



ZIŅOJUMS

PAR PĒTĪJUMU PROGRAMMAS

MEŽA DARBU MECHANIZĀCIJAS UN MEŽA BIOKURINĀMĀ PĒTĪJUMU
PROGRAMMA

PĒTĪJUMU JOMAS

MAZĀ UN NESTANDARTA MEŽIZSTRĀDES TEHNIKA KOPŠANAS (VĒLĪNAS
SASTĀVA UN AGRĪNAS KRĀJAS) CIRTĒS UN APAUGUMA NOVĀKŠANĀ

DARBA UZDEVUMU IZPILDI

Pētījuma nosaukums **VIMEK HARVESTERA DARBA RAŽĪGUMS
BĒRZA PLANTĀCIJĀS**

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

Ziņojuma Nr. **2016-06**

Ziņojuma veids **Noslēguma ziņojums**

Izpildes termiņš **01.09.2016 - 01.11.2016**

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

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir novērtēt mazās klases Vimek 404 T5 harvestera darba ražīgumu bērza plantācijās, tajā skaitā noteikt ražošanas izmaksas, balstoties uz mežizstrādātāju un mašīnu ražotāju sniegto informāciju par iegādes un uzturēšanas izmaksām. Izmēģinājumi veikti Latvijas dienvidrietumu daļā, harvestera darba laika uzskaitē veikta 2 dienas.

Izmēģinājumi veikti 12.-13. septembrī AS "Latvijas finieris" ierīkotos bērza stādījumos lauksaimniecības zemēs. Kopā izmēģinājumos nozāģēti 69 m³ kokmateriālu (ar mizu), vidējā nozāģētā koka caurmērs – 10 cm, tilpums – 0,06 m³. Vidējais harvestera darba ražīgums 6,2 m³ produktīvajā stundā (98 stundas laikā apstrādāti koki). Mežizstrādes izmaksas, atbilstoši pētījumā izmantotajiem pieņēmumiem, ir 21,10 EUR m⁻³ (zem mizas), tajā skaitā 8,13 EUR m⁻³ mežizstrādes izmaksas. Ražošanas apstākļos izmaksas var būtiski atšķirties. Izmaksu samazinājums iespējams, izmantojot vidējās klases vai Vimek 610 pievedējtraktoru.

Pētījumā konstatēts, ka, pateicoties mazākam degvielas patēriņam, uzturēšanas izmaksām un sākotnējām investīcijām, Vimek 404 T5 harvestera darba stundas izmaksas ir būtiski mazākas, nekā vidējās klases harvestera darba stundas izmaksas. Jaunaudžu kopšanas cirtēs, tajā skaitā bērza plantācijā, Vimek harvesters nodrošina vismaz tikpat labus darba ražīguma rādītājus, kā vidējās klases harvesters. Bērza zaru un vainaga forma neapgrūtina atzarošanu; izmēģinājumos nav konstatēta būtiska atšķirība atkārtoti atzarojamo koku īpatsvarā bērza plantācijā un skujkoku audzēs veiktajos izmēģinājumos.

Vimek 404 T5 harvestera izmaksas visvairāk ietekmē tehnikas noslodze – ja gadā nostrādāts mazāk par 1500 stundām, mežizstrādes pašizmaksa strauji palielinās, tāpēc cirsmu fonda izveide mašīnas nodrošināšanai ar darbu visā sezonas garumā ir prioritārais uzdevums plānošanas darbā. Paralēli, lai palielinātu tehnikas noslodzi, ir jāattīsta alternatīvi risinājumi tehnikas izmantošanai, piemēram, veicot apauguma novākšanu grāvju trasēs un ceļmalās, strādājot sastāva kopšanas cirtēs, kā arī meža atjaunošanā.

Izmēģinājumu rezultāti apstiprina Vimek 404 T5 harvestera piemērotību kopšanas cirtēm bērza plantācijās un apstiprina iepriekš jaunaudžu un krājas kopšanas cirtēs iegūtās atziņas par Vimek galvenajām priekšrocībām, salīdzinot ar vidējās klases harvesteriem – mazs degvielas patēriņš un mainīgās uzturēšanas izmaksas, labi darba ražīguma rādītāji un tehnikas kompakts, kas ļauj samazināt faktisko tehnoloģisko koridoru aizņemto platību.

Pētījums veikts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" (LVMI Silava) sadarbībā ar AS "Latvijas valsts meži" un AS "Latvijas finieris". Empīrisko datu ieguvī, analīzi un pārskata sagatavošanu nodrošināja LVMI Silava darbinieki A. Zimelis, A. Lazdiņš, G. Spalva.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Ievads.....	4
Izmēģinājumu objekti un Darba metodika.....	6
Pētījumu objekti.....	6
Darba laika uzskaitē.....	6
Darba metodes.....	6
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	7
Biomasas un krājas aprēķini.....	7
Pieņēmumi izmaksu un ieņēmumu aprēķiniem.....	7
Darba rezultāti.....	11
Darba ražīgums.....	11
Izmaksu un ieņēmumu analīze.....	20
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	20
Jutīguma analīze.....	21
Ieņēmumu un izdevumu analīze.....	24
Secinājumi un ieteikumi praksei.....	26
Literatūra.....	27

Attēli

Att. 1: Vimek 404T5 harvesters.....	4
Att. 2: Vimek 404T5 harvestera griezējgalva (Vimek, 2013).....	5
Att. 3: Gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā.....	7
Att. 4: Darba ražīguma rādītāji atbilstoši vidējā nozāgētā koka tilpumam sektorā.....	15
Att. 5: Darba ražīguma rādītāji atbilstoši vidējā nozāgētā koka caurmēram sektorā.....	16
Att. 6: Darba laika patēriņa sadalījums (sek. 1 koka apstrādei) dažādās zāgējamā koku caurmēra pakāpēs.....	16
Att. 7: Vidējais darba ražīgums dažādās caurmēra pakāpēs.....	17
Att. 8: Vidējais darba ražīgums atkarībā no zāgējamā koka tilpumam.....	17
Att. 9: Zāgējamā koku skaita sadalījums.....	18
Att. 10: Darba ražīguma salīdzinājums bērza plantācijā un vidēji Vimek izmēģinājumos Meža pētīšanas stacijas mežos.....	19
Att. 11: Nozāgēto koku skaita sadalījuma piemērs atkarībā no vidējā nozāgētā koka caurmēra.....	20
Att. 12: Jutīguma analīze krājas kopšanas cirtē.....	23
Att. 13: Ieņēmumu un izdevumu prognoze.....	24
Att. 14: Ieņēmumu un izdevumu prognoze, izmantojot John Deere 1070 harvesteru un John Deere 810 pievedējtraktoru vai ekvivalentas mežizstrādes mašīnas.....	25

Tabulas

Tab. 1: Uzskaitītās darba operācijas.....	6
Tab. 2: Pieņēmumi izmaksu aprēķinos.....	8
Tab. 3: Darba laika patēriņš, min. m ⁻³	11
Tab. 4: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums.....	12
Tab. 5: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums.....	14
Tab. 6: Veibula vienādojuma parametri nozāgēto koku skaita sadalījuma modelēšanai.....	19
Tab. 7: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze.....	20
Tab. 8: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze alternatīvam vidējās klases tehnikas scenārijam.....	25

IEVADS

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



Att. 1: Vimek 404T5 harvesters¹.

Harvesters ir aprīkots ar Keto Forst Silver griezējgalvu (Att. 2), kas piemērota viena vai vairāku nelielu koku vienlaicīgai apstrādei. Griezējgalva sver 300 kg un spēj apstrādāt līdz 30 cm resnus kokus. Griezējgalvas darbības vadības sistēma ir automatizēta. Griezējgalvu var aprīkot arī ar celmu apstrādes aprīkojumu. Saskaņā ar ražotāja rekomendācijām Vimek 404 T5 ir piemērots grāvju tīrīšanai un apauguma novākšanai, taču praksē šo mašīnu vairāk izmanto kopšanas cirtēs. Harvesteru var aprīkot arī ar nelielām kniebējgalvām, pielāgojot mašīnu specifiskiem darba apstākļiem. Griezējgalva var būt aprīkota ar elipsoīda formas sliedi, kas samazina ķēdes nomešanas risku, strādājot ar maziem kokiem un krūmiem. Harvesteram ir pieejams arī neliels ekskavatora kauss, ko var izmantot grāvju tīrīšanai un ievalku veidošanai. Tāpat harvesteru var aprīkot ar Bracke C12 griezējgalvu apauguma novākšanai, kas izmantojama arī jaunaudžu kopšanas cirtēs un smalcīrēs.

¹ Foto: A. Zimelis.



Att. 2: Vimek 404T5 harvestera griezējgalva (Vimek, 2013).

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

Otrreizējā tirgū ir neliels Vimek harvesteru piedāvājums, to cena, atkarībā no tehniskā stāvokļa, ir 110000-145000 EUR. Baltijas valstīs šādi harvesteri pagaidām netiek izmantoti. Jauna harvestera cena, atkarībā no aprīkojuma, ir 180000-190000 EUR.

IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

Izmēģinājumi veikti bērza plantācijā Latvijas Dienvidrietumu daļā, vidējā koka caurmērs pirms zāģēšanas ir 12 cm. Stādīšanas biežums 2000 gab. ha⁻¹.

Darba laika uzskaitē

Darba laika uzskaitē izdalītas 10 operācijas un citi darba laika elementi (Tab. 1). Piezīmēs norādīti darba pārtraukumu iemesli un citas darbības, kas neatbilst iepriekš noteiktajiem darba laika elementiem. Darba laika uzskaitē neietver mašīnu sagatavošanu darbam, kas aizņem aptuveni 1 stundu dienā, taču darba laika uzskaitē ietverta kustīgo daļu ieeļļošana, ko veic maiņas laikā.

Tab. 1: Uzskaitītās darba operācijas

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

Darba metodes

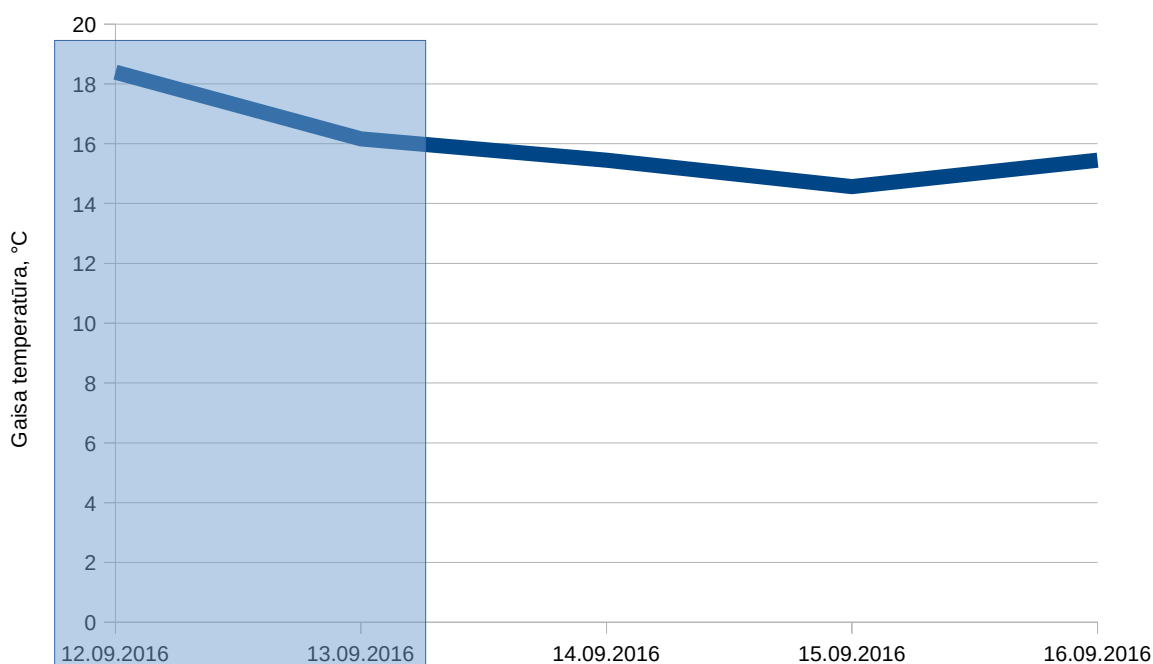
Izmēģinājumos gatavoti 2 apaļo kokmateriālu veidi – papīrmalka un biokurināmais. Biokurināmajā sagatavota malka un daļēji atzarota sīkkoksne no koku galotnēm un atgriezumiem.

