meži" plānošanas dokumentos paredzēts ik gadu veikt meža meliorācijas sistēmu renovācijas darbus līdz 30 tūkst. ha mežu platībās. Veicot meža meliorācijas sistēmu grāvju apauguma novākšanu atbilstoši šim plānam, gadā var iegūt līdz 200 tūkst. ber. m³ šķeldu kokskaidu granulu vai siltumenerģijas iegūšanai (Valentīns Lazdāns, Andis Lazdiņš, and Agris Zimelis 2008).

Līdz šim nav veikta meliorācijas sistēmu struktūras analīze meža tipu griezumā, lai novērtētu, cik daudz meliorācijas grāvju atrodas auglīgos mežos ar lielu krājas pieauguma potenciālu un cik daudz meliorācijas sistēmu robežojas ar nabadzīgiem meža tipiem, kur nav pamata gaidīt lielus krājas pieaugumus.

¹ Informācija par grāvju kopgarumu aktualizēta atbilstoši 2012. gada datiem.

Grāvju atbērtņu apauguma novākšanas un ceļmalu tīrīšanas tehnoloģiskie risinājumi ir līdz šim nepietiekoši novērtēti biokurināmā sagatavošanas kontekstā. Tehnoloģiski pieejamais biokurināmā apjoms uz grāvju atbērtnēm variē plašās robežās – no dažiem krūmiem un sīkkokiem uz regulāri applaut ceļmalu grāvjiem līdz vairākiem tūkstošiem koku uz 1 ha. Būtiski, ka grāvjos gandrīz vienmēr darbs ir saistīts ar sīkkokiem un, neskatoties uz atsevišķu lielāku koku klātbūtni, vidējā koka augstums reti kad pārsniedz 12 m robežu.

Mežizstrādes pētījumi par grāvju apauguma izmantošanu biokurināmā sagatavošanai Latvijā veikti 2008. gadā sadarbībā ar Zviedrijas mežzinātnes institūtu Skogforsk. Pētījumā noskaidrots, ka no meža infrastruktūras objektu apauguma (ceļmalas, meliorācijas grāvji) iegūstamais biokurināmā apjoms ir 100 ber. m³ ha⁻¹. Aptuveni tikpat daudz biokurināmā sanāk, pārrēķinot uz 1 km. Aprēķins veikts tādiem grāvjiem, uz kuriem ir izteikts kokaugu, kā arī kokaugu un krūmu apaugums (M. Thor et al. 2008). Vidējais koku vecums šajā laikā ir 15-20 gadi. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem konstatēts, ka meliorācijas grāvju apaugumu novācot reizi 15-20 gados, t.i. izzāģējot apmēram 2-3 tūkst. ha grāvju gadā, var iegūt papildus aptuveni 200-300 tūkst. ber. m³ biokurināmā gadā, ja neņem vērā tehniskos, vides aizsardzības vai ekonomiskos ierobežojumus (M. Thor et al. 2008).

Ceļmalu un grāvju tīrīšanas darbos, ieskaitot izstrādi un iekraušanu pievedējtraktorā, darba ražīgums bija 8,2 ber. m³ stundā. Tas ir salīdzinoši zems darba ražīguma rādītājs. Bracke C16.a nodrošināja par 25 % lielāku darba ražīgumu, ieskaitot sīkkoku pievešanu. Vidējās biokurināmā izmaksas visam piegāžu procesam 2008. gada cenās dotas 8. tabulā. Pētījumā konstatēts, ka biokurināmā pašizmaksa pat optimālos darba apstākļos pārsniedz šķeldu tirgus cenu. Pētījuma rezultātu lielā mērā ietekmēja tehniskās problēmas un operatoru pieredzes trūkums (Magnus Thor et al. 2008).

1. Tabula: Biokurināmā sagatavošanas un piegāžu tiešās izmaksas (Ls ber. m³, Lazdiņš and Thor, 2009)

Izmantotā tehnika	Izstrāde	Pievešana	Smalcināšana	Tālākais transports (50 km)	Kopā
Ponsse Gazelle/EH25	5,08	-	1,05	1,56	7,70
John Deere 970/Bracke C16.a + pievedējtraktors	2,42	1,34	1,05	1,56	6,37

Zviedrijā 2009.-2010. gados veiktos pētījumos izstrādei izraudzīti grāvji, kur auga 4000-20000 sīkkoku uz 1 ha, ar kopējo virszemes biomasas uzkrājumu 40-110 tonnas ha⁻¹. Vidējais harvestera darba ražīgums bija 2,6-3,7 tonnas stundā (Skogforsk 2011). Salīdzinājuma Latvijā veiktajos izmēģinājumos darba ražīgums bija par 50-100 % mazāks. Neto peļņa Zviedrijā veiktajos izmēģinājumos bija ap 700 Ls ha⁻¹. Tajā pat laikā Zviedrijā biomasas izstrādei ir piemēroti tikai 5 % ceļu (ap 10000 ha), kas atbilst aptuveni 2 TWh primārās enerģijas gadā. Tāpat kā Latvijā, Zviedrijā izmēģinājumos izmantoja kniebējgalvu EH25, kas montēta uz Ponsse harvardera, un Bracke C.16a griezējgalvu, kas montēta uz Valmet 911 harvestera (Skogforsk 2011).

Pētījumā konstatēts, ka maksimālas rentabilitātes nodrošināšanai būtiski, lai harvesters savāc tikai lielākos kokus, atstājot pārējos kokus satrūdēšanai. Mazākie (atstājami) koki zāģējami tikai pļaušanas režīmā. Izstrādājamajam apjomam jābūt vismaz 40 tonnas ha⁻¹ (200 ber. m³). Ja audzē ir daudz koku, kuru caurmērs ir mazāks par 3 cm, jāizmanto kombinēta izstrāde ar harvesteru un mulčētāju. Kombinētās izstrādes gadījumā harvesters vispirms savāc resnākos kokus, pēc tam ar mulčētāju nopļauj tievākos kokus (Skogforsk 2011). Meža grāvju gadījumā ierobežojošais faktors ir mulčētāja strēles izlīces garums; vairumā gadījumu uz lauksaimniecības traktoriem montētās strēles nevar aizsniegt tālāk par 5 m, attiecīgi, nespēj izplaut meža grāvi un atbērtni grāvja otrajā pusē.

Gan Latvijā, gan Zviedrijā veiktajos pētījumos secināts, ka tirgū pašlaik nav mežizstrādes mašīnu, kas vienlīdz efektīvi un vienā darba procesā spētu utilizēt lielākos kokus (caurmērs 6-12 cm) un krūmus ar caurmēru < 6 cm.

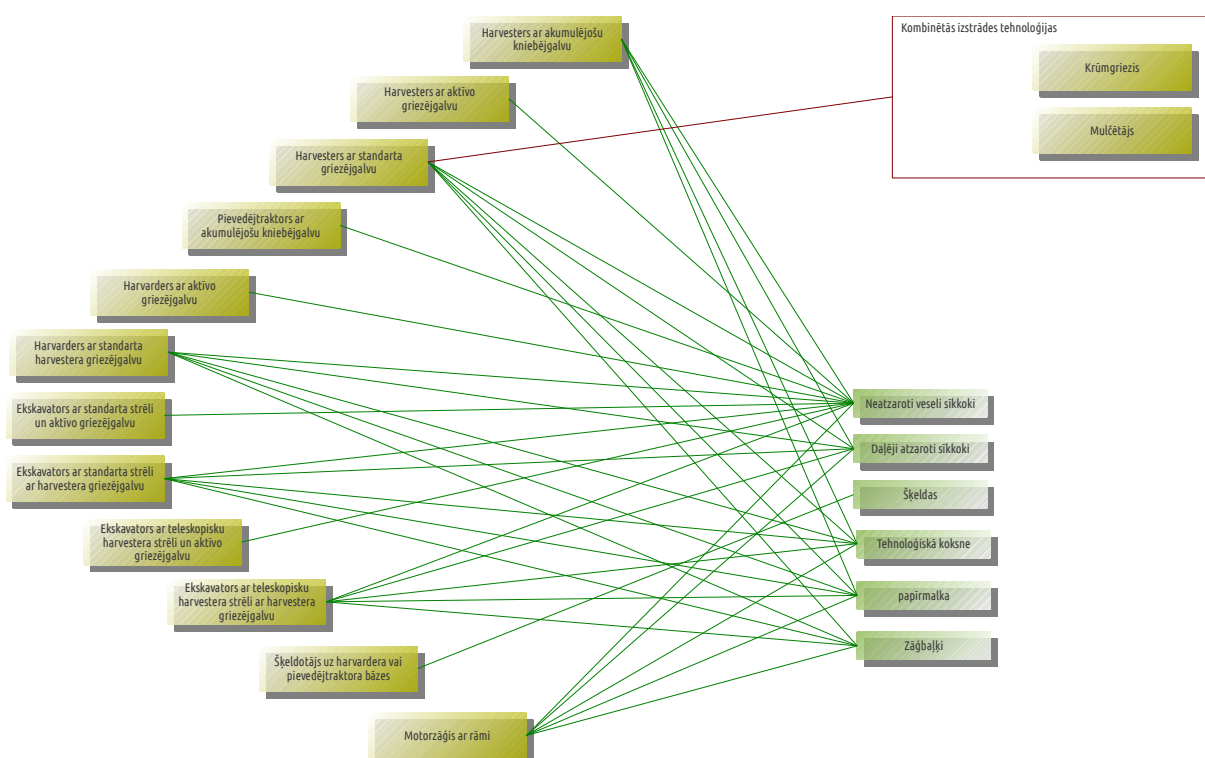
Zviedrijā ceļmalu izzāģēšanu parasti veic ar mulčētājiem un izstrādes izmaksas 2009. gadā vidēji bija 175 Ls km⁻¹. Mulčētāju darba ražīgums būtiski krītas, ja koku caurmērs pārsniedz 4 cm. Pie mazāka caurmēra ar mulčētāju stundā var izplaut 3 km

grāvju. Darba pašizmaksa ir ap 70 Ls km⁻¹. Ja koku caurmērs ir 10 cm, mulčētāja ātrums samazinās līdz 1 km stundā un pļaušanas pašizmaksa pieaug līdz 245 Ls km⁻¹. Ja ir liels par 10 cm lielāku koku īpatsvars, mulčētāja pašizmaksa strauji pieaug (Skogforsk 2011). Būtiskākais šķērslis biokurināmā ieguves rentabilitātes palielināšanai gan Zviedrijā, gan Latvijā ir metodes trūkums grāvju trašu apauguma ātrai un lētai klasificēšanai, lai noteiktu grāvju posmus, kur jāstrādā ar mulčētāju, kur var izmantot harvesteru un kur abas darba metodes jākombinē.

Biokurināmā ieguves potenciāls uz grāvjiem Latvijā proporcionāli grāvju platībai ir vismaz 2 reizes lielāks nekā Zviedrijā, kur par biokurināmā sagatavošanai piemērotiem uzskata 5 % grāvju (Skogforsk 2011; Andis Lazdiņš, Valentīns Lazdāns, and Agris Zimelis 2012). Jāņem vērā, ka daļa grāvju ar lielāko sortimentu krāju jau ir izstrādāti. Piemēram, šī projekta ietvaros veikta izmēģinājumu objektu atlase izstrādes izmēģinājumiem un no 118 ha apsekoto grāvju, kurus saskaņā ar aprakstu klāj likvīdā koksne vai krūmi un likvīdā koksne, par piemērotiem izstrādei atzīti 12,3 ha. Pārējos grāvjos izstrāde jau bija veikta vai arī apaugums tikai atsevišķās vietās atbilda izvirzītajiem kvalitatīvajiem kritērijiem (Andis Lazdiņš, Agris Zimelis, and Kalniņš 2012). Jāņem vērā, ka pētījuma primārais mērķis nebija novērtēt izstrādei piemēroto grāvju īpatsvaru, tāpēc precīzus datus par apauguma struktūru un potenciālajiem resursiem varēs iegūt, pilnveidojot apauguma raksturošanas un informācijas uzglabāšanas sistēmu.

Biokurināmā sagatavošana grāvju trašu apaugumā tehnoloģiski ir līdzīga jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēm, jo ir jāizstrādā galvenokārt sīkkoki. Grāvju trašu apaugumā ir jāreķinās nepieciešamību zāgēt arī lielus kokus, tāpēc ir jāizvēlas vai nu mehanizētās izstrādes tehnoloģijas, kas nodrošina gan biokurināmā, gan apaļkoku sortimentus sagatavošanu (vismaz lielāko koku sagarumošanu) vai jākombinē mehanizētā izstrāde un roku darbs, sortimentu sagatavošanu no lielākajiem kokiem veicot ar rokām, bet sīkkokus izzāgējot ar mašīnu vai otrādi, vai arī izstrāde jāveic pilnībā ar rokas darba instrumentiem. Izstrādei izmanto harvesterus, kas var būt arī pielāgoti lauksaimniecības traktori, kas aprīkoti ar griezējgalvām vai kniebējgalvām, harvarderus vai pievedējtraktorus, kas, tāpat, var būt aprīkoti ar griezējgalvām vai kniebējgalvām un krauj nozāgētos kokus uzreiz kravas kastē, kā arī rokas motor-instrumentus. Praksē nepielieto saiņotājus, jo to galvenā priekšrocība – sīkkoksnes kompaktizēšana pievešanas izmaksu samazināšanai, ceļmalas grāvju apaugumā nav aktuāla. Smalcināšanu veic pēc sīkkoku pievešanas augšgala krautuvē vai turpat ceļa malā ar mobilajiem šķeldotājiem, kas aprīkoti ar bunkuru vai konteineru šķeldu uzglabāšanai. Efektīvākais mehanizētās izstrādes instruments biokurināmā savākšanai no grāvju trašu apauguma patreiz ir Bracke C16.a griezējgalva. Tās galvenais trūkums ir koku ievilkšanas ruļļu neesamība, attiecīgi, šo griezējgalvu nevar izmantot koku garumošanai un daļējai atzarošanai (Andis Lazdiņš, Valentīns Lazdāns, and Agris Zimelis 2012).

Veicot biokurināmā sagatavošanas tehnoloģiju analīzi, identificēti 14 tehnoloģiskie risinājumi izstrādes operācijai grāvju trašu apauguma novākšanā. Starpprodukti, kas veidojas dažādu risinājumu pielietošanas rezultātā parādīti Error: Reference source not found. Universālākās tehnoloģijas, kas ļauj pielāgoties dažādiem darba apstākļiem, ir standarta harvestera griezējgalvas, kas montētas uz harvestera, harvardera vai ekskavatora un motorzāģis (Andis Lazdiņš, Valentīns Lazdāns, and Agris Zimelis 2012).



Att. 1 Dažādas izstrādes tehnoloģijas un to galaprodukti.

Tehnoloģiju salīdzinājumā augstāko vērtējumu ieguvusi izstrāde ar motorzāģi, harvesteru ar standarta griezējgalvu un kombinētā izstrāde ar harvesteru un krūmgriezi. Augstāks vērtējums ir kombinētās izstrādes tehnoloģijām, kas atzītas par perspektīvākajām arī Zviedrijā (Skogforsk 2011).

Prioritārās pētījumu jomas meža biokurināmā ieguves veicināšanai uz grāvjiem ir apauguma raksturošana, tajā skaitā lēmuma pieņemšanas atbalsta instrumentu izveide tehnoloģiju un darba metožu izvēlei; aprēķinu datu ieguve caurmēra sadalījuma vienādojumu izstrādāšanai un citu grāvju apaugumu raksturojošo rādītāju noteikšanai, atkarībā no meža tipa, apauguma vecuma un robežjošos mežaudžu taksācijas rādītājiem; praksē izmantojamo izstrādes tehnoloģiju un to kombināciju efektivitātes paaugstināšanas risinājumi; jaunu tehnoloģiju (kombinētās izstrādes iekārtas, dažāda tipa harvesteri un griezējgalvas sasaistē ar mobilajiem šķeldotājiem) testēšana.

Metodika

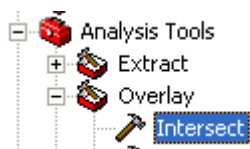
Grāvju struktūras analīze

Analīzes veikšanai izmantoti Meža valsts reģistra meža nogabalu ģeogrāfiskie dati (ar tekstuālās datu bāzes pievienojumu 'pbaze') un grāvju ģeogrāfiskie dati (kopā 48247 km meža meliorācijas grāvju).

Datu apstrādei tiek lietota ArcGisArcMap programmatūra.

Lai atvieglotu datu apstrādi, veiktas šādas darbības:

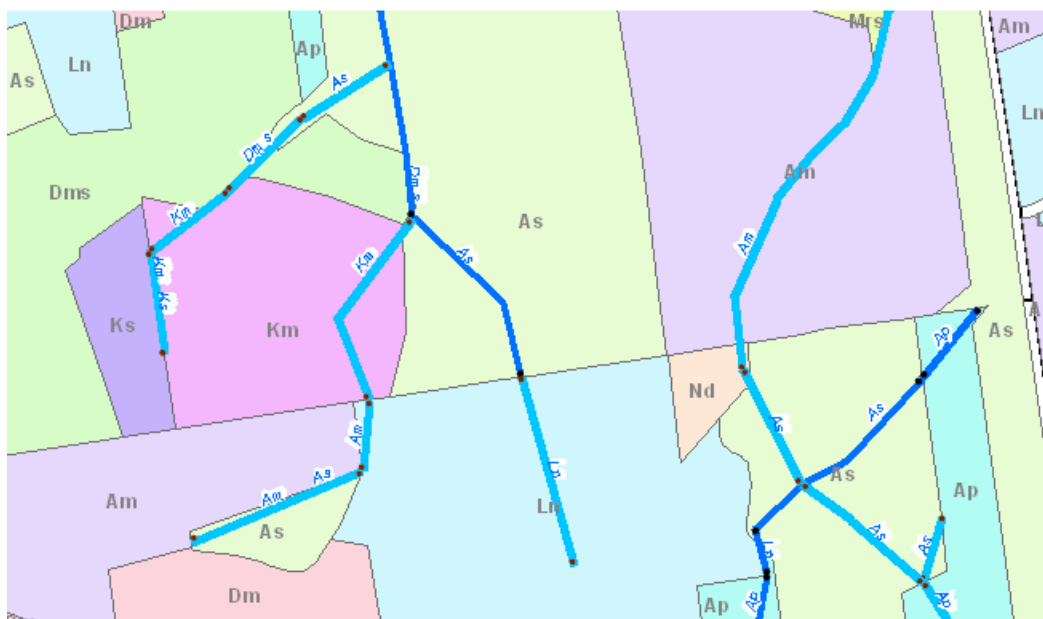
- meža nogabali tiek apvienoti pēc to meža augšanas apstākļu pazīmes – izklaidēti, neveidojot *multipart* objektus. Datu kopā kā atsevišķs veids 'nemežs' tiek iekļautas arī nemeža zemju teritorijas (purvi, pļavas, pārplūstoši klajumi uc.). Izpētes objekts nav lauksaimniecības zemes, jo tās nav Meža valsts reģistra objekts. Augšanas apstākļu tipu teritorijām rodas 400569 datu bāzes ieraksti. Nemeža teritorijām rodas 27058 datu bāzes ieraksti;
- grāvju ģeogrāfiskie dati tiek apvienoti pēc to funkcionalitātes – apvienoti (novadgrāvji 51. kods, susinātājgrāvji 52. kods, kontrūrgrāvji 53. kods), neveidojot *multipart* objektus. Izveidojās 122369 datu bāzes ieraksti;
- par izšķirošiem argumentiem metodes izvēles turpinājumam tiek uzskatīta augšanas apstākļu tipu elektronisko ģeogrāfisko datu specifika, proti, ģeogrāfiskie dati nav vienkāršus objektus, bet ir pārtraukti ar pašu grāvju poligoniem; grāvja nogrieznis vienlaicīgi veic nosusināšanas ietekmi 2 meža tipiem, ja iet pa to robežu, teritorijas lielums un datu lielais apjoms;
- sākotnējā analīzes metodes izvēle tikai meklēta paraugkopā 10 x 10 km teritorijā;
- no iespējamiem programmatūras rīkiem tiek izvēlēts *Analysis* grupas *Overlay* apakšgrupas rīks *Intersect*, nosakot 20 m x; y toleranci.



Intersect rīks tiek pielietots grāvju līnijveida datu saskaldīšanai ar augšanas apstākļu tipu poligoniem, rodas nosacīti grāvju nogriežņi. Vietās, kur ir grāvju līnija daļa 2 dažādu augšanas apstākļu tipus, nogrieznis tiek dublēts, tāpat tas notiek arī vietās, kur tas pats augšanas apstākļu tips tiek pārtraukts ar grāvja poligonu. Pieņemts, ka minētā datu saturs izmaiņa ir visiem meža tipiem un grāvjiem ar vienlīdzīgu raksturu un tamdēļ nosacīto grāvju garuma iegūtais procentuālais sadalījums tiks attiecināts uz pirms apstrādes (Meža valsts reģistra) grāvju datiem.

Pēc grāvju datu saskaldīšanas iegūst datu slāni ar nepieciešamajiem atribūtiem – grāvju apakštips, meža tips, kas veido datu slāni ar 503637 ierakstiem (pār meža tipu poligonu) un ar 31462 ierakstiem (pār nemeža zemju poligonu). Uzskatāmībai pievienots kartes skata fragments (Att. 1). Jāpiezīmē, ka iespējamu lielu garuma un skaita iespaidu nemeža zemēs atstāj kūdras izstrādei sagatavoto purvu iekšējie susinātājgrāvji.

Pēc tam veikta atribūtu skaita un garuma analīze katram grāvju veidam katrā meža tipā un pierakstīti kopējie rādītāji metros.



Att. 2 Ar instrumentu *Intersect* iegūtas kartes fragments.

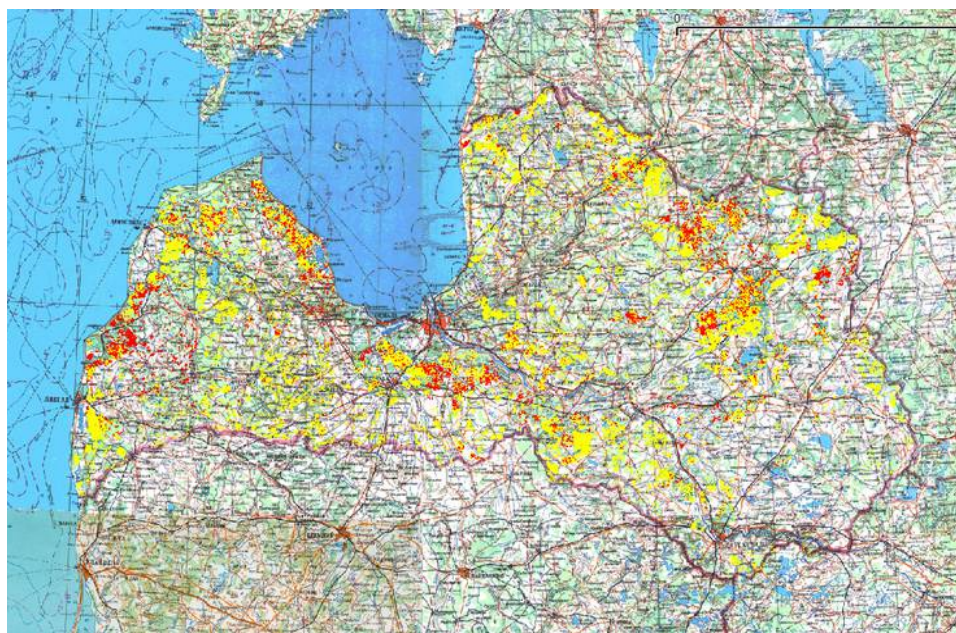
Izmēģinājumu objekti

Sākotnējā atlase

Izmēģinājumu objekti meža nosusināšanas sistēmu objektu apauguma izstrādei:

1. novadgrāvji, susinātājgrāvji vai kontūrgrāvji, kas robežojas ar mežaudzēm uz auglīgām minerālaugsnēm vai kūdras augsnēm (*As, Ap, Ks, Kp un atbilstošiem sausieņu meža tipiem*) ar pēc iespējas viendabīgāku 15-30 gadus vecu koku (*baltalksnis, melnalksnis, apse, bērzs vai egle*) vai tāda paša vecuma koku un krūmu apaugumu ar vidējā koka augstumu 9-12 m (*maksimālais augstums nav ierobežots, bet objektu ar garākiem kokiem izplatība varētu būt niecīga, tāpēc to iekļaušana izmēģinājumā nav lietderīga*);
2. katra grāvja garums 0,7-1,0 km (*maksimālais garums nav ierobežots, bet katra izmēģinājumu varianta ierīkošanai nepieciešams 1 km*), kopējais izmēģinājumam nepieciešamo grāvju garums ir 12 km, rezerves nodrošināšanai un papildus datu ieguvei apauguma raksturošanai nepieciešami vēl 6 km grāvju;
3. lai raksturotu darba apstākļus uz dažāda platuma grāvjiem, puse no izmēģinājumu objektiem (6 km + 3 km rezerves) ierīkojami uz novadgrāvjiem vai mākslīgām ūdensnotekām, uz kurām nav ierobežota mežizstrāde; otra puse – uz šaurākiem susinātājgrāvjiem vai kontūrgrāvjiem;
4. grāvju izvietojums vēlams tāds, lai harvesters varētu patstāvīgi (*bez treilera palīdzības*) pārvietoties starp izmēģinājumu objektiem (*t.i. maks. 4-5 km attālumā, nešķērsojot valsts nozīmes asfaltētus ceļus un dzelzceļus*);
5. grāvju tuvumā (*lai vidējais sīkkoku pievešanas attālums nepārsniegtu 500 m*) jābūt sīkkoku un malkas sortimenta nokraušanai un uzglabāšanai piemērota vieta (*pieņemot, ka sīkkoki žūs līdz 12 mēnešus*);
6. izmēģinājumu ierīkošanai neder grāvji, kas atrodas zem elektrolīnijām, kā arī grāvji, kuriem nav iespējams visu gadu piebraukt ar vieglo vai apvidus automašīnu.

Sākotnējo atlasī veica AS "Latvijas valsts meži" darbinieki. Sākotnējā atlase veikta, analizējot meliorācijas sistēmu izvietojumu Latvijas valsts mežos (Att. 3).

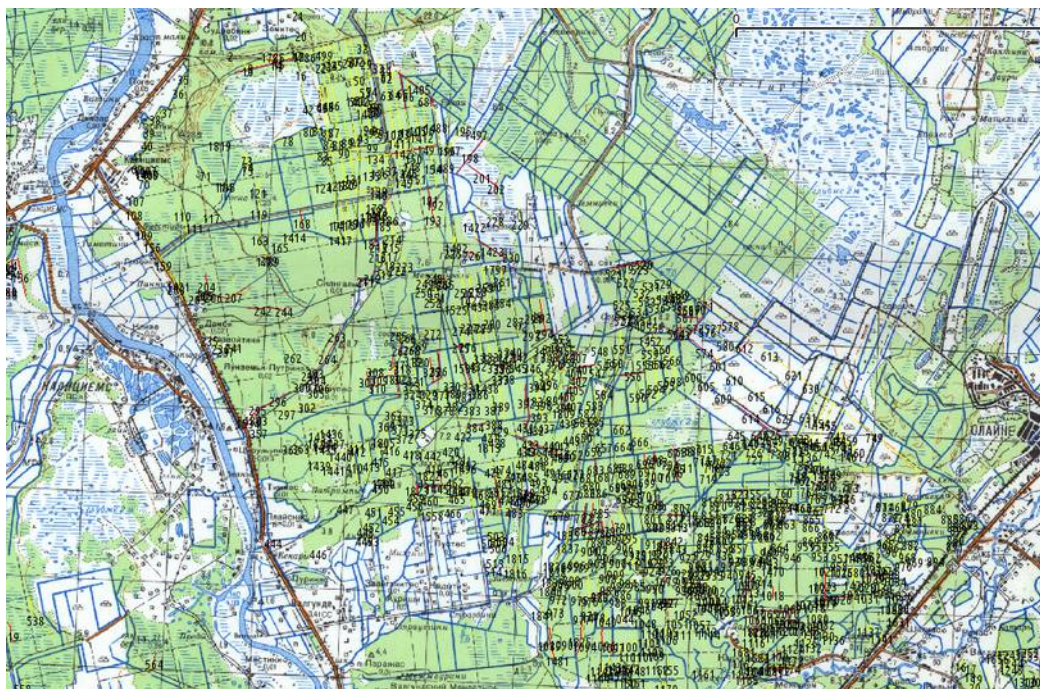


Att. 3 Sākotnējā potenciālo pētījumu objektu identifikācija².

Uzmērīšana

Sākotnēji atlasītas 3 paraugkopas Klīves, Vecumnieku un Misas iecirknī, kas vispirms apsekošanas, neveicot mērījumus, bet vizuāli novērtējot mērījumus. Apsekošanas rezultātā izraudzīts Misas iecirknis, kurā grāvji atrodas tuvu ceļiem un apsekošanas laikā lielākā daļa ceļu bija labā stāvoklī.

Pēc sākotnējās atlases, veikta visu piedāvāto grāvju apsekošana un uzmērīšana. Apsekoto grāvju vispārīgā shēma parādīta Att. 4. Apsektie grāvji atrodas starp Valgundi, Kalnciemu un Olaini.



Att. 4 Pētījuma ietvaros apsekotais apgabals.

² Izmēģinājumu objektu atlasei izraudzīts Klīves, Vecumnieku un Misas iecirknis, kuros atbilstoši grāvju – trašu uzskaites datiem ir vislielākā grāvju ar lietkoksnas apaugumu koncentrācija un kas ir relatīvi viegli sasniedzami. Kartē grāvji ar lietkoksnas apaugumu atzīmēti sarkanā krāsā.

Pētījumā iekļauti 2 veidu grāvji – ar ceļa brauktuvi (Att. 5) un bez tās (Att. 6). Ar kokiem noaugusī platība abos gadījumos parasti ir 10-12 m plata. Jāuzmēra visa nocērtamā josla atbilstoši Att. 5 un Att. 6. Ja grāvis iet gar ceļa malu, jāmēra apaugums arī ceļa otrajā pusē (tālākajā no grāvja) aptuveni 1 m platumā, kas atbilst ceļa klātnes malai.

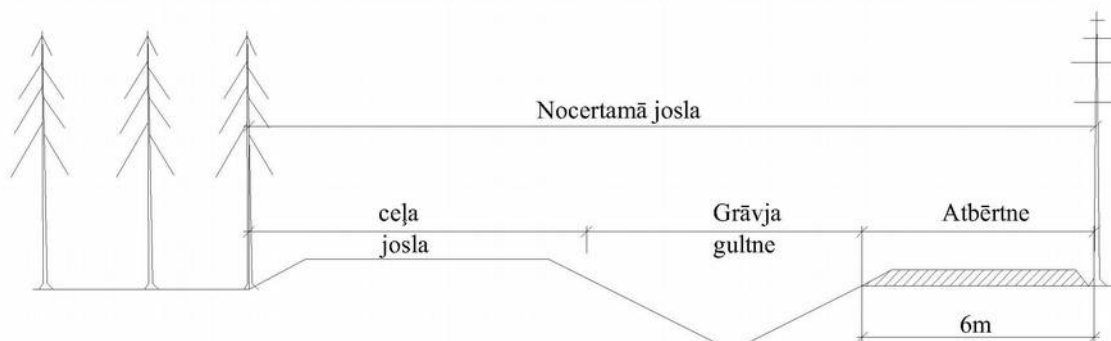
Apauguma noteikšanai visā grāvja garumā ik pēc 50 m ierīko 10 m garus taisnstūrveida parauglaukumus, kas ietver ceļa joslu, ja tāda ir. Katra parauglaukuma platība, attiecīgi, ir 100-120 m². Pirmo parauglaukumu ierīko 10 m attālumā no grāvja sākuma, t.i. parauglaukuma centrs ir 10 m no grāvja sākuma. Pēdējo parauglaukumu ierīko ne tuvāk kā 10 m no grāvja gala.

Parauglaukumos mēra visu koku (izņemot sugas, kas mežsaimniecībā klasificējas kā krūmi), kas augstāki par 2 m, caurmēru krūšu augstumā ($D_{1,3}$) un nosaka sugu. Katrā grāvī mēra vismaz 10 katras sugas koku (2 mazākie, 2 lielākie un 4 vidēja lieluma koki) augstumu (H) augstumlīknes konstruēšanai, t.i. nav nepieciešams konstruēt augstumlīkni katram parauglaukumam.

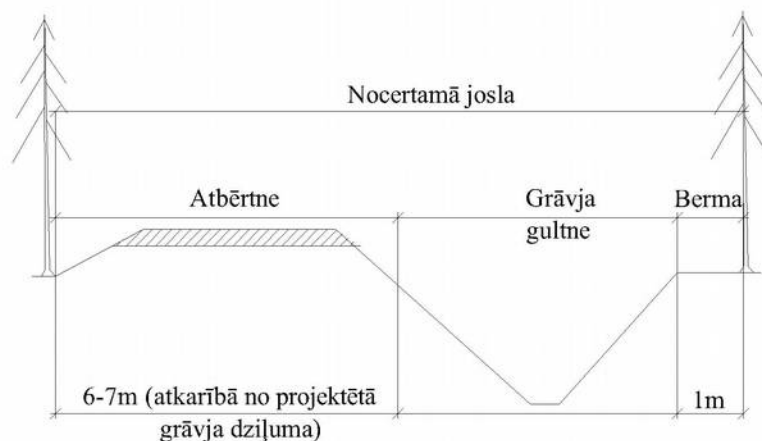
Krūmiem un par 2 m zemākiem kokiem nosaka dzinumu skaitu parauglaukumā. Krūmiem vizuāli novērtē un pieraksta arī vidējo augstumu.

Ja mērīšanas laikā konstatēts, ka ir tādi grāvju posmi, kuros jau ir veikta apauguma novākšana vai ir neliels par 6 m augstāku koku skaits (vairākas reizes mazāks, nekā citos grāvja posmos), šos posmus iezīmē plānā, nosakot to garumu un novietojumu (sākuma punkta attālumu no grāvja sākuma). Šajos grāvju posmos parauglaukumi nav jāierīko. Nākošo parauglaukumu ierīko 10 m no tukšās vietas malas.

Mērījumu uzskaites lapas makets dots 2. tabulā.



Att. 5 Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem ar ceļu.



Att. 6 Uzmērāmās joslas raksturojums grāvjiem bez ceļa.

2. Tabula. Uzskaites lapa

Grāvja Nr. <input type="text"/>		Datums <input type="text"/>		Grāvja tips ³ <input type="text"/>	
Mērījumu un uzskaites rezultāti:					
Nr.	Parauglaukums	Suga	D _{1,3} , cm	H, m	
1.	10 m	E	10	11	Sīkkoku skaits parauglaukumā <input type="text"/>
2.	...				Krūmu skaits parauglaukumā <input type="text"/>
3.	...				Krūmu augstums parauglaukumā, m <input type="text"/>
4.	...				Posmi bez koku apauguma parauglaukumā <input type="text"/>
5.	...				
6.	...				
7.	...				
8.	...				

