



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ
Līgums Nr. L-KC-11-0004

PĀRSKATS

PAR AS "LATVIJAS VALSTS MEŽI" PĒTĪJUMA

ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS,
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

DARBU IZPILDI

Pārskata nosaukums **VIMEK BIOCOMBI HARVARDERA RAŽĪBAS
NOVĒRTĒJUMS JAUNAUDŽU KOPŠANĀ**

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

Pārskata Nr. **2015/01**

Pārskata versija **1.0**

Izpildes laiks **01.11.2014 - 15.01.2015**

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

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot biokurināmā sagatavošanas iespējas un pašizmaksu, jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbos, izmantojot Vimek 610 BioCombi. harvarderu Pētījumā veikti jaunaudžu kopšanas izmēģinājumi divās AS "Latvijas valsts meži" valdījumā esošās jaunaudzēs Limbažu apkārtnē.

Pētījumā sagatavotas un pievestas 13 kravas biokurināmā, vidējā krava 2,3 tonnas dabiski mitra materiāla. Vidēji 1 tonnas biokurināmā sagatavošanai un pievešanai tērētas 18 minūtes tieša darba laika, bet 1 ber. m³ biokurināmā – 6 minūtes. Ar šādiem ražīguma rādītājiem efektīvajā jeb produktīvajā darba stundā var sagatavot un pievest 9,6 ber. m³ biokurināmā. Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbiem veiktā darba laika uzskaitē parāda, ka efektīvā darba laika īpatsvars veido 95 % no kopējā darba laika.

Pašizmaksas aprēķini rāda, ka vidējās darba stundas izmaksas Vimek 610 BioCombi harvarderam ir 22 EUR; savukārt, vidējās efektīvās darba stundas izmaksas ir 28 EUR. Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksas ir 2,9 ber. m³. Samazinot vidējo ikgadējo noslodzi līdz 1000 efektīvajām darba stundām, biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksas pietuvojas 4 EUR ber. m³.

Vimek 610 BioCombi harvarders nodrošina vislabākos ražīguma rādītājus no līdz šim pētījumā testētajām mašīnām un ir ieteicams izmantošanai ražošanā jaunaudžu kopšanā. Būtiski priekšnosacījumi ekonomiski efektīvai mašīnas izmantošanai ir operatoru apmācība (darba metodes izvēle un darbu plānošana ir ārkārtīgi svarīga harvardera ražīguma palielināšanai) un iekārtas nodrošinājums ar darbu (svarīgi panākt, lai harvarders strādātu vismaz 1000 stundas gadā). Turpmākajos pētījumos jāizvērtē līdzīgas smaguma klases harvesteru un pievedējtraktoru ražīgums jaunaudžu kopšanā. Saskaņā ar pakalpojumu sniedzēju sniegto informāciju, harvestera un pievedējtraktora izmantošana var nodrošināt vēl labākus ražības rādītājus un izmaksu efektivitāti.

Saturs

| | |
|---|-----------|
| Kopsavilkums | 2 |
| Ievads | 4 |
| Izmēģinājumu objekti un darba metodika | 6 |
| Pētījumu objekti..... | 6 |
| Taksācijas rādītāju noteikšana pirms un pēc jaunaudžu kopšanas..... | 6 |
| Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums..... | 7 |
| Kokmateriālu sagatavošana..... | 7 |
| Darba laika uzskaitē..... | 8 |
| Aprīkojums..... | 8 |
| Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbi..... | 8 |
| Pievestā materiāla uzskaitē..... | 10 |
| Laika apstākļi izmēģinājumu laikā..... | 10 |
| Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze..... | 10 |
| Darba rezultāti | 13 |
| Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darba ražīgums..... | 13 |
| Izmaksu un ieņēmumu analīze..... | 17 |
| Kopšanas kvalitāte..... | 18 |
| Ieteikumi praksei un secinājumi | 19 |
| Literatūra | 20 |