Operatori strādāja 8 stundas maiņā, attālums starp tehnoloģiskajiem koridoriem vidēji 20 m ar “spoku” ceļu pa vidu, kokmateriāli krauti abpus tehnoloģiskajiem koridoriem, tajā skaitā no “spoku” kokmateriāli krauti uz abām pusēm, paredzot, ka pievedējtraktors (John Deere 810 vai ekvivalents) sekos harvestera pēdās.

Izmaksu aprēķinos pieņemts, ka harvesteram seko mazās klases pievedējtraktors (Kranman Bison 10000 vai ekvivalents).

Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā bija 16-18 °C (Att. 3). Izmēģinājumu laikā un pirms tam nebija nokrišņu.



Att. 3: Gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā².

Biomases un krājas aprēķini

Sagatavotais kokmateriālu apjoms ar mizu noteikts atbilstoši pielāgotiem biomasas vienādojumiem, kas pārrēķināti no vidējiem koksnes krājas rādītājiem katrā caurmēra pakāpē pakāpes vienādojuma izteiksmē.

Veicot darba laika uzskaiti, ar acumēra metodi noteikts zāgētā koka caurmērs 1,3 m augstumā, izmantojot vizuālus orientierus uz harvestera griezējgalvas, kā arī darba ciklā apstrādāto koku skaits.

Pieņēmumi izmaksu un ieņēmumu aprēķiniem

Izmēģinājumā veikta pievedējtraktora darba laika uzskaitē, bet ievades dati mežizstrādes sistēmas izmaksu novērtēšanai (kokvedēja un šķeldošanas darba ražīgums un izmaksas aizgūti no iepriekš Latvijā veiktiem pētījumiem, Lazdiņš & Zimelis, 2015). Degvielas patēriņš pieņemts atbilstoši iepriekš veiktas instrumentālas uzskaites rezultātiem. Tehnikas operatoru izmaksas pieņemtas atbilstoši Valsts ieņēmumu dienesta atalgojuma monitoringa datiem. Pievešanas

² Avots: <http://www.meteo.lv/meteorologija-datu-meklesana/?nid=461>.

darba ražīguma izmaksas vērtētas, izmantojot 2016. gadā veiktās Kranman Bison 10000 darba laika uzskaites rezultātus. Zaru pievešanas izmaksu raksturošanai izmantoti 2015. gadā grāvju trasēs veikto pētījumu rezultāti (Zimelis & Lazdiņš, 2015). Izmaksu pieņēmumu apkopojums dots Tab. 2. Vimek harvestera uzturēšanas izmaksu aprēķinā pieņemtas faktiskās izmaksas, kas veidojās 2016. gada izmēģinājumos, nostrādājot aptuveni 800 stundas, attiecīgi, ražošanas apstākļos, it īpaši jaunai mašīnai, uzturēšanas izmaksas var būtiski atšķirties.

Aprēķinos pieņemts, ka mežizstrādes atliekas un stumbra atgriezumus atstāj mežā, attiecīgi, zaru pievedējtraktors, biomasas smalcinātājs un šķeldu vedējs izmaksu analīzē nav ietverts.

Tab. 2: Pieņēmumi izmaksu aprēķinos

Izmaksu pozīcija	Vimek	Kranman	Kokvedējs	Zaru pievedējtraktors ³	Biomasas smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Investīcijas						
Bāzes mašīna						
Bāzes mašīnas cena, €	€ 180 000	€ 60 000	€ 171 429	€ 120 000	€ 185 714	€ 171 500
Nolietojuma periods, darba stundās	20 000	4 000	20 000	15 000	14 000	20 000
Nolietojuma periods, gados	7	3	13	5	6	13
Procentu likme, %	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Atlikusi vērtība, %	15%	60%	15%	15%	15%	15%
Atlikusi vērtība, €	€ 27 000	€ 36 000	€ 25 714	€ 18 000	€ 27 857	€ 25 725
Izmaksu koeficients	17%	33%	10%	22%	19%	10%
Investīcijas, € gadā	€ 26 615	€ 7 822	€ 15 206	€ 22 897	€ 30 098	€ 15 212
Aprikojums						
Kauss & griezējgalva						
Cena, €	€ 30 000			€ 3 000		
Nolietojuma periods, darba stundās	10 000			12 000		
Nolietojuma periods, gados	3			4		
Procentu likme, %	5%			5%		
Atlikusi vērtība, %	15%			15%		
Atlikusi vērtība, €	€ 4 500			€ 450		
Izmaksu koeficients	29%			24%		
Investīcijas, € gadā	€ 8 648			€ 727		
Šķeldotājs						
Cena, €					€ 255 714	
Nolietojuma periods, darba stundās					14 000	
Nolietojuma periods, gados					6	
Procentu likme, %					5%	
Atlikusi vērtība, %					15%	
Atlikusi vērtība, €					€ 38 357	
Izmaksu koeficients					16%	
Investīcijas, € gadā					€ 41 096	
Ķēdes & cits aprikojums						

³ Lietots John Deere 810 vai ekvivalents.

Izmaksu pozīcija	Vimek	Kranman	Kokvedējs	Zaru pievedējtraktors	Biomasa smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Cena, €		€ 1 500		€ 15 505		
Nolietojuma periods, darba stundās		4 000		20 000		
Nolietojuma periods, gados		3		7		
Procentu likme, %		5%		5%		
Atlikusī vērtība, %		60%		15%		
Atlikusī vērtība, €		€ 75		€ 775		
Izmaksu koeficients		29%		15%		
Investīcijas, € gadā		€ 440		€ 2 256		
Kopējās investīcijas, € gadā	€ 35 263	€ 8 262	€ 15 206	€ 25 880	€ 71 194	€ 15 212
Personāls						
Algas likme, € stundā	€ 7,00	€ 5,00	€ 5,71	€ 5,00	€ 7,43	€ 5,71
Sociālais nodoklis, %	24%	24%	24%	24%	24%	24%
Darba dienas gadā	220	220	220	220	220	220
Tehniskā gatavība	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Nostrādātās darba dienas gadā	176	176	176	176	176	176
Darba stundas maiņā	8	8	8	8	8	8
Mašīnas operatoru skaits	2	1	3	2	2	3
Virsstundas maiņā	2		2	2	2	2
Algas likme par virsstundām, € stundā	€ 7,00	€ 5,00	€ 5,71	€ 5,00	€ 7,43	€ 5,71
Maiņu skaits dienā	2	1	1	2	2	1
E0/E15	85%	85%	85%	85%	67%	85%
Brauciens uz darbu, vidēji km maiņā	30	30		30	30	
Kompensācija par braucienu uz darbu, €/km	€ 0,20	€ 0,20		€ 0,20	€ 0,20	
Mašīnas pārvietošana uz treilera, reizes gadā	50	50		50	50	
Vidējais mašīnas pārvietošanas attālums, km	50			50	50	
Diktāve pārvietošanas laikā, stundas	2,3	0,5		1,8	2,3	
Dienas nauda, € dienā personai	€ 6,00	€ 6,00		€ 6,00	€ 6,00	
Apmācība, € gadā personai	€ 186	€ 186		€ 186		
Apdrošināšana, € gadā personai	€ 357	€ 357	€ 357	€ 357	€ 357	€ 357
Dzīvojamie vagoniņi un gāze Citas personāla izmaksas, € gadā	€ 1 500			€ 1 500		
Virsstundas gadā	704	0	352	704	704	352
Darba stundas gadā	2 816	1 408	1 408	2 816	2 816	1 408
E15 stundas gadā	2 880	1 172	1 496	2 905	2 246	1 496
Brauciens uz darbu, km gadā	21 120	10 560	0	21 120	21 120	0
Personāla izmaksu kopsavilkums						
Algas, € gadā	€ 19 712	€ 7 040	€ 8 046	€ 14 080	€ 20 919	€ 8 046
Samaksa par virsstundām, € gadā	€ 4 928	€ 0	€ 2 011	€ 3 520	€ 5 230	€ 2 011
Brauciens uz darbu, € gadā	€ 4 224	€ 2 112	€ 0	€ 4 224	€ 4 224	€ 0
Sociālais nodoklis, € gadā	€ 5 813	€ 1 661	€ 2 372	€ 4 152	€ 6 168	€ 2 372
Atvaļinājuma nauda ar nodokļiem, € gadā	€ 2 537	€ 725	€ 1 035	€ 1 812	€ 2 692	€ 1 035
Dienas nauda, € gadā	€ 2 112	€ 1 056	€ 0	€ 2 112	€ 2 112	€ 0