Izstrādes metodes

Grāvju trašu izstrādes mērķis ir atbērtnes un grāvja nogāžu attīrīšana no apauguma, lai atvieglotu darbu ekskavatoram, kas veiks grāvju gultnes tīrīšanu. Attiecīgi, izstrādes metodes ir pakārtotas ekskavatora vajadzībām. Pētījumā salīdzinātas 3 mehanizētās grāvju trašu izstrādes metodes:

1. harvesters gatavo tradicionālos sortimentus un biokurināmo no koku galotnēm un visiem par 4 cm krūšu augstumā resnākajiem kokiem, bet tievākos kokus un krūmus nozāgē un sakrauj kaudzēs.
2. harvesters gatavo tradicionālos sortimentus un biokurināmo no koku galotnēm, tajā skaitā no visiem par 4 cm krūšu augstumā resnākajiem kokiem, pārējos kokus un krūmus pēc tam izzāgē un savāc ar rokām;
3. harvesters gatavo tradicionālos sortimentus un biokurināmo no koku galotnēm pēc tam, kad pameža zāgētāji ar rokām izzāgējuši visus krūmus un par 10 cm krūšu augstumā tievākos kokus;

Trešajā izstrādes variantā harvesters minimāli izmantoja akumulēšanas funkciju, jo tradicionālie sortimenti tika gatavoti, apstrādājot katru koku atsevišķi. Pirmajā un otrajā variantā akumulējošā funkcija tika izmantota tradicionālo sortimentu sagatavošanai nepiemēroto sīkkoku apstrādei, attiecīgi, teorētiski akumulējošo funkciju visbiežāk vajadzēja izmantot trešajā izstrādes variantā.

Darbā izmantots harvesters Ponsse Fox harvesters (19 tonnas ar ķēdēm, Att. 7) ar C22 strēli (izlice 10 m) un H6 griezējgalvu (Att. 8), kas īpaši aprīkota vairāku koku

³ Ar ceļu vai bez.

vienlaicīgai apstrādei. H6 griezējgalvai nav papildus pakojamo satvērēju, bet koku noturēšanai izmanto ievilcējuļļus. Koku pārtveršana notiek automātiski, to vada harvestera programmatūra.



Att. 7 Izmēģinājumos izmantotais harvesters Ponsse Fox.



Att. 8 Ponsse H6 griezējgalva⁴.

Izstrādes laikā harvesters bija aprīkots ar ķēdēm, galvenokārt, lai palielinātu tā stabilitāti, strādājot uz pilnu izlici. Praksē operatori izvairījās strādāt uz pilnu izlici, līdz ar to arī ar 10 m garu strēli harvesters nevarēja aizsniegt un apstrādāt pat vidēja izmēra kokus, kas auga uz tālākās atbērtnes malas. Tāpat, harvesteram sagādāja grūtības koku zāģēšana dziļākajos grāvjos, kur griezējgalva bija jānovieto slīpi. Turpinot grāvju apauguma novākšanas mehānizācijas pētījumus, lietderīgi pārbaudīt smagākas tehnikas, piemēram, vidējās klases kāpurķēžu ekskavatoru (22-25 tonnas),

⁴ Attēla avots – http://www.ponsse.com/var/ponsse/storage/images/ponsse.com/media-archive/images/products/harvester-heads/h6/h6_studio/88386-2-eng-GB/h6_studio_small.jpg.

kas aprīkoti ar harvestera strēli vai pagarinātu standarta strēli, izmantošanas iespējas grāvju apauguma zāģēšanai.

Pakošanas funkcijas izmantošana harvestera operatoriem neradīja grūtības, lai gan, uzsākot darbu, operatori to izmantoja nelabprāt.

Izmēģinājumos piedalījās 4 operatori. Visiem bija iepriekšēja pieredze darbā galvenajā un krājas kopšanas cirtēs. Visi operatori pirms tam bija izmantojuši griezējgalvas pakošanas funkciju, taču viņiem nebija pieredzes ikdienas darbā ar šāda veida iekārtām. Operatori bija pieraduši pie tā, ka pirms kopšanas vai galvenās cirtes pameža zāģētāji novāc mazākos kokus un krūmus, kas apgrūtina redzamību.

Darba laika uzskaite

Pētījuma ietvaros veikta izstrādes, pievešanas un šķeldošanas darba laika uzskaite. Pievešanas laikā noteikta pievestā materiāla masa, sverot katru kravu. Dati par sašķeldotā materiāla apjomu iegūti, mērot katra konteinera tilpumu pēc šķeldošanas. Iegūtie dati salīdzināti ar kopējo patērētājam nogādātā materiāla masu, kas noteikta patēriņa vietā. Šķeldu kvalitātes rādītāji noteikti šķeldošanas laikā ievāktiem paraugiem un atbilstoši patērētāja veikto analīžu datiem.

Darba laika uzskaite veikta ar specializētu triecienu un mitruma izturīgu laukdatoru Allegro CX (Att. 9), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 9: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika uzskaitē nav atsevišķi uzskaitīts degvielas patēriņš, pieņemot ražotāja dotos vidējos rādītājus. Degvielas patēriņa uzskaites rezultātus (uzpildīto tilpumu) būtiski ietekmē gaisa temperatūra un degvielas temperatūra. Arī darba apstākļi, kas netiek fiksēti darba laika uzskaites laikā, var ietekmēt degvielas patēriņu, radot nepareizu priekšstatu par degvielas patēriņu (piemēram, ja grāvja platums ir lielāks par vidējo vai arī uz attālākās atbērtnes malas aug lielāki koki, traktoram būs ilgāk jāstrādā ar lielu izlici vai lielāku slodzi). Dīzeļdegvielas blīvums istabas temperatūrā (20 °C) 0.83 kg L⁻¹ (Anon 2013), bet -25 °C temperatūrā dīzeļdegvielas blīvums palielinās par 20 % (Razaghi Meyer International), tas nozīmē, ka kļūda, vērtējot tikai patērētās degvielas tilpumu, var būt līdz 20 %, pie kam šī kļūda nav prognozējama, jo degvielas temperatūra traktora bākā un tvertnē, no kuras degvielu ņem, var atšķirties.

Nemot vērā problēmas ar degvielas patēriņa uzskaiti, it īpaši, ja ir jāsalīdzina vasarā un ziemā, kā arī dažādās valstīs iegūti rezultāti, meža darba operāciju pētnieki neiesaka izmantot degvielas tilpuma mērījuma rezultātus izmaksu analīzē, izņemot speciālus gadījumus, piemēram, degvielas patēriņa salīdzinājums atsevišķām operācijām vienā darba ciklā, ja ir pieejami precīzi degvielas plūsmas mērījumu rezultāti. Tomēr arī šajā

gadījumā izmaksu analīzē labāk iekļaut vidējos (ražotāja noteiktos) degvielas patēriņa rādītājus, degvielas patēriņa izmaiņas attiecinot procentos⁵.

Izstrāde

Izstrādes darba laika uzskaitē veikta 3 maiņās, tajā skaitā 2 maiņas diennakts tumšajā laikā un 1 maiņa – dienasgaismā. Katras maiņas ilgums 8 stundas. Izstrāde veikta no 23.01.2013 līdz 05.02.2013.

Darba laika patēriņš noteikts katram krāna ciklam atsevišķi, fiksējot satverto koku vidējo caurmēru un skaitu. Darba laika uzskaites elementi parādīti 3. tabulā. Pētījumā gatavotas 8 kokmateriālu sortimentu grupas (4. tabula), visvairāk dažādi zāģbaļķu sortimenti. Visi biokurināmā sortimenti krauti vienā kaudzē gan izstrādes, gan pievešanas laikā.

Sortimenti krauti abās ceļa malās, mežizstrādes atliekas kaudzēs uz grāvja atbērtnes vai grāvim piegulošajās mežaudzēs (Att. 10).

3. Tabula. Izstrādes darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	obs	Darba laika uzskaites cikla numurs
	d	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	Akumulējošā mehānisma pielietošana
	pievelk	Koku pievilkšana/ pārceļšana līdz atzarošanas vietai
	atzaro	Atzarošanai un sagarumošanai patērētais laiks
	zari	Zaru novietošana zaru kaudzēs
	pārbraucieni	Harvestera pozīciju maiņa
	iebrauc	Patērētais laiks ie braucot
	izbrauc	Patērētais laiks izbraucot
	citas	Citas nestandarta operācijas, t.sk. pameža zāģēšana un mašīnas apkope
Neproduktīvais darba laiks	stop	Ar darbu nesaistītas darbības
	remon	Remonts

4. Tabula. Izmēģinājumus sagatavotie sortimenti

Nr.	Sortiments	Sortimenta raksturojums
1.	BAĻĶIS	Skujkoks, tievgalis sākot no 105 mm caurmērā; skujkoks, tievgalis sākot no 120 mm caurmērā, dažāda garuma
2.	BPMALKA ⁶	Bērza papīrmalka, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m
3.	FINIERIS	Finierkluči, tievgaļa caurmērs > 155 mm, resgaļa caurmērs < 700 mm, garums 2,7 m
4.	GULSNIS	Skujkoku sortiments, tievgaļa caurmērs > 180 mm, resgaļa caurmērs < 1000 mm, garums 3 m
5.	MALKA	Pārējie sortimenti, tajā skaitā daļēji atzaroti sikkoki un koku galotnes, garums 2-4 m
6.	PMSK	Skujkoku papīrmalka, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m
7.	TARA	Lapkoks, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m
8.	TKLK	Lapkoks, tievgaļa caurmērs > 60 mm, resgaļa caurmērs < 600 mm, garums 3 m

⁵ Personiska komunikācija – Zviedrijas mežzinātnes institūta Skogforsk pētnieks Lars Eliasson un Stellenbosch universitātes (Dienvidāfrika) Meža un koksnes departamenta lektors Pierre Ackerman.

⁶ Darba laika uzskaites aprēķinos skujkoku un lapkoku papīrmalka apvienota vienā sortimentu kategorijā.



Att. 10: Sortimentu izvietošana.

Pievešana

Pievešana veikta no 03.02.2013 līdz 12.03.2013. Pievešanā izmantots četrasu pievedējtraktors Logset 4F (Att. 11). Pievedējtraktora strēles garums 7,2 m, pilna masa 23,5 tonnas, pašmasa 13,5 tonnas.

Sākotnējais uzstādījums bija vest biokurināmā sortimentus atsevišķi, lai varētu nodalīt biokurināmā pievešanai patērēto darba laiku, taču praksē tas būtiski palielināja darba laika patēriņu, jo sortimentu skaits bija salīdzinoši liels un sortimentu kaudzītes izvietotas plašā teritorijā, tāpēc biokurināmo atsevišķos gadījumos veda kopā ar pārējiem sortimentiem. Vienā kravā varēja būt līdz 4 sortimentu grupas, pieņemot, ka visi zāģbaļķi ir viens sortiments. Šāda pieeja palielināja darba laika patēriņu izkrašanās laikā, bet samazināja pārbraucienu skaitu un ilgumu. Ņemot vērā, ka krautnes atradās līdz 1,5 km attālumā no izmēģinājumu objektiem, šāda pieeja ļāva būtiski palielināt kopējo darba laika patēriņu.

Faktiski sagatavotā biokurināmā apjomu nolemts noteikt šķeldošanas laikā.



Att. 11 Logset 4F pievedējtraktors.

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 5. tabulā.

5. Tabula. Pievešanas darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	skielade	Iekraušanas ciklu skaits
	skizlade	Izkraušanas ciklu skaits
	gravis	Grāvja numurs
	operators	Pievedējtraktora operatora vārds
	sortiments	pievestais sortiments
Produktīvais darba laiks	iebrauc	Iebraukšanas cīsmā laiks
	iekrauj	Iekraušanas cikla laiks
	parbr	Pārvietošanas pa cīsmu uzkrājoties
	ara	Izbraukšana uz augšgala krautuvī
	izlade	Izkraušanās laiks
	brauc	Pābraucieni 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 svēršana

Pievedējtraktora svēršanai izmantoja firmas CAS ražojuma svarus RW-15P (Att. 12). To svēršanas diapazons ir 15 000 kg, iedaļas vērtība 10 kg, platformas izmēri 900 x 500 x 39 mm. Svari sastāv no vadības bloka un 2 svaru platformām. Svaru platformas, savukārt, veicot pievedējtraktoru svēršanu, uzstāda uz zemē ierakstām koka platformām, kas izlīdzina slodzi un pasargā svaru mehānismu no netīrumiem. Lai atvieglotu pievedējtraktora operatora darbu, abpus svari ar krāsainu 5 m garu lentu iezīmētais taisns ceļa posms, kurā operatoram jāizlīdzina traktors, lai abi vienas ass riteņi uz platformām uzbrauktu vienlaicīgi.



Att. 12: Pievedējtraktora svēršanai izmantotie svari CAS RW-15P, kopskats un darbam sagatavotas platformas.

Darba laikā tiek nosvērts atsevišķi katrs ritenis un pievedējtraktora masu veido visu riteņu svērumu summa. Svēršanas laikā pievedējtraktors apstājas uz svaru

platformām. Vispirms tika svērts piekrauts pievedējtraktors, tad tukšs. Piezīmēs pierakstīja svēršanas laiku, kravas numuru un kravas stāvokli. Svēršanas laiks nav iekļauts darba laika uzskaitē.

Tā kā pievedējtraktors izmantoja ķēdes, svēršanas laikā svarus apklāja ar lamināta vairogiem, lai pasargātu tos no bojājumiem (Att. 13).



Att. 13 Pievedējtraktora svēršana.

Grāvju trašu izstrādes pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Ražošanas izmaksu aprēķini veikti atbilstoši metodikai, kas Latvijā ieviesta AS "Latvijas valsts meži" īstenotā pētījumu projekta ietvaros 2007. gadā (M. Thor et al. 2008). Saskaņā ar šo metodiku ražošanas sistēma sastāv no mežizstrādes mašīnas, pievedējtraktora, šķeldotāja ar dīzeļdzinēju un šķeldu vedēja. Pētījumā iegūti dati par izstrādes, pievešanas un šķeldošanas tehnikas darba ražīgumu un pašizmaksu. Ievades dati ceļu transporta pašizmaksas rēķināšanai ņemti no iepriekšējo gadu pētījumiem (Andis Lazdiņš and Magnus Thor 2009).

Pašizmaksas aprēķinu modelis veidots uz FLIS modeļa bāzes, kas darba ražīguma pētījumos Latvijā izmantots arī agrāk (M. Thor et al. 2008; Lazdiņš, Henrik Von Hofsten, Lazdiņa, et al. 2009; Andis Lazdiņš and Henrik Von Hofsten 2009), aktualizējot degvielas cenu, atalgojuma un uzturēšanas izmaksu skaitliskās vērtības. Aprēķinu vispārīgie pieņēmumi doti 6. tabulā. Pašizmaksas aprēķinu gaita, tajā skaitā dažādām ražošanas iekārtām specifiskie pieņēmumi parādīti 7. tabulā. Pašizmaksa aprēķināta uz koksnes cieškubikmetriem un biomasas tonnām, jo izstrādes un pievešanas laikā biokurināmā un tradicionālie sortimenti netika nodalīti.

Pašizmaksas aprēķinos ņemtas vērā arī pameža zāģēšanas izmaksas atbilstoši faktiskajām pakalpojumu pašizmaksām. Izmaksas sadalītas starp zāģbaļķu un biokurināmā sortimentiem, atbilstoši vidējam biokurināmā sortimentu iznākamam pētījumā.

6. Tabula. Pieņēmumi darba apstākļu un kurināmā raksturošanai raksturošanai

Nr.	Rādītājs	Saīsinājums	Skaitliskā vērtība
1.	Šķeldu tirgus cena, Ls ber. m ³	A	7,00
2.	Degvielas cena, Ls L ⁻¹	B	0,79
3.	Pievešanas ceļa garums, m	C	300
4.	Šķeldu transportēšanas attālums, km	D	50

Nr.	Rādītājs	Saīsinājums	Skaitliskā vērtība
5.	Šķeldu vedēja kravas tilpnes tilpums, m ³	E	70
6.	Oglekļa saturs koksņē, kg t _{sausnas}	F	500
7.	Šķeldu bēruma blīvums, ber. m ³ t _{sausnas}	G	5
8.	Oglekļa saturs dīzeldegvielā, kg C kg ⁻¹ degvielas	H	0,8668
9.	Dīzeldegvielas blīvums, kg L ⁻¹	I	0,827

7. Tabula. Pašizmaksas aprēķinu gaita

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Investīcijas					
Sākotnējās investīcijas, Ls	J	200 000	140 000	270 000	97 500
Nolietojuma periods, gadi	K	5	5	3	5
Aizdevuma procentu likme, %	L	8	8	8	8
Atlikusī vērtība, Ls	M	$P=0,15 * M$			
Investīciju koeficients	N	$Q=\frac{\frac{O}{100}*(1+\frac{O}{100})^N}{(1+\frac{O}{100})^N-1}$			
Investīcijas, Ls gadā	O	$R=Q*(M-P)$			
Atalgojums					
Algas likme, Ls stundā	P	5	5	5	5
Soc. nodoklis, %	Q	24,09			
Darba dienas gadā	R	277	287	162	210
Maiņas ilgums, stundas	S	8	8	8	8
Virsstundas maiņā, stundas	T	-	-	2	2
Virsstundu atalgojums, Ls stundā	U	$X=S$			
Maiņu skaits dienā	V	3	3	2	2
Lietderības koeficients	W	0,73	0,76	0,67	0,85
Tehnikas pārvietošana, reizes gadā	X	50	50	50	-
Pārbrauciena ilgums, stundas	Y	3,6	3,6	3,6	-
Virsstundas gadā	Z	$AC=U*W*Y$			
Normālās darba stundas gadā	AA	$AD=U*V*Y$			
Motorstundas gadā	AB	$AE=(AD+AC)*Z-AA*AB$			
Atalgojums par normālo darbu, Ls gadā	AC	$AF=S*AD$			
Atalgojums par virsstundām, Ls gadā	AD	$AG=X*AC$			
Sociālais nodoklis, Ls gadā	AE	$AH=(AF+AG)*T$			
Atalgojums kopā, Ls gadā	AF	$AH=(AF+AG)*T$			
Operacionālās izmaksas					
Degviela, Ls L ⁻¹	AG	$AJ=B$			
Smērvielas, Ls 400 g ⁻¹	AH	2,98			
Degvielas patēriņš, L ber. m ³	AI	-	-	0,7	-
Degvielas patēriņš motorstundā, L	AJ	12	8	68	15
Degvielas patēriņš, L 100 km ⁻¹	AK	-	-	-	40
Smērvielas, g motorstundā	AL	0,45	0,45	0,6	0,05
Remonti, Ls motorstundā	AM	1,31	1	5,1	1,5
Šķeldotāja naži, Ls ber. m ³	AN	-	-	-	-
Pārvietošanās izmaksas, Ls pārbrauciens	AO	64	64	64	
Apdrošināšana, Ls gadā	AP	1 500	1 200	1 500	1 200
Degvielas izmaksas, Ls gadā	AQ	$AT=AM*AJ*AE$			

Rādītājs	Saīsinājums	Harvesters	Pievedējtraktors	Šķeldotājs	Šķeldu vedējs
Smērvielas, Ls gadā	AR	$AT = AO * AK * AE$			
Remonti, Ls gadā	AS	$AV = AP * AE$			
Tehnikas pārvešana, Ls gadā	AT	$AW = AR * AA$			
Operacionālās izmaksas kopā, Ls gadā	AU	$AX = AW + AV + AU + AT$			
Kopējās izmaksas, tūkst. Ls gadā	AV	$AY = \frac{AX + AI + AS}{1000}$			
Izmaksas darba stundā, Ls	AW	$AZ = \frac{AY}{AC + AD}$			
Izmaksas motorstundā, Ls	AX	$BA = \frac{AY}{AE}$			
Ls ber. m³ (tonna³)	AY	$BB = \frac{AY * 1000}{BM}$			
Darba ražīgums					
Iekraušana, min kravai	AZ	-	20,11	-	44
Izkraušana, min kravai	BA	-	4,57	-	12
Gaidīšanas laiks min kravai	BB	-	-	-	10
Vidējais ātrums⁸, m min⁻¹; km h⁻¹	BC	-	110	-	50
Attālums vienā virzienā⁹, m; km	BD	-	BG = C	-	BG = D
Braukšanas laiks, min	BE	$BH = \frac{BG * 2}{BF}$ (pievedējtraktors) $BH = \frac{BG * 2}{BF} * 60$ (kravas mašīnas)			
Mašīnas darba laiks kravai, min	BF	$BI = BH + BC + BD + BE$			
Mašīnas darba laiks kravai, stundas	BG	$BJ = \frac{BI}{60}$			
Vidējā krava¹⁰, ber. m³ (sausnas tonnas)	BH	-	5,89	-	BK = H
Darba ražīgums, ber. m³ (tonnas¹¹) motorstundā	BI	-	$BL = \frac{BK}{BJ}$	96,51	$BL = \frac{BK}{BJ}$
Ražošana, ber. m³ gadā	BJ	$BM = BL * AE * J$			
Krāja, ber. m³ ha⁻¹	BK	154,2			
Kopējais darba laiks, ha	BL	$BO = \frac{\frac{BN}{J}}{\frac{BL}{Z}}$			
Ražošana, ha gadā	BM	$BP = \frac{BM}{BN}$			
Ietekme uz vidi					
Degvielas patēriņš, L gadā	BN	$BQ = AM * AE$			
Degvielas patēriņš, L ber. m³	BO	$BR = \frac{BQ}{BM}$			
Oglekļa emisijas, kg ber. m³	BP	$BS = BR * K * L$			
Oglekļa saturs koksnē, kg ber. m³	BQ	$BT = \frac{I}{J}$			
Oglekļa bilance	BR	$BU = \frac{BT}{BS}$			

⁷ Ekskavatoram un pievedējtraktoram izmaksas izteiktas Ls tonnā.

⁸ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km h⁻¹; pievedējtraktoram – m min⁻¹.

⁹ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km; pievedējtraktoram – m.

¹⁰ Sausnas tonnās izsaka pievedējtraktora kravu.

¹¹ Sausnas tonnas ekskavatora un pievedējtraktora darba ražīguma apzīmēšanai.

Biomasu raksturojošo rādītāju noteikšana

Sagatavotā biokurināmā raksturošanai pētījuma ietvaros ievākti attiecīgajai krautnei raksturīgo sugu koksnes paraugi un noteikts koksnes mitrums un blīvums.

Paraugu ievākšana

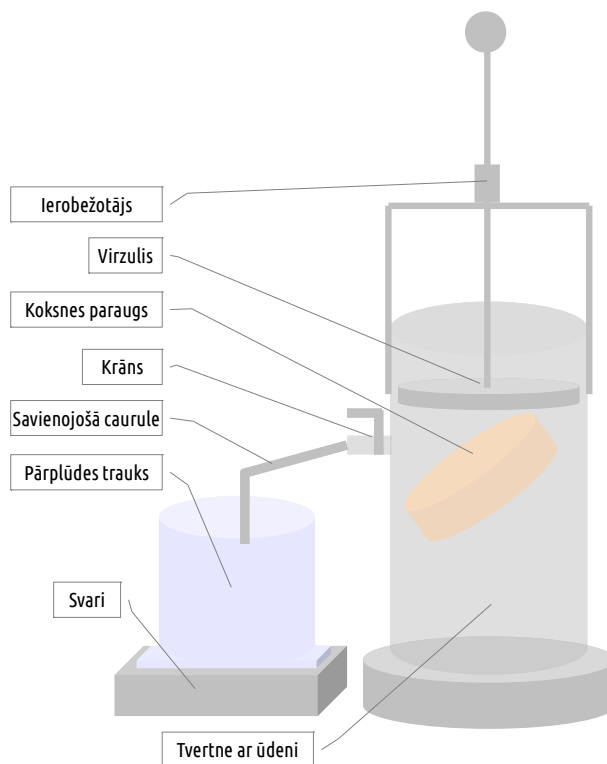
Katrā krautnē pēc pievešanas vai tās laikā ievākti 3-4 izplatītāko koku sugu daļēji atzarotā biokurināmā sortimenta paraugi. Paraugu ievākšanai atlasīja vismaz 10 katras sugas koku nogriežņus, tajā skaitā 3 tievākos, 3 resnākos un 4 vidēji resnus (pēc resgaļa) nogriežņus. Krautnēs, kas savestas pirms paraugu ņemšanas nogriežņus paraugu ņemšanai ņēma vismaz 50 cm dziļumā no krautnes virskārtas, vienmērīgi visā krautnes garumā. Pievešanas laikā paraugus ņēma no katras malkas (daļēji atzaroto sīkkoku) kravas un, ja paraugu pietrūka (t.i. pievesto kravu skaits bija mazāks par 10), atlikušos paraugus ievāca no krautnes, tāpat kā iepriekš savestajās krautnēs.

Katram atlasītajam nogrieznim uzmērīja garumu, resgaļa un tievgaļa caurmēru, tad pārzāgēja uz pusēm un resgaļa pusē nogrieza 3-4 cm biezu ripu, cenšoties saglabāt mizu. Ievākto paraugu kopā ar mizu (savācot iztrūkstošos mizas gabalus, ja zāgēšanas laikā tā atlēca) ievietoja polietilēna maisiņā un pievienoja zīmīti, kurā norādīti koka nogriežņa parametri, suga un parauga caurmērs.

Koksnes blīvuma noteikšana

Koksnes blīvuma noteikšanai izmantoja metodiku, kas Laboratorijā paraugus nosvēra uz tehniskajiem svāriem un iemērcā ūdenī uz 24 stundām, tad noteica paraugu tilpumu (izspiestā ūdens masu) ar LVMI Silava konstruēto koksnes tilpuma noteikšanas iekārtu (Att. 14).

Pēc tam paraugus saskaldīja mazākos gabalos un žāvēja līdz nemainīgai masai 105 °C temperatūrā (vidēji 48 stundas). Pēc žāvēšanas paraugus vēlreiz nosvēra, nosakot absolūti sausa parauga masu.



Att. 14 Koksnes blīvuma noteikšanas iekārta.

Koksnes ar mizu blīvumu aprēķināja ar 1. vienādojumu.

$$B = \frac{M_2}{M_1}, \text{ kur}$$

B – koksnes blīvums, kg L^{-1} ; (1)

M_2 – absolūti sausas koksnes masa, g;

M_1 – izspiestā ūdens masa, g.

Koksnes mitruma noteikšana

Koksnes absolūto mitruma saturu aprēķina ar 2. vienādojumu, izmantojot tos pašus rādītājus, kas iegūti koksnes blīvuma noteikšanai, kā arī pēc paraugu nogādāšanas uz laboratoriju iegūtos dabiski mitras koksnes svērumu datus.

$$W_a = \frac{M_0 - M_2}{M_2}, \text{ kur} \quad (2)$$

W_a – absolūtais mitruma saturs koksnē, %;

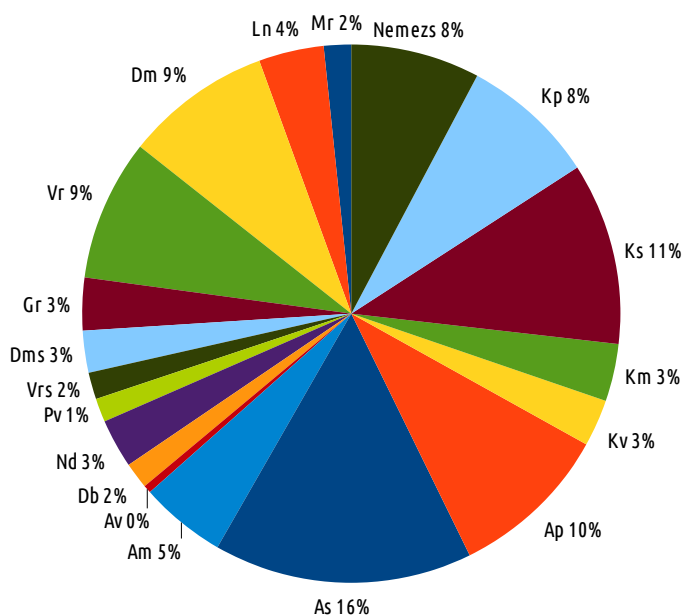
M_2 – izspiestā ūdens masa, g.

Rezultāti

Grāvju raksturojums

Pētījumā iegūtie rezultāti par grāvju izvietojumu dažādos meža tipos apkopoti 8. tabulā. Datu bāzes ierakstu skaits dots 9. tabulā. Salīdzinot ar susināto mežu izplatību, 1 ha kūdreņu un āreņu atbilst 85 m grāvju. Jāatzīst, ka šāds dalījums nav gluži korekts, jo liela daļa grāvju izvietoti mežos, kas atbilstoši VMD uzskaitē ir dabiski sausi vai dabiski mitri. Būtiski, ka 8 % grāvju atrodas nemeža zemēs.

Rezultātu kopsavilkums procentuālā izteiksmē parādīts Att. 15. Auglīgajos meža tipos izvietoti 44 % grāvju (21 tūkst. km), tajā skaitā 45 % novadgrāvju, 42 % susinātāgrāvju un 68 % kontūrgrāvju. Pētījumā konstatēts, ka vidējais grāvja un atbērtnes platums ir 11 m, attiecīgi, kopējā grāvju platība auglīgajos meža tipos ir 23 tūkst. ha. Ja iegūto platību sareizina ar vidējo virszemes biomasu (46 tonnas ha⁻¹) pētījumam atlasītajos objektos, iegūst teorētisko biokurināmā sagatavošanas potenciālu uz grāvjiem – 1,1 milj. tonnas vai 5,4 milj. ber. m³ šķeldu. Veicot izstrādi reizi 30 gados, katru gadu uz grāvju trasēm, kas atrodas auglīgajos meža tipos, var sagatavot vidēji 177 tūkst. ber. m³ šķeldu vai 65 tūkst. m³ stumbra koksnes sortimentu. Vidējā 21-30 gadus vecu mežaudžu krāja Latvijā saskaņā ar Meža statistiskās inventarizācijas 1. cikla izpētes rezultātiem ir 125 m³ ha⁻¹. Ja pieņem, ka tieši tādu pašu krāju varēs iegūt uz grāvjiem, tad vidēji gada laikā uz grāvju trasēm var izstrādāt 89 tūkst. m³ stumbra koksnes sortimentu.



Att. 15 Grāvju sadalījums pa meža tipiem.

8. Tabula. Nosacīto grāvju un aprēķinātais Meža valsts reģistra grāvju garumu sadalījums pa meža tipiem

Meža valsts reģistra ģeogrāfiskie dati			Nosacīto grāvju metri						Meža valsts reģistra meža meliorācijas sistēmu ģeogrāfisko datu metri						Meža valsts reģistra meža meliorācijas sistēmu ģeogrāfisko datu kilometri			kop. MMS %
meža tips	ha	%	novadgrāvis	%	susinātājgrāvis	%	kontūrgrāvis	%	novadgrāvis	%	susinātājgrāvis	%	kontūrgrāvis	%	novadgrāvis	susinātājgrāvis	kontūrgrāvis	
Sl	25952	1,6	28462	0,1	148187	0,3	97	0,0	17709	0,1	95622	0,3	90	0,0	17,7	95,6	0,1	0,2
Mr	77136	4,8	265965	1,0	936211	1,9	4896	0,5	165484	1,0	604114	1,9	4558	0,5	165,5	604,1	4,6	1,6
Ln	134742	8,4	736401	2,9	2139160	4,4	18689	1,9	458192	2,9	1380348	4,4	17400	1,9	458,2	1380,3	17,4	3,8
Dm	251850	15,7	1954765	7,7	4435757	9,1	92881	9,4	1216263	7,7	2862287	9,1	86472	9,4	1216,3	2862,3	86,5	8,6
Vr	185537	11,6	1983993	7,8	4182765	8,6	106348	10,8	1234448	7,8	2699038	8,6	99010	10,8	1234,4	2699,0	99,0	8,4
Gr	49790	3,1	753315	3,0	1559023	3,2	26073	2,6	468716	3,0	1006000	3,2	24274	2,6	468,7	1006,0	24,3	3,1
Gs	3170	0,2	5453	0,0	19389	0,0	0	0,0	3393	0,0	12511	0,0	0	0,0	3,4	12,5	0,0	0,0
Mrs	35715	2,2	121690	0,5	429886	0,9	1042	0,1	75716	0,5	277395	0,9	970	0,1	75,7	277,4	1,0	0,7
Dms	80840	5,0	487216	1,9	1352308	2,8	13518	1,4	303148	1,9	872612	2,8	12585	1,4	303,1	872,6	12,6	2,5
Vrs	38818	2,4	373195	1,5	806764	1,7	15129	1,5	232203	1,5	520585	1,7	14085	1,5	232,2	520,6	14,1	1,6
Grs	13008	0,8	136874	0,5	308373	0,6	4324	0,4	85164	0,5	198986	0,6	4026	0,4	85,2	199,0	4,0	0,6
Pv	39759	2,5	336553	1,3	695601	1,4	14216	1,4	209405	1,3	448855	1,4	13235	1,4	209,4	448,9	13,2	1,4
Nd	80101	5,0	764076	3,0	1381785	2,8	22939	2,3	475411	3,0	891633	2,8	21356	2,3	475,4	891,6	21,4	2,9
Db	42890	2,7	446748	1,8	705559	1,4	21776	2,2	277968	1,8	455280	1,4	20274	2,2	278,0	455,3	20,3	1,6
Lk	4741	0,3	53252	0,2	86863	0,2	2269	0,2	33134	0,2	56051	0,2	2112	0,2	33,1	56,1	2,1	0,2
Av	3135	0,2	83445	0,3	263126	0,5	909	0,1	51920	0,3	169789	0,5	846	0,1	51,9	169,8	0,8	0,5
Am	35842	2,2	1075144	4,2	2761329	5,7	4339	0,4	668959	4,2	1781819	5,7	4040	0,4	669,0	1781,8	4,0	5,1
As	106033	6,6	3929739	15,5	7551382	15,5	41393	4,2	2445099	15,5	4872725	15,5	38537	4,2	2445,1	4872,7	38,5	15,2
Ap	63849	4,0	2943572	11,6	4210438	8,6	35818	3,6	1831502	11,6	2716894	8,6	33347	3,6	1831,5	2716,9	33,3	9,5
Kv	16806	1,0	705274	2,8	1354812	2,8	30049	3,0	438824	2,8	874228	2,8	27976	3,0	438,8	874,2	28,0	2,8
Km	22209	1,4	872188	3,4	1650850	3,4	24567	2,5	542679	3,4	1065254	3,4	22872	2,5	542,7	1065,3	22,9	3,4
Ks	75682	4,7	3173250	12,5	4866881	10,0	71129	7,2	1974409	12,5	3140481	10,0	66221	7,2	1974,4	3140,5	66,2	10,7
Kp	52101	3,2	2649970	10,4	3315345	6,8	64578	6,5	1648822	10,4	2139312	6,8	60122	6,5	1648,8	2139,3	60,1	8,0
Nemežs	165745	10,3	1518552	6,0	3690084	7,6	372176	37,6	944849	6,0	2381122	7,6	346497	37,6	944,8	2381,1	346,5	7,6
Kopā	1605451	100	25399092	100	48851878	100	989155	100	15803416	100	31522941	100	920906	100	15803,4	31522,9	920,9	100,0

9. Tabula. Nosacīto grāvju datu bāzes ierakstu skaits

Meža tips	Novadgrāvis	Susinātājgrāvis	Kontūrgrāvis
Sl	278	1268	97
Mr	2386	7597	33
Ln	6455	17502	134
Dm	16100	35634	448
Vr	14377	29611	483
Gr	4850	9454	135
Gs	44	170	0
Mrs	1071	3681	5
Dms	4129	11230	100
Vrs	3015	6454	94
Grs	1031	2331	30
Pv	2228	4814	78
Nd	4962	9640	144
Db	3401	5745	112
Lk	432	750	13
Av	662	1928	2
Am	8878	20878	31
As	28902	53874	243
Ap	20607	29130	196
Kv	4522	23561	196
Km	6323	11874	116
Ks	20274	31686	295

Izmēģinājumu objektu raksturojums

Apsekojuma rezultātā izraudzīti 32 grāvji ar kopējo platību 16,4 ha un kopējo garumu 14,6 km. Grāvju vispārīgs raksturojums dots 1. pielikumā 27. tabulā, detalizēts taksācijas rādītāju aprēķins sadalījumā pa valdošajām sugām dots 28. tabulā. Mērījumi veikti 2,6 ha platībā, attiecīgi, uzskaitīti 16 % no izmēģinājumiem paredzētās platības. Aprēķinu kopsavilkums dots 10. tabulā.