Attēli

| | |
|--|----|
| Att. 1: Vimek 610 BioCombi harvarders..... | 4 |
| Att. 2: Objektu izvietojums..... | 6 |
| Att. 3: Parauglaukumu izvietojumu shēma pirms un pēc jaunaudžu kopšanas..... | 7 |
| Att. 4: Vimek 610 BioCombi ar paketējošo griezējgalvu..... | 8 |
| Att. 5: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX..... | 8 |
| Att. 6: Tieša darba laika sadalījums jaunaudžu kopšanā..... | 13 |
| Att. 7: Tieša darba laika sadalījums biokurināmā pievešanā..... | 14 |
| Att. 8: Tieša darba laika patēriņa struktūra..... | 17 |

Tabulas

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas..... | 6 |
| Tab. 2: Vimek 610 BioCombi specifikācija..... | 7 |
| Tab. 3: Kopšanas un pievešanas darba laika uzskaites elementi..... | 9 |
| Tab. 4: Pašizmaksas aprēķinu gaita..... | 10 |
| Tab. 5: Darba laika uzskaites kopsavilkums sagatavoto un pievesto kravu griezumā, cmin..... | 15 |
| Tab. 6: Vidējais tiešais darba laika patēriņš 1 tonnas biokurināmā sagatavošanā un pievešanā, min..... | 15 |
| Tab. 7: ražīguma rādītāju kopsavilkums..... | 17 |
| Tab. 8: Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksas kopsavilkums..... | 18 |
| Tab. 9: Izkoptās audzes (406-321-17) raksturojums pirms un pēc kopšanas..... | 18 |

IEVADS

Vimek 610 BioCombi harvarders (Att. 1), atbilstoši mašīnas ražotāja mājas lapā sniegtajai informācijai, ir visefektīvākais risinājumu biokurināmā sagatavošanai un pievešanai jaunaudžu kopšanā. Harvardera kravnesība ir 5000 kg, dzinēja jauda jaunākajā modelī palielināta līdz 60 zirgspēkiem. Jaunākais modelis aprīkots ar standarta harvestera vadības sviru un automatizētu vadības sistēmu, kas vienkāršo krāna un griezējgalvas secīgu darbību izpildi. Vimek 610 BioCombi harvardera būtiskākās priekšrocības ir neliela cena, labi ražīguma rādītāji apvienojumā ar nelielu degvielas patēriņu un salīdzinoši liela kravnesība.



Att. 1: Vimek 610 BioCombi harvarders¹.

Harvarders ir mežizstrādes mašīna, ko izmanto koku zāgēšanai, kokmateriālu sagatavošanai un pievešanai. Vimek 610 BioCombi ir viens no mazākajiem harvarderiem. Pētījumi par šīs mašīnas ražību jaunaudžu kopšanā veikti Itālijā 2013. gadā, salīdzinot Vimek 610 BioCombi ar 3 reizes jaudīgāko un gandrīz 3 reizes smagāko Pfanzelt Felix 206 harvarderu. Pētījumā salīdzināta abu mašīnu ražīgums, gatavojot neatzarotus, nesagarumotus kokmateriālus un sagarumotus neatzarotus kokmateriālus, apvienojot malku un neatzarotas galotnes. Kopšanā sagatavotais materiāls atbilda 23 tonnām ha⁻¹ biomasas (135 ber. m³). Vidējā Vimek 610 BioCombi ražīgums izmēģinājumos bija 1,73 tonnas (10 ber. m⁻³) darba stundā (par 25 % lielāka, nekā lielākā harvardera ražīgums). Vimek 610 BioCombi izmēģinājumos nodrošināja lielāku ražību kokmateriālu sagatavošanas un iekraušanas daba etapos, lielākais harvarders ātrāk pieveda kokmateriālus uz krautuvi. Abas mašīnas uzrādīja vidēji par 15 % sliktākus ražīguma rādītājus, gatavojot sagarumotus, neatzarotus kokmateriālu. Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas izmaksas ar Vimek 610 BioCombi harvarderu izmēģinājumos bija 6 EUR ber. m⁻³, savukārt, strādājot ar lielāko harvarderu biokurināmā izmaksas bija 11 EUR ber. m⁻³. Šāda biokurināmā