Izmaksu pozīcija	Vimek	Kranman	Kokvedējs	Zaru pievedējtraktors	Biomases smalcinātājs	Šķeldu vedējs
Apmācība, € gadā	€ 371	€ 186	€ 0	€ 372	€ 0	€ 0
Apdrošināšana, € gadā	€ 714	€ 357	€ 1 071	€ 714	€ 714	€ 1 071
Citas personāla izmaksas, € gadā	€ 1 500	€ 0	€ 0	€ 1 500	€ 0	€ 0
Kopā personāls, € gadā	€ 41 911	€ 13 136	€ 14 536	€ 32 486	€ 42 059	€ 14 536
Tehnikas uzturēšanas izmaksas						
Degviela, €/L	€ 0,91	€ 0,91	€ 0,91	€ 0,91	€ 0,91	€ 0,91
Smērvielas, €/kg	€ 7,02	€ 7,02	€ 7,02	€ 7,02	€ 7,02	
Ķēdes eļļa, €/kg	€ 1,65					
Celmu apstrādes materiāls, €/kg	€ 582,60					
Hidrauliskā eļļa, €/L	€ 1,80	€ 1,80	€ 1,80	€ 1,80	€ 1,80	
Degvielas patēriņš, L ber. m³					0,7	
Degvielas patēriņš, L E15 stundā	5	2	18	12	68	18
Degvielas patēriņš, L 100 km			45		45	45
Treilera degvielas patēriņš, L/100 km	45			45		
Smērvielu patēriņš, g E15 stundā	60	35	15	45	15	15
Ķēdes eļļas patēriņš, g E15 stundā	170					
Celmu apstrāde, g E15 stundā	3					
Hidrauliskās eļļas patēriņš, ml E15 stundā	100	47	25	100	100	
Apkope un remonts, € E15 stundā	2,9	0,4	1,4	2,5	5,1	1,4
Citas izmaksas, € E15 stundā		€ 1,99			€ 5,44	€ 5,46
Pārvietošanās izmaksas, € pārbraucienam	€ 115	€ 0		€ 115	€ 115	
Pameža zāģēšana, € ha	€ 120					
Nodokļi, € gadā	€ 45	€ 45	€ 950	€ 45	€ 950	€ 1 056
Apdrošināšana, € gadā	€ 3 600	€ 1 200	€ 3 429	€ 2 400	€ 3 714	€ 3 430
Degvielas izmaksas, € gadā	€ 11 780	€ 1 917	€ 24 480	€ 31 685	€ 137 940	€ 24 480
Smērvielas, € gadā	€ 1 213	€ 290	€ 158	€ 918	€ 236	€ 0
Ķēdes eļļa, € gadā	€ 808					
Celmu apstrāde, € gadā	€ 5 033					
Hidrauliskā eļļa, € gadā	€ 518	€ 99	€ 67	€ 523	€ 404	€ 0
Apkope un remonts, € gadā	€ 8 469	€ 455	€ 2 124	€ 7 261	€ 11 454	€ 2 020
Citas izmaksas, € gadā	€ 0	€ 2 330	€ 0	€ 0	€ 12 224	€ 8 164
Pārvietošanās izmaksas, € gadā	€ 5 750	€ 0	€ 0	€ 5 750	€ 5 750	€ 0
Pameža zāģēšana, € gadā	€ 34 140					
Kopā uzturēšanas izmaksas, € gadā	€ 71 356	€ 6 337	€ 31 207	€ 48 582	€ 172 673	€ 39 150
Kopējās izmaksas, € gadā	€ 148 530	€ 27 735	€ 60 950	€ 106 948	€ 285 926	€ 68 898
Peļņas likme, %	5%					
Kopējās izmaksas, ieskaitot peļņu, € gadā	€ 155 957	€ 29 122	€ 63 997	€ 112 296	€ 300 222	€ 72 343
€ plānotajā darba stundā	€ 44	€ 21	€ 36	€ 32	€ 85	€ 41
€ E15 darba stundā	€ 54	€ 25	€ 43	€ 39	€ 134	€ 48

DARBA REZULTĀTI

Pētījumā vērtēts mežizstrādes darba ražīgums un zāgējamo koku caurmēra ietekme uz mežizstrādes darba ražīgumu. Salīdzinājumam izmantoti John Deere 1070 harvestera un John Deere 810 pievedējtraktora darba ražīguma rādītāji jaunaudžu kopšanas cirtēs (Kalēja *et al.*, 2014c).

Darba ražīgums

Kopējais izmēģinājumos sagatavotais kokmateriālu apjoms (ar mizu) ir 69 m³. Vidējais nozāgētais koks – 0,06 m³, vidējā nozāgētā koka caurmērs 10 cm. Darba laika sadalījums sektoros dots Tab. 3. Produktīvā darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai ir 9,7 min., kopējais darba laika patēriņš 1 m³ sagatavošanai ir 10,4 min., tajā skaitā pārbraucieniem patērētas 0,6 min. m⁻³.

Sagatavotā apjoma raksturojums sektoru griezumā dots Tab. 4. Vidējais izkritušo koku skaits, t.i. tādi koki kuru apstrāde nenoslēdzās ar kokmateriālu sagatavošanu, ir 2,4 %, vidēji katrs koks ir laists cauri atzarošanas nažiem 1,1 reizi. Atkārtotas atzarošanas bērzu plantācijā bija nepieciešamas retāk, nekā skujkoku audzēs, taču atšķirība nav būtiska.

Tab. 3: Darba laika patēriņš, min. m⁻³

Sektors	Sniedzās	Satver	Zāgē	Zari un pamežs	Atzaro	Noliek	Citi darbi	Iebrauc cīsmā	Izbrauc no cīsmas	Brauc cīsmā	Pārtraukums	Produktīvais laiks	Kopējais laiks	Braukšanas laiks kopā	Produktīvais laiks, neskaitot braukšanu
1	1,08	0,46	1,46	2,22	4,05	0,07	21,36	0,00	0,95	5,94	6,04	36,64	42,68	0,95	35,69
2	1,25	0,95	1,95	1,72	5,28	0,00	0,21	0,00	0,00	1,99	0,00	13,35	13,35	0,00	13,35
3	1,28	0,51	1,79	1,16	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	10,10	10,10	0,00	10,10
4	0,40	0,22	0,79	0,51	3,02	0,00	0,06	0,00	0,00	2,91	0,00	7,90	7,90	0,00	7,90
5	0,46	0,34	0,92	0,09	3,72	0,00	5,90	0,00	0,00	0,63	0,00	12,05	12,05	0,00	12,05
6	0,73	0,36	1,01	2,37	4,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	0,00	9,89	9,89	0,00	9,89
7	1,02	0,65	1,36	2,37	5,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,55	0,00	12,07	12,07	0,00	12,07
8	0,77	0,44	1,63	1,98	4,98	0,00	0,25	0,00	0,00	2,18	0,00	12,22	12,22	0,00	12,22
9	1,04	0,76	1,97	2,96	5,52	0,00	0,00	0,00	0,00	3,46	0,07	15,71	15,78	0,00	15,71
10	0,59	0,37	1,08	1,05	3,64	0,00	0,04	0,00	0,00	0,99	2,13	7,75	9,88	0,00	7,75
11	0,81	0,51	1,02	0,10	3,46	0,00	5,84	0,00	0,00	1,17	0,00	12,91	12,91	0,00	12,91
12	0,70	0,41	1,06	0,37	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	7,34	7,34	0,00	7,34
13	1,11	0,44	1,50	0,17	4,70	0,00	0,15	0,00	0,00	1,07	0,25	9,14	9,39	0,00	9,14
14	0,99	0,38	1,26	0,15	4,04	0,00	0,13	0,00	0,00	0,79	0,00	7,74	7,74	0,00	7,74
15	0,88	0,45	1,28	0,66	3,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,82	2,24	10,61	12,85	0,00	10,61
16	1,15	0,50	1,42	0,28	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00	8,05	8,05	0,00	8,05

Sektors	Sniedzas	Salvet	Zāģē	Zari un pamežs	Atzaro	Noliek	Citi darbi	Iebrauc cīsmā	Izbrauc no cīsmas	Brauc cīsmā	Pārtraukums	Produktīvais laiks	Kopējais laiks	Braukšanas laiks kopā	Produktīvais laiks, neskatot braukšanu
17	1,56	0,76	1,78	0,28	4,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	3,83	9,91	13,74	0,00	9,91
18	1,07	0,54	1,67	0,73	4,90	0,00	5,07	0,00	0,00	0,84	0,08	14,82	14,91	0,00	14,82
19	0,51	0,43	1,18	0,29	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	6,01	6,01	0,00	6,01
20	0,70	0,42	1,26	0,11	4,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	7,89	7,89	0,00	7,89
21	0,78	0,33	1,42	0,24	3,81	0,00	1,45	0,00	0,00	0,61	0,93	8,64	9,56	0,00	8,64
22	0,72	0,40	1,36	0,21	3,86	0,00	2,62	0,00	0,00	0,67	0,15	9,82	9,97	0,00	9,82
23	0,86	0,54	1,31	2,05	4,82	0,00	0,00	0,10	0,00	1,26	0,00	10,83	10,83	0,10	10,73
24	0,72	0,33	1,23	0,49	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	7,42	7,42	0,00	7,42
25	0,83	0,64	1,76	0,59	5,41	0,00	0,00	0,00	14,19	8,04	5,84	17,27	23,11	14,19	3,08
26	0,60	0,51	1,29	0,25	3,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	7,40	7,40	0,00	7,40
27	0,50	0,36	1,03	0,25	2,73	0,00	4,92	3,40	3,76	0,37	0,00	10,17	10,17	7,16	3,01
28	0,95	0,49	1,42	0,22	4,48	0,06	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	8,18	8,18	0,00	8,18
29	0,56	0,37	1,00	0,34	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	7,00	7,00	0,00	7,00
30	1,30	0,59	1,46	0,43	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	0,00	10,87	10,87	0,00	10,87
31	1,30	0,61	1,43	1,30	5,22	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	0,00	12,39	12,39	0,00	12,39
32	0,75	0,24	1,06	0,08	3,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	0,12	7,01	7,13	0,00	7,01
33	0,98	0,41	1,08	0,72	3,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00	7,96	7,96	0,00	7,96
34	0,69	0,33	1,00	0,00	3,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83	0,00	7,63	7,63	0,00	7,63
35	0,91	0,38	1,22	0,52	3,64	0,06	0,00	0,00	0,00	1,54	0,15	8,27	8,42	0,00	8,27
36	0,89	0,37	0,98	0,10	3,89	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	0,00	7,95	7,95	0,00	7,95
37	0,64	0,29	0,99	0,00	3,63	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	4,57	7,54	12,11	0,00	7,54
38	0,52	0,31	0,97	0,20	3,68	0,00	0,00	0,00	0,00	3,12	0,34	8,78	9,12	0,00	8,78
39	0,82	0,35	1,30	0,25	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	7,12	7,12	0,00	7,12
40	0,71	0,34	1,12	0,18	3,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	6,05	6,05	0,00	6,05
41	0,94	0,45	1,59	0,44	4,68	0,04	0,00	0,00	0,00	0,71	1,13	8,84	9,97	0,00	8,84
42	0,70	0,47	1,39	0,03	3,61	0,00	2,22	0,00	0,00	0,46	5,47	8,88	14,35	0,00	8,88
43	0,72	0,27	1,20	0,43	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	6,28	6,28	0,00	6,28
44	1,24	0,59	1,71	2,25	5,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,73	0,00	12,58	12,58	0,00	12,58
45	1,14	0,85	2,42	0,99	7,10	0,00	96,74	2,84	101,71	11,08	20,31	120,32	140,64	104,55	15,77
Vidēji	0,80	0,43	1,25	0,63	3,97	0,00	1,20	0,12	0,48	1,46	0,69	9,73	10,42	0,60	9,14

Tab. 4: Izstrādātā apjoma un koku dimensiju raksturojums

Sektors	Koku skaits sektorā	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Koku krāja, m³	Vidējā nozāģēta koka krāja, m³	Izkritušie koki	Atzarošanas operāciju skaits kokam
1	22	9	1,13	0,05	0,0%	1,18
2	26	8	0,97	0,04	3,9%	1,15
3	25	9	1,01	0,04	4,0%	1,00