Pētījums veikts 16 grāvjos, izmantojot līgumā starp LVMI Silava un SIA "Betta serviss" paredzētās 120 produktīvās stundas. Izmēģinājumus pārējos grāvjos varēs turpināt 2013. gadā, izmēģinot citus tehnoloģiskos risinājumus apauguma novākšanā.

Vidējais par 2 m augstāku koku caurmērs ir 9 cm, vidējais augstums 8 m, šķērslaukums – 15 m² ha⁻¹, koku skaits – 1761 gab. ha⁻¹, krāja – 106 m³ ha⁻¹, virszemes biomasa – 52 tonnas ha⁻¹. Papildus visos grāvjos ir jānozāģē vidēji 312 par 2 m zemāki sīkkoki un krūmi uz katru ha. Tas nozīmē, ka, pilnībā izpildot kvalitātes prasības, mehanizētas izstrādes gadījumā 18 % no izzāģējamiem kokiem būs krūmi vai par 2 m īsāki kociņi, kuru vākšana biokurināmajam ir nelietderīga.

Kopējā krāja visos uzskaitītajos grāvjos ir 1759 m³, virszemes biomasa – 843 tonnas.

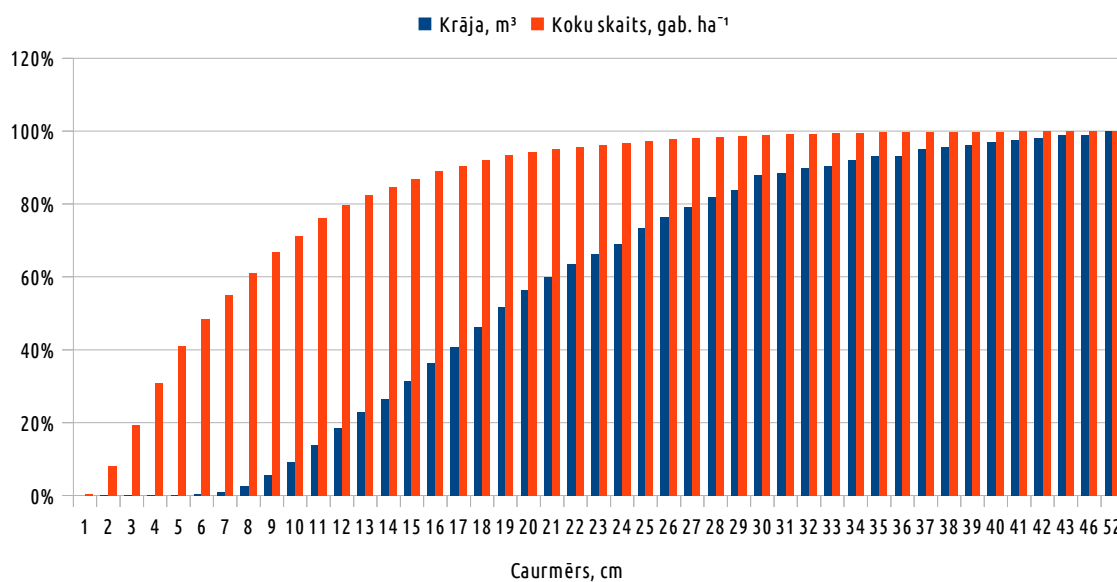
Salīdzinot dažādu sugu koku caurmēra un krājas kumulatīvo sadalījumu (Att. 16), redzams, ka 71 % koku ir tievāki par 10 cm, bet krāja šajās caurmēra pakāpēs ir tikai 9 % no kopējās krājas. Salīdzinot krājas un koku skaita sadalījumu (Att. 17), redzams, ka lielākā daļa krājas koncentrēta 10-30 cm resnos kokos, attiecīgi, veicot izstrādi, jāizvēlas tehnoloģijas, kas visefektīvāk strādā ar šādiem kokiem.

10. Tabula: Pētījumu objektu vispārīgs raksturojums

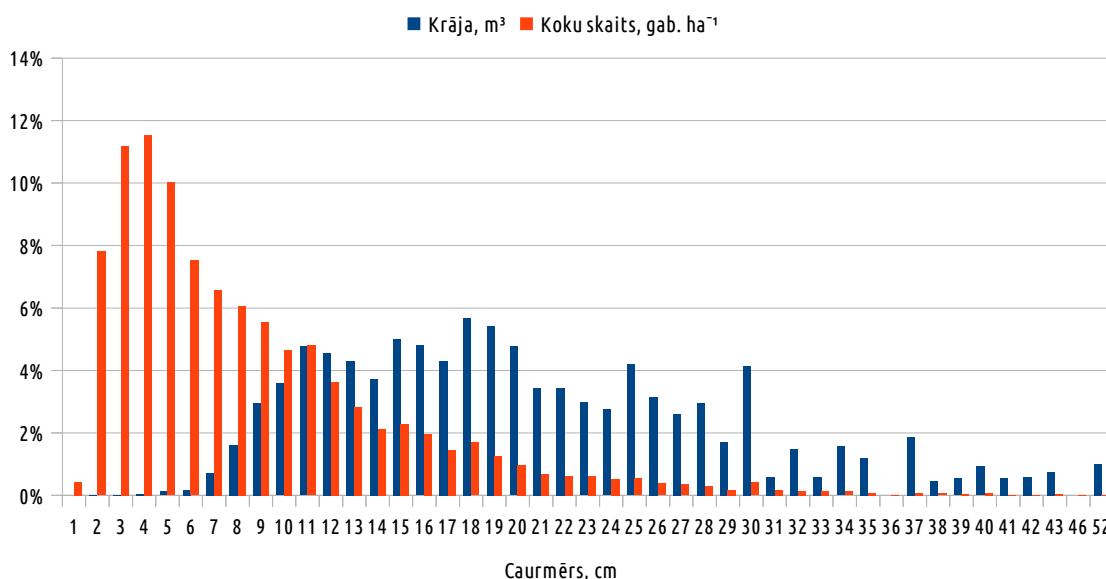
Grāvja Nr.	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	Sīkkoku skaits ¹² , gab. ha ⁻¹	Krūmu skaits, gab. ha ⁻¹	Krūmu augstums, m	Platība ar kokiem
Grāvji, kuros veikti izstrādes izmēģinājumi										
24	3430	9	10	26	152	74	189	645	4,2	100%
25	3044	7	9	16	86	46	170	137	2,5	86%
52	1466	8	8	10	61	32	242	142	2,5	98%
53	2142	6	7	9	49	26	149	659	3,7	100%
104	1294	9	7	12	71	39	261	405	2,3	57%
105	2970	8	8	23	138	67	119	118	1,9	99%
278	734	16	6	20	191	79	91	10	2,5	87%
279	1277	13	5	26	231	99	138	210	4,0	99%
280	1089	11	5	17	140	64	119	112	2,5	46%
287	1265	12	3	19	156	70	33	35	1,7	50%
381	1514	10	10	14	94	46	36	270	5,1	100%
384	923	13	13	16	139	63	25	7	3,0	68%
421	1484	10	9	15	96	52	56	45	2,1	79%
435	956	12	11	17	149	70	41	50	1,8	44%
472	1434	8	8	10	58	33	189	122	2,0	67%
1302	1241	7	7	5	18	14	41	180	1,9	83%
Grāvji, kuros nav veikti izstrādes izmēģinājumi										
4	3029	8	9	22	109	59	264	112	2,0	100%
7	2363	5	6	7	29	19	119	205	3,5	63%
8	1650	6	7	6	24	16	156	234	2,0	96%
15	1711	8	8	13	85	45	21	26	3,5	94%
33	2683	6	7	12	62	36	129	75	1,9	51%

¹² Sīkkoki un krūmi ir par 2 m zemāki koki un krūmi, kuriem noteikts skaits un vidējais augstums koku vai krūmu grupā.

Grāvja Nr.	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	D, cm	H, m	Šķērslauku ms, m ² ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	Sīkkoku skaits, gab. ha ⁻¹	Krūmu skaits, gab. ha ⁻¹	Krūmu augstums, m	Platība ar kokiem
41	2556	6	7	9	31	26	53	97	2,4	98%
44	2527	5	5	5	5	17	228	104	2,0	85%
47	1398	11	11	18	160	75	293	85	1,6	76%
77	3403	9	16	30	303	145	79	63	3,8	100%
84	2083	9	10	18	127	60	115	176	2,7	93%
116	1178	8	9	11	91	42	100	257	5,3	65%
149	1191	9	9	12	104	44	110	60	1,7	93%
187	1984	11	11	26	217	100	39	98	2,6	82%
213	2044	12	10	30	202	94	84	343	3,1	85%
1207	822	7	7	4	21	12	102	501	4,7	86%
1304	965	8	9	8	60	28	363	154	1,4	100%



Att. 16 Kumulatīvais caurmēra sadalījums.



Att. 17 Krājas sadalījums.

Izraudzītie izmēģinājumu objekti piemēroti gan izstrādei ar rokām, gan mehanizēti. Koku augstums atbilst sākotnējam uzstādījumam – 9-12 m.

Izstrādes laikā vairums grāvju tika izstrādāti tikai daļēji, jo daļu koku uz tālākās atbērtnes malas harvesters nevarēja aizsniegt. Tāpat, grūtības radīja dziļāk uz grāvja nogāzes augošo koku nozāģēšana. Tāpēc aprēķinātās krājas un faktiski iegūto sortimentu apjoms nav tieši salīdzināmi.

Biomases raksturojums

Pētījumā noteikts pievesto biokurināmā sortimentu koksnes mitrums un blīvums, kā arī šķeldu frakciju sastāvs, mitruma saturs un bēruma blīvums. Pievešanas laikā biomasu no vairākiem grāvjiem tika savesta kopā, tāpēc biokurināmā raksturojums nav veikts grāvju griezumā, bet gan atbilstoši krautnēm, kur biokurināmais pievests.

Koksnes mitrums un blīvums

Pirmā paraugu sērija tika ievākta tūlīt pēc kokmateriālu pievešanas no 03.02.2013 līdz 12.02.2013. Kopumā ievākti 270 paraugi; atbilstoši sugu sadalījumam visvairāk ievākti egles un bērza koksnes paraugi (Att. 19). Ievāktu paraugu resgaļa caurmērs bija no 4 cm līdz 27 cm.

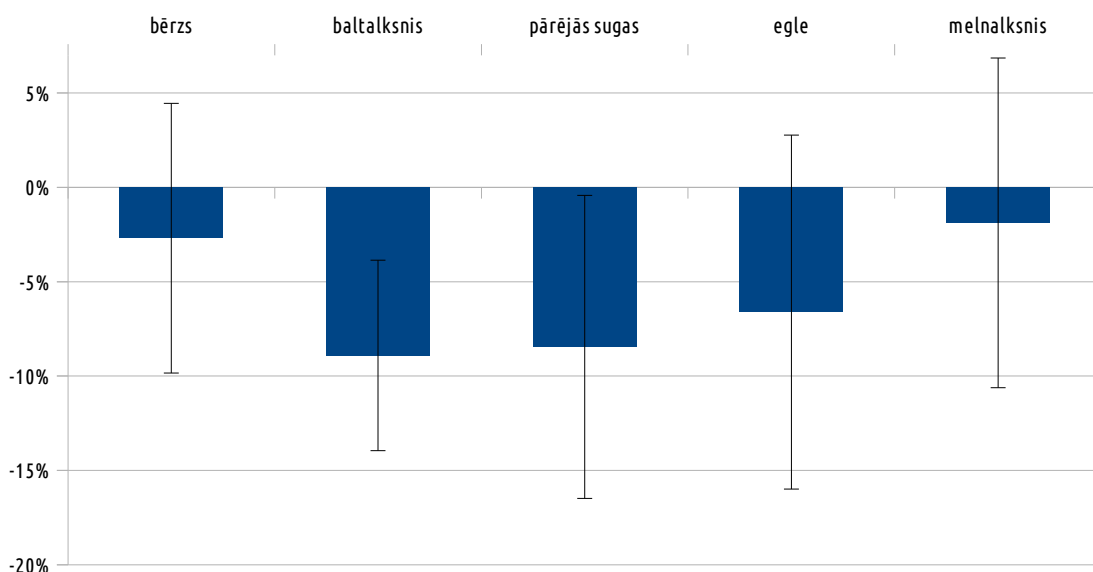
Relatīvais mitruma saturs koksnē vidēji visos paraugos bija 55 %; vislielākais relatīvā mitruma saturs bija egles koksnē (60 %), baltalkšņa un melnalkšņa koksnē, attiecīgi, 57 un 56 % (11. tabula). Sausākā bijusi bērza koksne. Tikai eglei relatīvā mitruma satura variācijas koeficients pārsniedz 10 %, kas liecina, ka paraugkopa nav viendabīga un dažādu apstākļu ietekmē mitruma saturs egles koksnē var būtiski atšķirties.

Lielākais nosacītais koksnes blīvums bijis bērzam ($0,49 \text{ kg L}^{-1}$), mazākais – eglei ($0,38 \text{ kg L}^{-1}$). Tas liecina, ka koksnes siltumspēja primārās enerģijas izteiksmē svārstās starp $2,6 \text{ MWh m}^{-3}$ un $2,0 \text{ MWh m}^{-3}$. Vidējais nosacītais koksnes blīvums visos paraugos ir $0,43 \text{ kg L}^{-1}$. Variācijas koeficients nevienai no sugām nepārsniedz 10 %. Tas liecina, ka paraugkopa ir viendabīga un augšanas apstākļu un citu faktoru ietekme nav būtiski ietekmējusi koksnes blīvumu.

11. Tabula: Mitruma saturs un nosacītais koksnes blīvums

Rādītājs	Bērzs	Baltalksnis	Blīgzna	Egle	Melnalksnis
Relatīvais mitrums, %	49 ± 0,3	57 ± 0,9	51 ± 1	60 ± 0,8	56 ± 0,4
Nosacītais koksnes blīvums, kg L ⁻¹	0,49 ± 0,005	0,41 ± 0,007	0,46 ± 0,012	0,38 ± 0,004	0,44 ± 0,007

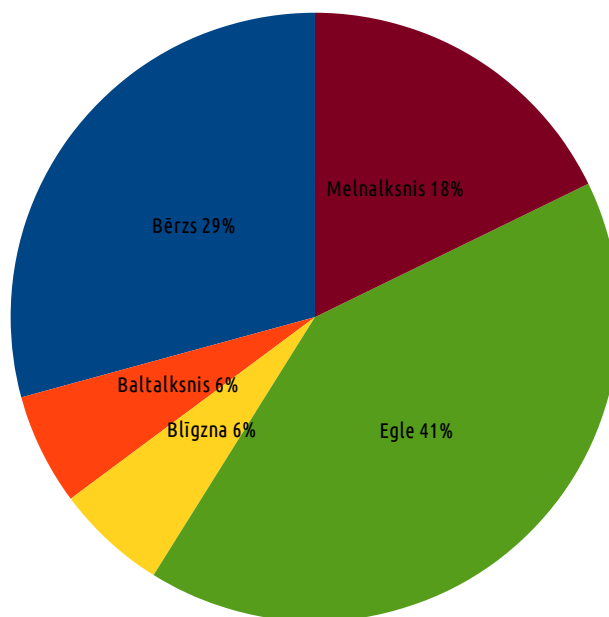
Salīdzinot pētījumā iegūto koksnes blīvumu un biomasas aprēķinos izmantotos rādītājus, kas ņemti no siltumnīcefekta gāzu (SEG) inventarizācijas vadlīnijām (Penman 2003), konstatēts, ka visām sugām iegūtais nosacītais blīvums ir nedaudz mazāks, nekā vadlīnijās, bet statistiski būtiska atšķirība konstatēta tikai baltalksnim (Att. 18). Tas liecina, ka kopumā SEG inventarizācijā lietotie koksnes blīvuma koeficienti ir izmantojami biomasas aprēķinos, taču rezultāts vienmēr būs nedaudz lielāks par faktisko, it īpaši apaugumā, kur dominē baltalksnis.



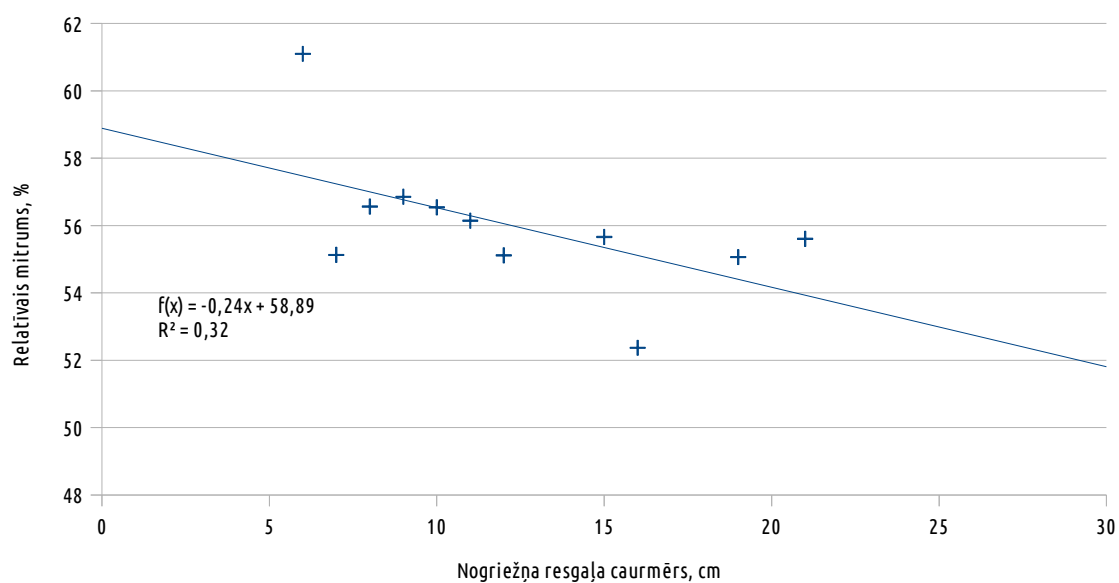
Att. 18 Pētījumā iegūtā koksnes blīvuma atšķirība no teorētiskajām aprēķinos izmantotajām vērtībām.

Izteikta sakarība starp resgaļa caurmēru un relatīvo mitruma saturu koksņē konstatēta tikai melnalksnim ($r = -0,59$; Att. 20), bet sakarība starp resgaļa caurmēru un nosacīto koksnes blīvumu – bērzam ($r = 0,41$; att. Att. 21). Tas liecina, ka melnalksnim, palielinoties biokurināmajā izmantotās koksnes caurmēram, mitruma saturs samazinās, bet pārējām koku sugām, saskaņā ar pētījuma rezultātiem, būtiski neizmainās, tāpēc sortimentu struktūras izmaiņas neatstās būtisku ietekmi uz mitruma saturu sagatavotajā kurināmajā.

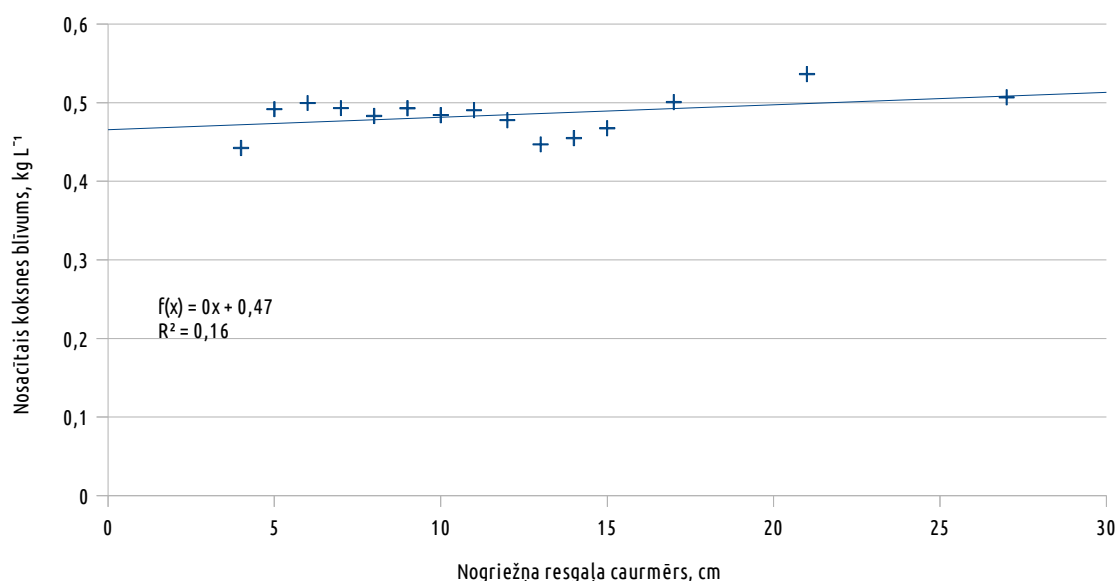
Bērza koksnes blīvums pieaug, palielinoties biokurināmā sortimentu resgaļa caurmēram. Atšķirība starp tievākajiem un resnākajiem sortimentiem ir 13 %, tajā pat laikā vidējā aritmētiskā standartklūda procentuālā izteiksmē ir 1,3 %, attiecīgi, atšķirība ir būtiska. Tas nozīmē, ka apaugumā, kur dominē bērzs, palielinot biokurināmā sortimentu caurmēru, var iegūt biokurināmo ar lielāku nosacīto koksnes blīvumu, attiecīgi, arī siltumspēju. Turpretim, apaugumā, kur dominē egle, baltalksnis, melnalksnis vai blīgzna, saskaņā ar pētījuma rezultātiem nav pamata rēķināties ar siltumspējas pieaugumu uz tilpuma vienību, palielinot biokurināmajā pārstrādājamo koku dimensijas.



Att. 19 Koksnes paraugu skaita sadalījums.



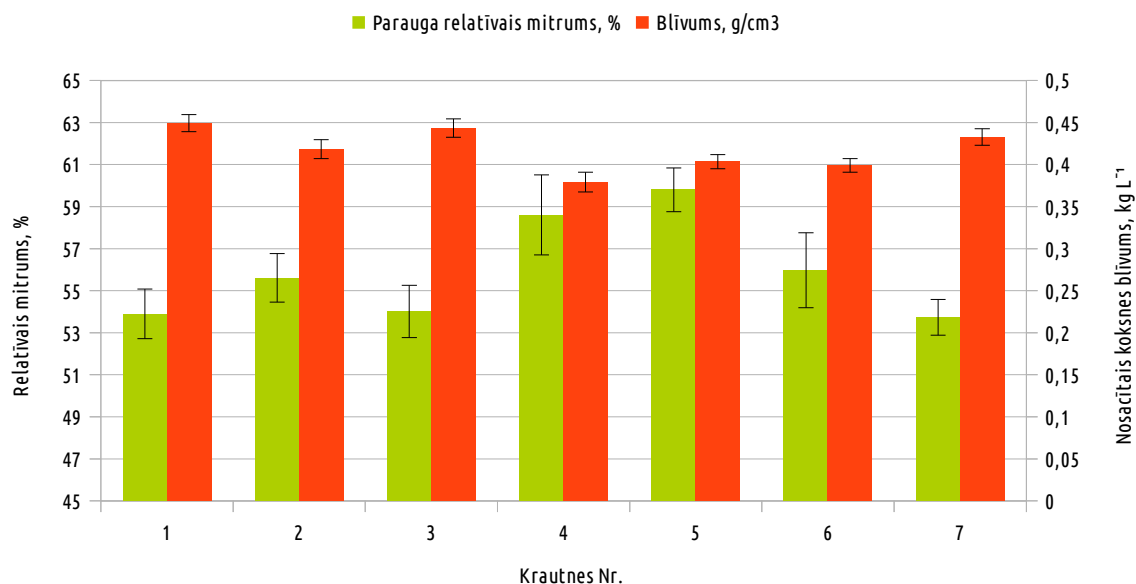
Att. 20 Sakarība starp melnalkšņa nogriežņu resgaļa caurmēru un relatīvo koksnes mitruma saturu.



Att. 21 Sakarība starp bērza nogriežņu resgaļa caurmēru un nosacīto koksnes blīvumu.

Att. 22 salīdzināts relatīvais mitruma saturs un nosacītais koksnes blīvums dažādās krautnēs. grafikā redzams, ka mitruma saturs vidēji ir lielāks 4. un 5. krautnē ievāktajos paraugos. Šīs krautuves atšķiras ar salīdzinoši lielu egles un melnalkšņa īpatsvaru. Vissausākā koksne ir krautnēs ar lielāko bērza īpatsvaru. Tas liecina, ka egles un melnalkšņa krautnēs ir jārēķinās ar mitrākām šķeldām, ja apaļkoksni šķeldo uzreiz pēc izstrādes.

Lielāks koksnes blīvums konstatēts krautnēs ar lielāku bērza īpatsvaru.



Att. 22 Relatīvais mitruma saturs un nosacītais koksnes blīvums dažādās krautnēs.

Šķeldu īpašības

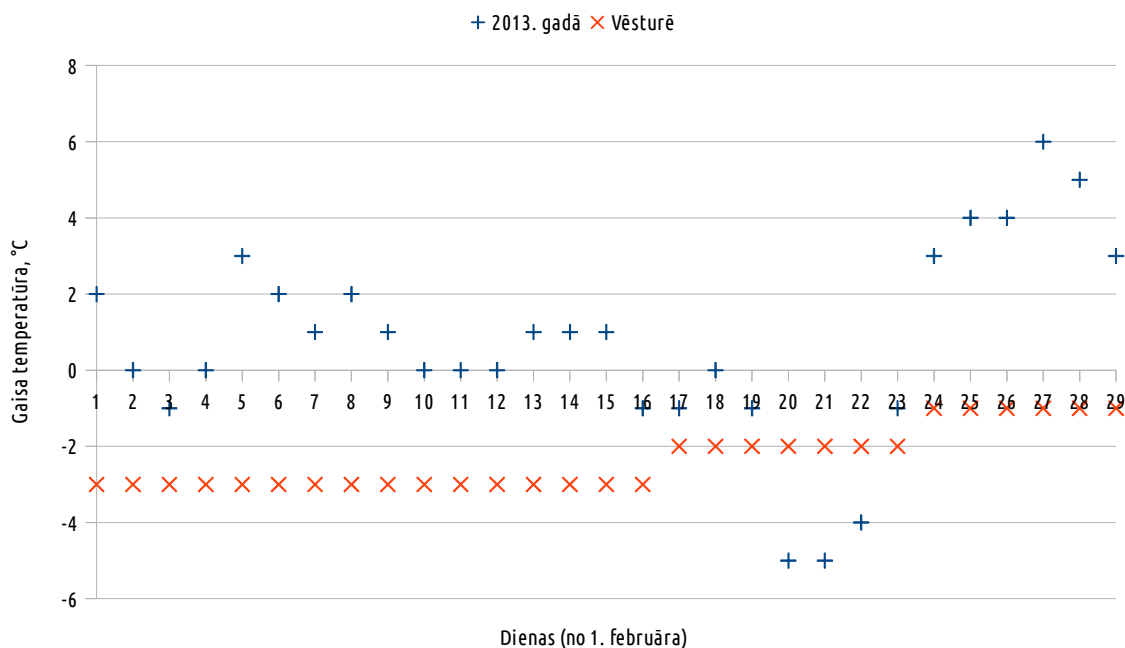
Šķeldu paraugi ievākti 28.02.2013 un 01.03.2013, t.i. 17 dienas pēc pievešanas, šķeldošanas laikā no kravas kastēm (Att. 23). Gaisa temperatūra 2013. gada februārī

bija vidēji par 3 °C augstāka, nekā pēdējo 10 gadu vidējā temperatūra šajā laikā un par 5 °C augstāka, nekā 2012. gadā. Vidējie pēdējo 10 gadu temperatūras rādītāji netika pārsniegti tikai 20.-22. februārī (Att. 24). Kopējais nokrišņu daudzums šajā laikā bija 36 mm, 2012. gadā pie krietni zemākas temperatūras – 38 mm. 2013. gada nokrišņi bija gan sniega, gan lietus veidā.

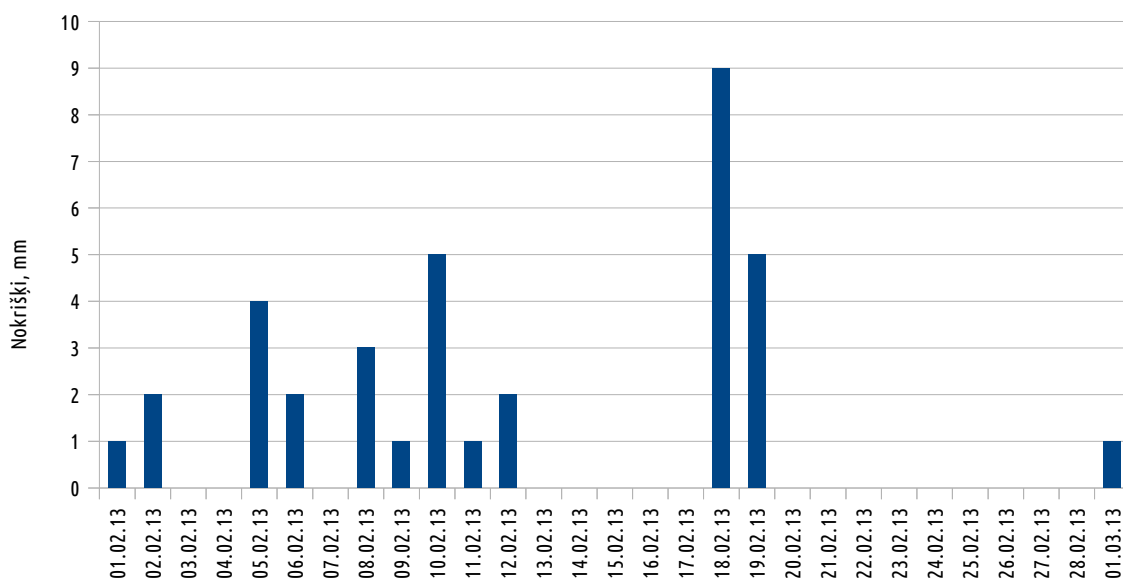


Att. 23 Raksturīgas sīkkoku šķeldas puspiekabē.

Lielākā daļa nokrišņu veidojās februāra sākumā, pievešanas laikā, izņemot sniegputeni 18.-19.02.2013. (Att. 25). Pirms šķeldošanas uzsākšanas bija 9 dienas garš silts (vidējā gaisa temperatūra 0,8 °C) periods bez nokrišņiem, kas sekmēja koksnes žūšanu. Arī 2012. gada beigās februāra otrajā pusē bija maz nokrišņu.



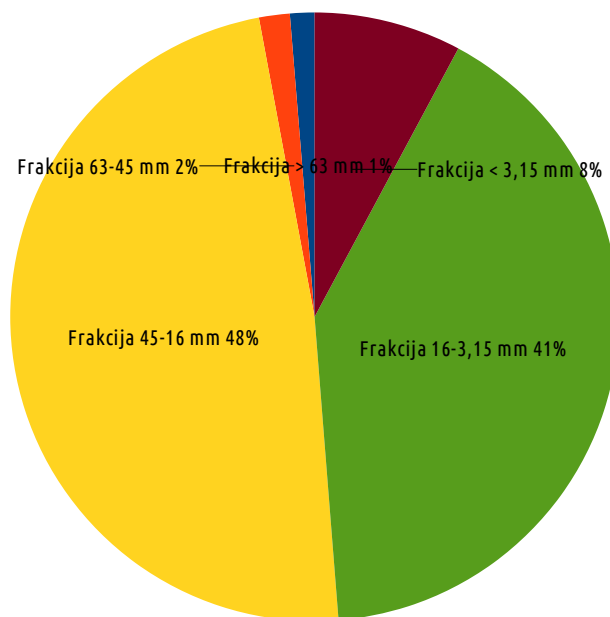
Att. 24 Gaisa temperatūra.



Att. 25 Nokriši 2013. gada februārī.

Relatīvā mitruma saturs šķeldās ir $47 \pm 2 \%$. Dabiski mitru šķeldu bēruma blīvums ir $0,40 \pm 0,01 \text{ kg L}^{-1}$, šķeldu sausnas bēruma blīvums ir $0,21 \pm 0,004 \text{ kg L}^{-1}$. Tas liecina, ka pilnas šķeldu puspiekabes (90 m^3) kravas masa ir 36 tonnas, tajā skaitā 19 tonnas koksnes un 17 tonnas ūdens, bet 1 ber. m^3 šķeldu sver 0,4 tonnas. Biokurināmā siltumspēja ir aptuveni $1 \text{ MWh ber. m}^{-3}$ primārās enerģijas izteiksmē. Jāņem vērā, ka bēruma blīvums kravā var atšķirties no analītiski noteiktā rādītāja, jo to ietekmē šķeldotāja veids, šķeldošanas apstākļi un koksnes īpašības.