¹ Foto – Agris Zimelis.

pašizmaksa ir, zāgējot 40-50 kg smagus kokus. Vimek 610 BioCombi sagatavotā biokurināmā pašizmaksa bija par 34-39 % mazāka, nekā lielākā harvardera sagatavotā biokurināmā pašizmaksa. Biokurināmā pašizmaksas samazinājās, palielinoties vidējā zāgējamā koka dimensijām. Paliekošo koku bojājumu īpatsvars Itālijā veiktajos izmēģinājumos bija līdzīgs un būtiski neatšķīrās no rādītājiem, kas raksturīgi kopšanai ar rokas darba instrumentiem. Vimek 610 BioCombi nevarēja apstrādāt lielākos kokus, attiecīgi, mašīnas izmantošanas iespējas mežsaimniecībā aprobežojas ar jaunaudžu kopšanu (Spinelli *et al.*, 2014).

Saskaņā ar pētījumu rezultātiem Vimek 610 BioCombi kravas lielums ir vidēji 3,2 tonnas (2 tonnas sausas), ja kopšanā pieved veselus kokus, un 2,7 tonnas (1,7 tonnas sausas), ja pieved sagarumus, neatzarotus kokmateriālus, attiecīgi, visefektīvāk (par 70 %) mašīnas kravnesību var izmantot, pievedot veselus kokus. Vidējais braukšanas ātrums ar kravu ir $1,1 \text{ m s}^{-1}$. Lielāko daļu produktīvā darba laika patērē kokmateriālu sagatavošanai (78 %); izvešanai un izkraušanai, attiecīgi, patērē 12 % un 10 % produktīvā darba laika (Spinelli *et al.*, 2014).

Vimek 610 BioCombi harvardera vidējais degvielas patēriņš izmēģinājumos bija 4,5 L produktīvajā darba stundā, kas atbilst ražotāja sniegtajai informācijai par degvielas patēriņu, strādājot harvestera režīmā.

Salīdzinot augsnes sablīvējumu uz tehnoloģiskajiem koridoriem, itāļu pētījumā konstatēts, ka Vimek 610 BioCombi rada būtiski mazāku ietekmi uz augsni. Arī augsnes porozitāte, kas pirms izmēģinājuma bija 40 %, strādājot ar Vimek 610 BioCombi, samazinājās līdz 30 %, bet ar lielāko harvarderu – līdz 20 %. Paliekošo koku bojājumu īpatsvars bija 1-4 % no paliekošo koku skaita; nedaudz mazāk bojājumu radīja mazākais harvarders (Spinelli *et al.*, 2014).

Izvērtējot pētījuma rezultātus, itāļu zinātnieki secinājuši, ka mazākais Vimek 610 BioCombi harvarders ir piemērotāks jaunaudžu kopšanai, it īpaši tāpēc, ka šī mašīna var likt nozāgētos kokus uzreiz kravā (Wester & Eliasson, 2003).