Sektors	Koku skaits sektorā	Vidējā nozāgētā koka caurmērs, cm	Koku krāja, m³	Vidējā nozāgēta koka krāja, m³	Izkritušie koki	Atzarošanas operāciju skaits kokam
4	27	12	2,51	0,09	0,0%	0,96
5	24	12	2,08	0,09	4,2%	1,08
6	25	11	1,80	0,07	8,0%	1,20
7	25	9	1,31	0,05	8,0%	1,00
8	25	10	1,31	0,05	0,0%	1,16
9	25	9	1,21	0,05	0,0%	1,16
10	25	12	2,40	0,10	4,0%	1,24
11	25	11	1,76	0,07	0,0%	1,12
12	25	11	1,71	0,07	0,0%	1,04
13	25	10	1,31	0,05	0,0%	1,00
14	25	10	1,57	0,06	4,0%	1,04
15	25	10	1,43	0,06	0,0%	1,00
16	25	10	1,47	0,06	4,0%	1,12
17	25	9	1,05	0,04	0,0%	1,00
18	25	9	1,21	0,05	4,0%	1,00
19	25	13	2,52	0,10	0,0%	1,08
20	25	11	1,82	0,07	4,0%	1,16
21	25	11	1,69	0,07	4,0%	1,00
22	25	11	1,73	0,07	4,0%	1,04
23	25	9	1,27	0,05	4,0%	1,24
24	25	11	1,68	0,07	8,0%	1,20
25	24	9	1,11	0,05	0,0%	1,13
26	26	10	1,48	0,06	3,9%	1,08
27	24	13	2,36	0,10	0,0%	1,08
28	25	9	1,11	0,04	0,0%	0,96
29	25	12	1,89	0,08	4,0%	1,20
30	25	8	0,87	0,04	0,0%	1,08
31	25	9	1,16	0,05	0,0%	1,12
32	25	11	1,85	0,07	8,0%	1,16
33	25	11	1,90	0,08	0,0%	1,04
34	25	10	1,45	0,06	0,0%	1,12
35	25	10	1,53	0,06	4,0%	0,96
36	25	12	1,94	0,08	0,0%	1,04
37	25	10	1,62	0,07	4,0%	1,20
38	25	11	1,83	0,07	0,0%	1,04
39	25	10	1,54	0,06	0,0%	1,08
40	25	11	1,92	0,08	0,0%	1,04
41	25	8	1,07	0,04	0,0%	1,04
42	25	11	1,60	0,06	0,0%	1,04
43	26	12	2,08	0,08	3,9%	1,39
44	25	8	0,97	0,04	4,0%	1,36

Sektors	Koku skaits sektorā	Vidējā nozāģētā koka caurmērs, cm	Koku krāja, m³	Vidējā nozāģēta koka krāja, m³	Izkritušie koki	Atzarošanas operāciju skaits kokam
45	2	9	0,07	0,04	50,0%	2,00
Vidēji	1101	10	69,27	0,06	2,4%	1,10

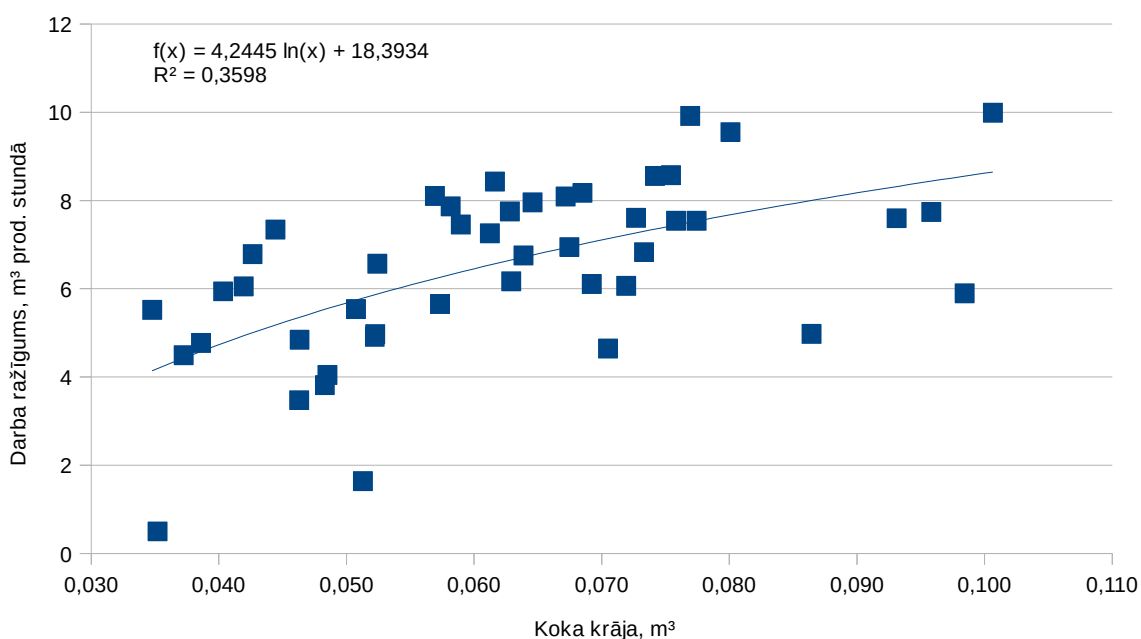
Vidēji produktīvajā darba stundā apstrādāti 98 koki, produktīvā darba laika īpatsvars no kopējā darba laika ir 93 %, iebraukšanai un izbraukšanai no audzes patērēti 6 % no produktīvā darba laika. Vidējais darba ražīgums izmēģinājumos ir 6,2 m³ produktīvajā darba stundā vai 6,6 m³ produktīvajā darba stundā, atskaitot pārbraucienus (Tab. 5).

Tab. 5: Darba ražīguma rādītāju kopsavilkums

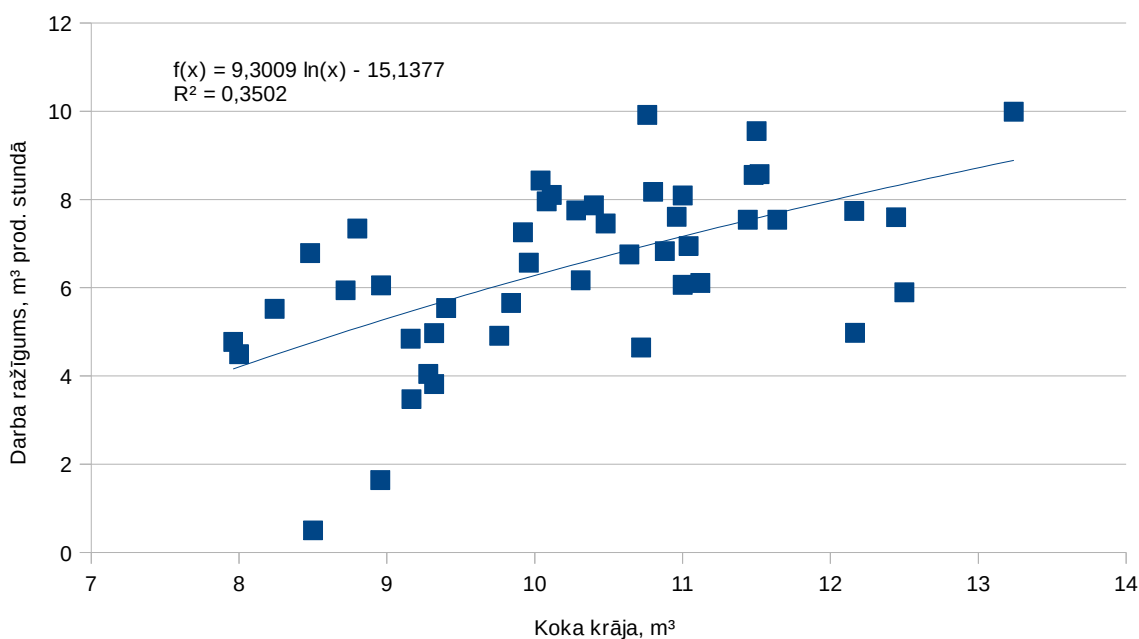
Sektors	Produktīvajā stundā nozāģēto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Iebraukšana un izbraukšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m³ produktīvajā stundā	Darba ražīgums, m³ produktīvajā stundā, neskaitot braukšanu
1	32	86%	3%	1,6	1,7
2	121	100%	0%	4,5	4,5
3	147	100%	0%	5,9	5,9
4	82	100%	0%	7,6	7,6
5	58	100%	0%	5,0	5,0
6	84	100%	0%	6,1	6,1
7	95	100%	0%	5,0	5,0
8	94	100%	0%	4,9	4,9
9	79	100%	0%	3,8	3,8
10	81	78%	0%	7,7	7,7
11	66	100%	0%	4,6	4,6
12	119	100%	0%	8,2	8,2
13	125	97%	0%	6,6	6,6
14	123	100%	0%	7,8	7,8
15	99	83%	0%	5,7	5,7
16	126	100%	0%	7,5	7,5
17	144	72%	0%	6,1	6,1
18	83	99%	0%	4,0	4,0
19	99	100%	0%	10,0	10,0
20	105	100%	0%	7,6	7,6
21	103	90%	0%	6,9	6,9
22	88	98%	0%	6,1	6,1
23	109	100%	1%	5,5	5,6
24	120	100%	0%	8,1	8,1
25	75	75%	82%	3,5	19,5
26	142	100%	0%	8,1	8,1
27	60	100%	70%	5,9	19,9
28	165	100%	0%	7,3	7,3
29	114	100%	0%	8,6	8,6
30	159	100%	0%	5,5	5,5

Sektors	Produktīvajā stundā nozāgēto koku skaits	Produktīvais darba laika no kopējā darba laika	Iebraukšana un izbraukšana no audzes no produktīvā darba laika	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā	Darba ražīgums, m ³ produktīvajā stundā, neskaitot braukšanu
31	105	100%	0%	4,8	4,8
32	115	98%	0%	8,6	8,6
33	99	100%	0%	7,5	7,5
34	135	100%	0%	7,9	7,9
35	118	98%	0%	7,3	7,3
36	97	100%	0%	7,5	7,5
37	123	62%	0%	8,0	8,0
38	93	96%	0%	6,8	6,8
39	137	100%	0%	8,4	8,4
40	129	100%	0%	9,9	9,9
41	159	89%	0%	6,8	6,8
42	106	62%	0%	6,8	6,8
43	119	100%	0%	9,6	9,6
44	124	100%	0%	4,8	4,8
45	14	86%	87%	0,5	3,8
Vidēji	98	93%	6%	6,2	6,6

Darba ražīgumu produktīvajā stundā, atkarībā no vidējā zāgējamo koku stumbru tilpuma katrā sektorā raksturo logaritmisks vienādojums (Att. 4). Sakarība ir vidēji cieša un to būtiski ietekmē pārbraucieni, krūmu zāgēšanai un citu darbu veikšanai patērētais laiks. Līdzīga regresijas līkne raksturo arī darba ražīguma un vidējā sektora vidējā nozāgētā koka caurmēra sakarību (Att. 5).