Lielākās šķeldu frakcijas ir 45-16 mm un 16-3,15 mm (kopā 89 % no masas), smalkā frakcija, kas apgrūtina meža šķeldu izmantošanu nelielās katlumājās ir tikai 8 % (Att. 26), bet atsevišķos paraugos 5 %. Tas liecina, ka grāvju trašu apaugumā sagatavotās šķeldas der jebkāda veida šķeldu katliem un, iespējams, tās ir izmantojamas arī industriālo kokskaidu granulu ražošanai.



Att. 26 Šķeldu frakcijas.

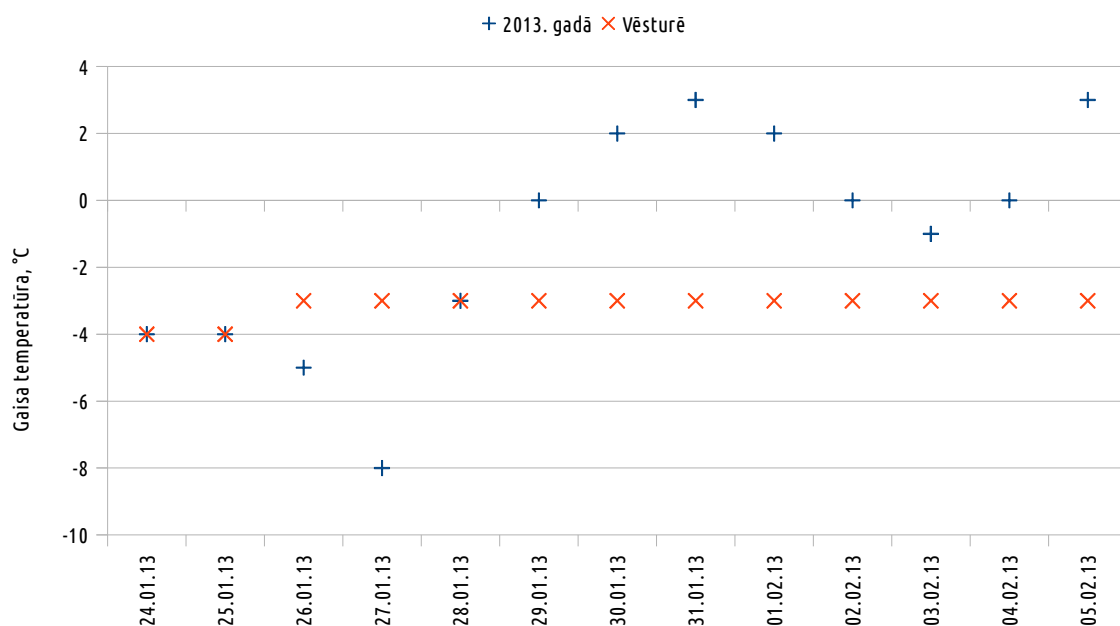
Viens no pētījuma uzdevumiem bija noskaidrot, vai īslaicīga uzglabāšana (atbilstoši somu pētījumiem vismaz 2 nedēļas) sekmē grāvju trašu apaugumā izstrādāto sīkkoku žūšanu. Saskaņā ar analīžu rezultātiem mitruma saturs koksnē nepilnu trīs nedēļu laikā ir samazinājies no 55 % līdz 47 %; atšķirība ir statistiski būtiska. Mitruma satura zudums ir 28 %, salīdzinot ar sākotnējo mitruma saturu koksnē, t.i. uz 1 tonnu koksnes sausas ir nožuvuši 365 kg ūdens no sākotnējiem 1288 kg ūdens. Pārrēķinot uz koksnes kravu, uz katrām 90 ber. m³ pārvadājamā materiāla masa samazinājusies par 7 tonnām vai 17 % no sākotnējās masas. Jāņem vērā, ka bēruma blīvums kravā un laboratorijas testos var atšķirties, tāpēc aprēķinos izmantojams relatīvais masas samazinājums (par 17 %).

Darba laika uzskaites rezultāti

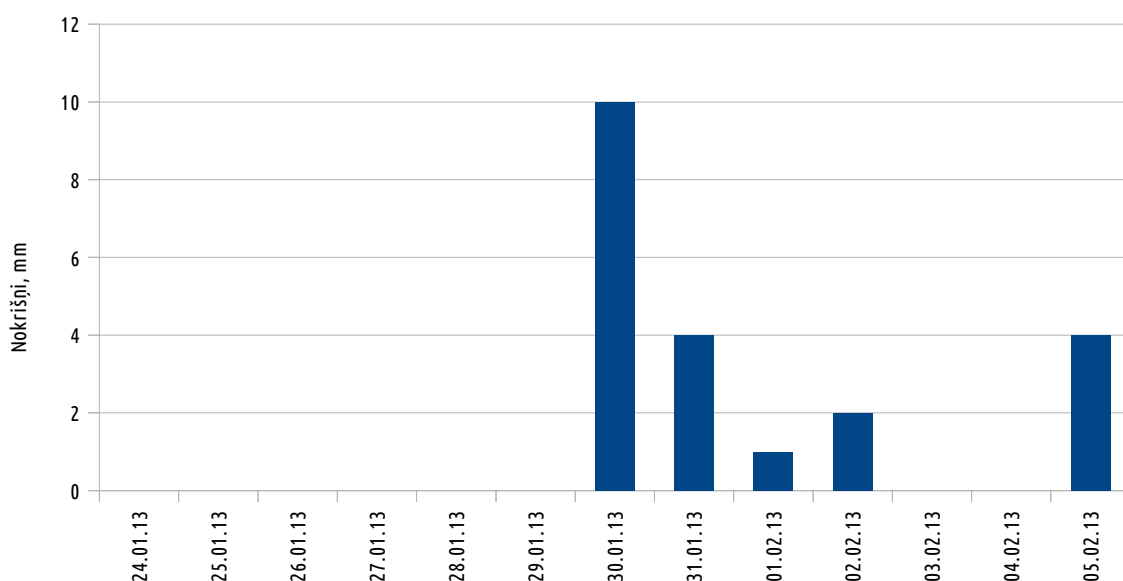
Pētījumā veikta izstrādes, pievešanas un šķeldošanas darba laika uzskaitē. Izstrādes darba laika uzskaitē veikta katram krāna ciklam atsevišķi, pievešanas un šķeldošanas darba laika uzskaitē veikta, summējot vienai kravai patērēto darba laiku sadalījumā pa darba laika elementiem. Pievešanas laikā noteikta visu kravu masa, šķeldošanas laikā fiksēts katrā krautnē sašķeldotā materiāla tilpums.

Izstrādes darba ražīgums

Izstrādes izmēģinājumi veikti no 21.01.2013 līdz 05.02.2013. Gaisa temperatūra izstrādes laikā bija vidēji -1,15 °C, par 2 °C augstāka, nekā vidēji pēdējo 10 gadu laikā. Izstrādes izmēģinājumu pirmajā nedēļā noturējās sauss un auksts laiks, radot labvēlīgus apstākļus izstrādei, bet otrajā nedēļā temperatūra paaugstinājās virs 0 °C un gandrīz katru dienu bija nokrišņi slapja sniega un lietūs veidā, kas negatīvi ietekmēja darba ražīgumu (Att. 27, Att. 28).



Att. 27 Gaisa temperatūra izstrādes laikā.



Att. 28 Nokrišņi izstrādes laikā.

Darbs veikts 3 maiņās, nepārtraucot darba laika uzskaiti nevienā maiņā. Kopējais izstrādes izmēģinājumos pavadītais darba laiks 132 stundas, neskaitot pārbraucienus starp izmēģinājumu objektiem, produktīvais darba laiks 112 stundas. Kopējā izstrādātā biomasas atbilstoši pievedējtraktoru svērumu datiem 431 tonna sausas, izstrādātā krāja – 981 m³. Vidēji visos objektos augošā koku virszemes biomasas, kas noteikta grāvju uzmērīšanas laikā (nodaļa Izmēģinājumu objektu raksturojums), ir 96% no iegūtās stumbra biomasas. Tas liecina aprēķinos izmantotie biomasas pārrēķinu vienādojumi novērtē par zemu virszemes biomasu un grāvju apauguma raksturošanai nepieciešami jauni vai pilnveidoti vienādojumi. Iespējams, ka mežaudzēm izstrādātie vienādojumi paredz straujāku koku caurmēra raikumu un sistemātiski samazina koku biomasu. Jāatzīst, ka dažādos objektos uzmērītā un iegūtā biomasas atšķirība, tāpēc, ka daži grāvji netika pilnībā izstrādāti, izstrādes laikā paņemta plašāka atbērtnes josla,

nekā pieņemts uzmērīšanas laikā, vai arī nozāgēts papildus grāvja posms, kas sākotnēji netika uzmērīts sakarā ar nesaisti kartogrāfiskajā materiālā un faktisko grāvju izvietojumu, bet grāvjos, kur strādāja pameža zāgētāji, liela daļa biomasas tika nozāgēta pirms mehanizētās izstrādes.

Pētījumā ietvertie izstrādes varianti:

1. harvesters zāgē visus sīkkokus un krūmus, kas garāki par 2 m un ko ko var aizsniegt no ceļa;
2. harvesters zāgē tikai par 4 cm resnākus kokus, pārējo izzāgē ar rokām un savāc pēc mehanizētās izstrādes;
3. sīkkokus un krūmus, kas neder sortimentu gatavošanai, izzāgē un savāc ar rokām pirms mehanizētās izstrādes.

Grāvji dažādiem izstrādes variantiem tika piemēroti tā, lai būtu sadalīti atbilstoši katrai darba metodei piemērotākajiem izstrādes apstākļiem, t.i. 2. un 3. darba metodei atlasīja grāvjus ar izteiktu pamežu un krūmu segumu, bet 1. darba metodei atlasīja grāvjus, kuros bija salīdzinoši mazāk pameža koku. Jāpiezīmē, ka sīkkoku un krūmu apaugums dažādos grāvju posmos būtiski atšķīrās, tāpēc arī 1. darba metodei atlasītajos objektos bija atsevišķi posmi ar izteiktu pamežu un krūmu segumu. Trešā darba metode sākotnēji nebija iekļauta pētījumu plānā, taču sakarā ar tehniskām problēmām (pirmajās dienās nevarēja izmantot harvestera pakošanas mehānismu), tika nolemts iekļaut pētījumu programmā arī tradicionālo izstrādes metodi, ko Latvijā visbiežāk izmanto gan mehanizētajā krājas kopšanā, gan mehanizētajā grāvju apauguma tīrīšanā.

Pētījuma zinātniskā metodika tika pilnībā īstenota visiem 3 izstrādes variantiem, taču pēc izstrādes tika pieņemts, ka 1. variantā paliekošo koku un krūmu skaits grāvjos ir pārāk liels un tie ir jānozāgē. Lai nodrošinātu visu darba metožu korektu un sākotnējai metodikai atbilstošu salīdzināšanu, darba laiks pameža un krūmu zāgēšana ar rokām pašizmaksas aprēķinā iekļauts tikai 2. un 3. darba metodē.

Darba laika uzskaites rezultātu kopsavilkums pievienots 2. pielikumā.

Dažādos grāvjos sagatavoto sortimentu struktūra parādīta 12. tabulā. Daļēji atzarotie sīkkoki un malkas sortiments ir gatavots visos grāvjos, arī zāgbaļķi gatavoti visos grāvjos, izņemot 25. grāvi, kur dominēja salīdzinoši nelieli koki un gatavots tikai papīrmalkas, malkas un tehnoloģiskās lietkoksnes un taras sortiments. Sortimentu grupā BAĻĶI apvienoti visi zāgbaļķu sortimenti, bet sortimentu grupā PAPĪRMALKA – skujkoku un lapkoku papīrmalka.

Lielais sortimentu skaits būtiski ietekmēja darba ražīgumu visos izstrādes variantos, palielinot pārbraucieniem un sortimentācijai patērēto laiku, kā arī robežojošos mežaudžu koku bojājumus. Nākotnē ir jāieplāno izmēģinājums sortimentu struktūras ietekmes uz darba ražīgumu novērtēšanai, vispirms, apvienojot visus zāgbaļķu sortimentus, gulšņus un papīrmalku un biokurināmo, tad atsakoties no zāgbaļķu sortimenta gatavošanas un beidzamajā variantā gatavojot tikai biokurināmo.

12. Tabula: Dažādos grāvjos sagatavoto sortimentu grupas

Sortiments	24	25	278	279	280	287	381	384	421	435	472	104;52	53;105
BAĻĶIS	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PAPĪRMALKA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FINIERIS			X		X		X		X				
GULSNIS	X		X	X	X	X		X		X		X	X
MALKA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TARA	X				X			X	X				X
TKLK	X	X					X	X	X		X	X	X

Darba laika kopsavilkums sadalījumā pa grāvjiem¹³ dots 13. tabulā. Atbilstoši pētījuma rezultātiem tiešais produktīvais laiks 1 koka izstrādei ir 44 sekundes, 1 ha¹⁴ izstrādei – 663 minūtes (11 stundas), 100 m gara grāvja posma izstrādei – 75 minūtes, 1 m³ sortimentu sagatavošanai – 9 minūtes (11 m³ stundā), 1 tonnas biomasas sagatavošanai – 20 minūtes (13. tabula). Tiešais produktīvais darba laiks koku apstrādei ir 82 % no kopējā darba laika un 91 % no produktīvā darba laika. Pārbraucieniem (iebraukšana un izbraukšana no cirsmas, tajā skaitā, lai uzpildītu degvielu) aizņēma 8 % no produktīvā darba laika. Pārbraucieniem veltīto laiku var samazinot, nebraucot no cirsmas maiņas beigās tajos gadījumos, kad nav nepieciešama degvielas uzpilde.

Salīdzinot darba metodes, konstatēts, ka lielākais darba ražīgums sasniegts, strādājot ar 2. darba metodi (10 m³ stundā), mazākais darba ražīgums – 3. izstrādes variantā (3 m³ stundā). Arī lielākais darba laika patēriņš 1 koka apstrādei ir 3. darba metodē (14. tabula). Jāņem vērā, ka 3. darba metode projektā sākotnēji netika plānota un tā izmēģināta tikai 2 grāvjos, tāpēc iegūtie rezultāti attiecībā uz šo darba metodi var nebūt reprezentatīvi. Att. 29 redzams, ka 3 darba metodē būtiski pieaug sortimentācijai patērētais laiks, kas saistīts ar izzāgējamo koku dimensijām – lielākā daļa biokurināmā sagatavošanai piemēroto koku jau ir izzāgēti un no visiem atlikušajiem kokiem tiek gatavoti standarta sortimenti, attiecīgi, pieaug vidējais darba laika patēriņš uz 1 koka apstrādi. Sortimentācijas laiku palielināja arī pārbraucieni starp sortimentu kaudzītēm, gatavojot lielu skaitu sortimentu, jo operatori centās sakraut sortimentus pēc iespējas koncentrētākās kaudzītēs, lai pievedējtraktoram būtu tos vieglāk savākt.

13. Tabula: Darba laika uzskaites kopsavilkums

Grāvja Nr.	Izstrādes veids	Tiešais produktīvais laiks koka apstrādei, sek.	Tiešais produktīvais laiks 1 ha izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 100 m izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 1 m ³ izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks m ³ stundā	Tiešais produktīvais laiks 1 tonnas izstrādei, min.
24	3	39	1342	134	8	8	18
25	2	36	957	95	12	5	26
278	2	54	545	58	4	16	8
279	2	40	807	87	7	9	15
280	2	65	404	43	3	19	7
287	2	39	515	55	6	10	13
381	3	56	1016	114	18	3	41
384	1	76	560	94	35	2	80
421	1	27	265	53	11	6	25
435	1	40	293	32	2	30	4
472	1	43	883	98	4	16	8
1302	2	37	377	44	4	15	9
104;52	2	41	482	51	5	13	11
53;105	2	29	835	88	9	7	20
Visi grāvji		44	663	75	9	11	20

14. Tabula: Darba laika uzskaites kopsavilkums¹⁵

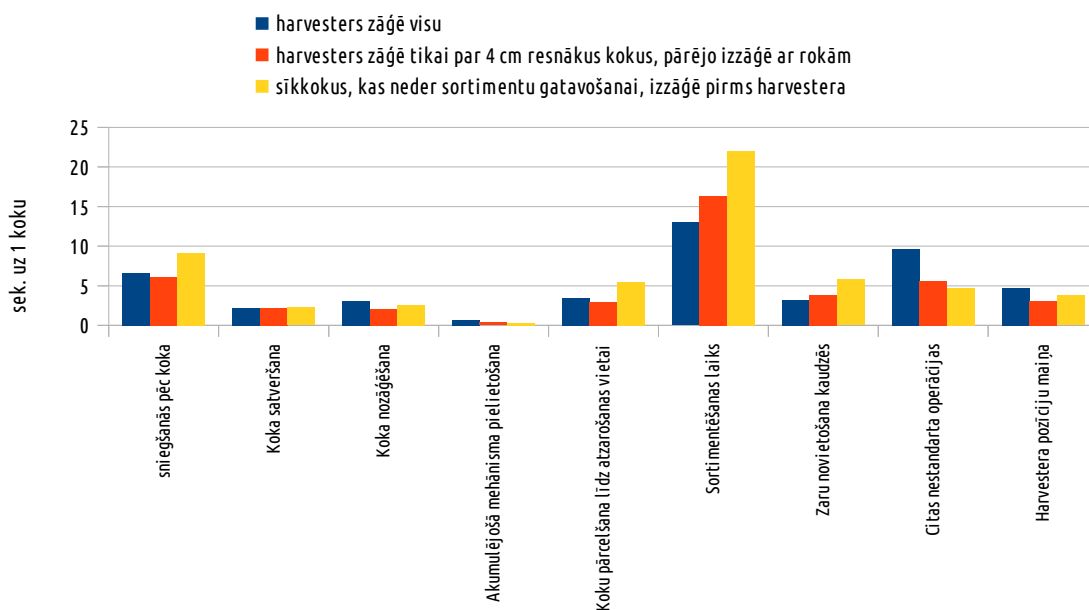
Izstrādes veids	Tiešais produktīvais laiks koka apstrādei, sek.	Tiešais produktīvais laiks 1 ha izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 100 m izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 1 m ³ izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks m ³ stundā	Tiešais produktīvais laiks 1 tonnas izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks, stundā apstrādāti koki
1	46	500	69	13	5	29	78
2	43	615	65	6	10	14	85

¹³ Apvienoti tie grāvji, kas pievesti vienā reizē, t.i. nav iespējams nošķirt pievedējtraktora kravas, kas pievestas no katra konkrēta grāvja.

¹⁴ Šajā gadījumā 1 ha atbilst uzmērītajai platībai.

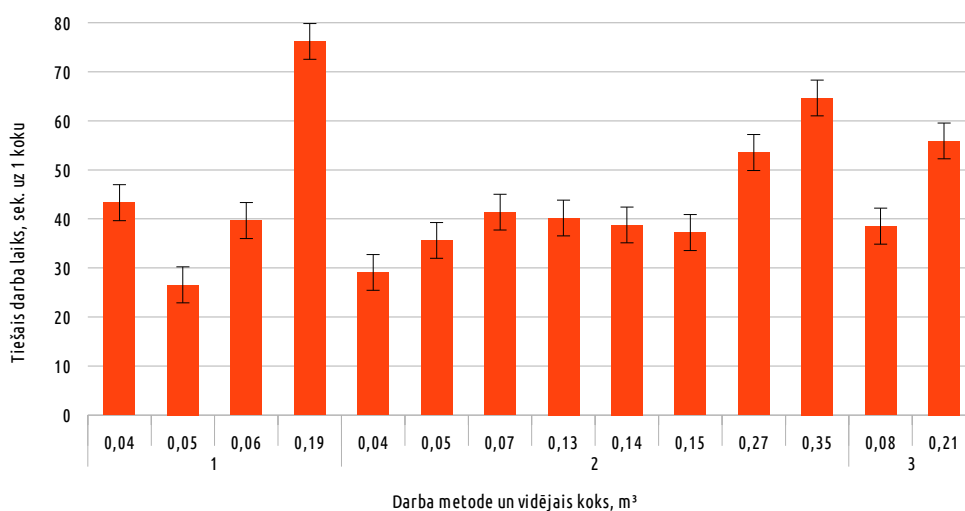
¹⁵ (1) harvesters zāgē visu; (2) harvesters zāgē tikai par 4 cm resnākus kokus, pārējo izzāgē ar rokām; (3) sikkokus, kas neder sortimentu gatavošanai, izzāgē pirms harvestera.

izstrādes veids	Tiešais produktīvais laiks koka apstrādei, sek.	Tiešais produktīvais laiks 1 ha izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 100 m izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks 1 m³ izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks m³stundā	Tiešais produktīvais laiks 1 tonnas izstrādei, min.	Tiešais produktīvais laiks, stundā apstrādāti koki
3	56	1016	114	18	3	29	64



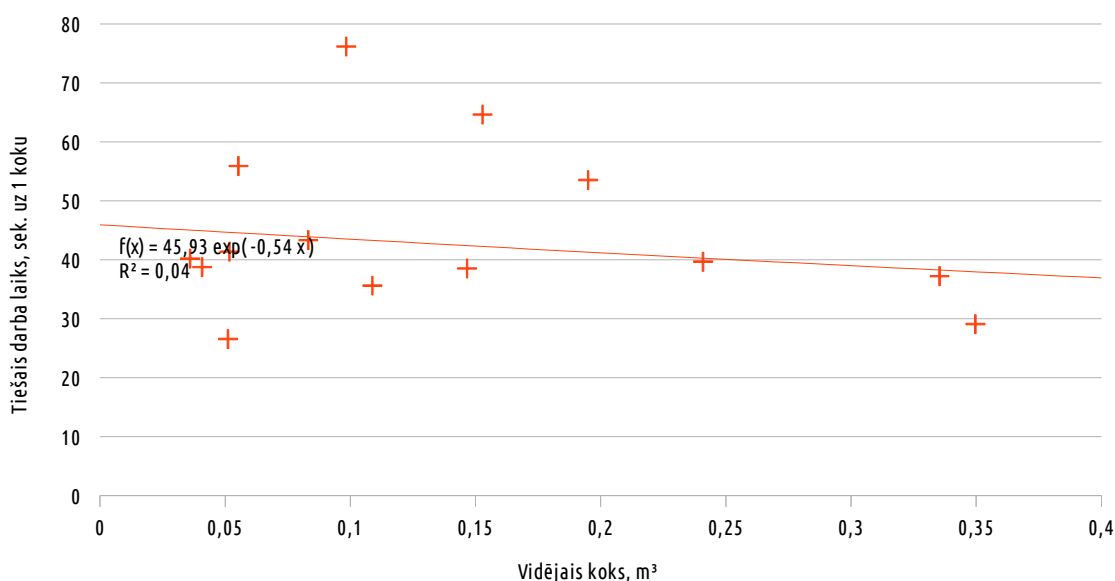
Att. 29 Darba laika patēriņa sadalījums dažādām darba metodēm.

Statistiski būtiska atšķirība darba ražīgumā, apstrādājot 1 koku ($p < 0,05$), konstatēta starp 2. un 3. un 1. un 3. metodi, bet starp 1. un 2. darba metodi nav būtiskas atšķirības. Tas norāda uz principiālo atšķirību 3. darba metodē, kurā netika gatavots daļēji atzarotu sīkkoku biokurināmā sortiments un operatori minimāli izmantoja pakošanas funkciju (1. darba metodē 1 krāna ciklā vidēji apstrādāja 1,4 koku, 2. darba metodē – 1,3 kokus, bet 3. darba metodē – 1,1 koku). Att. 30 redzams, ka tiešā produktīvā darba laika patēriņš uz 1 apstrādājamo koku būtiski atšķiras arī 1 darba metodes ietvaros.



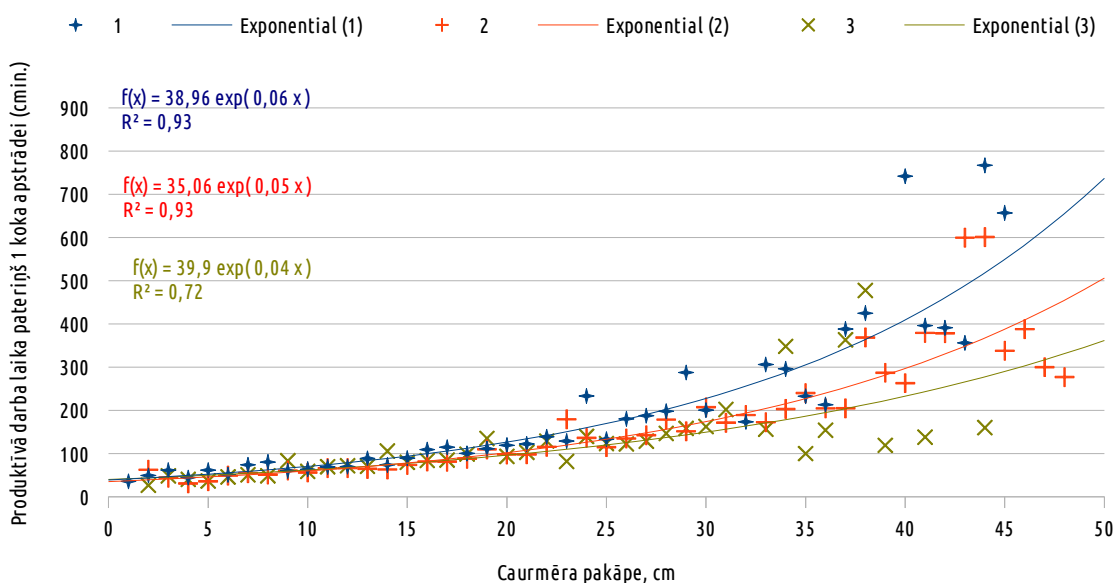
Att. 30 Tiešais produktīvais laiks dažādās izstrāde metodēs atkarībā no vidējā koka izmēra, sek. uz 1 koku.

Salīdzinot vidējā koka stumbra tilpumu un darba laika patēriņu (Att. 31), izteikta korelācija nav konstatēta. Tas liecina, ka darba metodes vai citu faktoru ietekme uz darba ražīgumu ir lielāka, nekā vidējā koka stumbra tilpuma ietekme.

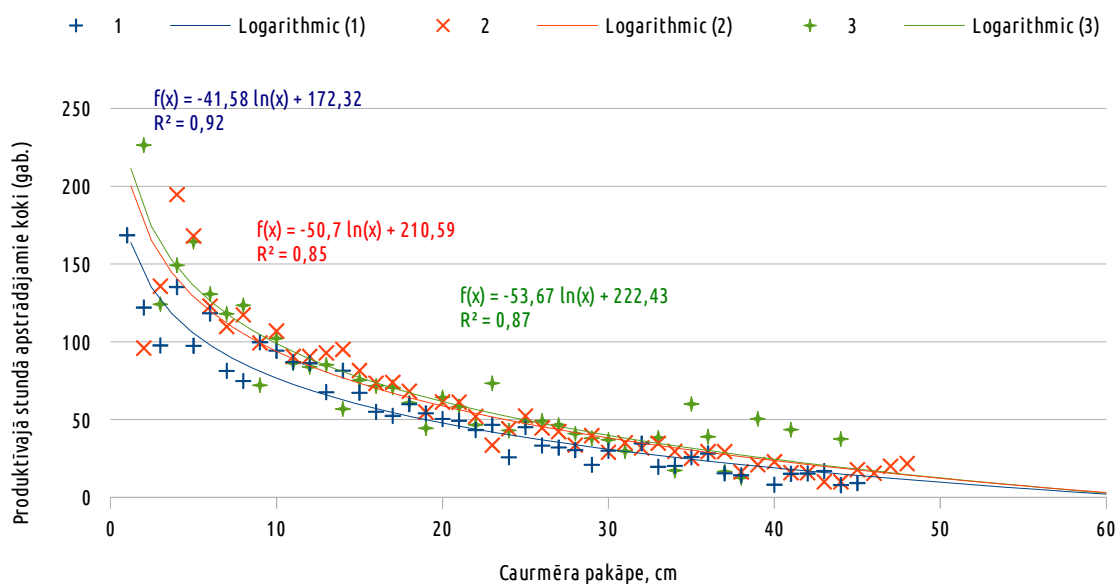


Att. 31 Sakarība starp vidējā koka stumbra tilpumu un 1 koka apstrādei patērējamo laiku.

Novērtējot dažādu dimensiju koku izstrādei patērēto darba laiku katrai darba metodei atsevišķi (Att. 32), visos gadījumos konstatēta cieša eksponenciāla sakarība starp koka caurmēru un darba laika patēriņu. Visvairāk laika 1 koka apstrādei patērē 1. darba metodē, salīdzinoši mazāk – 2. un 3. Ja salīdzina produktīvajā darba stundā apstrādājamo koku skaitu (Att. 33), tad redzams, ka 2. un 3. darba metode būtiski neatšķiras, bet 1. darba metode (harvesters cenšas nozāgēt visus kokus un krūmus) būtiski atpaliek darba ražīgumā.

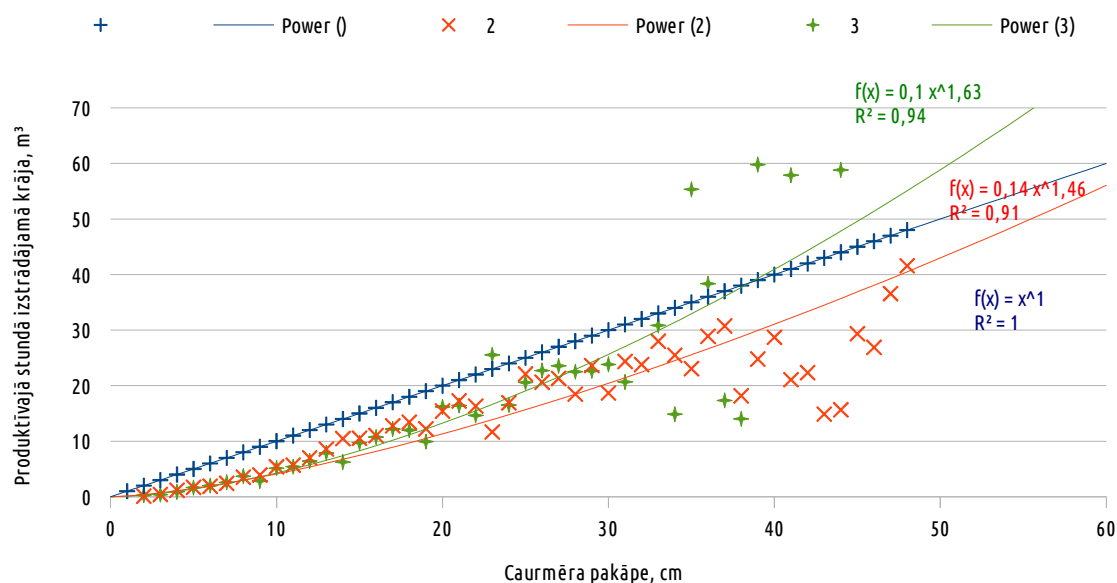


Att. 32 Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei, atkarībā no darba metodes.

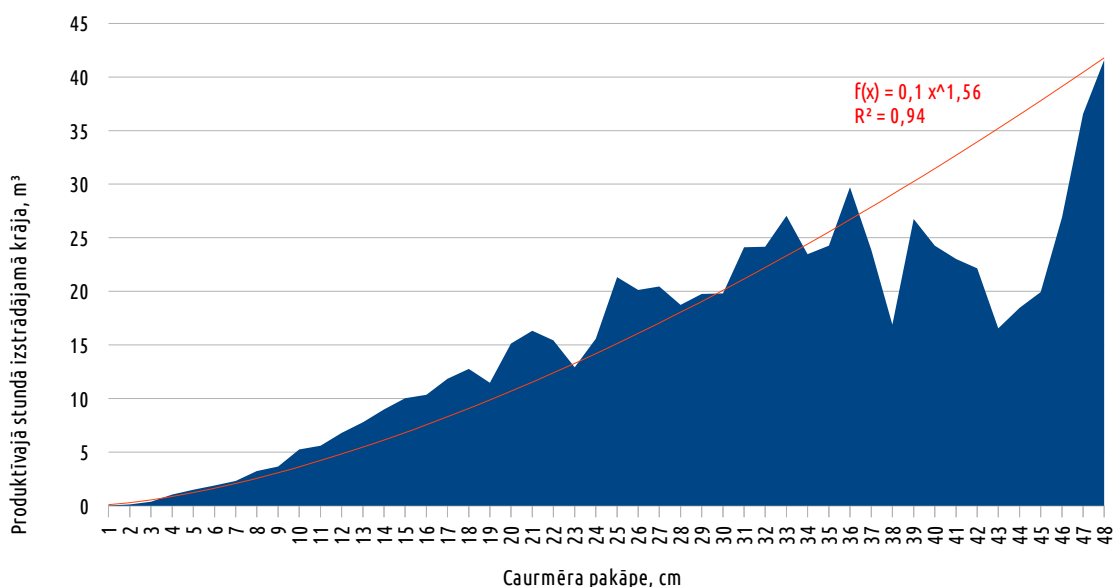


Att. 33 Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā apstrādājamo koku skaitu, atkarībā no darba metodes.

Pārrēķins uz produktīvajā darba stundā izstrādājamo krāju parādīts Att. 34. Grafikā redzams, ka 3. metodes priekšrocības izpaužas tad, ja koku caurmērs ir lielāks par 30 cm, lai gan jāņem vērā, ka 3. metode izmēģināta tikai 2 grāvjos un lielo dimensiju koku skaits izmēģinājumos nav liels. Pētījumā vidējā koka caurmērs svārstījās no 7 cm līdz 17 cm, attiecīgi, arī darba ražīguma vienādojumi, kas parādīti Att. 33 un Att. 34, izmantojami šajā diapazonā. Ja neņem vērā darba metodes ietekmi, vidējais darba ražīgums atkarībā no izstrādājamo koku caurmēra atbilst Att. 35 dotajam pakāpes regresijas vienādojumam.