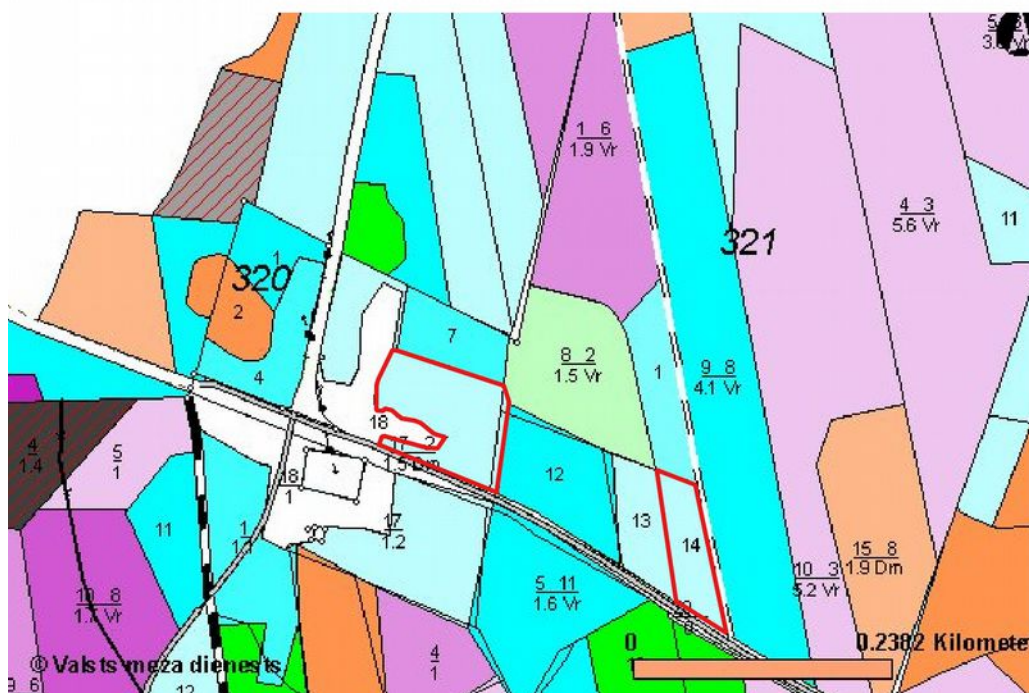
Viens no pētījumā identificētajiem Vimek 610 BioCombi harvardera trūkumiem ir šaurā pielietojuma joma – jaunaudžu kopšanas cirtes, kas var būtiski samazināt šī harvardera ikgadējo noslodzi, proporcionāli palielinot fiksēto izmaksu īpatsvaru biokurināmā pašizmaksā. Itāļu pētnieki secinājuši, ka ražošanas apstākļos mašīnas noslodze var būt 900 produktīvās stundas gadā, un pie šādas noslodzes biokurināmā pašizmaksa pietuvojas lielāko mežizstrādes mašīnu rādītājiem. Attiecīgi, lai izmantotu Vimek 610 BioCombi harvardera priekšrocības, jānodrošina, lai mašīna strādā vairāk nekā 900 stundas gadā.

Viena no itāļu pētījumā konstatētajām abu harvarderu priekšrocībām ir būtiska līdzekļu ekonomija mašīnu pārvietošanai. Galvenā Vimek 610 BioCombi harvardera priekšrocība ir būtiski mazākas darba stundas izmaksas (Spinelli *et al.*, 2014).

IZMĒĢINĀJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

Pētījuma veikšanai atlasītas 2 audzes 609. kvartāla apgabalā Limbažu apkaimē (Att. 2). Kā audžu atlasē kritēriji tika izvirzīti audzes vidējā koka augstums (6-12 m), audzes biežība (vismaz 2000 koki ha⁻¹) un piemērots reljefs mašinizētai izstrādei. Ar Vimek 610 BioCombi kopto audžu raksturojums dots Tab. 1. Pilnībā izkopts 17. nogabals un 14. nogabalā izkopta 1 sleja.