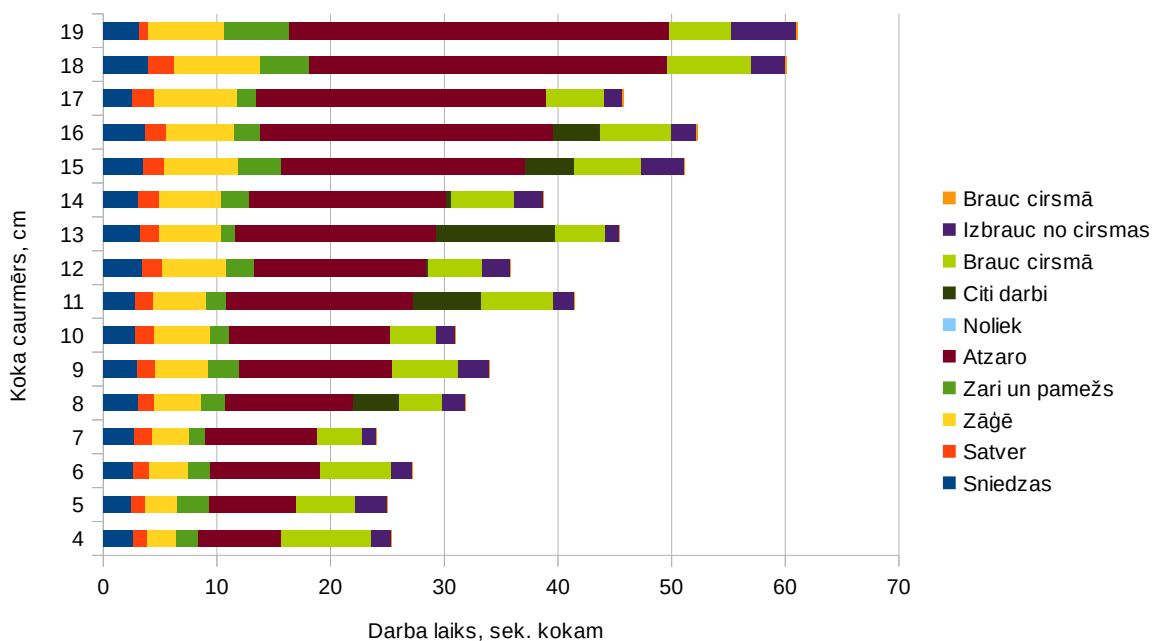


Att. 4: Darba ražīguma rādītāji atbilstoši vidējā nozāgētā koka tilpumam sektorā.



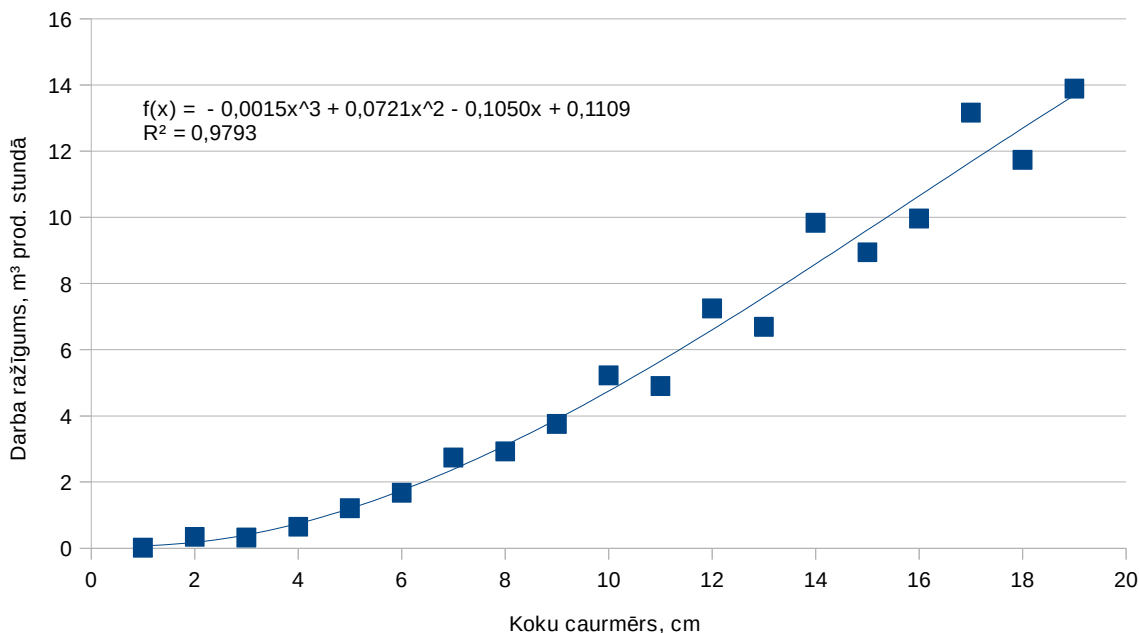
Att. 5: Darba ražīguma rādītāji atbilstoši vidējā nozāģētā koka caurmēram sektorā.

Darba laika elements, kas palielinās visstraujāk, zāģējot resnākus kokus, ir atzarošana un garumošana. Salīdzinot 10 cm un 19 cm resnu koku apstrādes laiku, resnākā koka atzarošanai nepieciešams divreiz ilgāks laiks. Mazākā mērā pieaug koka nozāģēšanai patērētais laiks (Att. 6).

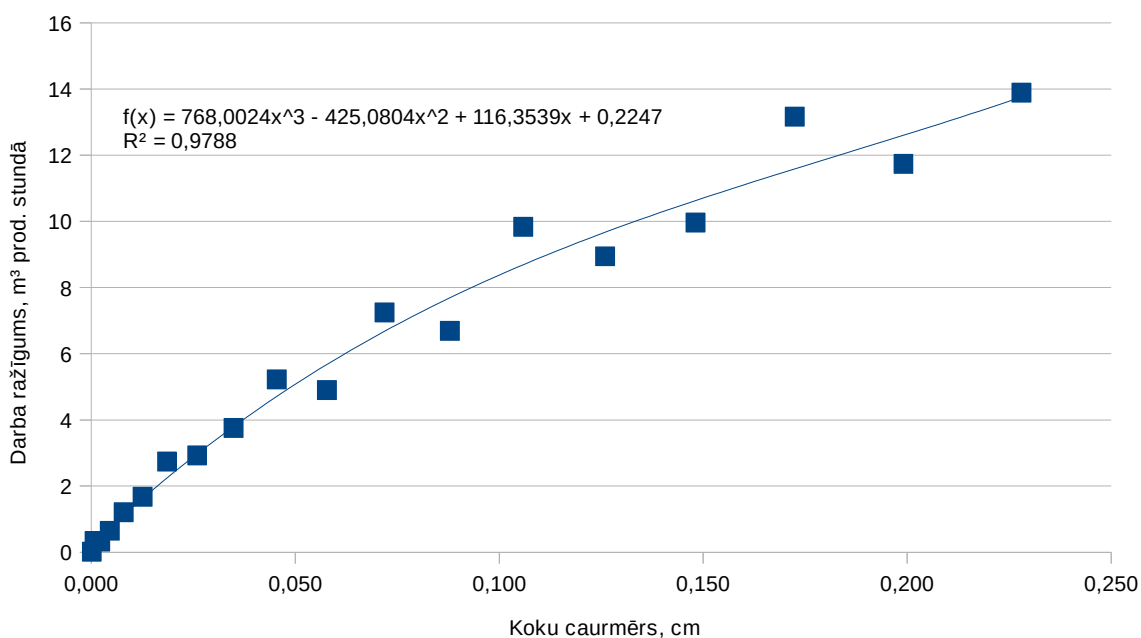


Att. 6: Darba laika patēriņa sadalījums (sek. 1 koka apstrādei) dažādās zāģējamo koku caurmēra pakāpēs.

Salīdzinot darba ražīgumu, zāģējot kokus ar atšķirīgu caurmēru, konstatēta cieša sakarība, ko raksturo pakāpes vienādojums (Att. 7 parādīta caurmēra un darba ražīguma sakarība, bet Att. 8 - koka stumbra tilpuma un darba ražīguma sakarība).

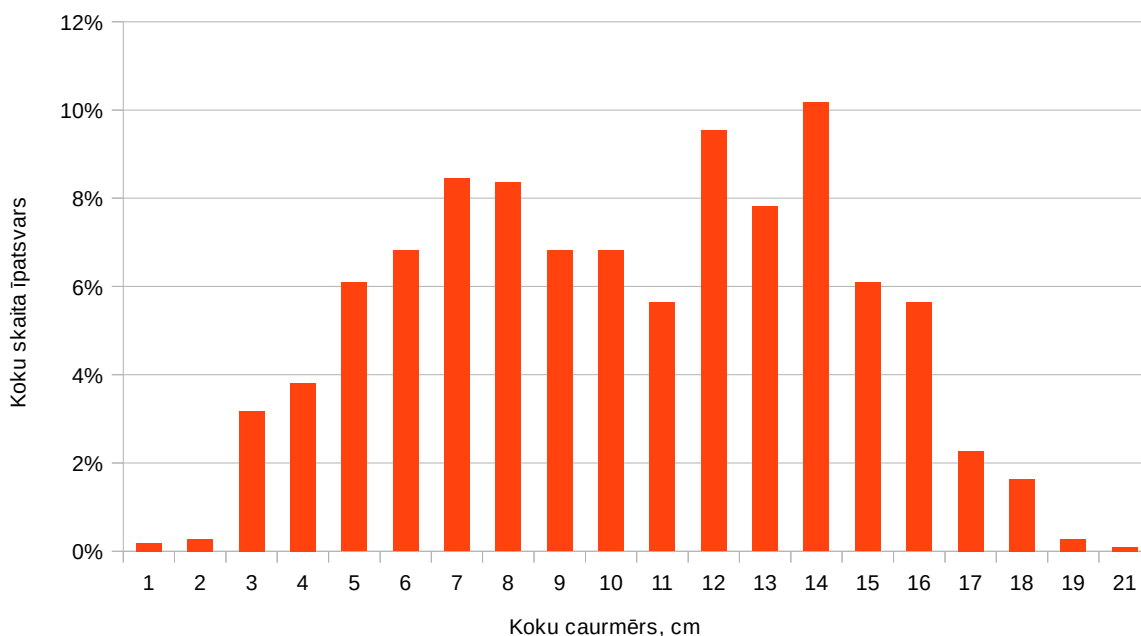


Att. 7: Vidējais darba ražīgums dažādās caurmēra pakāpēs.