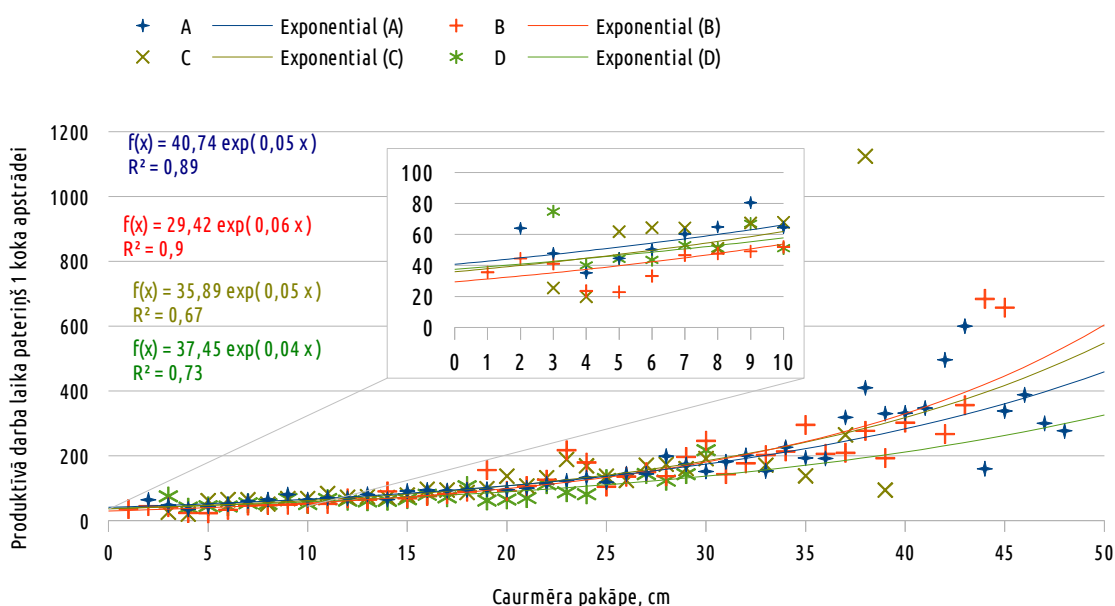


Att. 34 Vienādojumi, kas raksturo produktīvajā darba stundā izstrādājamo krāju, atkarībā no darba metodes.

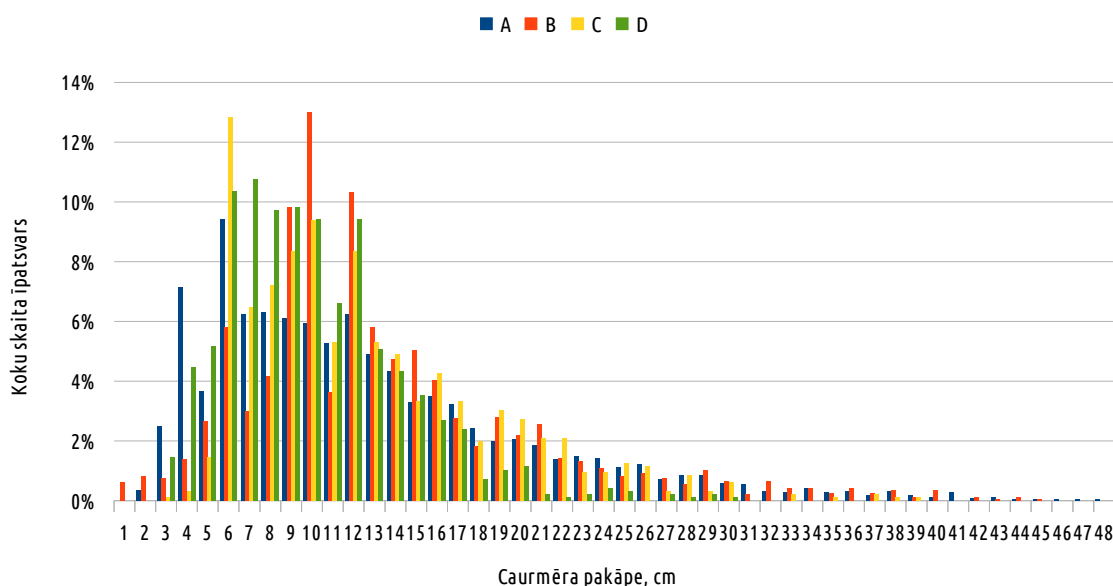


Att. 35 Produktīvajā darba stundā sagatavojamā krāja atkarībā no vidējā koka caurmēra.

Viens no iespējamiem darba ražīgumu ietekmējošiem faktoriem ir operators. Pētījumā piedalījās 4 operatori, kuru darba ražīguma rādītāji, apstrādājot dažādu dimensiju kokus, parādīti Att. 36. Visu operatoru darba ražīgumu būtiski ietekmē koka dimensijas un, pieaugot caurmēram, darba laika patēriņš uz 1 koku palielinās. Statistiski būtiska atšķirība ($p < 0,05$) konstatēta tikai starp A un D operatoriem un B un D operatoriem. Operatora D darba ražīgums ir mazāks, nekā citiem operatoriem. Šai atšķirībai ir racionāls izskaidrojums, jo A, B un C operatoriem par 10 cm tievāku koku īpatsvars bija 45 %, bet D operatoram būtiski vairāk – 61 % (Att. 37). Savukārt, Att. 36 redzams, ka 0-10 cm diapazonā D operatora darba ražīguma rādītāji ir pa vidu starp A un B operatoru darba ražīguma rādītājiem. Ņemot vērā, ka aptuveni puse no visiem nozāgētajiem kokiem ir tievāka par 10 cm, svarīgākie ir darba ražīguma rādītāji tieši šajā diapazonā.

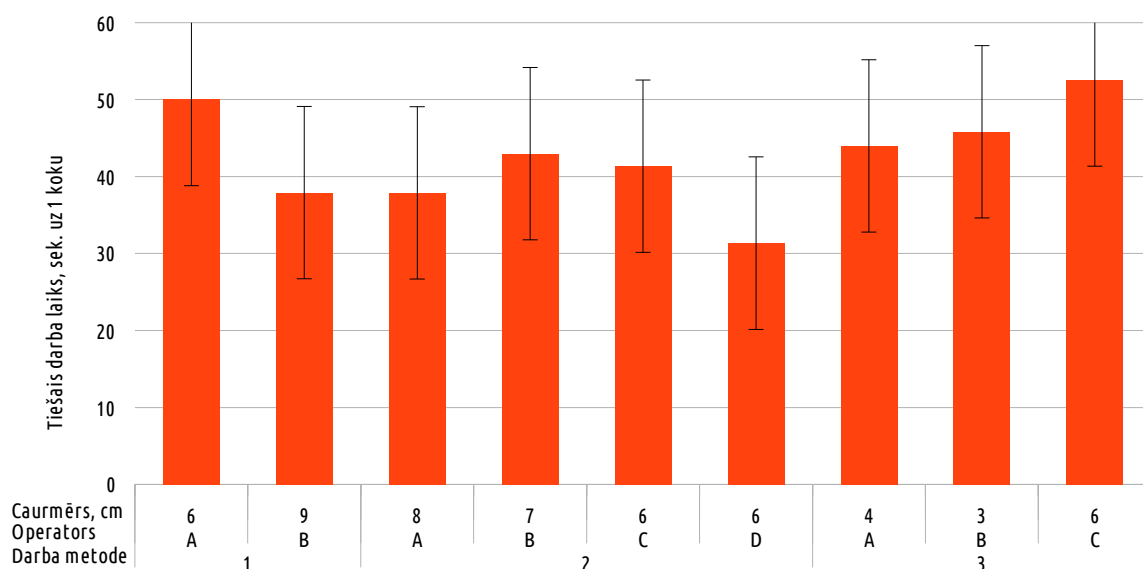


Att. 36 Vienādojumi, kas raksturo darba laika patēriņu 1 koka apstrādei, atkarībā no operatora.



Att. 37 Koku skaita sadalījums pēc caurmēra dažādiem operatoriem.

Vidējais dažādu operatoru uzrādītais darba ražīgums, neņemot vērā vidējā izstrādātā koka dimensijas, sadalījumā pa darba metodēm parādīts Att. 38. Operatoram A visgrūtāk gājis ar 1. un 3. darba metodi, operatoram B 1 koka nozāgēšanai vairāk laika vajadzēja, strādājot ar 2. un 3. darba metodi. Salīdzinot ar vidējo dažādu operatoru nozāgēto koku caurmēru, kopsakarības vienas darba metodes robežās nav atrastas.

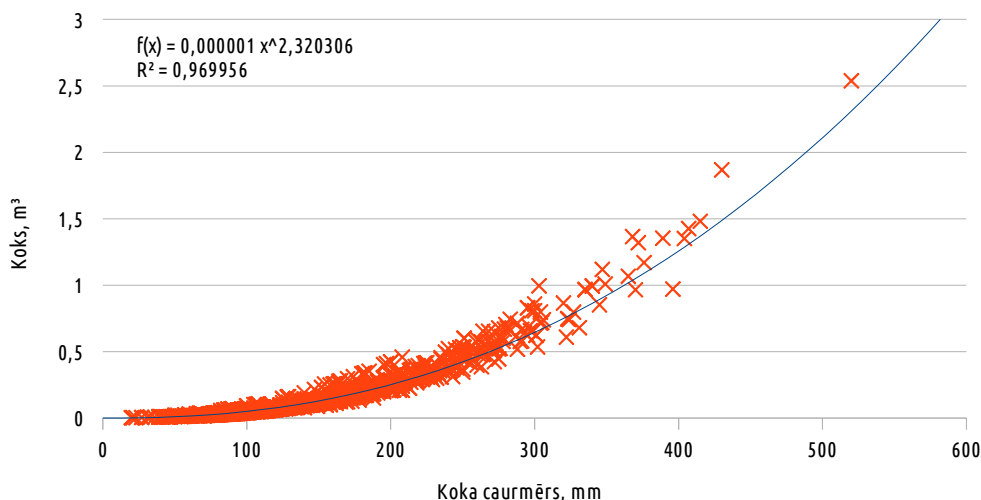


Att. 38 Dažādu operatoru uzrādītais darba ražīgums, atkarībā no darba metodes¹⁶.

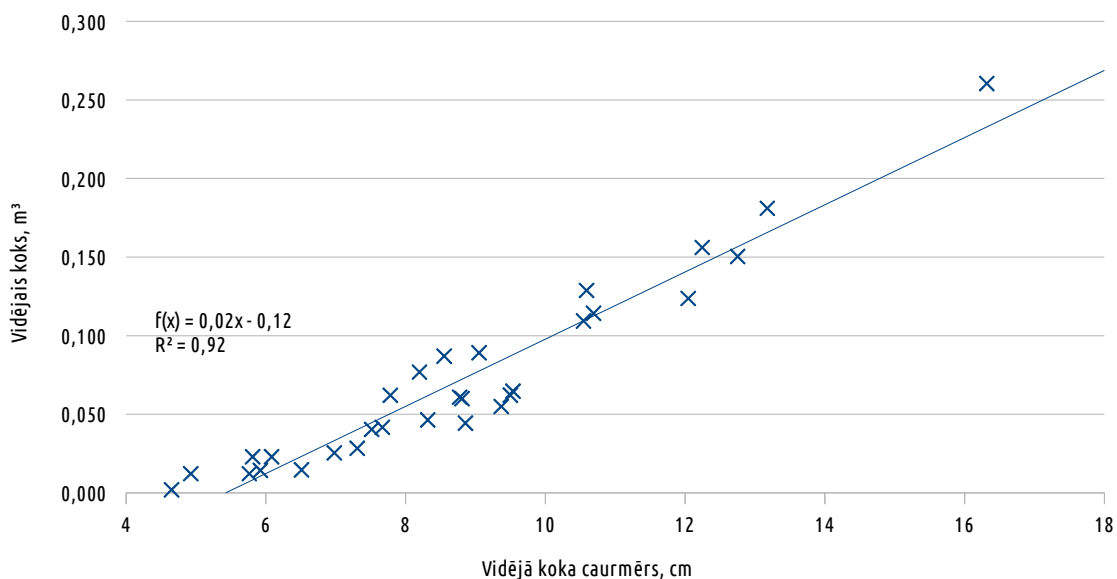
Atsevišķa koka krājas aprēķinos, pārejai no caurmēra uz stumbra krāju izmantots Att. 39 dotais pakāpes regresijas vienādojums. Attiecinot šo sakarību uz atsevišķu grāvi, iegūst izteiktu lineāru sakarību starp vidējā koka caurmēru un vidējā koka krāju (Att. 40). Ņemot vērā šo sakarību, pētījumā pieņemts, ka darba ražīguma raksturošanai pašizmaksas modeļos izmantojami regresijas vienādojumi no Att. 33. Vidējā darba

¹⁶ Kļūdas robeža šajā gadījumā ir standartnovirze pareizināta ar 2.

ražīguma rādītāja izmantošana nebūtu korekta, jo, atkarībā no koka dimensijas, to var izstrādāt tikai biokurināmajam vai arī gatavot dažādus sortimentus, bet darba laika patēriņš abos gadījumos būtiski atšķiras.



Att. 39 Sakarība starp vidējā koka caurmēru un aprēķināto krāju izmēģinājumu objektos.



Att. 40 Sakarība starp vidējā koka caurmēru un vidējā koka stumbra tilpumu izmēģinājumu objektos.

Trešajā darba metodē pirms harvestera strādāja strādnieku brigāde, kas izzāgēja par 10 cm tievākos kokus, kas neder sortimentu sagatavošanai. Pētījumā sīkkoku un krūmu zāgēšanu veica 6 cilvēku brigāde. Darba laika uzskaitē iekļauts tikai 1 darba laika elements – zāgēšana; viss pārējais (uzpilde, atpūta, zāģu asināšana) uzskaitīti kā citi darbi. Tāpat, nav nodalīta zāgēšana un zaru vākšana. Būtiski, ka sīkkoki un krūmi netika vākti kaudzēs, bet tikai izsviesti no grāvja gultnes. Strādājot atbilstoši 2. darba metodei (mazākos kokus un krūmus izzāģē pēc tam, kad harvesters ir nozāģējis to, kas ir piemērots sortimentu gatavošanai), visi sīkkoki un krūmi tika savākti kaudzēs, tāpēc abas darba metodes nav tieši salīdzināmas.

Vidējais darba laiks 1 ha pameža izzāģēšanai 3. darba metodē bija 29,3 stundas, tajā skaitā 23,1 stunda (79 %) bija produktīvais darba laiks (zāģēšana un grāvja gultnes tīrīšana). Degvielas patēriņš $13,4 \text{ L ha}^{-1}$ (aptuveni 11 L ha^{-1}). Pakalpojuma cena izmēģinājumos bija 135 Ls ha^{-1} , neskaitot PVN. Vidējā darba stundas izmaksa, attiecīgi, ir $4,61 \text{ Ls}$, bet produktīvās darba stundas izmaksa – $5,84 \text{ Ls}$, tajā skaitā administrēšana, aprīkojums, degviela un uzņēmuma peļņa. Saskaņā ar uzņēmuma darbinieku atzinumu, darba laika patēriņš pētījumā iekļautos izmēģinājumu objektos bija lielāks, nekā vidējais šāda veida pakalpojumos (20-30 %), tāpēc līgumcena šajā gadījumā nesedza visas ražošanas izmaksas. Faktiskās izmaksas, slēdzot līgumu par pameža zāģēšanu konkrētajos objektos, attiecīgi, būtu $162\text{-}176 \text{ Ls ha}^{-1}$.

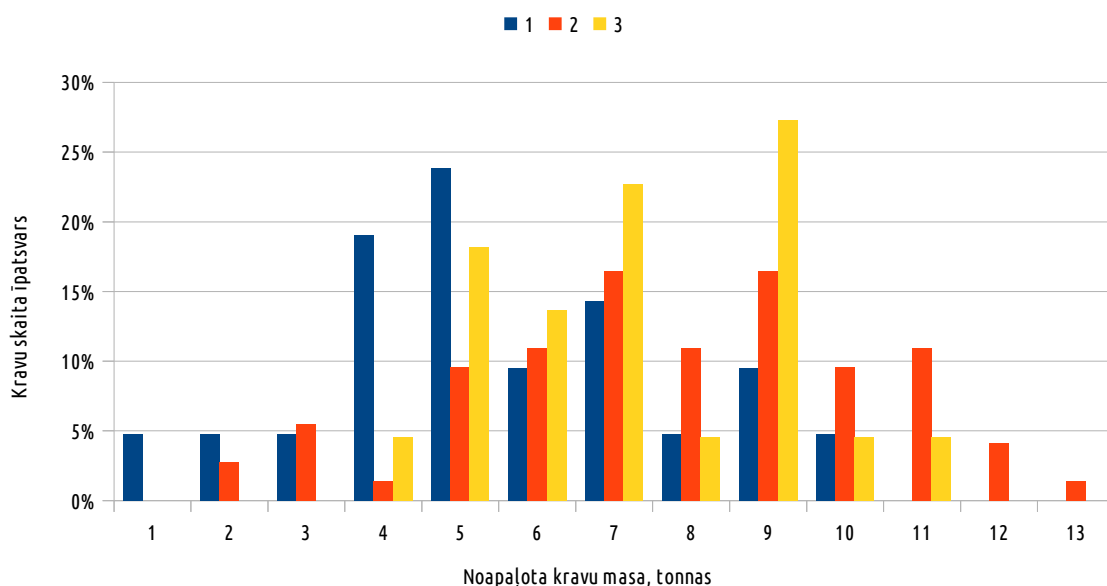
Samaksātais par pameža izzāģēšanu un savākšanu pēc mehanizētās izstrādes (2. darba metode) bija vidēji 55 Ls ha^{-1} . Būtiski, ka 3. darba metodē pameža zāģētāji nesavāca zarus kaudzēs, bet 2. darba metodē zari un sīkie koki tika savākti kaudzēs. Samaksa par pameža zāģēšanu, strādājot ar 3. darba metodi, veikta par platības vienību, bet, strādājot ar 2. darba metodi, pēc faktiski nostrādātajām darba stundām. Neveicot atsevišķu iepirkumu abiem pakalpojumiem, sākotnēji tika prasīts vienāds maksājums par sīkkoku zāģēšanu pirms un pēc izstrādes.

Pievestais materiāls

Kopā izmēģinājumos pievestas 845 tonnas materiāla, izvesto kravu skaits – 116, vidējās kravas masa – $7,3$ tonnas. Lielākā krava bija $13,2$ tonnas (27 tonnas kopā ar pievedējtraktoru), mazākā – $1,3$ tonnas. Svēršanas rezultātu kopsavilkums pievienots 4. pielikumā. Dažādos izmēģinājumu variantos pievesto kravu vidējā masa parādīta 15. tabulā. Statistiski būtiska atšķirība konstatēta tikai starp 1. un 2. izstrādes variantā izvesto kravu masu; 1. variantā kravas bija būtiski mazākas. 2. un 3. variantā kravas būtiski neatšķiras. Būtiskā atšķirība saistīta ar to, ka 1. variantā bija vislielākais nepilno kravu īpatsvars Att. 41. Trešajā variantā bija izteikti vislielākais lielāko kravu īpatsvars, savukārt, pirmajā un otrajā variantā kravu skaita sadalījums pēc masas ir salīdzinoši vienmērīgs. Statistiski būtiskas atšķirības kravu skaita sadalījumā pēc masas nav konstatētas.

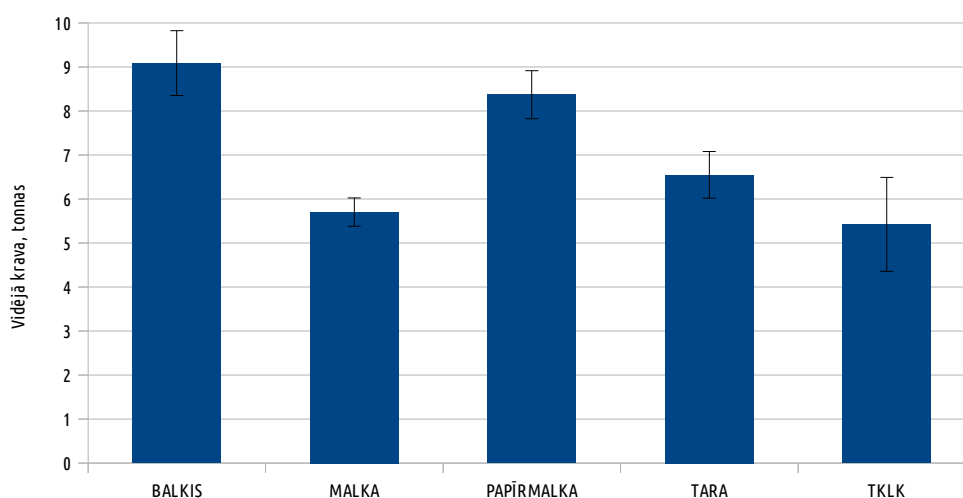
15. Tabula: Vidējā krava dažādos izstrādes variantos.

Grāvja Nr.	1	2	3
24			6,4
25		6,1	
278		8,4	
279		8,3	
280		8,6	
287		8,9	
381			8,0
384	6,8		
421	5,3		
435	5,4		
472	4,0		
104;52		6,3	
53;105		6,3	
Visi grāvji	5,6	7,7	7,4



Att. 41 Kravu skaita sadalījums pēc masas.

Salīdzinoši vislielākās pievestā materiāla kravas (vidēji 9 tonnas) ir zāģbaļķiem. Būtiski neatšķiras papīrmalkas kravas. Malkai, tarai un tehnoloģiskajai koksnei kravas ir līdzīgas (Att. 42). Malkas krava ir vidēji 5,7 tonnas vai 2,57 tonnas sausas (aptuveni 13 MWh vai 12 ber. m³ šķeldu) atbilstoši pētījuma rezultātiem (nodaļas Koksnes mitrums un blīvums un Šķeldu īpašības). Vidēji 1 kravas masa atbilda 3,3 tonnām sausas.



Att. 42 Vidējās kravas masa.

Pievešanas darba ražīgums

Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums izmēģinājumu variantu un grāvju griezumā dots 3. pielikumā. Pārreķins minūtēs uz 1 tonnu sausas dots 16. tabulā, bet uz 1 m³ - 17. tabulā. Darba laikā aprēķinā šajās tabulās nav iekļauts iebraukšanas un izbraukšanas laiks. Vidēji 1 tonnas sausas iekraušanai un izkraušanai nepieciešamas 7,2 minūtes, bet 1 m³ iekraušanai un izkraušanai nepieciešamas 1,6 minūtes.

16. Tabula: Darba ražīgums, min. uz 1 tonnu sausas.

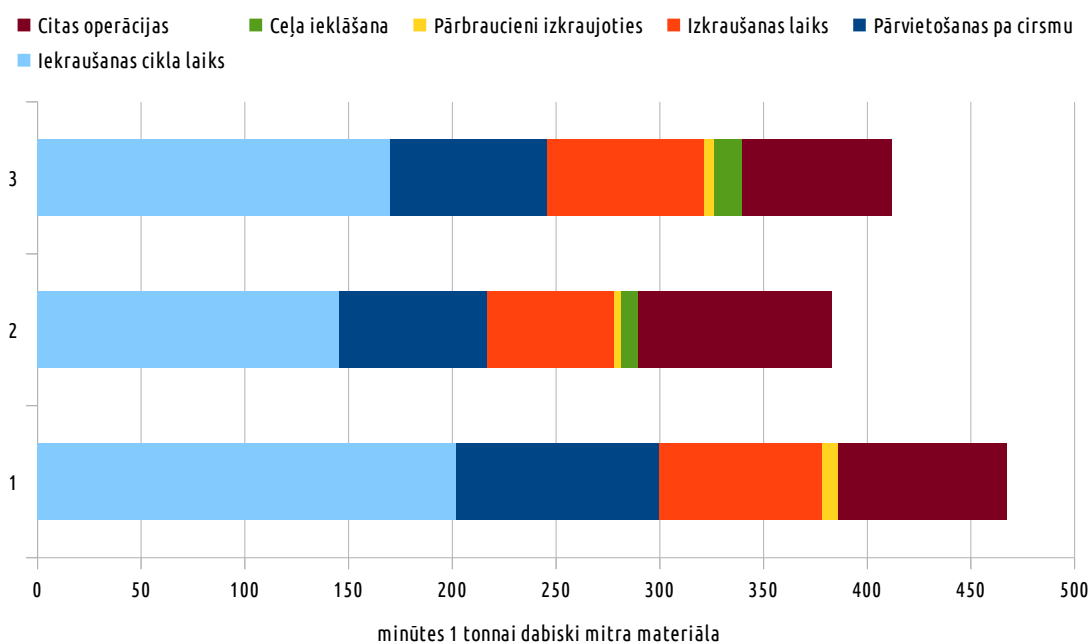
Darba metode	Grāvja Nr.	Kravu skaits	Vidējā krava, tonnas	Iekraušanas cikla laiks, min	Pārvietošanas pa cirsmu, min	Izkraušanas laiks, min	Pārbraucieni izkraujoties min	Ceļa ieklāšana, min	Citas operācijas, min	Produktīvais darba laiks iekraušanai, min	Produktīvais laiks izkraušanai, min	Kopējais darba laiks 1 tonnai, min
1	384	9	3,05	3,68	1,79	1,5	0,19	0,00	1,77	7,24	1,69	8,93
	421	5	2,37	4,14	1,93	1,47	0,05	0,00	1,23	7,3	1,52	8,82
	435	2	2,41	5,79	2,96	2,48	0,34	0,00	2,04	10,8	2,82	13,62
	472	5	1,82	5,1	2,44	1,85	0,13	0,00	1,86	9,4	1,97	11,37
Kopā 1. metode		21	2,53	4,21	2,04	1,64	0,16	0,00	1,69	7,94	1,8	9,75
2	25	4	2,73	4,66	2,17	1,53	0,13	0,45	0,98	8,26	1,66	9,93
	278	14	3,76	2,75	1,01	1,19	0,04	0,28	1,43	5,47	1,23	6,7
	279	13	3,73	3,04	1,25	1,34	0,11	0,03	1,61	5,93	1,45	7,38
	280	12	3,86	2,23	1,84	1,23	0,08	0,30	2,14	6,52	1,3	7,82
	287	9	4,01	2,66	1,21	1,11	0,01	0,09	1,51	5,47	1,12	6,58
	104;52	9	2,85	4,56	2,99	1,87	0,1	0,00	3,61	11,16	1,97	13,13
	53;105	12	2,83	4,73	1,8	1,72	0,12	0,14	3,45	10,12	1,83	11,95
Kopā 2. metode		73	3,48	3,23	1,59	1,37	0,08	0,17	2,08	7,07	1,44	8,51
3	24	9	2,88	4,65	2,28	1,78	0,08	0,69	3,02	10,65	1,86	12,51
	381	13	3,61	3,3	1,36	1,62	0,13	0,07	0,82	5,54	1,75	7,29
Kopā 3. metode		22	3,31	3,78	1,69	1,68	0,11	0,29	1,6	7,36	1,79	9,15
Pavisam kopā		116	3,28	3,47	1,67	1,46	0,1	0,17	1,93	7,24	1,56	8,8

17. Tabula: Darba ražīgums, min. uz 1 m³

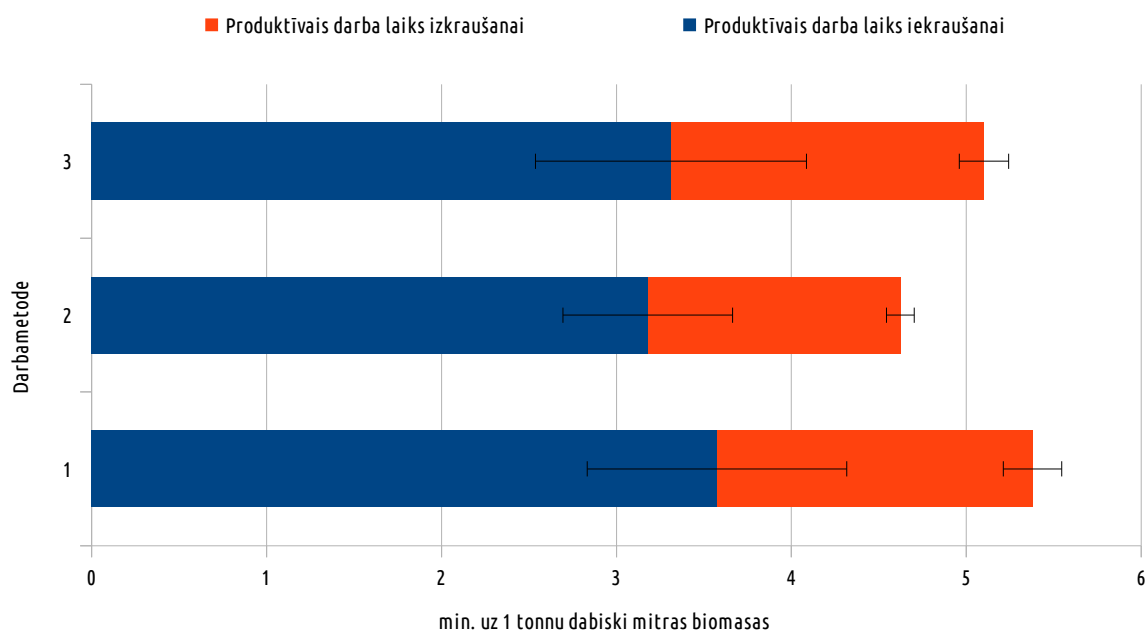
Darba metode	Grāvja Nr.	Vidējā krava, m ³	Iekraušanas cikla laiks, min	Pārvietošanas pa cirsma, min	Izkraušanas laiks, min	Pārbraucieni izkraujoties min	Ceļa ieklāšana, min	Citas operācijas, min	Kopējais darba laiks uz 1 m ³ , min
1	384	7,08	1,58	0,77	0,64	0,08	0,00	0,76	3,84
	421	5,5	1,78	0,83	0,63	0,02	0,00	0,53	3,79
	435	5,61	2,49	1,27	1,07	0,15	0,00	0,88	5,86
	472	4,23	2,19	1,05	0,79	0,05	0,00	0,8	4,89
Kopā 1. metode		5,89	1,81	0,88	0,71	0,07	0,00	0,73	4,19
2	25	6,36	2	0,93	0,66	0,06	0,19	0,42	4,27
	278	8,74	1,18	0,43	0,51	0,02	0,12	0,62	2,88
	279	8,67	1,31	0,54	0,58	0,05	0,01	0,69	3,17
	280	8,99	0,96	0,79	0,53	0,03	0,13	0,92	3,36
	287	9,32	1,14	0,52	0,48	0	0,04	0,65	2,83
	104;52	6,62	1,96	1,29	0,8	0,04	0,00	1,55	5,65
	53;105	6,59	2,04	0,77	0,74	0,05	0,06	1,48	5,14
Kopā 2. metode		8,09	1,39	0,68	0,59	0,03	0,07	0,89	3,66
3	24	6,7	2	0,98	0,77	0,03	0,30	1,3	5,38
	381	8,4	1,42	0,58	0,7	0,06	0,03	0,35	3,14
Kopā 3. metode		7,7	1,63	0,72	0,72	0,05	0,13	0,69	3,93
Pavisam kopā		7,62	1,49	0,72	0,63	0,04	0,07	0,83	3,79



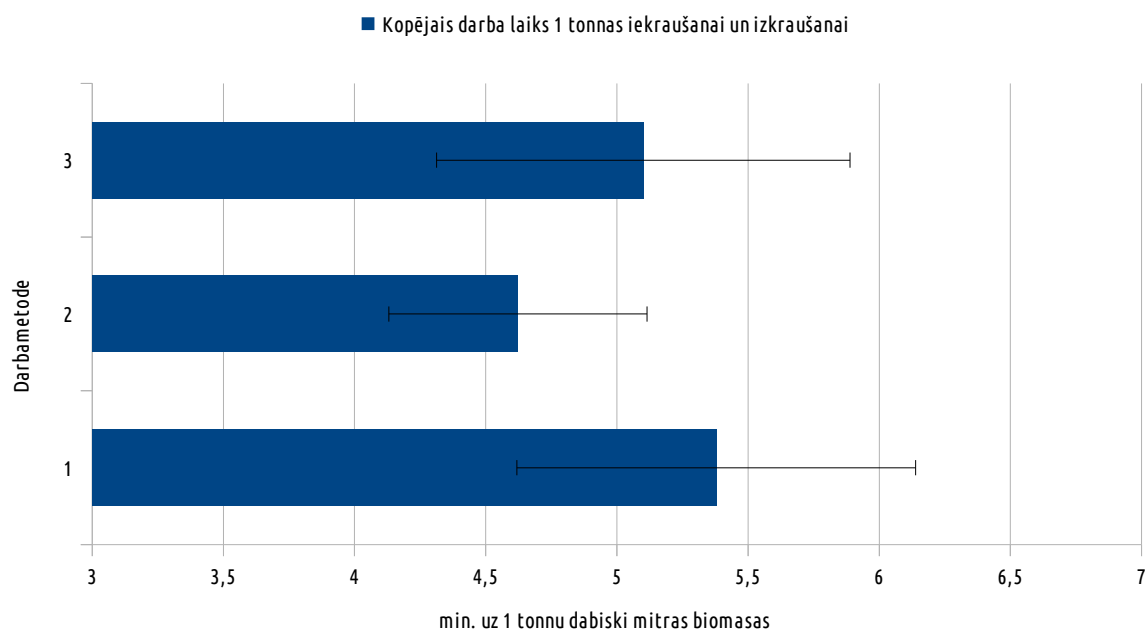
Att. 43 Biokurināmā sortiments ceļmalā.



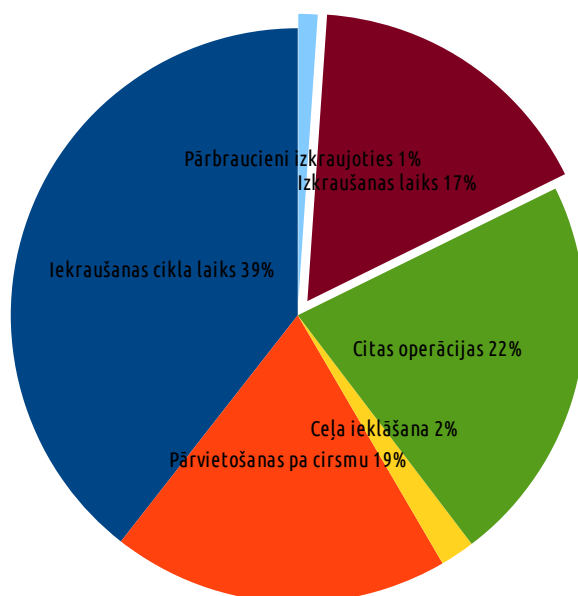
Att. 44 Darba laika sadalījums dažādu izstrādes variantu pievešanā.



Att. 45 Iekraušanas un izkraušanas darba laika kopsavilkums.



Att. 46 Pievešanas darba ražīguma salīdzinājums, pielietojot dažādas darba metodes.



Att. 47 Darba laika elementu sadalījums.

Šķeldošanas darba ražīgums

Šķeldošana veikta no 28.02.2013 līdz 01.03.2013. Šķeldošanas darba laika patēriņa kopsavilkums dots 18. tabulā. Darbā izmantots šķeldotājs Europe Chippers 1060 uz kravas mašīnas bāzes (Att. 48). Šķeldu pārvadāšanai izmantoti konteineravedēji un puspiekabes (Att. 49). Kopā šķeldošanai patērētas 9,7 stundas, neskaitot garākus pārtraukumus.