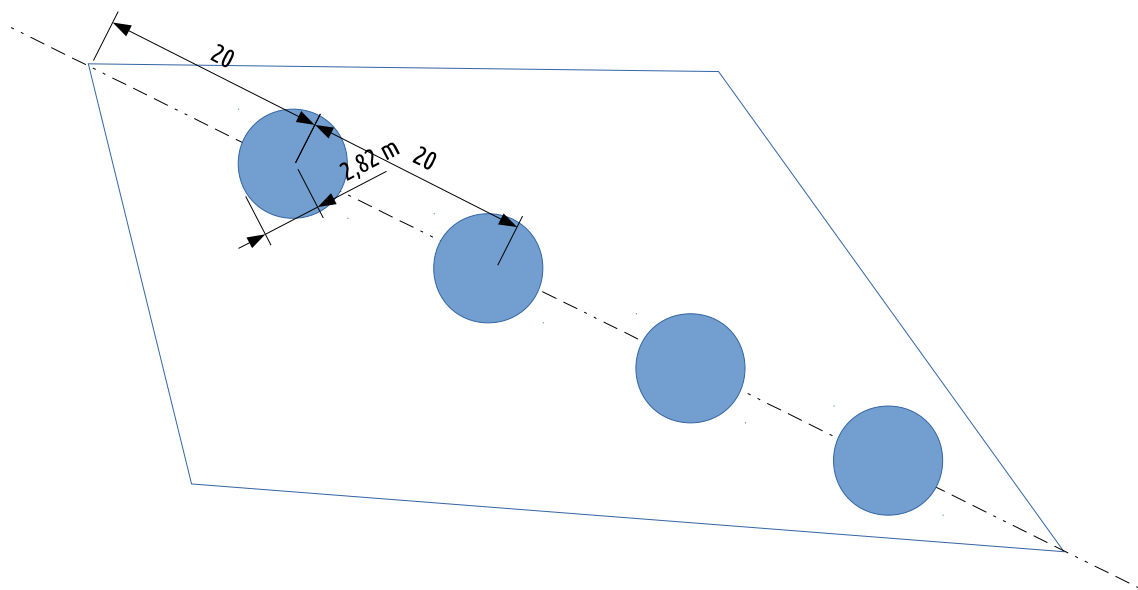
Att. 2: Objektu izvietojums.

Tab. 1: Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas

| Audzes kods | Platība, ha | Meža tips | Valdošā suga | Koku skaits, gab. ha ⁻¹ | Krāja, m ³ ha ⁻¹ | Vidējais caurmērs, cm |
|-------------|-------------|-----------|--------------|------------------------------------|--|-----------------------|
| 406-321-14 | 0,5 | Vr | bērzs | 1 460 | 50,8 | 7,7 |
| 406-321-17 | 0,9 | Dm | baltalksnis | 1 825 | 82,9 | 8,7 |

Taksācijas rādītāju noteikšana pirms un pēc jaunaudžu kopšanas

Taksācijas rādītāju noteikšanai pirms un pēc jaunaudžu kopšanas tika ierīkoti apļveida parauglaukumi, kuru platība 25 m². Parauglaukumi tika izvietoti uz divām diagonālēm ik pēc 20 m vai arī, ja platība neliela, tad tādā skaitā, lai uzmērīto koku skaits audzē būtu vismaz 100 gab. Kokiem parauglaukumos tika noteikta suga un caurmērs 1,3 m augstumā virs sakņu kakla, ja tas lielāks par 4 cm.



Att. 3: Parauglaukumu izvietojumu shēma pirms un pēc jaunaudžu kopšanas.

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

Kokmateriālu sagatavošana

Jaunaudžu kopšanā izmantots Vimek 610 BioCombi harvarders ar paketējošo griezējgalvu (maksimālais nozāģējamā koka caurmērs 30 cm, Att. 4). Harvardera specifikācija dota Tab. 2.