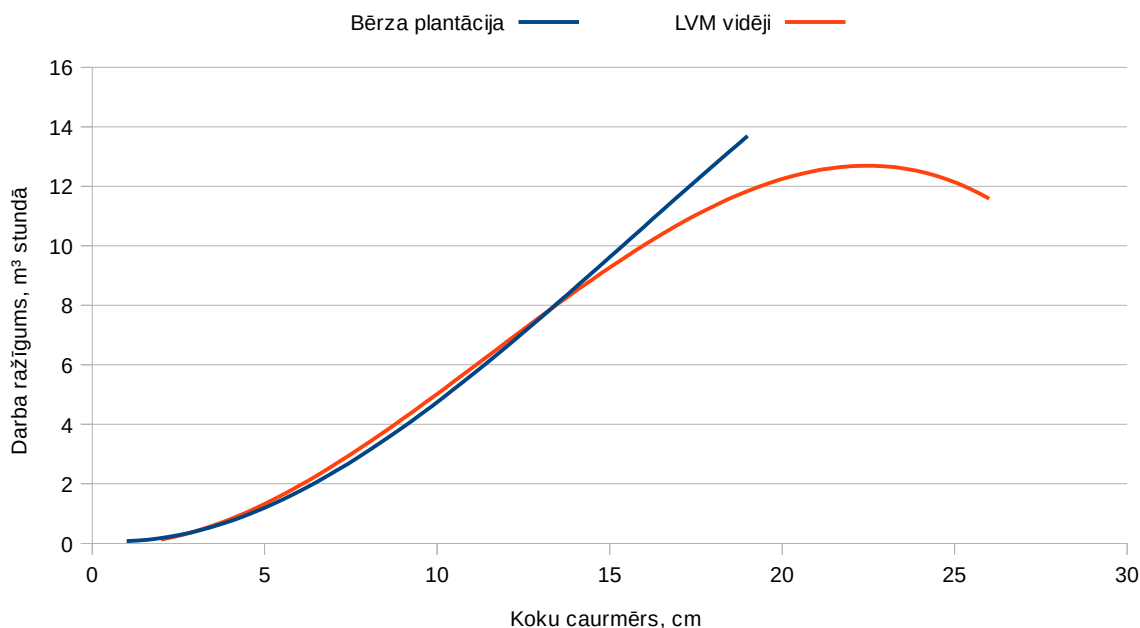
Att. 8: Vidējais darba ražīgums atkarībā no zāģējamā koka tilpuma.

Lielākā daļa nozāgēto koku ir 6-16 cm resni (Att. 9). Nozāgēto koku skaita sadalījums atbilst normālajam sadalījumam. Pētījumā konstatēta tāda pati likumsakarība, kā pirms tam AS "Latvijas valsts meži" veiktajos izmēģinājumos – pieredzējušie operatori necenšas atzarot par 6 cm tievākos nozāgētos kociņus, tādējādi būtiski palielinot mežizstrādes darba ražīgumu.



Att. 9: Zāgējamo koku skaita sadalījums.

Atšķirībā no AS "Latvijas valsts meži" veiktajiem izmēģinājumiem pētījumā nav konstatēts darba ražīguma pieauguma samazinājums, zāgējot resnākus kokus – izmēģinājumos nav sasniegts darba ražīguma līknes plato līmenis, kas raksturo mežizstrādes mašīnas tehnisko iespēju robežas. Tomēr izmēģinājumos netika zāgēti par 20 cm resnāki koki (robeža, pie kuras sākās darba ražīguma pieauguma samazinājums skujkoku audzēs, Att. 10), tāpēc pagaidām nav pamata uzskatīt, ka lapkoku plantācijās krājas kopšanas cirtēs sasniedzami labāki darba ražīguma rādītāji, nekā skujkoku audzēs). Zāgējot līdz 15 cm resnus kokus, Vimek harvestera darba ražīguma rādītāji būtiski neatšķiras no pirms tam skujkoku kopšanas cirtēs iegūtajiem datiem.



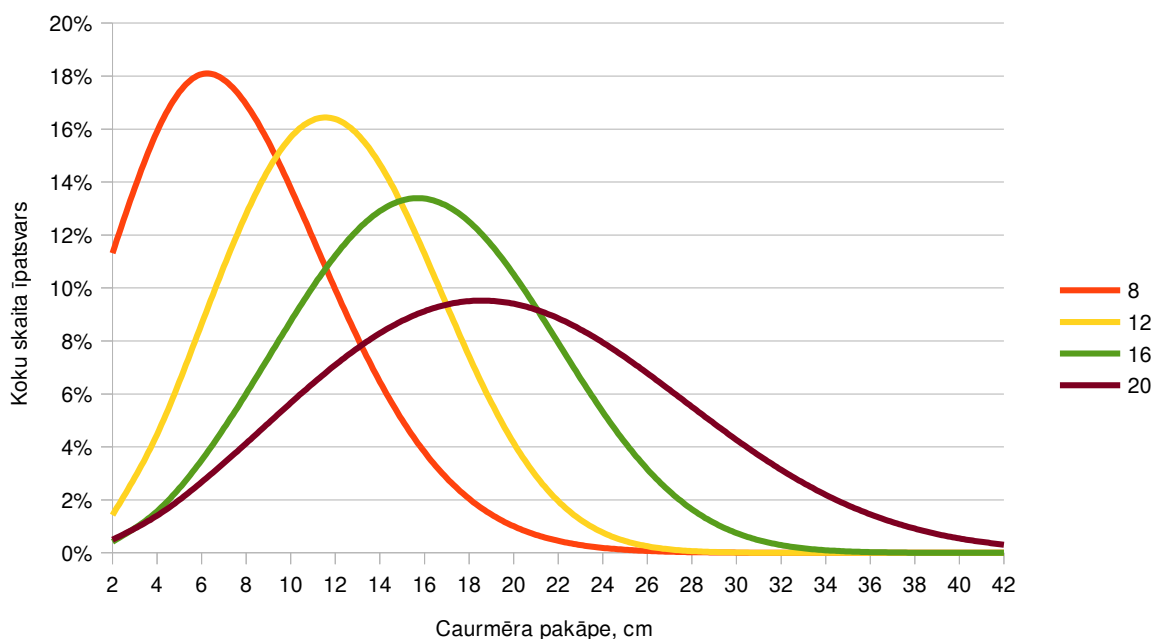
Att. 10: Darba ražīguma salīdzinājums bērza plantācijā un vidēji Vimek izmēģinājumos Meža pētīšanas stacijas mežos.

Izmaksu un ieņēmumu modelēšanai atkarībā no vidējā zāgējamā koka caurmēra izveidoti koeficienti Veibula sadalījumam, kas raksturo dažādu dimensiju nozāgēto koku īpatsvaru atkarībā no vidējā nozāgētā koka caurmēra (Tab. 6). Sadalījums vienādojums izmantots jutīguma analīzē un modelējot ieņēmumus un izdevumus, atkarībā no vidējā nozāgējamā koka caurmēra.

Tab. 6: Veibula vienādojuma parametri nozāgēto koku skaita sadalījuma modelēšanai

Koeficients	Parametrs	Skaitliskā vērtība
alfa	Inter	-1,93
	β	0,65
	β_2	-0,02
beta	Inter	0,41
	D	1,09
MIN		2
MAX		20

Att. 11 doti nozāgēto koku skaita sadalījuma piemēri. Grafikos redzams, ka, zāgējot 12-20 cm resnus kokus, sadalījums atbilst normālajam, bet, zāgējot tievākus kokus, palielinās mazo kociņu īpatsvars.



Att. 11: Nozāgēto koku skaita sadalījuma piemērs atkarībā no vidējā nozāgētā koka caurmēra.

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Vidējās harvestera plānotās darba stundas izmaksas ir 34 EUR, produktīvās darba stundas izmaksas ir 42 EUR. Kokmateriālu sagatavošanas izmaksas ir 8,13 EUR m³ (tīlpums bez mizas), gada laikā, nostrādājot 2880 produktīvā darba stundas, harvesters var sagatavot 14782 m³ apaļo kokmateriālu (Tab. 7). Kopējās kokmateriālu sagatavošanas, pievešanas un izvešanas izmaksas, izmantojot Kranman Bison 10000 pievedējtraktoru, ir 21,10 EUR. Pievešanas izmaksas ir tikpat lielas, kā mežizstrādes izmaksas. Tas saistīts, galvenokārt, ar pievedējtraktora mazo kravnesību, tāpēc praksē jāizmanto lielāks pievedējtraktors (Vimek 610 vai ekvivalents), kas ļauj izmantot Vimek harvestera priekšrocības (ļauj veidot šaurus tehnoloģiskos koridorus), vienlaicīgi līdz 3 reizēm, salīdzinot ar Kranman pievedējtraktoru, palielinot kravas apjomu. Savukārt, Kranman pievedējtraktora galvenās priekšrocības (mazs degvielas patēriņš un mobilitāte) izpaužas nelielās cismās, kur mežizstrādi veic ar rokas motorinstrumentiem.

Tab. 7: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze

Rādītājs	Vimek harvesters	Kranman pievedējtraktors	Kokvedējs
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, € gadā			
Investīcijas	€ 35 263	€ 8 262	€ 15 206
Personāls	€ 41 911	€ 13 136	€ 14 536
Operacionālās izmaksas	€ 37 216	€ 6 337	€ 31 207
Plānotā peļņa	€ 5 719	€ 1 387	€ 3 047
Kopā, € gadā	€ 120 109	€ 29 122	€ 63 997

Rādītājs	Vimek harvesters	Kranman pievedējtraktors	Kokvedējs
Darba ražīgums			
Stumbra koksne ar mizu, m ³ E15-h ⁻¹	6,2	3,7	10,6
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms			
Ražošanas apjoms, m ³ gadā, tajā skaitā	17738	3976	14658
apaļie kokmateriāli, m ³ gadā	14782	3582	13205
Apaļie kokmateriāli, € m⁻³	€ 8,13	€ 8,13	€ 4,85

Jutīguma analīze

Pētījumā salīdzināts vidējā audzes koka caurmēra, pievešanas attāluma, pievedējtraktora kravas lieluma, piegādes attāluma, degvielas patēriņa, degvielas cenas un mašīnas tehniskās gatavības ietekme uz kokmateriālu sagatavošanas, pievešanas un izvešanas pašizmaksu (Att. 12).