18. Tabula: Darba laika uzskaites kopsavilkums, cmin.

Krava	Manipulatora kustība	Satveršana	Pievilkšana	Piespiešana	Pārbrauciens	Citas darbības	Pārtraukums	Kravas līdzināšana
1	935	486	1 193	1 066	-	727	-	405
2	307	166	438	613	-	291	-	100
3	2 289	737	2 489	3 254	112	1 625	13 558	691
4	1 240	221	1 230	1 309	0	739	450	400
5	871	221	871	1 062	0	654	7 061	185
6	743	220	826	802	31	256	1 359	104
7	1 152	272	906	804	0	216	2 268	91
Visas kravas	7 537	2 323	7 953	8 910	143	4 508	24 696	1 976



Att. 48 Izmēģinājumos izmantotais šķeldotājs.



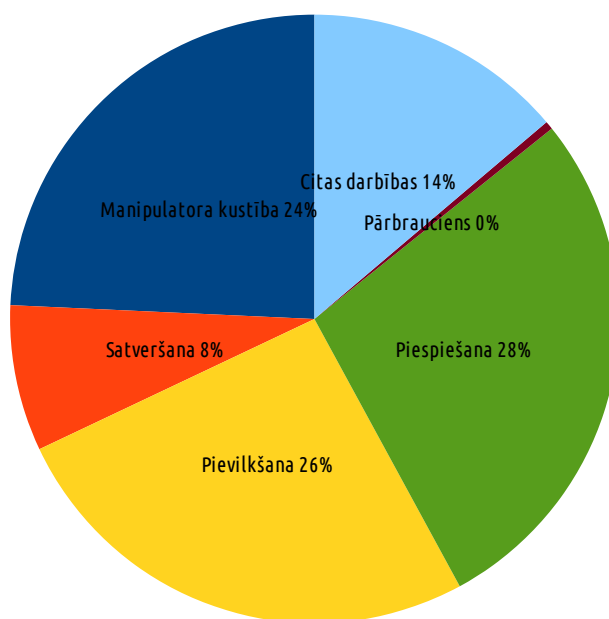
Att. 49 Šķeldu transportēšanai izmantotās kravas mašīnas.

Kopā, atbilstoši šķeldu līmeņa kravās mērījumiem, sagatavoti 510 ber. m³ biokurināmā, kas aizvesti 7 kravās 19. tabula. Šķeldu transportēšanai izmantotas kravas mašīnas ar 2 konteineriem un puspiekabe. Vidējais kravas lielums bija 73 ber. m³. Sortimenti no vairākiem grāvjiem tika sakrauti kopā, tāpēc darba laika uzskaitē nevarēja identificēt, cik daudz biomasas atvests no katra grāvja.

19. Tabula: Sagatavotais biokurināmais.

Kravas numurs	Krautuves numurs	Grāvja numurs	Krautnes X koordināte	Krautnes Y koordināte	Sašķeldotais apjoms, ber. m ³
1	1	435	483094	6293081	20
1	2	278	483950	6295898	35
2	3	279	483950	6295898	80
3	4	280	483950	6295898	20
3	5	287	484350	6295993	40
3	6	381	483392	6294639	30
4	7	381	483392	6294639	35
4	8	384	483676	6293085	20
4	9	53;52	491728	6286559	35
5	10	53;52	491728	6286559	40
5	11	24;25	492135	6286523	45
6	12	24;25	492135	6286523	20
6	13	104;105	492135	6286005	20
7	14	104;105	492135	6286005	70

Lielāko daļu darba laika aizņēma manipulatora kustības, sniedzoties pēc sortimentiem, kokmateriālu pievilkšana pie šķeldotāja un piespiešana pie lafetes šķeldošanas laikā (kopā 78 % darba laika, Att. 50). Sortimentu satveršana un izvilkšana no kaudzes aizņēma tikai 8 % darba laika, t.i. būtiski mazāk, nekā šķelidojot mežizstrādes atliekas. Daudz laika (14 %) aizņēma nestandarta darbības – izkritušo sortimentu tīrīšana u.c.



Att. 50 Darba laika elementu procentuālais sadalījums.

Pārrēķinot uz 1 ber. m³, produktīvā darba laika patēriņš šķeldošanai bija 37 sekundes (20. tabula), produktīvais darba laika īpatsvars bija 67 %, ņemot vērā pārtraukumus kravas nosegšanai un citiem darbiem, kuru laikā šķeldotājs nav pieejams, bet, ja ņem vērā kravas līdzināšanai patērēto laiku (vidēji 2,8 min. uz kravu), produktīvais darba laiks ir 72 %.

21. tabulā dots kurināmā analīžu rezultātu kopsavilkums kravu griezumā un sagatavotā biokurināmā apjoma pārrēķins sausnas tonnās un megavatstundās primārās enerģijas izteiksmē. Atbilstoši aprēķinu rezultātiem sagatavotas 107 tonnas šķeldu sausnas, bet sagatavotā biokurināmā siltumspēja ir 555 MWh (aprēķinos pieņemts, ka 1 tonnas koksnes sausnas siltumspēja ir 5,2 MWh).

Pārrēķinot darba laika patēriņu uz koksnes sausnu, izmēģinājumos vidēji 1 tonnu sašķeldošanai patērētas 178 sekundes produktīvā darba laika (22. tabula). Pārrēķinot uz kurināmā siltumspēju, 1 ber. m³ šķeldošanai patērētas 34 sekundes produktīvā darba laika (23. tabula).

20. Tabula: Darba laika patēriņš, sek. uz 1 ber. m³

Krava	Manipulatora kustība	Satveršana	Pievilkšana	Piespiešana	Pārbrauciens	Citas darbības	Pārtraukums	Kravas līdzināšana	Produktīvais darba laiks	Produktīvā darba laika īpatsvars	Produktīvā laika īpatsvars ar kravas līdzināšanu	Līdzināšanas laiks (min. kravai)
1	10,2	5,3	13,0	11,6	0,0	7,9	0,0	4,4	48,1	92%	100%	4,1
2	2,3	1,2	3,3	4,6	0,0	2,2	0,0	0,8	13,6	95%	100%	1,0
3	15,3	4,9	16,6	21,7	0,7	10,8	90,4	4,6	70,0	42%	45%	6,9
4	8,3	1,5	8,2	8,7	0,0	4,9	3,0	2,7	31,6	85%	92%	4,0
5	6,1	1,6	6,1	7,5	0,0	4,6	49,8	1,3	26,0	34%	35%	1,9
6	11,1	3,3	12,4	12,0	0,5	3,8	20,4	1,6	43,2	66%	69%	1,0
7	9,9	2,3	7,8	6,9	0,0	1,9	19,4	0,8	28,7	59%	60%	0,9
Visas kravas	9,0	2,9	9,6	10,4	0,2	5,2	26,2	2,3	37,3	67%	72%	2,8

21. Tabula: Sagatavotā kurināmā raksturojuma kopsavilkums

Krava	Bēruma blīvums, kg L ⁻¹	Sausnas bēruma blīvums, kg L ⁻¹	Abs. mitrums, %	Relatīvais mitrums, %	Kravas lielums, ber. m ³	Kravas masa, tonnas	Sausnas masa kravā, tonnas	Kravas enerģētiskā vērtība, MWh
1	0,40	0,20	104%	51%	55	22	11	56
2	0,43	0,21	106%	51%	80	34	17	86
3	0,38	0,23	63%	39%	90	34	21	110
4	0,37	0,21	80%	45%	90	34	19	97
5	0,38	0,20	88%	47%	85	33	17	90
6	0,40	0,21	96%	49%	40	16	8	43
7	0,42	0,20	109%	52%	70	29	14	73
Visas kravas	0,40	0,21	92%	47%	510	202	107	555

22. Tabula: Darba laika patēriņš, sek. uz 1 tonnu

Krava	Manipulatora kustība	Satveršana	Pievilkšana	Piespiešana	Pārbrauciens	Citas darbības	Pārtraukums	Kravas līdzināšana	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks
1	52,1	27,1	66,5	59,4	0,0	40,5	0,0	22,6	245,6	268,2
2	11,1	6,0	15,8	22,1	0,0	10,5	0,0	3,6	65,6	69,2
3	65,1	21,0	70,8	92,6	3,2	46,2	385,9	19,7	299,0	704,5

Krava	Manipulatora kustība	Satveršana	Pievilkšana	Piespiešana	Pārbrauciens	Citas darbības	Pārtraukums	Kravas līdzināšana	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks
4	40,0	7,1	39,7	42,3	0,0	23,9	14,5	12,9	153,0	180,5
5	30,1	7,6	30,1	36,7	0,0	22,6	243,9	6,4	127,1	377,4
6	54,1	16,0	60,2	58,4	2,3	18,7	99,0	7,6	209,7	316,3
7	49,1	11,6	38,6	34,3	0,0	9,2	96,6	3,9	142,7	243,2
Visas kravas	43,1	13,8	46,0	49,4	0,8	24,5	120,0	10,9	177,5	308,5

23. Tabula: Darba laika patēriņš, sek. uz 1 MWh

Krava	Manipulatora kustība	Satveršana	Pievilkšana	Piespiešana	Pārbrauciens	Citas darbības	Pārtraukums	Kravas līdzināšana	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks
1	10,0	5,2	12,8	11,4	0,0	7,8	0,0	4,3	47,2	51,6
2	2,1	1,2	3,0	4,3	0,0	2,0	0,0	0,7	12,6	13,3
3	12,5	4,0	13,6	17,8	0,6	8,9	74,2	3,8	57,5	135,5
4	7,7	1,4	7,6	8,1	0,0	4,6	2,8	2,5	29,4	34,7
5	5,8	1,5	5,8	7,1	0,0	4,3	46,9	1,2	24,4	72,6
6	10,4	3,1	11,6	11,2	0,4	3,6	19,0	1,5	40,3	60,8
7	9,4	2,2	7,4	6,6	0,0	1,8	18,6	0,7	27,4	46,8
Visas kravas	8,3	2,6	8,8	9,5	0,1	4,7	23,1	2,1	34,1	59,3

Izmēģinājumos izstrādāto grāvju kopplatība ir 10 ha, kopējais garums 8,5 km. Pievesto kokmateriālu daudzums atbilst 863 tonnām dabiski mitras koksnes vai 455 tonnām koksnes sausas. Pārreķinot uz krāju, sagatavots 981 m³ apaļkoksnes, kas atbilst aptuveni 2363 MWh primārās enerģijas. Sagatavoto šķeldu enerģētiskā vērtība atbilst 555 MWh vai 23 % no potenciāli pieejamā biokurināmā (ieskaitot zāgmateriālus un papīrmalku).

Vidēji uz 1 ha sagatavoti 100 m³ zāgbaļķu, papīrmalkas un citu tradicionālo sortimentu un 52 ber. m³ biokurināmā, kas atbilst 57 MWh primārās enerģijas. Kopējā uz 1 ha izstrādātās koksnes enerģētiskā vērtība ir 241 MWh. Pārreķinot uz 1 km, vidēji sagatavoti 65 m³ zāgbaļķu, papīrmalkas un citu tradicionālo sortimentu un 60 ber. m³ biokurināmā, kas atbilst 57 MWh primārās enerģijas. Kopējā uz 1 ha izstrādātās koksnes enerģētiskā vērtība ir 277 MWh.

Biokurināmā sagatavošanas pašizmaksa

Biokurināmā un apaļkoksnes sortimentu sagatavošanas pašizmaksas aprēķins dots 24. 25. un 26. tabulā. Izmaksas sadalītas starp biokurināmā un apaļkoksnes sortimentiem. Pašizmaksas aprēķinos pieņemts, ka sīkkoksni šķeldo augšgala krautuvē, bet apaļkoksnes kravas tilpums pieņemts atbilstoši vidējiem datiem par skujkoku papīrmalkas kravas tilpumu Somijā.

Biomassas sagatavošanas aprēķinu modeļu izdrukas pievienotas 5. pielikumā, 37., 38. un 39. tabulā.

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir izstrādes, pievešanas un šķeldošanas darba ražīgums, pievedējtraktora un šķeldu vedēja kravas tilpums un masa un sortimentu struktūra. Ņemot vērā, ka koksne no vairākiem grāvjiem savesta vienā krautnē, visiem variantiem pieņemts vidējs biokurināmā īpatsvars (23 %). Vidēji valsts mežos galvenajā cirtē tas ir 11-16 %. Tāpat, pieņemts vidējais pievedējtraktora kravas tilpums. Vidējā koka caurmērs dažādās darba metodēs noteikts matemātiski, atbilstoši koku caurmēra sadalījumam visos izstrādātajos grāvjos; 1. darba metodē, kad harvesters zāgē visu, 9 cm, 2. darba metodē, kad harvesters zāgē par 4 cm resnākus kokus, 11 cm un 3. darba metodē, kad harvesters zāgē vidēji par 10 cm resnākus kokus, 14 cm. Faktiski 1. darba metodē vidējā koka caurmērs varēja būt mazāks, jo tika zāgēti arī sīkie (par 2 m īsāki) koki un krūmi, kas netika iekļauti caurmēra sadalījuma aprēķinā.

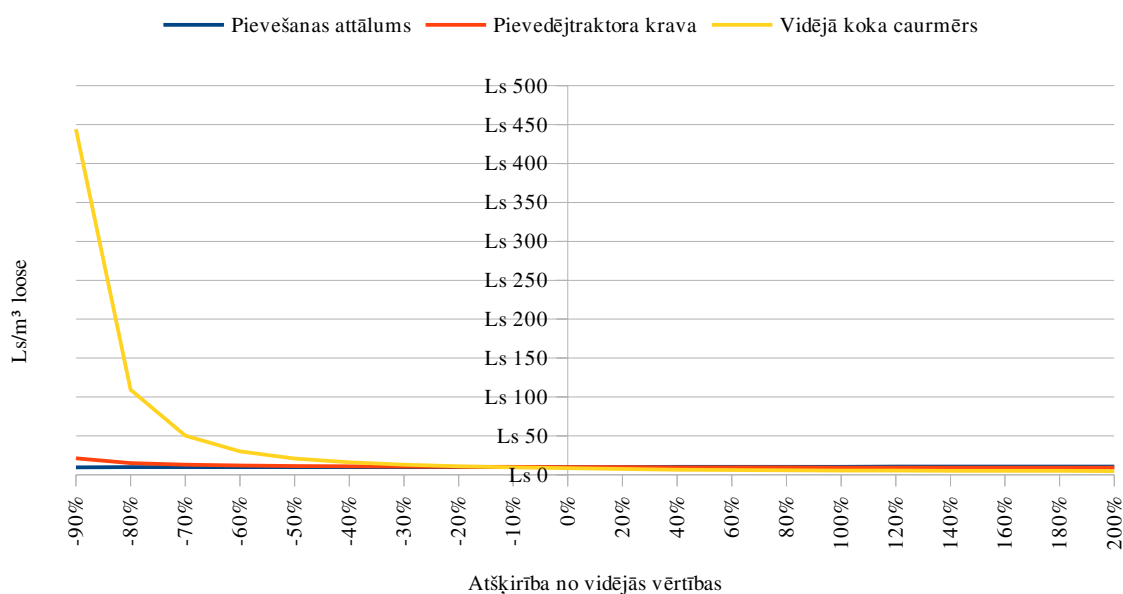
Strādājot ar 1. darba metodi, kad harvesters mēģina nozāgēt visus kokus un krūmus, izmaksas uz 1 m³ apaļkoksnes sortimentu ir 13,67 Ls, bet uz 1 ber. m³ – 10,02 Ls. Ja visas izstrādes izmaksas attiecinā uz apaļkoksnes sortimentiem, to izstrādes izmaksas pieaug līdz 16,46 Ls m⁻³, bet šķeldu sagatavošanas pašizmaksa samazinās līdz 4,09 Ls ber. m⁻³. Vidējās izmaksas uz 1 ha atbilstoši vidējai koksnes krājai izmēģinājumu objektos, ir 2 315 Ls.

24. Tabula: Pašizmaksas kopsavilkums 1. darba metodei

Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apalkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 50 028	Ls 30 425	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054	Ls 210 807
Personāls	Ls 48 424	Ls 50 093	Ls 24 891	Ls 24 891	Ls 21 260	Ls 169 558
Apkope un materiāli	Ls 51 305	Ls 41 666	Ls 39 149	Ls 39 149	Ls 101 302	Ls 272 571
Peļņa (5 %)	Ls 7 488	Ls 6 109	Ls 4 234	Ls 4 234	Ls 10 581	Ls 32 647
Kopā	Ls 157 244	Ls 128 293	Ls 88 924	Ls 88 924	Ls 222 196	Ls 685 583
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktīvajā darba stundā	2,8	10,1	13,1	-	-	-
m³gadā	12951	50818	37388	-	-	-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktīvajā stundā	5,7	20,6	-	22,6	96,5	-

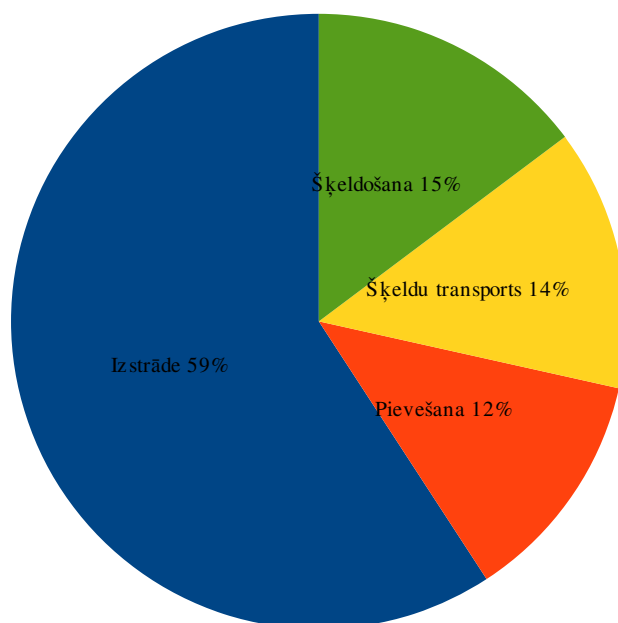
Pozīcija	Operācija					Kopā	
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana		
ber. m³ gadā	6099	23933	-	64658	150239	-	
Izmaksu kopsavilkums							
Ls m ⁻³	Ls 9,35	Ls 1,94	Ls 2,38			Ls 13,67	
Ls ber. m ⁻³	Ls 5,93	Ls 1,23		Ls 1,38	Ls 1,48	Ls 10,02	
Ja izstrādes izmaksas attiecinā uz apakšoknes sortimentiem							
Ls m ⁻³	Ls 12,14	Ls 1,94	Ls 2,38			Ls 16,46	
Ls ber. m ⁻³		Ls 1,23		Ls 1,38	Ls 1,48	Ls 4,09	
Izmaksas uz 1 ha							
Operācija	Pameža zāģēšana	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	Kopā
Izmaksas	-	Ls 1 214	Ls 252	Ls 252	Ls 282	Ls 314	Ls 2 315

Sistēmas jutīguma analīze rāda, ka šķeldu pašizmaksa samazinās zem 5 Ls, ja vidējā koka caurmērs ir vismaz 25 cm. Citu izmaksu ietekmējošo faktoru analīze rāda, ka pievedējtraktora kravas būtiska palielināšana vai pievešanas attāluma pieaugums atstāj salīdzinoši nelielu ietekmi uz pašizmaksu (Att. 51), turpretim vidējā koka caurmēra samazināšanās 2 reizes palielina izstrādes pašizmaksu 100 reizes. Vidējā koka caurmēra palielināšana 3 reizes nesamazina šķeldu pašizmaksu zem 5 Ls ber. m⁻³.



Att. 51 Jutības analīze 1. darba metodē.

Vairāk nekā puse biokurināmā sagatavošanas izmaksu (59 %) ir izstrāde. Pārējās izmaksas sadalās vienmērīgi starp pievešanu, šķeldošanu un šķeldu transportu (Att. 52). Attiecīgi, būtisku izmaksu samazinājumu var panākt, izmantojot lētāku mežizstrādes tehniku, piemēram, kāpurķēžu ekskavatorus, kas piemēroti izmantošanai uz grāvju atbērtņēm.



Att. 52 Izmaksu struktūra 1. darba metodē.

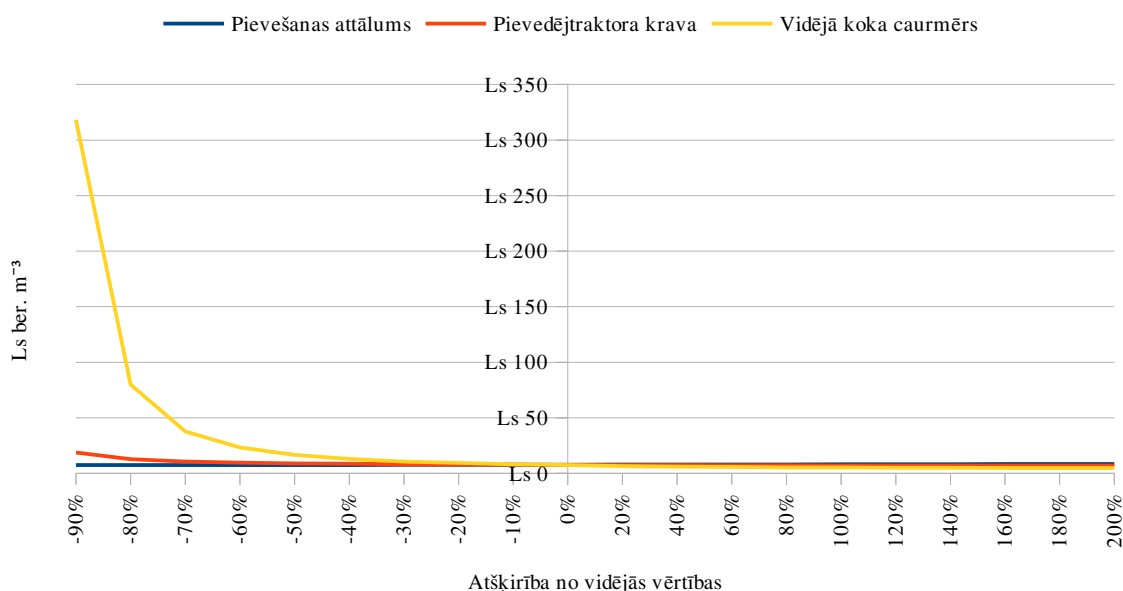
Strādājot ar 2. darba metodi, kad harvesters mēģina nozāgēt visus kokus un krūmus, kas resnāki par 4 cm, izmaksas uz 1 m³ apaļkoksnes sortimentu ir 10,10 Ls, bet uz 1 ber. m³ – 7,75 Ls, attiecīgi, būtiski mazākas, nekā, strādājot ar 1. darba metodi (25. tabula). Ja visas izstrādes izmaksas attiecina uz apaļkoksnes sortimentiem, to izstrādes izmaksas pieaug līdz 11,83 Ls m⁻³, bet šķeldu sagatavošanas pašizmaksa samazinās līdz 4,09 Ls ber. m⁻³ (tādas pat, kā strādājot ar 1. darba metodi, jo pievešanas, šķeldošanas un šķeldu transportēšanas izmaksas visos variantos ir vienādas). Vidējās izmaksas uz 1 ha atbilstoši vidējai koksnes krājai izmēģinājumu objektos, ir 1 906 Ls. Salīdzinot ar 1. darba metodi, vidējās izmaksas uz 1 ha ir mazākas, bet sortimentu iznākumam teorētiski jābūt tādā pašam, kā, strādājot ar 1. darba metodi.

25. Tabula: Pašizmaksas kopsavilkums 2. darba metodei

Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apajkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 50 028	Ls 30 425	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054	Ls 210 807
Personāls	Ls 48 424	Ls 50 093	Ls 24 891	Ls 24 891	Ls 21 260	Ls 169 558
Apkope un materiāli	Ls 63 781	Ls 41 666	Ls 39 149	Ls 39 149	Ls 101 302	Ls 285 047
Peļņa (5 %)	Ls 8 112	Ls 6 109	Ls 4 234	Ls 4 234	Ls 10 581	Ls 33 271
Kopā	170343,95	128293,47	Ls 88 924	Ls 88 924	Ls 222 196	Ls 698 683
Produktivitāte, apajkoksnes sortimenti						
m³ produktivajā darba stundā	4,9	10,1	13,1			-
m³gadā	22684	50818	37388			-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktivajā stundā	9,9	20,6		22,6	96,5	-
ber. m³ gadā	10683	23933		64658	150239	-
Izmaksu kopsavilkums						
Ls m ⁻³	Ls 5,78	Ls 1,94	Ls 2,38			Ls 10,10

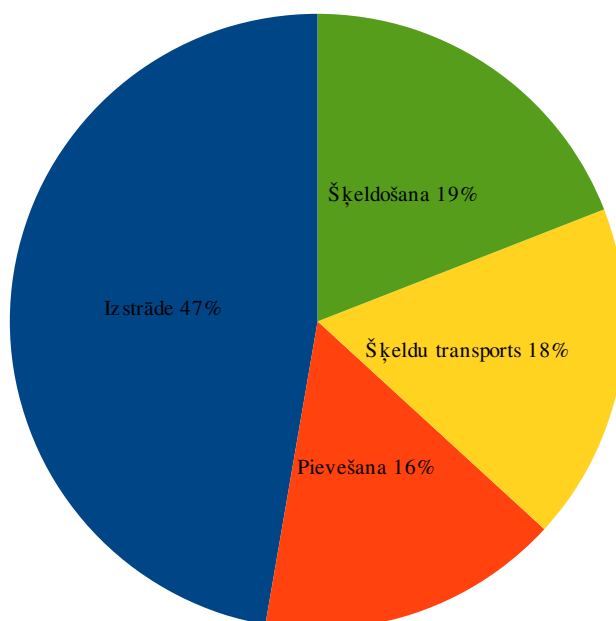
Pozīcija	Operācija					Kopā	
	Izstrāde	Pievešana	Apajkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana		
Ls ber. m ⁻³	Ls 3,67	Ls 1,23		Ls 1,38	Ls 1,48	Ls 7,75	
Ja izstrādes izmaksas attiecina uz apajkoksnes sortimentiem							
Ls m ⁻³	Ls 7,51	Ls 1,94	Ls 2,38			Ls 11,83	
Ls ber. m ⁻³		Ls 1,23		Ls 1,38	Ls 1,48	Ls 4,09	
Izmaksas uz 1 ha							
Operācija	Pameža zāģēšana	Izstrāde	Pievešana	Apajkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	Kopā
Izmaksas, Ls	Ls 55	Ls 751	Ls 252	Ls 252	Ls 282	Ls 314	Ls 1 906

Šķeldu pašizmaksa samazinās zem 5 Ls ber. m⁻³, ja vidējā koka caurmērs ir vismaz 26 cm. Citu izmaksu ietekmējošo faktoru analīze rāda, ka pievedējtraktora kravas būtiska palielināšana vai pievešanas attāluma pieaugums atstāj salīdzinoši nelielu ietekmi uz pašizmaksu (Att. 53). Vidējā koka caurmēra samazināšanās 2 reizes palielina izstrādes pašizmaksu 60 reizes. Vidējā koka caurmēra palielināšana 3 reizes samazina šķeldu pašizmaksu nedaudz zem 5 Ls ber. m⁻³.



Att. 53 Jutības analīze 2. darba metodē.

Nedaudz mazāk nekā puse biokurināmā sagatavošanas izmaksu 2. variantā (47 %) ir izstrāde (Att. 54). Būtisku izmaksu samazinājumu, tāpat kā pirmajā variantā, var panākt, izmantojot lētāku mežizstrādes tehniku. Otrs risinājums darba ražīguma palielināšanai ir minimālā izstrādājamā koka caurmēra palielināšana un mazāka sortimentu skaita sagatavošana no mazāko dimensiju kokiem. Būtisks laika patēriņš sortimentācijas laikā bija saistīts ar noteikta garuma sortimentu sagatavošanu, vairākkārtīgi virzot kokus caur griezējgalvu. Šāda papildus operācija ir nepieļaujama, gatavojot biokurināmā sortimentu.



Att. 54 Izmaksu struktūra 2. darba metodē.

Strādājot ar 3. darba metodi, kad harvesters mēģina nozāgēt visus kokus pēc tam, kad pameža zāgētāji izzāgējuši visus par 10 cm tievākos kokus un krūmus, izmaksas uz 1 m³ apaļkoksnes sortimentu ir 9,05 Ls, bet uz 1 ber. m³ – 7,09 Ls, attiecīgi, būtiski mazākas, nekā, strādājot ar 1. darba metodi un nedaudz mazākas, nekā, strādājot ar 2. darba metodi (26. tabula). Jāņem vērā, ka 3. darba metode pārbaudīta tikai 2 grāvjos, kas var nebūt pietiekoši reprezentatīvs rādītājs.

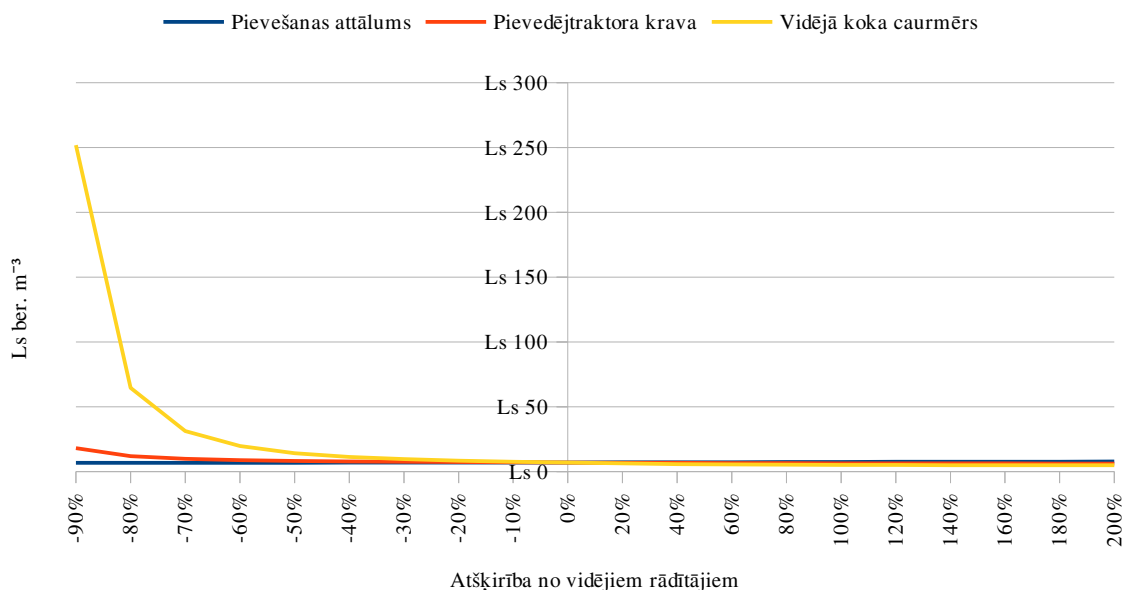
Ja visas izstrādes izmaksas attiecina uz apaļkoksnes sortimentiem, to izstrādes izmaksas pieaug līdz 10,46 Ls m⁻³, bet šķeldu sagatavošanas pašizmaksa samazinās līdz 4,09 Ls ber. m⁻³. Vidējās izmaksas uz 1 ha atbilstoši vidējai koksnes krājai izmēģinājumu objektos, ir 1 883 Ls, salīdzinoši vismazākās visos izmēģinājumos. Sortimentu iznākums, it īpaši biomasas daudzums, šajā variantā būs mazāks, nekā citos.

26. Tabula: Pašizmaksas kopsavilkums 3. darba metodei

Pozīcija	Operācija					Kopā
	Izstrāde	Pievešana	Apaļkoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	
Izmaksas, Ls gadā						
Investīcijas	Ls 50 028	Ls 30 425	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054	Ls 210 807
Personāls	Ls 48 424	Ls 50 093	Ls 24 891	Ls 24 891	Ls 21 260	Ls 169 558
Apkope un materiāli	Ls 112 191	Ls 41 666	Ls 39 149	Ls 39 149	Ls 101 302	Ls 333 457
Peļņa (5 %)	Ls 10 532	Ls 6 109	Ls 4 234	Ls 4 234	Ls 10 581	Ls 35 691
Kopā	221174,7	128293,47	Ls 88 924	Ls 88 924	Ls 222 196	Ls 749 513
Produktivitāte, apaļkoksnes sortimenti						
m³ produktivajā darba stundā	7,7	10,1	13,1	-	-	-
m³gadā	36027	50818	37388	-	-	-
Produktivitāte, biokurināmais						
ber. m³ produktivajā stundā	15,8	20,6	-	22,6	96,5	-
ber. m³ gadā	16967	23933	-	64658	150239	-

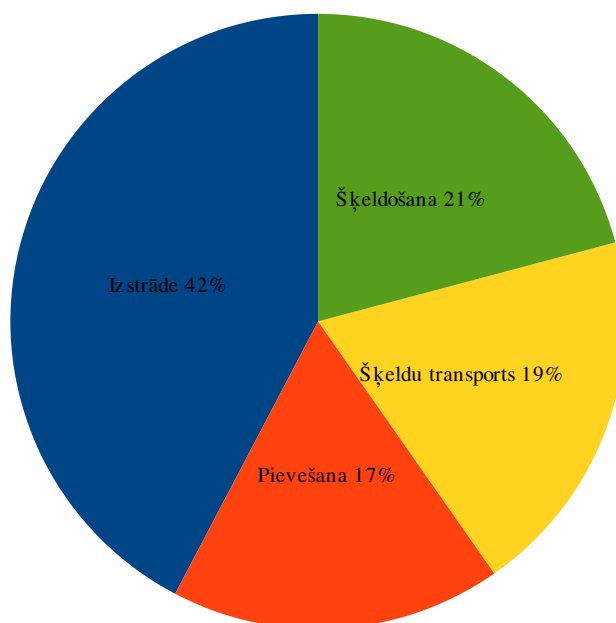
Pozīcija	Operācija					Kopā	
	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana		
Izmaksu kopsavilkums							
Ls m ⁻³	Ls 4,73	Ls 1,94	Ls 2,38			Ls 9,05	
Ls ber. m ⁻³	Ls 3,00	Ls 1,23		Ls 1,38	Ls 1,48	Ls 7,09	
Ja izstrādes izmaksas attiecina uz apakšoksnes sortimentiem							
Ls m ⁻³	Ls 6,14	Ls 1,94	Ls 2,38			Ls 10,46	
Ls ber. m ⁻³		Ls 1,23		Ls 1,38	Ls 1,48	Ls 4,09	
Izmaksas uz 1 ha							
Operācija	Pameža zāģēšana	Izstrāde	Pievešana	Apakšoku transports	Šķeldu transports	Šķeldošana	Kopā
Izmaksas, Ls	Ls 169	Ls 614	Ls 252	Ls 252	Ls 282	Ls 314	Ls 1 883

Šķeldu pašizmaksa samazinās zem 5 Ls ber. m⁻³, ja vidējā koka caurmērs ir vismaz 33 cm. Citu izmaksu ietekmējošo faktoru analīze rāda, ka pievedējtraktora kravas būtiska palielināšana vai pievešanas attāluma pieaugums atstāj salīdzinoši nelielu ietekmi uz pašizmaksu, tāpat kā citos variantos (Att. 55). Vidējā koka caurmēra samazināšanās 2 reizes palielina izstrādes pašizmaksu 50 reizes. Vidējā koka caurmēra palielināšana 3 reizes samazina šķeldu pašizmaksu nedaudz zem 5 Ls ber. m⁻³.