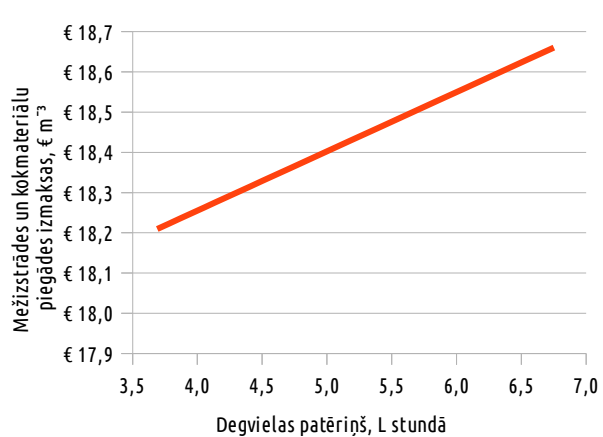
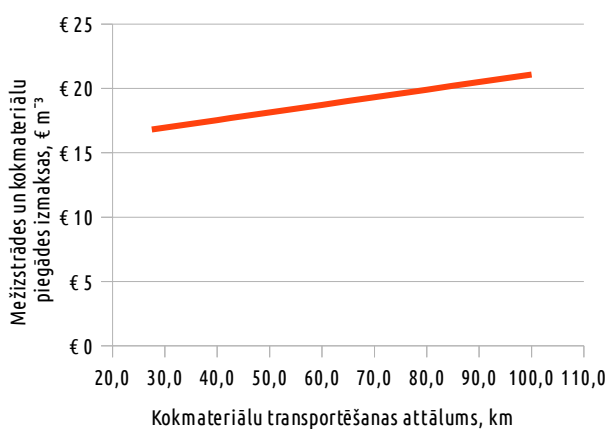
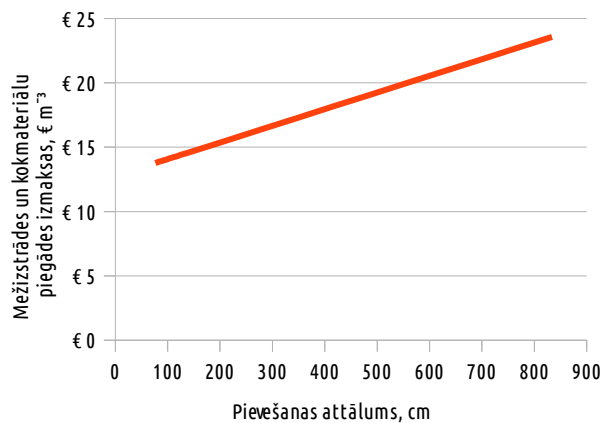
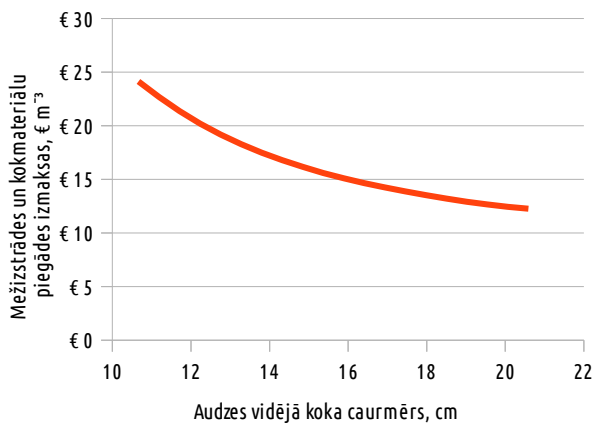
Vidējā audzes koka caurmēra ietekme vērtēta 10-20 cm diapazonā, atbilstoši maksimālajiem un minimālajiem rādītājiem darba laika uzskaites sektoros. Veicot kopšanas cirti audzē, kur vidējā koka caurmērs ir 10 cm, kokmateriālu pašizmaksa pieaug līdz 24,2 EUR m⁻³, savukārt, veicot kopšanu audzē, kur vidējā koka caurmērs ir 20 cm, kokmateriālu pašizmaksa samazinās līdz 12,3 EUR m⁻³. Pievešanas attālumam ir būtiska ietekme uz pašizmaksu, izmantojot pievedējtraktoru ar mazu kravnesību un nelielu braukšanas ātrumu. Ja pievešanas attālums palielinās līdz 850 m, kokmateriālu pašizmaksa palielinās līdz 23,6 EUR m⁻³. Pievešanas attāluma pieaugumam būtu vēl lielāka ietekme sliktos pievešanas apstākļos, t.i., ja pievedējtraktoram ir jāpako ceļš. Kokmateriālu piegādes attālumam ir līdzīga, taču salīdzinoši mazāka ietekme – palielinot piegādes līdz 100 km, kokmateriālu pašizmaksa pieaug līdz 21 EUR m⁻³.

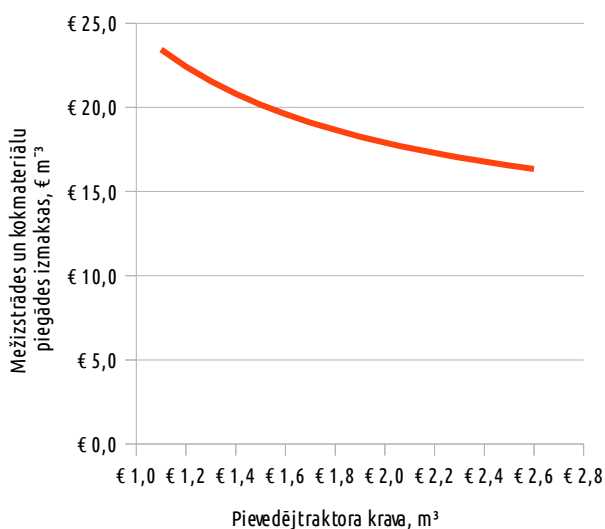
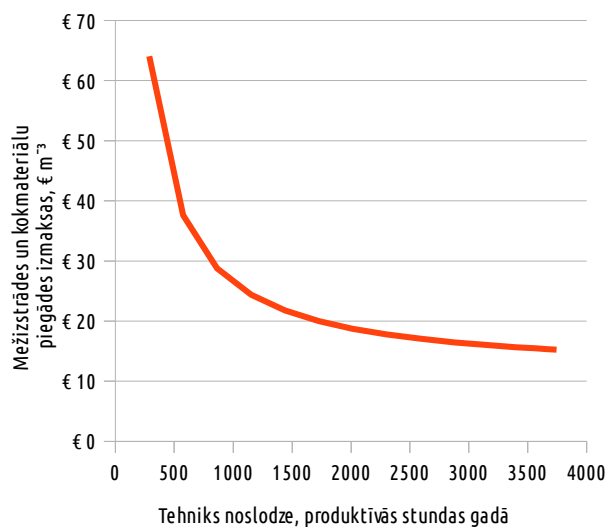
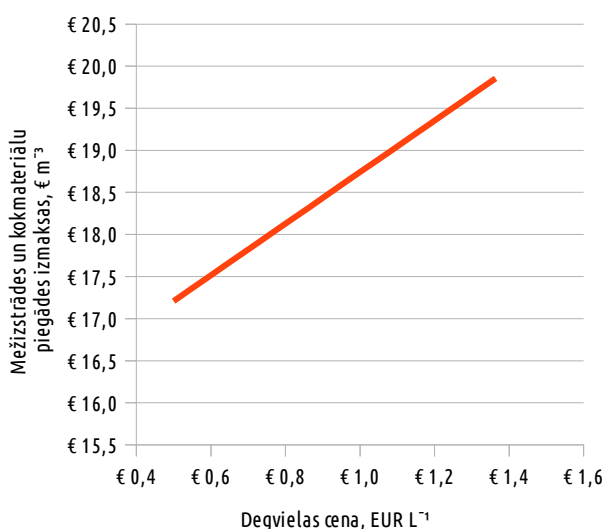
Pievedējtraktora kravas lielumam arī ir būtiska ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu. Palielinot kravas apjomu līdz 2,6 m³ (par 30 % no vidējā rādītāja), kokmateriālu pašizmaksa samazinās līdz 16,3 EUR m⁻³ (par 10 %).

Harvestera degvielas patēriņam ir salīdzinoši neliela ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu. Pieaugot degvielas patēriņam par 50 %, salīdzinot ar vidējo rādītāju (atbilstoši maksimālajiem degvielas patēriņa datiem no degvielas uzskaites sistēmas), kokmateriālu pašizmaksa pieaug tikai par 2 %. Jāņem vērā, ka palielinoties degvielas patēriņam par 50 %, Vimek harvestera degvielas patēriņš vēl arvien ir gandrīz 2 reizes mazāks, nekā vidējās klases harvestera degvielas patēriņš. Tajā pat laikā jaunaudžu un 1. krājas kopšanas cirtes segmentā Vimek nodrošina tādu pašu darba ražīgumu, kā vidējās klases harvesteri. Arī degvielas cenas pieaugumam ir salīdzinoši neliela ietekme, jo aprēķinos izmantotais harvesters un pievedējtraktors patērē 3-5 reizes mazāk degvielas, nekā vidējās klases mežizstrādes tehnika un degvielas cenai ir relatīvi mazāka ietekme uz kokmateriālu pašizmaksu.

Vislielāko ietekmi uz kokmateriālu pašizmaksu rada prognozētais produktīvo darba stundu skaits gadā. Ja harvestera produktīvo darba stundu skaits gadā ir mazāks par 1500, kokmateriālu pašizmaksa strauji palielinās, sasniedzot 41 EUR m⁻³, ja gadā nostrādā 500 produktīvās stundas. Produktīvo darba stundu skaita palielinājums virs 2800 gadā, kas

teorētiski ir iespējams, izmainot maiņu režīmu, nedaudz samazinās kokmateriālu pašizmaksu, taču šī ietekme nav proporcionāla tehnikas noslodzes samazinājuma ietekmei.





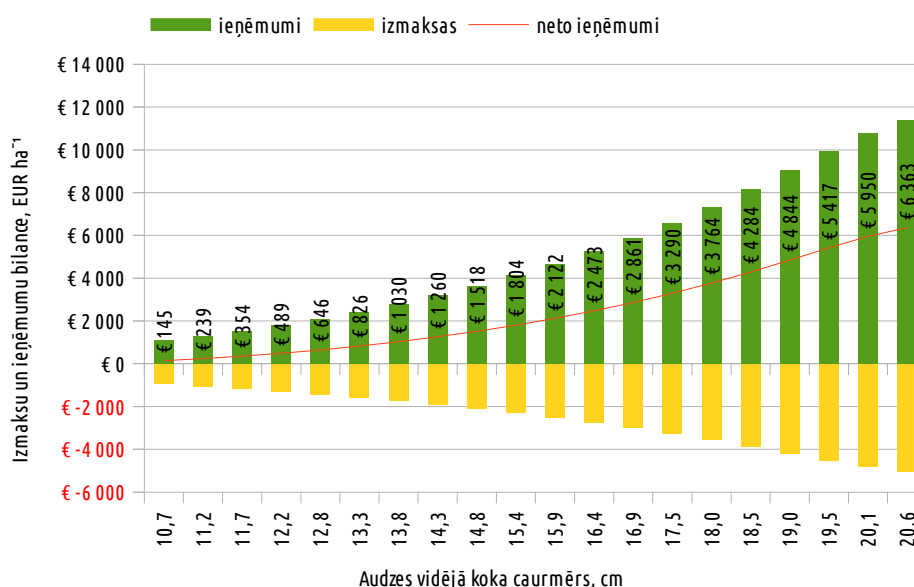
Att. 12: Jutīguma analīze krājas kopšanas cirtē.

Jutīguma analīze norāda uz nepieciešamību veikt rūpīgu mežizstrādes darbu plānošanu, lai nodrošinātu harvestera noslodzi vismaz 2000 produktīvās stundas gadā, kā arī lielāka pievedējtraktora izvēles priekšrocības. Lai nepalielinātu tehnoloģisko koridoru platumu, ir jāizvēlas kompromisa variants, piemēram, Vimek 610 pievedējtraktors, kas ļauj palielināt vidējās kravas lielumu līdz 3 reizes, nepalielinot tehnoloģisko koridoru platumu un degvielas patēriņu palielinot tikai 2 reizes (vidējās klases pievedējtraktoram degvielas patēriņa stundā palielinājums, salīdzinot ar Kranman Bison 10000, būtu 5 reizes). Latvijā un Ziemeļvalstīs pietrūkst datu par mazo pievedējtraktoru (pašmasa ap 5 tonnas) darba ražīgumu jaunaudžu

kopšanas cirtēs, tāpēc precīzāku datu ieguvei par efektīvākajām darba metodēm tehnikas komplekta izmantošanai nepieciešami praktiski pētījumi.