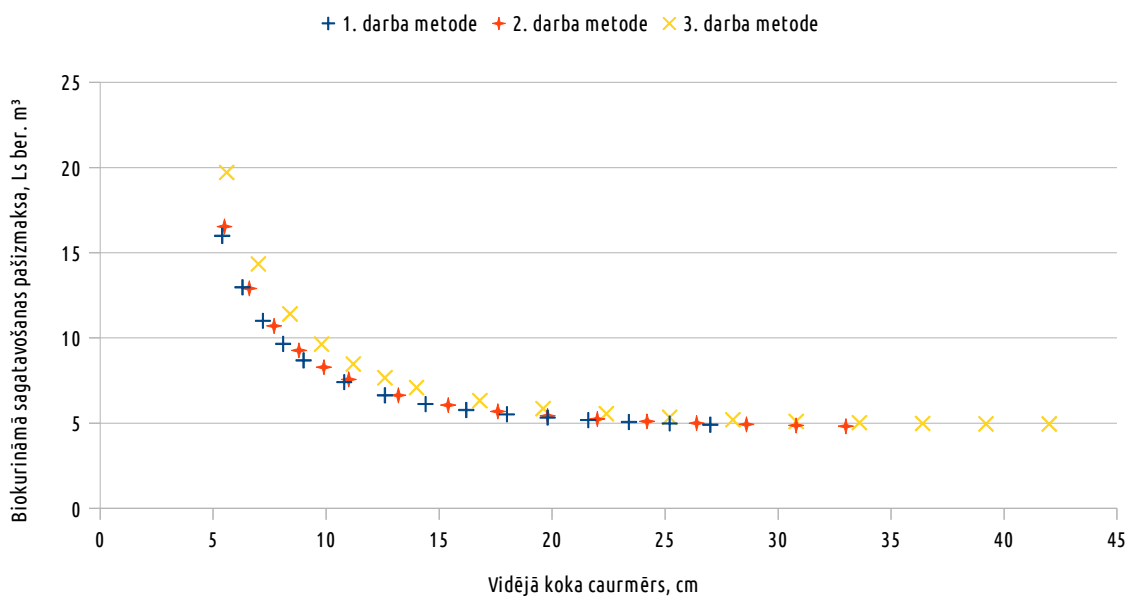
Att. 55 Jutības analīze 3. darba metodē.

Mazāk nekā puse biokurināmā sagatavošanas izmaksu (42 %) ir izstrāde (Att. 56). Pārējās izmaksas sadalās vienmērīgi starp pievešanu, šķeldošanu un šķeldu transportu.



Att. 56 Izmaksu struktūra 3. darba metodē.

Ja salīdzina visus izstrādes variantus, tad redzams, ka pie vienāda vidējā izstrādājamā koka caurmēra 3. darba metodei nav būtisku priekšrocību (Att. 57), bet situācijās, kad vidējā nozāgējamā koka caurmērs ir mazāks par 25 cm, nav būtiskas atšķirības starp dažādām darba metodēm. Neatkarīgi no vidējā koka caurmēra, visos izstrādes variantos 1 ber. m³ šķeldu pašizmaksa nesamazinās būtiski zem 5 Ls.



Att. 57 Biokurināmā pašizmaksas salīdzinājums, izstrādājot par 5 cm resnākus kokus ar dažādām darba metodēm.

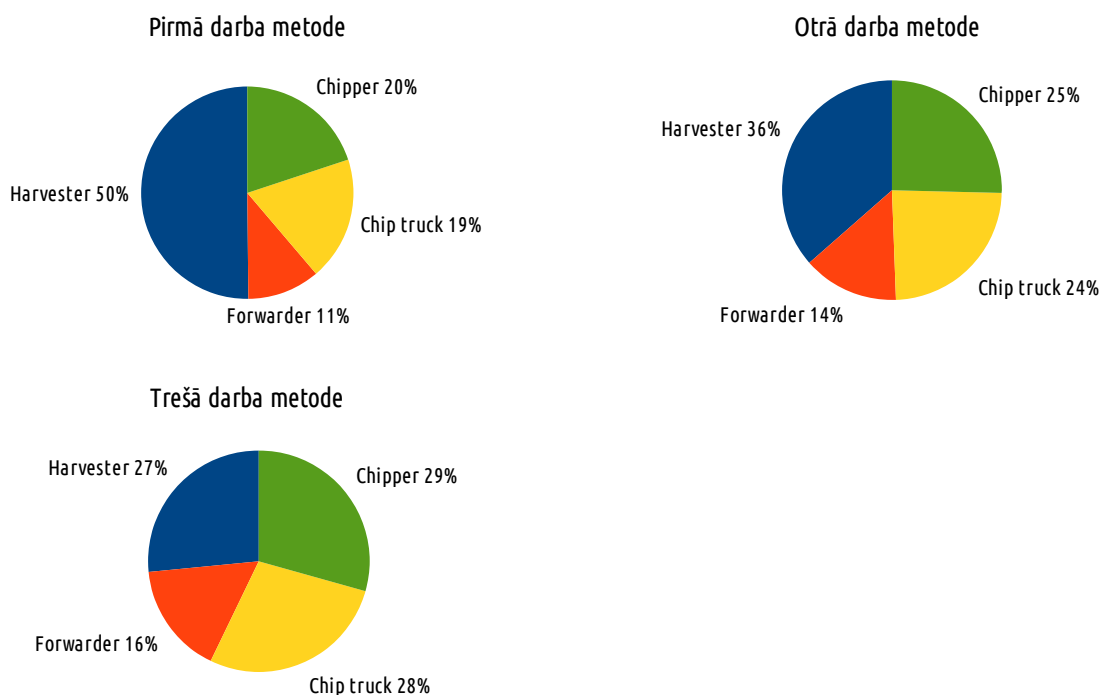
Straujākais izmaksu kritums ir 2. darba metodei, taču, veicot pameža zāģēšanas iepirkumu pēc vieniem un tiem pašiem nosacījumiem 2. un 3. variantā, sīkkoku zāģēšanas pakalpojumu pašizmaksa atšķirtos mazāk, nekā izmēģinājumos. Otrās darba metodes pielietošana dod precīzāku priekšstatu par izzāģējamo pamežu (šo informāciju var uzkrāt harvesteri), attiecīgi, rada iespēju samazināt iepirkuma izmaksas.

Vērtējot izmaksas biokurināmā sagatavošanai, jāņem vērā, ka vairums mežizstrādes kompāniju maksā operatoriem par sagatavotā materiāla apjomu, attiecīgi, 2. un 3. variantos atalgojuma izmaksas un biokurināmā pašizmaksa pieaugtu, palielinoties darba ražīgumam.

Pētījumā nav salīdzināta apaļkoksnes un šķeldu kravu piegāde patērētājam, tāpēc dažādu biokurināmā piegādes variantu salīdzinājums veiks matemātiski. Apaļkoksnes piegādes 50 km attālumā izmaksas atbilstoši pētījumā izmantotajiem pieņēmumiem ir 2,38 Ls m³, attiecīgi 1 ber. m³ šķeldu piegādes izmaksas ir 1,16 Ls. Šķeldu piegādes izmaksas ar konteineriem (2 x 35 m³) ir 1,38 Ls, bet šķeldu piegādes izmaksas, izmantojot puspiekabi (90 m³) ar kustīgo grīdu, ir 1,28 Ls ber. m³. Tas liecina, ka apaļkoksnes piegādes scenārijs ir ekonomiski visizdevīgākais. Tomēr šī pieņēmuma pārbaudei nepieciešami empīriski dati par krāvuma blīvumu sīkkoku krāvās.

Oglekļa emisijas 1 ber. m³ šķeldu saražošanai un piegādei patērētājam, veidot biokurināmā sagatavošanu ar 1. darba metodi, atbilst 2,52 kg, bet attiecība starp oglekļa daudzumu piegādātajā biokurināmajā un sadedzinātajā degvielā ir 15. Puse no emisijām šajā darba metodē saistīta ar izstrādes operāciju (Att. 58).

Strādājot ar 2. darba metodi, emisijas samazinās līdz 1,98 kg ber. m⁻³, bet attiecība starp oglekļa daudzumu piegādātajā biokurināmajā un sadedzinātajā degvielā pieaug līdz 19. Strādājot ar 3. darba metodi, emisijas samazinās līdz 1,71 kg ber. m⁻³, bet attiecība starp oglekļa daudzumu piegādātajā biokurināmajā un sadedzinātajā degvielā pieaug līdz 22. Emisiju samazināšanās notiek uz izstrādes operācijas efektivitātes pieauguma rēķina. Būtiskāko emisiju samazinājumu var panākt, piegādājot patērētājam apaļkoksni, un izmantojot biomasas smalcināšanai šķeldotājus ar elektropiedziņu.



Att. 58 Oglekļa emisiju struktūra ražošanas procesā.

Secinājumi

1. Pētījumā konstatēts, ka kopējā grāvju platība auglīgajos meža tipos ir 23 tūkst. ha. Attiecinot uz šo platību vidējo virszemes biomasu ($46 \text{ tonnas ha}^{-1}$) pētījumam atlasītajos objektos, iegūst teorētisko biokurināmā sagatavošanas potenciālu uz grāvjiem – 1,1 milj. tonnas vai 5,4 milj. ber. m^3 šķeldu. Veicot izstrādi reizi 30 gados, katru gadu var sagatavot vidēji 177 tūkst. ber. m^3 šķeldu vai 65 tūkst. m^3 stumbra koksnes sortimentu. Ja biokurināmā sortimenti ir vidēji 23 % no kopējā sortimentu iznākuma, vidēji gadā var iegūt 40 tūkst. ber. m^3 šķeldu, kas atbilst aptuveni 10 % no pareiz saražotā biokurināmā sortimentiem.
2. Relatīvais mitruma saturs koksnē vidēji visos paraugos bija 55 %. Lielākais relatīvā mitruma saturs bija egles koksnē (60 %), sausākā bijusi bērza koksne. Lielākais nosacītais koksnes blīvums bijis bērzam ($0,49 \text{ kg L}^{-1}$), mazākais – eglei ($0,38 \text{ kg L}^{-1}$). Koksnes siltumspēja primārās enerģijas izteiksmē svārstās starp $2,6 \text{ MWh m}^{-3}$ un $2,0 \text{ MWh m}^{-3}$. Vidējais nosacītais koksnes blīvums visos paraugos ir $0,43 \text{ kg L}^{-1}$.
3. Biokurināmā kvalitāti būtiski ietekmē sīkkoku uzglabāšana augšgala krautuvē. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem uzglabāšanas laikā relatīvais mitruma saturs koksnē ir samazinājies no vidēji 55 % līdz 47 %. Sagatavotās šķeldas ir piemērotas izmantošanai centralizētajā siltumapgādē; iespējams, ka tās var izmantot arī skaidu plātņu ražošanai. Papildus jānoskaidro, vai daļēji atzaroto sīkkoku dimensijas ietekmē mizošanas efektivitāti – zudumus un kvalitāti. Darbā nav novērtētas apaļkoksnes piegādes iespējas patērētājam, tomēr teorētiskas aplēses liecina par to, ka apaļkoksnes piegāde var būt izdevīgāka, nekā šķeldu transports. Atbilstoši pētījumā izmantotajiem pieņēmumiem apaļkoku piegādes izmaksas ir $2,38 \text{ Ls m}^3$, attiecīgi 1 ber. m^3 šķeldu piegādes izmaksas ir 1,16 Ls. Šķeldu piegādes izmaksas ar konteineriem ir 1,38 Ls, bet šķeldu piegādes izmaksas ar puspiekabi ir 1,28 Ls ber. m^3 . Pieņēmuma par apaļkoksnes transportu izdevīguma pārbaudei nepieciešami empīriski dati par krāvuma blīvumu sīkkoku krāvās.
4. Salīdzinot izstrādes operācijas darba ražīgumu dažādu dimensiju kokiem, konstatēts, ka koku caurmērs būtiski ietekmē darba laika patēriņu 1 koka apstrādei, jo mazos kokus izmanto, galvenokārt, biokurināmā sagatavošanā, bet no lielajiem kokiem gatavo vairākus sortimentus, palielinot darba laika patēriņu sortimentācijas darba elementam. Tāpēc izstrādes darba ražīguma raksturošanai jāizmanto logaritmiskās regresijas vienādojumi, kas izstrādāti pētījuma ietvaros. Laika gaitā vienādojumi jāaktualizē, jo pētījuma rezultāti balstās uz datiem, kas iegūti faktiski operatoru apmācības gaitā.
5. Pētījumā konstatēts, ka, strādājot ar 1. darba metodi, nav iespējams nodrošināt atbilstību AS "Latvijas valsts meži" kvalitātes prasībām. Šādas metodes pielietošana var attaisnoties tajos gadījumos, kad vienā iepirkumā apvieno grāvju apauguma novākšanas un grāvju tīrīšanas pakalpojumus; attiecīgi, pakalpojumu sniedzējs neveic liekas darbības, kas nepieciešamas ar atbilstības nodrošināšanu grāvju izzāgēšanas operācijā, bet koncentrējas un kvalitātes nodrošināšanu grāvju guļtnes tīrīšanā. Situācijā, kad zāgēšanas un grāvju rakšanas pakalpojumu iepērk atsevišķi, šī metode nav pielietojama.
6. Otrā darba metode (harvesters izzāgē lielākos kokus un tam seko pameža zāgētāji, kas nozāgē un savāc atlikušos kokus) ir visefektīvākais grāvju izstrādes risinājums. Otrās metodes darba ražīguma samazinājumu nosaka mazāks izzāgējamā koka caurmērs, kas sākotnēji vienādos darba apstākļos 2. darba metodē vienmēr būs mazāks, nekā 1. darba metodē. Darba ražīguma palielināšanai, strādājot ar 2. darba metodi, ieteicama aktīvāka pakošanas funkcijas izmantošana mazo dimensiju koku zāgēšanā un izvairīšanās no liekām darbībām sortimentācijas laikā. Otrās darba metodes galvenās priekšrocības ir mazākas izmaksas pameža izzāgēšanai un lielāks biokurināmā iznākums. Otrā darba metode ļauj palielināt grāvju tīrīšanas kvalitāti, jo pameža zāgētāji var novākt arī tos kokus, ko harvesters nevarēja aizsniegt vai kas ir bojāti izstrādes laikā.

7. Strādājot sākotnēji vienādos apstākļos ar 1. darba metodi, šķeldu sagatavošanas un piegādes pašizmaksa ir vidēji 10,02 Ls ber. m⁻³, ar 2. darba metodi – 7,75 Ls ber. m⁻³, ar 3. darba metodi – 7,09 Ls ber. m⁻³. Izmaksas būtiski ietekmē vidējā izzāgējamā koka caurmērs, tāpēc pirms lēmuma pieņemšanas par izstrādi būtiski novērtēt apauguma struktūru un biokurināmo gatavot tikai grāvjos, kur vidējā izzāgējamā koka caurmērs ir vismaz 15 cm (biokurināmā pašizmaksa pietuvosies 5 Ls ber. m⁻³).
8. Izmēģinājumos izmantotais vidējās klases harvesters ar 10 m strēles izlīci nav labākais risinājums grāvju trašu zāgēšanai, jo tas nespēj strādāt ar pilnu strēles izlīci, neriskējot apgāzties. Izmēģinājumos izmantotā Ponsse griezējgalva nodrošina labu darba izpildes kvalitāti, izmantojot pakošanas funkciju un šādu griezējgalvu (ar papildus pakošanas aprīkojumu un atbilstošu programmnodrošinājumu) izmantošana mežizstrādē, tajā skaitā grāvju trašu apauguma zāgēšanā Latvijā ir ieteicama. Grāvju trašu apaugumā ieteicams izmantot smagākus harvesterus vai ekskavatorus. Iespējams, ka labākais risinājums ir ekskavators ar harvestera strēli vai standarta strēles pagarinājumu, taču, lai rekomendētu šādu iekārtu izmantošanu praksē, jāveic darba ražīguma izmēģinājumi, īpašu uzmanību veltot degvielas patēriņa un apkopes izmaksu salīdzinājumam.
9. Strādājot ar 2. darba metodi, 1 harvesters gada laikā var nozāgēt apaugumu aptuveni 227 ha platībā (23 tūkst. m³). Tas liecina, ka biokurināmā sagatavošanā grāvju trašu apaugumā valsts mežos uz pilnu slodzi var nodarbināt 3 mežizstrādes mašīnas.

1.Pielikums: Apauguma raksturojums uz grāvju trasēm

27. Tabula: Pētījumu objektu vispārīgs raksturojums

Kv. apgabals	Grāvja Nr.	Grāvja garums, m	Grāvja platums, m	Grāvja platība, ha	Tukšās vietas ¹⁷ garums, m	Tukšās vietas platība, ha	Parauglaukumu skaits
609	278	749	10,6	0,8	99	0,11	13
	279	712	10,8	0,8	10	0,01	14
	280	850	10,6	0,8	506	0,49	11
	287	747	10,7	0,8	377	0,40	12
	381	472	11,2	0,5			4
	384	457	16,8	0,8	147	0,25	6
	421	470	20,0	1,0	97	0,20	6
	435	393	11,1	0,4	221	0,25	5
	472	324	11,1	0,4	108	0,12	6
	1207	299	10,8	0,3	43	0,05	6
	1304	60	11,9	0,1			2
610	4	210	11,5	0,2			5
	7	705	11,1	0,8	263	0,29	10
	8	352	10,9	0,4	15	0,02	8
	15	170	11,4	0,2	10	0,01	4
	24	378	10,0	0,4			8
	25	337	9,9	0,3	46	0,05	6
	33	710	9,8	0,7	345	0,34	13
	41	467	9,7	0,5	9	0,01	6
	44	53	9,1	0,1	8	0,01	1
	47	321	12,5	0,4	76	0,10	10
	52	611	10,8	0,7	14	0,02	12
	53	610	9,9	0,6			12
	77	228	13,3	0,3			3
	84	897	10,6	1,0	63	0,07	17
	104	616	10,3	0,6	262	0,27	11
	105	615	11,1	0,7	9	0,01	12
	116	564	11,9	0,7	200	0,24	9
	149	391	10,7	0,4	26	0,03	6
	187	280	10,9	0,3	51	0,06	5
	213	397	9,9	0,4	61	0,06	7
	1302	192	11,6	0,2	33	0,04	3

28. Tabula: Sugu raksturojums atlasītajos grāvjos

Grāvja Nr.	Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Melnalksnis	Pārējās sugas	Priede	Visas sugas
4	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	369	8166	1046	2935	173	2459		15147
	Parauglaukumi	4	5	5	5	5	5		5
	D, cm	8	9	8	8	12	9		8
	H, m	8	10	7	7	10	8		9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	2	55	8	18	2	23		108
	Krāja, m ³ ha ⁻¹	11	263	43	98	11	120		546
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	4	136	25	56	6	67		295
7	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	101	13317	3077	2633	3031	1474		23631
	Parauglaukumi	2	10	10	9	10	8		10
	D, cm	4	5	4	6	6	5		5

Grāvja Nr.	Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Melnalksnis	Pārējās sugas	Priede	Visas sugas
	H, m	5	6	4	10	8	5		6
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	38	6	9	14	5		72
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		91		64	108	25		288
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0	80	13	32	53	15		192
8	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	396	6770		1816	2581	1635		13198
	Parauglaukumi	5	8		8	8	8		8
	D, cm	3	6		6	7	3		6
	H, m	3	9		3	9	3		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	25		7	14	1		47
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		108			80	1		189
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0	62		19	41	3		124
15	Koku skaits, gab. ha ⁻¹		175	263	175	5175	1053		6842
	Parauglaukumi		3	4	3	4	4		4
	D, cm		7	5	4	8	11		8
	H, m		8	5	3	8	9		8
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹		1	1	0	37	16		54
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		3			217	122		342
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		2	1	1	112	63		179
24	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	712	1618	2637	6418	13572	2381	100	27438
	Parauglaukumi	8	8	8	7	8	8	1	8
	D, cm	11	9	9	10	8	9	8	9
	H, m	10	9	9	9	10	9	9	9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	9	13	19	65	85	18	1	208
	Krāja, m ³ ha ⁻¹	51	65	108	420	479	97		1218
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	19	32	57	196	235	53	1	594
25	Koku skaits, gab. ha ⁻¹		11379	108	4483	2188	105		18263
	Parauglaukumi		6	1	6	3	6		6
	D, cm		7	7	7	10	5		7
	H, m		9	9	7	14	6		9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹		53	0	22	21	0		97
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		243		114	160			518
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		131	1	70	72	1		275
33	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	299	13191	6320	8267	5080	1727		34883
	Parauglaukumi	2	13	12	13	13	12		13
	D, cm	4	5	6	7	8	4		6
	H, m	4	6	8	6	9	5		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	34	25	48	39	4		150
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		93	133	324	242	9		801
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	1	80	81	176	120	11		469
41	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	835		310	4535	2045	7612		15337
	Parauglaukumi	5		6	6	6	6		6
	D, cm	4		4	7	7	5		6
	H, m	5		5	7	8	7		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	1		0	22	9	23		55
	Krāja, m ³ ha ⁻¹				68	38	81		187

¹⁷ Vietas, kur koku un krūmu augstums nesasniedz 2 m.

Grāvja Nr.	Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Melnalksnis	Pārējās sugas	Priede	Visas sugas
44	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	2		1	65	25	66		158
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	110			1758		659		2527
	Parauglaukumi	1			1		1		1
	D, cm	4			5		5		5
	H, m	4			5		5		5
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0			3		1		5
	Krāja, m ³ ha ⁻¹				5				5
47	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0			13		3		17
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	174	70	769	6723	5429	818		13982
	Parauglaukumi	2	6	5	10	10	9		10
	D, cm	4	18	6	8	14	9		11
	H, m	3	18	7	8	16	9		11
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	2	5	57	109	9		182
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		15	39	391	1074	79		1598
52	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0	7	21	197	485	40		751
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	92	457	1357	7739	3962	3805	184	17596
	Parauglaukumi	8	12	12	12	10	12	1	12
	D, cm	3	7	8	9	6	6	7	8
	H, m	4	9	8	9	7	9	8	8
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	2	12	75	14	14	1	118
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		7	73	557	35	62		734
53	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0	4	40	268	34	39	2	387
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	100	13588	4217	1093	6400	302		25699
	Parauglaukumi	1	12	12	8	12	11		12
	D, cm	2	4	3	17	8	6		6
	H, m	3	6	5	12	10	7		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	26	6	30	46	1		109
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		46	5	240	292	7		591
77	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0	55	14	97	140	4		310
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	288	5564	69	2040	417	1830		10208
	Parauglaukumi	1	3	3	3	3	3		3
	D, cm	4	11	3	6	3	8		9
	H, m	4	24	3	6	4	8		16
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	66	0	7	1	17		90
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		760		24	3	123		910
84	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	1	344	0	22	2	66		435
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹		24486	1636	1378	7437	469		35406
	Parauglaukumi		16	17	17	17	16		17
	D, cm		8	8	11	12	16		9
	H, m		9	10	11	13	14		10
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹		153	11	17	121	10		311
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		919	64	129	973	70		2156
104	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		448	35	56	439	35		1013
	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	345	1011	4221	10436	3558	8890		28460
	Parauglaukumi	3	11	11	11	11	11		11
	D, cm	6	5	5	12	12	8		9

Grāvja Nr.	Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Melnalksnis	Pārējās sugas	Priede	Visas sugas
	H, m	2	3	3	7	13	7		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	1	3	10	157	44	59		274
	Krāja, m ³ ha ⁻¹				1071	310	184		1565
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	2	4	24	516	144	158		848
105	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	86	8730	5791	3421	16358	1077	177	35641
	Parauglaukumi	6	10	12	12	12	12	8	12
	D, cm	4	8	4	12	9	6	2	8
	H, m	5	10	4	10	9	7	2	8
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	61	10	50	149	5	0	276
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		370		379	882	24		1654
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0	175	24	164	431	14	0	809
116	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	259	2721	1079	1992	3571	979		10601
	Parauglaukumi	3	8	6	9	7	9		9
	D, cm	4	5	7	12	9	9		8
	H, m	3	6	8	12	10	10		9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0	6	8	38	36	8		95
	Krāja, m ³ ha ⁻¹			53	369	345	47		815
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	1	10	31	151	162	26		382
149	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	651		1203	3097	1151	1042		7144
	Parauglaukumi	5		5	6	4	5		6
	D, cm	17		7	9	5	6		9
	H, m	18		13	8	6	6		9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	24		6	33	3	5		71
	Krāja, m ³ ha ⁻¹	287		49	250	4	32		621
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	101		26	115	7	18		266
187	Koku skaits, gab. ha ⁻¹				268	9563	90		9921
	Parauglaukumi				5	5	2		5
	D, cm				9	11	3		11
	H, m				10	11	2		11
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹				2	129	0		131
	Krāja, m ³ ha ⁻¹				15	1070			1085
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹				7	493	0		500
213	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	606	1010	2321		9265	1109		14311
	Parauglaukumi	2	4	7		7	5		7
	D, cm	19	10	12		12	9		12
	H, m	16	10	11		10	9		10
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	28	13	33		125	12		210
	Krāja, m ³ ha ⁻¹	307	78	208		750	72		1415
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	108	37	109		365	38		657
278	Koku skaits, gab. ha ⁻¹			382	9057	105			9544
	Parauglaukumi			12	13	13			13
	D, cm			19	16	27			16
	H, m			20	5	3			6
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹			13	247	6			266
	Krāja, m ³ ha ⁻¹			141	400				541
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹			70	424	20			514

Grāvja Nr.	Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Melnalksnis	Pārējās sugas	Priede	Visas sugas
279	Koku skaits, gab. ha ⁻¹			4496	12832	266	186	93	17873
	Parauglaukumi			13	14	1	10	14	14
	D, cm			10	14	28	12	38	13
	H, m			6	4	20	5	6	5
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹			53	277	18	2	11	360
	Krāja, m ³ ha ⁻¹			28	395	186			609
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹			107	493	83	4	22	710
280	Koku skaits, gab. ha ⁻¹			1170	5413	5401			11984
	Parauglaukumi			11	11	11			11
	D, cm			13	10	11			11
	H, m			4	5	6			5
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹			25	89	76			190
	Krāja, m ³ ha ⁻¹				158	27			185
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹			43	156	233			432
287	Koku skaits, gab. ha ⁻¹				16343			97	16440
	Parauglaukumi				12			4	12
	D, cm				12			25	12
	H, m				3			2	3
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹				243			5	248
	Krāja, m ³ ha ⁻¹				280				280
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹				477			10	487
381	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1339		2040	1425		1252		6056
	Parauglaukumi	1		4	4		2		4
	D, cm	12		11	8		7		10
	H, m	14		11	7		8		10
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	18		23	8		6		56
	Krāja, m ³ ha ⁻¹	152		167	31		27		376
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	54		86	24		20		184
384	Koku skaits, gab. ha ⁻¹		594	173	3941	827			5535
	Parauglaukumi		5	6	6	6			6
	D, cm		20	15	10	19			13
	H, m		19	17	10	18			12
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹		21	3	46	25			95
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		185	31	377	240			833
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		83	15	173	108			379
421	Koku skaits, gab. ha ⁻¹		753	443	6702	821		182	8901
	Parauglaukumi		6	1	5	5		6	6
	D, cm		17	12	7	16		22	10
	H, m		17	17	7	14		15	9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹		19	7	36	18		8	89
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		161	75	131	132		77	576
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		72	38	103	61		35	309
435	Koku skaits, gab. ha ⁻¹			1442	3336				4778
	Parauglaukumi			2	5				5
	D, cm			13	12				12
	H, m			12	10				11

Grāvja Nr.	Rādītājs	Apse	Baltalksnis	Bērzs	Egle	Melnalksnis	Pārējās sugas	Priede	Visas sugas
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹			27	59				87
	Krāja, m ³ ha ⁻¹			228	518				746
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹			118	230				348
472	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	98		1462	5271		1695	79	8604
	Parauglaukumi	3		6	6		6	2	6
	D, cm	11		8	6		11	2	8
	H, m	13		12	6		11	2	8
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	1		11	28		17	0	58
	Krāja, m ³ ha ⁻¹	6		98	167		76		347
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	2		51	98		48	0	199
1207	Koku skaits, gab. ha ⁻¹		1615	995	567	1552	203		4932
	Parauglaukumi		6	3	6	5	3		6
	D, cm		6	6	11	8	5		7
	H, m		7	7	7	8	5		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹		6	3	9	9	0		27
	Krāja, m ³ ha ⁻¹		24		54	47			125
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹		15	6	25	25	1		72
1302	Koku skaits, gab. ha ⁻¹			174	1385	1732	431		3722
	Parauglaukumi			2	3	3	3		3
	D, cm			10	8	6	3		7
	H, m			10	8	7	4		7
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹			1	7	7	0		15
	Krāja, m ³ ha ⁻¹			6	25	23			55
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹			3	20	17	1		41
1304	Koku skaits, gab. ha ⁻¹	87		87	761	913	82		1930
	Parauglaukumi	1		1	2	2	2		2
	D, cm	3		7	6	10	7		8
	H, m	4		11	8	9	10		9
	Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹	0		0	3	12	0		15
	Krāja, m ³ ha ⁻¹			2	19	97	1		120
	Biomasa, tonnas ha ⁻¹	0		1	11	44	1		56

2.Pielikums: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums

29. Tabula: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums – kopējais patērētais darba laiks

Grāvja Nr.	Izstrādes veids	Novērojumu skaits	Satverto koku vidējais D, cm	Satvertais vid. koku skaits, gab	sniegšanās pēc koka, cmin.	Koka satveršanas laiks, cmin.	Koka nozāģēšana, cmin.	Akumulējošā mehānisma pielietošana	Koku pievilksana, cmin.	Atzarošanai un garumošana, cmin.	Zaru novietošana zaru kaudzēs, cmin.	Citas nestandarta operācijas, cmin.	Pameža zāģēšana, cmin.	Harvestera pozīciju maiņa, cmin.	Patērētais laiks iebraucot, cmin.	Patērētais laiks izbraucot, cmin.	Ar darbu nesaistītas darbības, cmin.	Remonts, cmin.	Produktīvais darba laiks, cmin.	Kopējais darba laiks, cmin.	Tiešais produktīvais darba laiks, cmin.	Sortimentu grupu skaits
24	3	680	11,9	1,2	7661	2991	2477	415	3210	21617	5400	3337	542	2886	4616	2250	3828	3720	57402	64950	50536	6
25	2	428	10,6	1,3	4393	1554	943	859	2363	9051	4894	6828	0	1163	1800	4646	602	834	38494	39930	32048	3
278	2	461	16,0	1,1	6206	2373	2262	296	4149	16734	7708	3302	0	327	4854	0	868	6511	48211	55590	43357	5
279	2	683	13,4	1,4	11222	4236	3501	346	4768	26665	1637	6518	0	3125	4903	416	2924	4808	67337	75069	62018	4
280	2	272	17,3	1,3	3643	2069	2338	138	1930	17157	2405	3565	0	3280	6541	936	1713	2643	44002	48358	36525	6
287	2	537	12,3	1,2	5862	1849	2131	735	2111	16838	4500	6092	0	962	4454	1752	1364	6637	47286	55287	41080	4
381	3	538	14,3	1,1	8760	2178	2447	309	5259	21184	5563	4524	0	3633	1589	892	3856	700	56338	60894	53857	5
384	1	286	14,7	1,2	5118	1918	2776	337	2612	12568	2186	9886	0	5639	445	925	1897	2055	44410	48362	43040	6
421	1	385	9,3	1,5	5173	1735	1206	863	3215	8753	413	1696	0	1866	664	802	1882	919	26386	29187	24920	6
435	1	131	9,4	1,5	1741	470	902	158	1358	2366	1973	2569	0	1225	0	0	0	0	12762	12762	12762	4
472	1	339	9,4	1,3	4636	1518	2396	375	1046	9600	1863	8218	0	2119	604	0	2145	2960	32375	37480	31771	4
1302	2	95	10,9	1,4	1139	375	378	79	370	2751	769	1035	374	1101	848	870	1364	1819	10089	13272	8371	4
104;52	2	709	10,4	1,3	9903	2478	2227	0	4584	22749	1974	3147	5623	9823	4903	530	0	3313	67941	71254	62508	5
53;105	2	1411	10,3	1,6	19067	5522	4043	596	9286	34831	5533	5086	12541	10766	6155	4419	2093	13467	117845	133405	107271	6
Visi grāvji		6955	12,2	1,3	94524	31266	30027	5506	46261	222864	46818	65803	19080	47915	42376	18438	24536	50386	670878	745800	610064	5

30. Tabula: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums (vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs) un izstrādātās krājas raksturojums¹⁸

Grāvja Nr.	Izstrādes veids	sniegšanās pēc koka	Koka satveršanas laiks	Koka nozāģēšana	Akumulējošā mehānisma pielietošana	Koku pievilksana	Atzarošanai un sagarumošanai patērētais laiks	Zaru novietošana zaru kaudzēs	Citas nestandarta operācijas	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	Remonts	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīvais darba laiks	Vidējais koks, m³	Izstrādātā krāja, m³	Biomasa, tonnas
24	3	5,8	2,3	1,9	0,3	2,5	16,5	4,1	3,0	2,2	3,5	1,7	2,9	2,8	43,8	49,5	38,5	0,08	65	29
25	2	4,9	1,7	1,1	1,0	2,6	10,1	5,4	7,6	1,3	2,0	5,2	0,7	0,9	42,8	44,4	35,6	0,05	28	12
278	2	7,7	2,9	2,8	0,4	5,1	20,7	9,5	4,1	0,4	6,0	0,0	1,1	8,0	59,5	68,6	53,5	0,27	133	52
279	2	7,3	2,7	2,3	0,2	3,1	17,3	1,1	4,2	2,0	3,2	0,3	1,9	3,1	43,6	48,6	40,2	0,13	122	40
280	2	6,5	3,7	4,1	0,2	3,4	30,4	4,3	6,3	5,8	11,6	1,7	3,0	4,7	77,9	85,6	64,7	0,35	117	52
287	2	5,5	1,7	2,0	0,7	2,0	15,9	4,3	5,8	0,9	4,2	1,7	1,3	6,3	44,6	52,2	38,8	0,14	91	30
381	3	9,1	2,3	2,5	0,3	5,5	22,0	5,8	4,7	3,8	1,7	0,9	4,0	0,7	58,5	63,2	55,9	0,21	119	13
384	1	9,1	3,4	4,9	0,6	4,6	22,2	3,9	17,5	10,0	0,8	1,6	3,4	3,6	78,6	85,6	76,2	0,19	66	5
421	1	5,5	1,9	1,3	0,9	3,4	9,3	0,4	1,8	2,0	0,7	0,9	2,0	1,0	28,1	31,1	26,6	0,05	30	10
435	1	5,4	1,5	2,8	0,5	4,2	7,4	6,1	8,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	39,7	39,7	0,06	12	28
472	1	6,3	2,1	3,3	0,5	1,4	13,1	2,5	11,2	2,9	0,8	0,0	2,9	4,0	44,2	51,1	43,3	0,04	18	38

¹⁸ Izstrādātā krāja un biomasa tiks precizēta pēc biomasas analīžu pabeigšanas 2013. gadā.