Ieņēmumu un izdevumu analīze

Att. 13 salīdzinātas ražošanas izmaksas un ieņēmumi uz 1 ha, atkarībā no audzes vidējā koka caurmēra. Ieņēmumos visās caurmēra pakāpēs rēķināta tikai papīrmalkas un biokurināmā (malkas) sagatavošana. Izmēģinājumu platībās vidējā koka caurmērs ir 12 cm, attiecīgi, bruto peļņa, atskaitot mežizstrādes izmaksas, ir 489 EUR ha⁻¹. Minimālais audzes vidējā koka caurmērs, kas nodrošina pozitīvu naudas plūsmu, ir 10 cm.



Att. 13: Ieņēmumu un izdevumu prognoze.

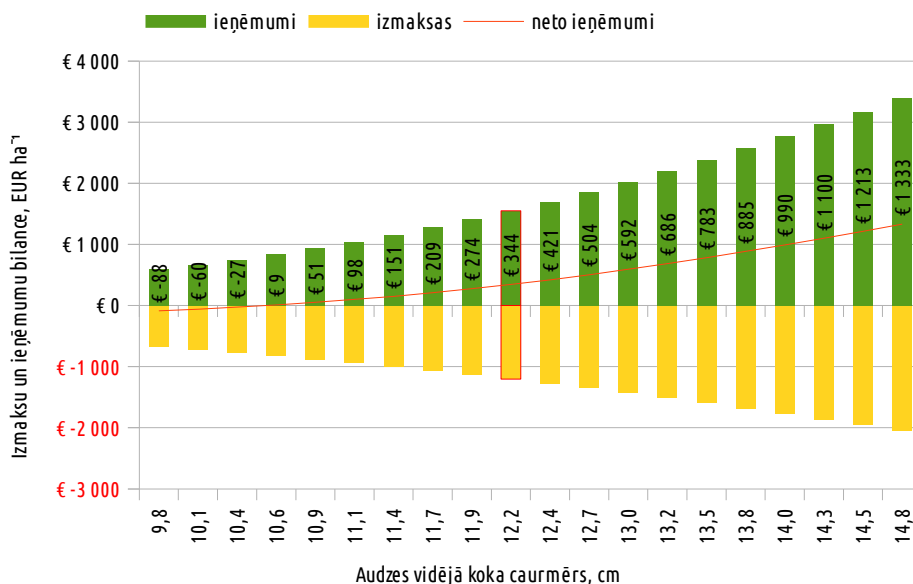
Salīdzinājumam pētījumā novērtēta iespējamā kokmateriālu pašizmaksa, izmantojot vidējās klases harvesteru un pievedējtraktoru. Darba ražīguma rādītāji un pieņēmumi kokmateriālu pašizmaksas aprēķiniem ņemti no LVMI Silava iepriekš īstenotajiem pētījumiem (Kalēja *et al.*, 2014c, b; a; Kalēja & Lazdiņš, 2014).

Izmantojot vidējās klases harvesteru jaunaudzju kopšanas cirtē, kokmateriālu pašizmaksa pieaugtu līdz 24,5 EUR m⁻³ (par 14 %). Lielāko izmaksu pieauguma daļu veido harvesters (Tab. 8); savukārt, vidējās klases pievedējtraktora izmantošana ļauj samazināt pievešanas izmaksas, pateicoties būtiski lielākai kravnesībai un braukšanas ātrumam. Teorētiski visefektīvākais risinājums ir Vimek harvestera un vidējās klases pievedējtraktora izmantošana, taču tam nepieciešama tehnoloģisko koridoru platuma palielināšana, kas mazina Vimek harvestera izmantošanas priekšrocības.

Tab. 8: Kokmateriālu un biokurināmā pašizmaksas analīze alternatīvam vidējās klases tehnikas scenārijam

Rādītājs	John Deere 1070 vai ekvivalents harvesters	John Deere 810 vai ekvivalents harvesters	Kokvedējs
Atsevišķas tehnikas vienības izmaksas, € gadā			
Investīcijas	€ 65 464	€ 35 413	€ 15 206
Personāls	€ 41 911	€ 30 985	€ 14 536
Operacionālās izmaksas	€ 68 953	€ 49 472	€ 31 207
Plānotā peļņa	€ 8 816	€ 5 794	€ 3 047
Kopā, € gadā	€ 185 145	€ 121 665	€ 63 997
Darba ražīgums			
Stumbra koksne ar mizu, m ³ E15-h ⁻¹	6,2	7,1	10,6
Atsevišķas tehnikas vienības gada laikā saražoto kokmateriālu apjoms			
Ražošanas apjoms, m ³ gadā, tajā skaitā	17738	19013	14658
apaļie kokmateriāli, m ³ gadā	14782	17129	13205
Apaļie kokmateriāli, € m⁻³	€ 12,52	€ 7,10	€ 4,85

Bruto peļņa, izmantojot vidējās klases harvesteru un pievedējtraktoru, pateicoties pievešanas izmaksu samazinājumam, ir tikai nedaudz mazāka, nekā izmantojot Vimek harvesteru un mazo pievedējtraktoru (Att. 14). Ja pieņem, ka Vimek harvesters strādā ar vidējās klases pievedējtraktoru, bruto peļņas atšķirība kļūtu būtiska. Vēl lielāka atšķirība, iespējams, panākama, izmantojot Vimek 610 pievedējtraktoru, taču, lai to pārbaudītu un novērtētu pievešanas attāluma ietekmi, jāveic praktiski izmēģinājumi.



Att. 14: Ieņēmumu un izdevumu prognoze, izmantojot John Deere 1070 harvesteru un John Deere 810 pievedējtraktoru vai ekvivalentas mežizstrādes mašīnas.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI PRAKSEI

1. Vimek 404 T5 harvestera darba stundas izmaksas ir būtiski mazākas, nekā vidējās klases harvestera darba stundas izmaksas, pateicoties mazākam degvielas patēriņam, uzturēšanas izmaksām un sākotnējām investīcijām. Vienlaicīgi, jaunaudžu kopšanas cirtēs Vimek harvesters nodrošina vismaz tikpat labus darba ražīguma rādītājus, kā vidējās klases harvesters.
2. Vidējais Vimek 404 T5 harvestera darba ražīgums izmēģinājumos ir $6,2 \text{ m}^3$ produktīvajā stundā pie vidējā nozāgētā koka tilpuma $0,06 \text{ m}^3$. Darba ražīguma rādītāji bērza plantācijā būtiski neatšķiras no datiem, kas pirms tam iegūti skujkoku audzēs, veicot jaunaudžu un krājas kopšanas cirti. Bērza plantācijā zāgējamo koku dimensijas nebija pietiekoši lielas, lai konstatētu, pie kāda caurmēra darba ražīgums vairs nepieaug, attiecīgi, kurā brīdī Vimek harvestera priekšrocības, salīdzinot ar vidējās klases harvesteru, samazinās.
3. Bērza zaru un vainaga forma neapgrūtina atzarošanu; izmēģinājumos nav konstatēta būtiska atšķirība atkārtoti atzarojamo koku īpatsvarā bērza plantācijā un skujkoku audzēs veiktajos izmēģinājumos.
4. Kopējās apaļo kokmateriālu sagatavošanas, pievešanas un izvešanas izmaksas, atbilstoši pētījumā izmantotajiem pieņēmumiem par mežizstrādes mašīnu darba stundas izmaksām, ir $21,10 \text{ EUR m}^{-3}$, tajā skaitā $8,13 \text{ EUR m}^{-3}$ harvestera izmaksas. Ražošanas apstākļos, izmantojot jaunu harvesteru, izmaksas var būtiski atšķirties. Izmaksu samazinājums iespējams, izmantojot vidējās klases vai Vimek 610 (vai ekvivalentu) pievedējtraktoru, kas ļauj izvest lielākas kravas.
5. Vidējās klases pievedējtraktora izmantošana liek palielināt tehnoloģisko koridoru platumu, zaudējot vienu no būtiskākajām mazās tehnikas priekšrocībām – iespēju veikt kopšanas cirti, neierīkojot tehnoloģisko koridorus vai būtiski samazinot to ierīkošanai nozāgējamo koku skaitu, tāpēc primāri jāvērtē Vimek 404 T5 izmēriem atbilstošu pievedējtraktoru izmantošana.
6. Vimek 404 T5 harvestera izmaksas visvairāk ietekmē tehnikas noslodze – ja gadā nostrādāts mazāk par 1500 stundām, mežizstrādes pašizmaksa strauji palielinās. Ņemot vērā, ka šis harvesters ir piemērots, galvenokārt, jaunaudžu un 1. krājas kopšanas cirtei, cirsmu fonda izveide mašīnas nodrošināšanai ar darbu visā sezonas garumā ir prioritārais uzdevums plānošanas darbā.
7. Lai palielinātu tehnikas noslodzi, ir jāattīsta alternatīvi risinājumi tehnikas izmantošanai, piemēram, veicot apauguma novākšanu grāvju trasēs un ceļmalās, atēnojot kociņus agrās sastāva kopšanas cirtēs, kā arī meža atjaunošanā, ierīkojot ievalkas ūdens novadīšanai. Rēķinoties ar pavasara ierobežojumiem kopšanas cirtēm, prioritāri attīstāmi tie tehnikas izmantošanas risinājumi, kas nodrošina darbu pavasara mēnešos, piemēram, meža stādīšana.
8. Izmēģinājumu rezultāti apstiprina Vimek 404 T5 piemērotību 1. kopšanas ciršu izpildei bērza plantācijās. Darba ražīguma palielināšanai un izmaksu samazināšanas iespēju novērtēšanai, ir jāizstrādā darba metode Vimek 404 T5 harvestera un Vimek 610 vai ekvivalenta pievedējtraktora izmantošanai kopšanas cirtēs bērza plantācijās.

LITERATŪRA

1. Kalēja, S., Brencis, M. & Lazdiņš, A. (2014a). *Apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīguma salīdzinājums jaunaudžu kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014/02).
2. Kalēja, S. & Lazdiņš, A. (2014). Mehanizētās jaunaudžu kopšanas darba metodes. *Proceedings of LLU Meža fakultātes zinātniski praktiskā konference, veltīta augstākās mežizglītības 95. un Meža fakultātes 75. gadskārtai*, Jelgava, 2014. pp 36–39. Jelgava: LLU.
3. Kalēja, S., Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2014b). *Pameža ietekme uz darba ražīgumu jaunaudžu kopšanā lapkoku audzēs*. Salaspils. (2014–5).
4. Kalēja, S., Zimelis, A., Prindulis, U. & Lazdiņš, A. (2014c). *Tehnoloģisko koridoru izvietojuma blīvuma novērtēšana savlaicīgā un novēlotā jaunaudžu kopšanā*. Salaspils.
5. Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2015). *Kāpurķēžu ar palielinātu virsmas laukumu izmēģinājumi kokmateriālu pievešanā no krājas kopšanas cirtēm uz augsnēm ar mazu nestspēju*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/11).
6. Lundberg, F. (2013). 404T5 – upgraded member of THE DREAM TEAM. *Vimek magasin* (1), 7.
7. Vimek (2013). VIMEK 404 T. Available from: <http://www.forsttechnik-koch.de/papers/404-eng.pdf>.
8. Zimelis, A. & Lazdiņš, A. (2015). *Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošana grāvju trašu apaugumā ar mežizstrādes darbiem aprīkotu ekskavatoru*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/16).