Grāvja Nr.	Izstrādes veids	sniegšanās pēc koka	Koka satveršanas laiks	Koka nozāģēšana	Akumulējošā mehānisma pielietošana	Koku pievilksana	Atzarošanai un sagraumšanai patērētais laiks	Zaru novietošana zaru kaudzēs	Citas nestandarta operācijas	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	Remonts	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīvais darba laiks	Vidējais koks, m³	Izstrādātā krāja, m³	Biomasa, tonnas
1302	2	5,1	1,7	1,7	0,4	1,7	12,2	3,4	6,3	4,9	3,8	3,9	6,1	8,1	44,9	59,0	37,2	0,15	20	9
104;52	2	6,6	1,6	1,5	0,0	3,0	15,1	1,3	5,8	6,5	3,3	0,4	0,0	2,2	45,0	47,2	41,4	0,07	65	58
53;105	2	5,2	1,5	1,1	0,2	2,5	9,4	1,5	4,8	2,9	1,7	1,2	0,6	3,7	31,9	36,2	29,1	0,04	86	54
Visi grāvji		6,4	2,2	2,4	0,4	3,2	15,8	3,8	6,5	3,5	3,2	1,5	2,4	3,6	50,5	56,6	45,8	0,13	972	431

31. Tabula: Izstrādes darba laika uzskaites kopsavilkums dažādām darba metodēm (vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs) un izstrādātās krājas raksturojums

Izstrādes veids	Nozāģēto koku skaits	Satvertais vid. koku skaits, gab	Satverto koku vidējais D, cm	sniegšanās pēc koka	Koka satveršanas laiks	Koka nozāģēšana	Akumulējošā mehānisma pielietošana	Koku pievilksana	Atzarošanai un sagraumšanai patērētais laiks	Zaru novietošana zaru kaudzēs	Citas nestandarta operācijas	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	Remonts	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīvais darba laiks	Sortimentu grupu skaits	Vidējais koks, m³	Izstrādātā krāja, m³	Biomasa, tonnas
1	1535	1,4	10,7	6,6	2,2	3,1	0,6	3,4	13,0	3,3	9,6	4,7	0,6	0,6	2,1	2,2	47,6	51,9	46,4	5	0,15	186	82
2	6182	1,3	12,7	6,1	2,2	2,1	0,4	2,9	16,4	3,8	5,6	3,1	4,5	1,8	1,8	4,6	48,8	55,2	42,6	5	0,15	699	308
3	1365	1,1	14,3	9,1	2,3	2,5	0,3	5,5	22,0	5,8	4,7	3,8	1,7	0,9	4,0	0,7	58,5	63,2	55,9	5	0,05	95	42

32. Tabula: Darba metožu un operatoru salīdzinājums (vidējais darba laika patēriņš uz 1 koku sekundēs)

Izstrādes veids	Operators	Nozāģēto koku skaits	Satvertais vid. koku skaits, gab	Satverto koku vidējais D, cm	sniegšanās pēc koka	Koka satveršanas laiks	Koka nozāģēšana	Akumulējošā mehānisma pielietošana	Koku pievilksana	Atzarošana sagraumšanai	Zaru novietošana zaru kaudzēs	Citas nestandarta operācijas	Pameža zāģēšana	Harvestera pozīciju maiņa	Patērētais laiks iebraucot	Patērētais laiks izbraucot	Ar darbu nesaistītas darbības	remonts	Produktīvais darba laiks	Kopējais darba laiks	Tiešais produktīvais darba laiks
1	A	767	1,3	6,0	7,0	2,4	3,3	0,5	2,0	16,2	1,9	11,9	4,8	0,0	1,3	0,7	3,6	4,6	52,1	60,3	50,0
	B	768	1,4	9,0	6,1	2,0	2,4	0,8	4,5	9,9	3,1	5,6	3,7	0,0	0,0	0,6	1,0	0,0	38,5	39,6	37,9
	Visi	1535	1,3	9,0	6,5	2,2	2,8	0,7	3,2	13,0	2,5	8,7	4,2	0,0	0,7	0,7	2,3	2,3	45,3	50,0	44,0
2	A	2291	1,4	8,0	6,1	2,0	2,2	0,1	2,5	15,8	1,8	3,1	2,2	2,2	3,7	0,2	2,0	4,0	41,8	47,8	37,9
	B	1458	1,2	7,0	6,1	2,5	1,5	0,8	3,9	14,2	6,0	6,2	1,8	0,0	4,3	2,8	0,8	3,6	50,0	54,4	43,0
	C	1071	1,3	6,0	6,0	1,3	0,8	0,4	3,2	14,0	4,0	3,5	4,8	3,4	2,4	2,5	0,0	4,2	46,2	50,4	41,3
	D	1346	1,3	6,0	5,6	2,0	2,0	0,0	2,2	12,0	0,4	1,0	4,1	1,8	2,5	0,6	0,6	3,8	34,5	39,0	31,3
	Visi	6171	1,3	8,0	6,0	2,0	1,7	0,3	2,9	14,3	2,9	3,5	3,0	1,8	3,4	1,3	1,1	3,9	42,9	47,9	38,2
3	A	621	1,2	4,0	7,7	2,3	2,3	0,1	3,0	19,2	2,2	2,7	4,0	0,5	1,8	2,2	3,7	0,9	47,9	52,5	44,0
	B	544	1,1	3,0	5,8	2,3	2,0	0,7	4,2	15,9	8,3	5,0	1,5	0,0	4,1	0,0	2,7	3,1	49,9	55,6	45,8
	C	197	1,1	6,0	9,5	2,1	2,1	0,1	4,6	25,7	3,7	1,7	3,0	0,0	2,1	2,7	4,3	2,1	57,4	63,8	52,6
	Visi	1363	1,1	6,0	7,2	2,3	2,2	0,3	3,7	18,8	4,8	3,5	2,9	0,2	2,7	1,4	3,4	1,9	50,1	55,4	45,9
Visi		9072	1,3	9,0	6,3	2,1	2,0	0,4	3,1	14,7	3,1	4,4	3,2	1,3	2,8	1,2	1,6	3,3	44,4	49,3	40,3

3.Pielikums: Pievešanas darba laika uzskaites kopsavilkums

33. Tabula: Pievedējtraktora iekraušanas un izkraušanas darba laika uzskaites kopsavilkums¹⁹

Darba metode	Grāvja Nr.	Kravu skaits	Vidējā krava, tonnas	Iekraušanas cikla laiks, cmīn	Pārvietošanas pa cīrsmu, cmīn	Izkraušanas laiks, cmīn	Pārbraucieni izkraujoties cmīn	Ceļa ieklāšana, cmīn	Citas operācijas, cmīn	Produktīvais darba laiks iekraušanai	Produktīvais laiks izkraušanai
1	384	9	6,8	165,4	80,6	67,4	8,7	0,0	79,6	325,7	76,1
	421	5	5,3	186,3	86,8	66,2	2,2	0,0	55,3	328,4	68,5
	435	2	5,4	260,6	133,3	111,7	15,3	0,0	92,0	485,8	127,0
	472	5	4,0	229,3	109,8	83,1	5,7	0,0	83,8	422,9	88,8
	Kopā 1. metode	21	5,6	189,6	91,8	73,8	7,4	0,0	76,0	357,4	81,2
2	25	4	6,1	209,7	97,5	69,0	5,9	20,3	44,3	371,8	74,9
	278	14	8,4	123,9	45,4	53,5	2,0	12,4	64,5	246,2	55,5
	279	13	8,3	136,7	56,3	60,3	4,9	1,6	72,2	266,8	65,1
	280	12	8,6	100,4	82,9	55,2	3,5	13,7	96,4	293,4	58,7
	287	9	8,9	119,6	54,3	49,9	0,3	4,3	67,9	246,1	50,2
	104;52	9	6,3	205,0	134,5	84,1	4,6	0,0	162,6	502,1	88,8
	53;105	12	6,3	213,0	80,9	77,2	5,2	6,2	155,3	455,5	82,4
	Kopā 2. metode	73	7,7	145,2	71,6	61,5	3,4	7,7	93,5	317,9	65,0
3	24	9	6,4	209,4	102,7	80,1	3,5	31,2	136,0	479,4	83,6
	381	13	8,0	148,4	61,0	72,9	5,9	3,3	36,7	249,4	78,8
	Kopā 3. metode	22	7,4	170,1	75,8	75,5	5,0	13,2	72,0	331,2	80,5
Pavisam kopā		116	7,3	156,2	75,2	65,9	4,3	7,7	86,9	326,0	70,2

¹⁹ Darba laika patēriņš aprēķināts uz dabiski mitras biomasas tonnu.

4.Pielikums: Pievestā materiāla svēršanas rezultāti

34. Tabula: Tukša pievedējtraktora svēršanas rezultāti

Nr.	Grāvja Nr.	Tukšs traktors, kg
1.	24	16 260
2.	25	15 590
3.	278	14 380
4.	279	14 903
5.	280	15 240
6.	287	14 260
7.	381	15 805
8.	384	15 983
9.	421	15 460
10.	435	15 630
11.	472	15 280
12.	104;52	14 995
13.	53;105	14 230
Visi grāvji		15 290

35. Tabula: Pievestā materiāla uzskaites kopsavilkums

Nr.	Grāvja Nr.	Biomasa, tonnas ²⁰
1.	24	57,6
2.	25	24,3
3.	278	116,9
4.	279	107,7
5.	280	103,0
6.	287	80,2
7.	381	104,3
8.	384	60,9
9.	421	26,3
10.	435	10,7
11.	472	20,2
12.	104;52	57,0
13.	53;105	75,5
14.	1302	18,2
Visi grāvji		862,3

36. Tabula: Pievestā materiāla raksturojums

Nr.	Sortimenti kravā	Pievestā koksne, tonnas ²⁰	Vidējā krava, tonnas ²⁰	Kravu skaits
1.	BAĻĶIS	118,1	9,1	13
2.	BAĻĶIS; GULSNIS	24,3	12,1	2
3.	BAĻĶIS; GULSNIS; MALKĀ; PAPĪRMALKĀ	5,5	5,5	1
4.	BAĻĶIS; MALKĀ; GULSNIS	10,5	10,5	1
5.	BAĻĶIS; PMSK	8,1	8,1	1
6.	BAĻĶIS; TARA; PAPĪRMLAKA	6,3	6,3	1
7.	BPMALKĀ	5,8	5,8	1
8.	FINIERIS	9,6	9,6	1
9.	GULSNIS	20,9	10,5	2
10.	GULSNIS; BAĻĶI	7,8	7,8	1

²⁰ Dabiski mitrs materiāls.

Nr.	Sortimenti kravā	Pievestā koksne, tonnas ²⁰	Vidējā krava, tonnas ²⁰	Kravu skaits
11.	GULSNIS; BAĻĶIS; MALKĀ	8,8	8,8	1
12.	LKTK	8,5	8,5	1
13.	MALKĀ	178,5	5,6	32
14.	MALKĀ; GULSNIS	8,7	8,7	1
15.	MALKĀ; PĀPĪRMALKĀ	7,9	7,9	1
16.	MALKĀ; TKLK	11,6	5,8	2
17.	PĀPĪRMALKĀ	153,3	8,5	18
18.	PĀPĪRMALKĀ; BAĻĶIS	4,8	4,8	1
19.	PĀPĪRMALKĀ; BAĻĶIS; GULSNIS	5,3	5,3	1
20.	PĀPĪRMALKĀ; BAĻĶIS; TARA	6,8	6,8	1
21.	PĀPĪRMALKĀ; FINIERIS	28,6	7,2	4
22.	PĀPĪRMALKĀ; GULSNIS	56,7	8,1	7
23.	PĀPĪRMALKĀ; MALKĀ	16,5	5,5	3
24.	PĀPĪRMALKĀ; TARA	17,9	9,0	2
25.	PĀPĪRMALKĀ; TKLK	6,2	6,2	1
26.	TARA	19,7	6,6	3
27.	TARA; BAĻĶIS; TKLK; PĀPĪRMALKĀ	7,2	7,2	1
28.	TARA; PĀPĪRMALKĀ	8,8	8,8	1
29.	TKLK	20,9	4,2	5
30.	TKLK; FINIERIS	14,2	7,1	2
31.	TKLK; GULSNIS	6,9	6,9	1
32.	TKLK; GULSNIS; PĀPĪRMALKĀ	9,5	9,5	1
33.	TKLK; MALKĀ	13,5	6,8	2

5.Pielikums: Pašizmaksas modeļu izdrukas

37 Tabula: Pažizmaksas aprēķinu modeļa izdrukā 1. darba metodei

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Investments and costs					
<i>Base machine:</i>					
Investment, Ls	Ls 200 000	Ls 140 000	Ls 97 000	Ls 97 000	Ls 270 000
Depreciation, years	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0
Interest rate %	8	8	8	8	8
End value, Ls	30000	21000	14550	14550	40500
Repayment factor	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Investment, Ls/year	Ls 42 578	Ls 29 804	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054
<i>Attachments:</i>					
Head					
Investment, Ls	Ls 24 000	Ls 2 000			
Depreciation, years	3,0	3,0			
Interest rate %	8,0	8,0			
End value, Ls	Ls 4 800	Ls 400			
Repayment factor	0,4	0,4			
Investment, Ls/year	Ls 7 450	Ls 621			
Total investment, Ls/year	Ls 50 028	Ls 30 425	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054
Personnel					
Staff salary, Ls/hour	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5
Social costs and taxes, %	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09
Productive working days / year	277	287	210	210	162
Working hours / shift	8	8	8	8	8
Number of operators	3	3	2	2	2
Overtime / shift			2	2	2
Overtime, Ls/h	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5
No. Shifts/day	3	3	2	2	2
E0/E15	73%	76%	85%	85%	67%
Travel to Work, km/day	10	10			10
Travel to Work, Ls/km	Ls 0,10	Ls 0,10			Ls 0,10
No. of moves (sites) / year	50	50			50
Standstill per move, hours	3,6	3,6			3,6
Per day allowance, Ls/day person	Ls 4	Ls 4			Ls 4
Training, Ls/year person	Ls 130	Ls 130			
Insurance, Ls/year person	Ls 250	Ls 250	Ls 250	Ls 250	Ls 250
Other operator costs, Ls/year	Ls 1 050	Ls 1 050			
Overtime/year	0	0	420	420	324

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Working hours/year	6648	6888	3360	3360	2592
E15-h/year	4673	5055	2856	2856	1557
Travel to work, km/year	16620	17220	0	0	6480

Staff costs

Salaries Ls/year	Ls 33 240	Ls 34 440	Ls 17 472	Ls 17 472	Ls 13 478
Overtime, Ls/year	Ls 0	Ls 0	Ls 2 184	Ls 2 184	Ls 1 685
Travel to work, Ls/year	Ls 1 662	Ls 1 722	Ls 0	Ls 0	Ls 648
Social costs and taxes/year	Ls 8 008	Ls 8 297	Ls 4 735	Ls 4 735	Ls 3 653
Per day allowance, Ls/year	Ls 3 324	Ls 3 444	Ls 0	Ls 0	Ls 1 296
Training, Ls/year	Ls 390	Ls 390	Ls 0	Ls 0	Ls 0
Insurance, Ls/year	Ls 750	Ls 750	Ls 500	Ls 500	Ls 500
Other operator costs, Ls/year person	Ls 1 050	Ls 1 050	Ls 0	Ls 0	Ls 0
	Ls 48 424	Ls 50 093	Ls 24 891	Ls 24 891	Ls 21 260

Operating costs

Diesel, Ls/l	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79
Oils, Ls/400 g	Ls 2,98	Ls 2,98			Ls 2,98
Diesel consumption, l/m ³ loose					0,70
Diesel consumption, l/E15-h	10	8	15	15	67,56
Fuel consumption, l/100km			40	40	
Oils consumption, g/E15-h	11,47	11,47			11,47
Repair & maintenance, Ls/E15-h	1,31	1	1,5	1,5	5,1
Miscellaneous Ls/E15-h	Ls 0,72	Ls 0,00	Ls 0,00	Ls 0,00	Ls 3,81
Moving costs, Ls/move	Ls 64	Ls 64			Ls 64
Undergrowth removal, Ls/ha					

Taxes, Ls/year	Ls 30	Ls 30	Ls 30	Ls 30	Ls 30
Insurance, Ls/year	Ls 1 500	Ls 1 200	Ls 1 200	Ls 1 200	Ls 1 500
Fuel costs, Ls/year	Ls 36 689	Ls 31 750	Ls 33 635	Ls 33 635	Ls 82 569
Oils, Ls/year	Ls 399	Ls 432	Ls 0	Ls 0	Ls 133
Repair & maintenance, Ls/year	Ls 6 122	Ls 5 055	Ls 4 284	Ls 4 284	Ls 7 939
Miscellaneous Ls/year	Ls 3 365	Ls 0	Ls 0	Ls 0	Ls 5 931
Moving costs, Ls/year	Ls 3 200	Ls 3 200	Ls 0	Ls 0	Ls 3 200
Undergrowth removal, Ls/year	Ls 0				
	Ls 51 305	Ls 41 666	Ls 39 149	Ls 39 149	Ls 101 302

Total costs

Total costs Ls/year	Ls 149 756	Ls 122 184	Ls 84 690	Ls 84 690	Ls 211 616
---------------------	------------	------------	-----------	-----------	------------

Profit margin, %	5
------------------	---

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Total costs incl. profit, Ls/year	Ls 157 244	Ls 128 293	Ls 88 924	Ls 88 924	Ls 222 196
Ls/working hour	Ls 24	Ls 19	Ls 26	Ls 26	Ls 86
Ls/E15-h	Ls 34	Ls 25	Ls 31	Ls 31	Ls 143
Ls/m³ (Ls/m³loose)	Ls 12,14	Ls 2,52	Ls 2,38	Ls 2,82	Ls 1,48

Productivity

Loading, min/load		20,11	25	44	
Unloading, min/load		4,57	20	22	
Transport					
Average speed, km/h			50	50	
Average speed loaded, m/min.		110			
Average speed empty, m/min.		110			
One way distance, (km) m		576	50	50	
Driving, (h) min		10,47	2,00	2,00	
Time/load, (h) min		35,15	2,75	3,09	
Σ time/load, E15-h		0,59	2,75	3,09	
Average load, m³		5,89	36	34,19	
Productivity, m³/E15-h	2,77	10,05	13,09	11,06	
Productivity, m³loose/E15-h					96,51
Estimated productivity, trees/E15-h	81				
Tree diameter, cm	9				
Average tree size, m³	0,03				
Growing stock, m³/ha	100				
Share of energy wood, %	23%				
Chips, m³ loose in m³	2,05				
Production m³/year	12951	50818	37388	31577	
Production ha/year	130	508	374	316	708
Energy wood m³loose/year	6099	23933		64658	150239
Roundwood m³/year	9972	39130	28788		

Environmental assessment

Fuel consumption, l/yearly	46 730	40 439	42 840	42 840	105 167
Fuel consumption, l/m³	3,61	0,8	1,15		
Fuel consumption, l/m³loose				0,66	0,7
C emission, kg/m³	2,59	0,57	0,82		
C emission, kg/m³loose	1,26	0,28		0,47	0,5

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Carbon content, kg/m ³ loose	37				
Carbon balance (chip production)	29,03	131,62		77,2	73,07

38 Tabula: Pašizmaksas aprēķinu modeļa izdrukā 2. darba metodei

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Investments and costs					
<i>Base machine:</i>					
Investment, Ls	Ls 200 000	Ls 140 000	Ls 97 000	Ls 97 000	Ls 270 000
Depreciation, years	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0
Interest rate %	8	8	8	8	8
End value, Ls	30000	21000	14550	14550	40500
Repayment factor	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Investment, Ls/year	Ls 42 578	Ls 29 804	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054
<i>Attachments:</i>					
Head					
Investment, Ls	Ls 24 000	Ls 2 000			
Depreciation, years	3,0	3,0			
Interest rate %	8,0	8,0			
End value, Ls	Ls 4 800	Ls 400			
Repayment factor	0,4	0,4			
Investment, Ls/year	Ls 7 450	Ls 621			
Total investment, Ls/year	Ls 50 028	Ls 30 425	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054

Personnel

Staff salary, Ls/hour	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5
Social costs and taxes, %	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09
Productive working days / year	277	287	210	210	162
Working hours / shift	8	8	8	8	8
Number of operators	3	3	2	2	2
Overtime / shift			2	2	2
Overtime, Ls/h	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5
No. Shifts/day	3	3	2	2	2
E0/E15	73%	76%	85%	85%	67%
Travel to Work, km/day	10	10			10
Travel to Work, Ls/km	Ls 0,10	Ls 0,10			Ls 0,10
No. of moves (sites) / year	50	50			50
Standstill per move, hours	3,6	3,6			3,6
Per day allowance, Ls/day person	Ls 4	Ls 4			Ls 4

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Training, Ls/year person	Ls 130	Ls 130			
Insurance, Ls/year person	Ls 250	Ls 250	Ls 250	Ls 250	Ls 250
Other operator costs, Ls/year	Ls 1 050	Ls 1 050			
Overtime/year	0	0	420	420	324
Working hours/year	6648	6888	3360	3360	2592
E15-h/year	4673	5055	2856	2856	1557
Travel to work, km/year	16620	17220	0	0	6480

Staff costs

Salaries Ls/year	Ls 33 240	Ls 34 440	Ls 17 472	Ls 17 472	Ls 13 478
Overtime, Ls/year	Ls 0	Ls 0	Ls 2 184	Ls 2 184	Ls 1 685
Travel to work, Ls/year	Ls 1 662	Ls 1 722	Ls 0	Ls 0	Ls 648
Social costs and taxes/year	Ls 8 008	Ls 8 297	Ls 4 735	Ls 4 735	Ls 3 653
Per day allowance, Ls/year	Ls 3 324	Ls 3 444	Ls 0	Ls 0	Ls 1 296
Training, Ls/year	Ls 390	Ls 390	Ls 0	Ls 0	Ls 0
Insurance, Ls/year	Ls 750	Ls 750	Ls 500	Ls 500	Ls 500
Other operator costs, Ls/year person	Ls 1 050	Ls 1 050	Ls 0	Ls 0	Ls 0
	Ls 48 424	Ls 50 093	Ls 24 891	Ls 24 891	Ls 21 260

Operating costs

Diesel, Ls/l	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79
Oils, Ls/400 g	Ls 2,98	Ls 2,98			Ls 2,98
Diesel consumption, l/m³ loose					0,70
Diesel consumption, l/E15-h	10	8	15	15	67,56
Fuel consumption, l/100km			40	40	
Oils consumption, g/E15-h	11,47	11,47			11,47
Repair & maintenance, Ls/E15-h	1,31	1	1,5	1,5	5,1
Miscellaneous Ls/E15-h	Ls 0,72	Ls 0,00	Ls 0,00	Ls 0,00	Ls 3,81
Moving costs, Ls/move	Ls 64	Ls 64			Ls 64
Undergrowth removal, Ls/ha	Ls 55				

Taxes, Ls/year	Ls 30	Ls 30	Ls 30	Ls 30	Ls 30
Insurance, Ls/year	Ls 1 500	Ls 1 200	Ls 1 200	Ls 1 200	Ls 1 500
Fuel costs, Ls/year	Ls 36 689	Ls 31 750	Ls 33 635	Ls 33 635	Ls 82 569
Oils, Ls/year	Ls 399	Ls 432	Ls 0	Ls 0	Ls 133
Repair & maintenance, Ls/year	Ls 6 122	Ls 5 055	Ls 4 284	Ls 4 284	Ls 7 939
Miscellaneous Ls/year	Ls 3 365	Ls 0	Ls 0	Ls 0	Ls 5 931
Moving costs, Ls/year	Ls 3 200	Ls 3 200	Ls 0	Ls 0	Ls 3 200
Undergrowth removal, Ls/year	Ls 12 476				
	Ls 63 781	Ls 41 666	Ls 39 149	Ls 39 149	Ls 101 302

Total costs

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Total costs Ls/year	Ls 162 232	Ls 122 184	Ls 84 690	Ls 84 690	Ls 211 616
Profit margin, %	5				
Total costs incl. profit, Ls/year	Ls 170 344	Ls 128 293	Ls 88 924	Ls 88 924	Ls 222 196
Ls/working hour	Ls 26	Ls 19	Ls 26	Ls 26	Ls 86
Ls/E15-h	Ls 36	Ls 25	Ls 31	Ls 31	Ls 143
Ls/m³ (Ls/m³loose)	Ls 7,51	Ls 2,52	Ls 2,38	Ls 2,82	Ls 1,48

Productivity

Loading, min/load		20,11	25	44	
Unloading, min/load		4,57	20	22	
Transport					
Average speed, km/h			50	50	
Average speed loaded, m/min.		110			
Average speed empty, m/min.		110			
One way distance, (km) m		576	50	50	
Driving, (h) min		10,47	2,00	2,00	
Time/load, (h) min		35,15	2,75	3,09	
Σ time/load, E15-h		0,59	2,75	3,09	
Average load, m³		5,89	36	34,19	
Productivity, m³/E15-h	4,85	10,05	13,09	11,06	
Productivity, m³loose/E15-h					96,51
Estimated productivity, trees/E15-h	89				
Tree diameter, cm	11				
Average tree size, m³	0,05				
Growing stock, m³/ha	100				
Share of energy wood, %	23%				
Chips, m³ loose in m³	2,05				
Production m³/year	22684	50818	37388	31577	
Production ha/year	227	508	374	316	708
Energy wood m³loose/year	10683	23933		64658	150239
Roundwood m³/year	17467	39130	28788		

Environmental assessment

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Fuel consumption, l/yearly	46 730	40 439	42 840	42 840	105 167
Fuel consumption, l/m3	2,06	0,8	1,15		
Fuel consumption, l/m3loose				0,66	0,7
C emission, kg/m3	1,48	0,57	0,82		
C emission, kg/m3loose	0,72	0,28		0,47	0,5
Carbon content, kg/m3loose	37				
Carbon balance (chip production)	50,84	131,62		77,2	73,07

39 Tabula: Pašizmaksas aprēķinu modeļa izdruka 3. darba metodei

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
--	-----------	-----------	-------	------------	---------

Investments and costs

Base machine:

Investment, Ls	Ls 200 000	Ls 140 000	Ls 97 000	Ls 97 000	Ls 270 000
Depreciation, years	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0
Interest rate %	8	8	8	8	8
End value, Ls	30000	21000	14550	14550	40500
Repayment factor	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Investment, Ls/year	Ls 42 578	Ls 29 804	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054

Attachments:

Head

Investment, Ls	Ls 24 000	Ls 2 000
Depreciation, years	3,0	3,0
Interest rate %	8,0	8,0
End value, Ls	Ls 4 800	Ls 400
Repayment factor	0,4	0,4
Investment, Ls/year	Ls 7 450	Ls 621

Total investment, Ls/year	Ls 50 028	Ls 30 425	Ls 20 650	Ls 20 650	Ls 89 054
---------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Personnel

Staff salary, Ls/hour	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5
Social costs and taxes, %	24,09	24,09	24,09	24,09	24,09
Productive working days / year	277	287	210	210	162
Working hours / shift	8	8	8	8	8
Number of operators	3	3	2	2	2
Overtime / shift			2	2	2
Overtime, Ls/h	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5	Ls 5
No. Shifts/day	3	3	2	2	2
E0/E15	73%	76%	85%	85%	67%

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Travel to Work, km/day	10	10			10
Travel to Work, Ls/km	Ls 0,10	Ls 0,10			Ls 0,10
No. of moves (sites) / year	50	50			50
Standstill per move, hours	3,6	3,6			3,6
Per day allowance, Ls/day person	Ls 4	Ls 4			Ls 4
Training, Ls/year person	Ls 130	Ls 130			
Insurance, Ls/year person	Ls 250	Ls 250	Ls 250	Ls 250	Ls 250
Other operator costs, Ls/year	Ls 1 050	Ls 1 050			
Overtime/year	0	0	420	420	324
Working hours/year	6648	6888	3360	3360	2592
E15-h/year	4673	5055	2856	2856	1557
Travel to work, km/year	16620	17220	0	0	6480

Staff costs

Salaries Ls/year	Ls 33 240	Ls 34 440	Ls 17 472	Ls 17 472	Ls 13 478
Overtime, Ls/year	Ls 0	Ls 0	Ls 2 184	Ls 2 184	Ls 1 685
Travel to work, Ls/year	Ls 1 662	Ls 1 722	Ls 0	Ls 0	Ls 648
Social costs and taxes/year	Ls 8 008	Ls 8 297	Ls 4 735	Ls 4 735	Ls 3 653
Per day allowance, Ls/year	Ls 3 324	Ls 3 444	Ls 0	Ls 0	Ls 1 296
Training, Ls/year	Ls 390	Ls 390	Ls 0	Ls 0	Ls 0
Insurance, Ls/year	Ls 750	Ls 750	Ls 500	Ls 500	Ls 500
Other operator costs, Ls/year person	Ls 1 050	Ls 1 050	Ls 0	Ls 0	Ls 0
	Ls 48 424	Ls 50 093	Ls 24 891	Ls 24 891	Ls 21 260

Operating costs

Diesel, Ls/l	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79	Ls 0,79
Oils, Ls/400 g	Ls 2,98	Ls 2,98			Ls 2,98
Diesel consumption, l/m ³ loose					0,70
Diesel consumption, l/E15-h	10	8	15	15	67,56
Fuel consumption, l/100km			40	40	
Oils consumption, g/E15-h	11,47	11,47			11,47
Repair & maintenance, Ls/E15-h	1,31	1	1,5	1,5	5,1
Miscellaneous Ls/E15-h	Ls 0,72	Ls 0,00	Ls 0,00	Ls 0,00	Ls 3,81
Moving costs, Ls/move	Ls 64	Ls 64			Ls 64
Undergrowth removal, Ls/ha	Ls 169				

Taxes, Ls/year	Ls 30	Ls 30	Ls 30	Ls 30	Ls 30
Insurance, Ls/year	Ls 1 500	Ls 1 200	Ls 1 200	Ls 1 200	Ls 1 500
Fuel costs, Ls/year	Ls 36 689	Ls 31 750	Ls 33 635	Ls 33 635	Ls 82 569
Oils, Ls/year	Ls 399	Ls 432	Ls 0	Ls 0	Ls 133
Repair & maintenance, Ls/year	Ls 6 122	Ls 5 055	Ls 4 284	Ls 4 284	Ls 7 939

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Miscellaneous Ls/year	Ls 3 365	Ls 0	Ls 0	Ls 0	Ls 5 931
Moving costs, Ls/year	Ls 3 200	Ls 3 200	Ls 0	Ls 0	Ls 3 200
Undergrowth removal, Ls/year	Ls 60 886				
	Ls 112 191	Ls 41 666	Ls 39 149	Ls 39 149	Ls 101 302

Total costs

Total costs Ls/year	Ls 210 643	Ls 122 184	Ls 84 690	Ls 84 690	Ls 211 616
---------------------	------------	------------	-----------	-----------	------------

Profit margin, %	5
------------------	---

Total costs incl. profit, Ls/year	Ls 221 175	Ls 128 293	Ls 88 924	Ls 88 924	Ls 222 196
-----------------------------------	------------	------------	-----------	-----------	------------

Ls/working hour	Ls 33	Ls 19	Ls 26	Ls 26	Ls 86
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------

Ls/E15-h	Ls 47	Ls 25	Ls 31	Ls 31	Ls 143
----------	-------	-------	-------	-------	--------

Ls/m³ (Ls/m³loose)	Ls 6,14	Ls 2,52	Ls 2,38	Ls 2,82	Ls 1,48
--------------------	---------	---------	---------	---------	---------

Productivity

Loading, min/load	20,11	25	44
-------------------	-------	----	----

Unloading, min/load	4,57	20	22
---------------------	------	----	----

Transport

Average speed, km/h	50	50
---------------------	----	----

Average speed loaded, m/min.	110
------------------------------	-----

Average speed empty, m/min.	110
-----------------------------	-----

One way distance, (km) m	576	50	50
--------------------------	-----	----	----

Driving, (h) min	10,47	2,00	2,00
------------------	-------	------	------

Time/load, (h) min	35,15	2,75	3,09
--------------------	-------	------	------

Σ time/load, E15-h	0,59	2,75	3,09
--------------------	------	------	------

Average load, m³	5,89	36	34,19
------------------	------	----	-------

Productivity, m³/E15-h	7,71	10,05	13,09	11,06
------------------------	------	-------	-------	-------

Productivity, m³loose/E15-h				96,51
-----------------------------	--	--	--	-------

Estimated productivity, trees/E15-h	81
-------------------------------------	----

Tree diameter, cm	14
-------------------	----

Average tree size, m³	0,10
-----------------------	------

Growing stock, m³/ha	100
----------------------	-----

Share of energy wood, %	23%
-------------------------	-----

Chips, m³ loose in m³	2,05
-----------------------	------

Production m³/year	36027	50818	37388	31577
--------------------	-------	-------	-------	-------

	Harvester	Forwarder	Truck	Chip truck	Chipper
Production ha/year	360	508	374	316	708
Energy wood m³loose/year	16967	23933		64658	150239
Roundwood m³/year	27741	39130	28788		

Environmental assessment

Fuel consumption, l/yearly	46 730	40 439	42 840	42 840	105 167
Fuel consumption, l/m3	1,3	0,8	1,15		
Fuel consumption, l/m3loose				0,66	0,7
C emission, kg/m3	0,93	0,57	0,82		
C emission, kg/m3loose	0,45	0,28		0,47	0,5
Carbon content, kg/m3loose	37				
Carbon balance (chip production)	80,75	131,62		77,2	73,07



LVMi Silava

Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169

tālrunis: 67942555, fakss: 67901359, e-pasts: inst@silava.lv