Tab. 2: Vimek 610 BioCombi specifikācija

| Rādītāji | |
|--------------------------|---|
| pašmasa | 5 tonnas |
| dzinējs | CAT C2,2T, 44 kW/2700 rpm |
| piedziņa | hidrostatiska |
| hidrauliskā sistēma | maksimālā plūsma 60 l/min 175 bar |
| ģenerators | 12 V, 60A |
| priekšējo riepu izmērs | 500/60-22,5 līdz 405/70-24 |
| aizmugurējo riepu izmērs | 400/60-15,5 |
| izmēri | garums standarta: 6,80 m (kravas apjoms 1,65 m ²); garais: 7,50; platums 1,97m |
| klirens | 40 cm |
| kravas tilpne | 1,65 m ² |
| strēle | standarta izlīce: 3,3 m; garā izlīce: 4,0 m |



Att. 4: Vimek 610 BioCombi ar paketējošo griezējgalvu.

Darba laika uzskaitē

Aprīkojums

Pētījumā veikta jaunaudžu kopšanas un pievešanas darba laika uzskaitē. Uzskaites veikšanai izmantots specializēts triecienu un mitruma izturīgs laukdators Allegro CX (Att. 5), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 5: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laikā veikta degvielas patēriņa uzskaitē, fiksējot uzpildītās degvielas tilpumu. Darba laika uzskaitē pielāgota motorstundu uzskaitē, t.i. pēc dzinēja noslāpēšanas programmu aptur un atsāk darba laika uzskaitē, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts.

Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbi

Kopšanas un pievešanas darbu laika uzskaitē veikta 1 maiņā (maiņas ilgums vidēji 8 stundas). Darbi veikti gan diennakts gaišajā, gan tumšajā laikā.

Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbus veica pieredzējis operators no Zviedrijas, kurš iepriekš nav strādājis ar Vimek 610 BioCombi harvarderu, taču ir ilgstoši strādājis meža kopšanā ar John Deere 1070 un līdzīga izmēra mašīnām. Nesen uzņēmums, kurā strādā pētījumā iesaistītais operators, nesen iegādājies vairākus Vimek mašīnu komplektus (404 T5 harvesterus un 606 TTex pievedējtraktoros), aizstājot pirms tam izmantotos vidējās klases harvesterus un pievedējtraktoros.

Darba laika patēriņš kā jaunaudžu kopšanas darbiem, tā pievešanas darbiem noteikts katram darba ciklam atsevišķi. Veicot darba laika uzskaiti, nav fiksēts ne nozāgēto koku skaits vienā darba ciklā, ne vidējā nozāgētā koka caurmērs, jo šo elementu uzskaiti apgrūtināja drošības nosacījumi – hronometrētājam vajadzēja atrasties vismaz 20 m no mašīnas un šādā attālumā nevarēja pietiekoši precīzi noteikt koku caurmēru un vienlaicīgi apstrādājamo koku skaitu. Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darba laika uzskaites elementi parādīti Tab. 3.

Tab. 3: Kopšanas un pievešanas darba laika uzskaites elementi

| Darba laika kategorija | Apzīmējums | Skaidrojums |
|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Efektīvais darba laiks | puskoks | sumbra daļas nozāgēšana |
| | iebrauc | iebraukšana cīrsmā |
| | sniedzās | sniegšanās pēc koka |
| | satver | koka satveršana |
| | zāgē | koka nozāgēšana |
| | noliek zemē | stumbru pievilksana no zāgēšanas vietas līdz kaudzes vietai |
| | noliek kravā | stumbru pievilksana no zāgēšanas vietas un iekraušana kravas tilpnē |
| | pārzāgē | stumbru sagarumošana |
| | zāgē pamežu | pameža zāgēšana |
| | pārvietojas pa audzi | harvardera pārvietošanas pa cīrsmu |
| | citi dari | citas ar darbu saistītas darbības (zāgējamā koka izvēle, remonts pie neizslēgta dzinēja u.c. darbības, par kurām izdara piezīmes, lai tās vēlāk varētu atšifrēt) |
| | sniedzās iekraujot | sniegšanās pēc apaļajiem kokmateriāliem pie iekraušanas |
| | satver iekraujot | apaļo kokmateriālu satveršana pie iekraušanas |
| | ieceļ iekraujot | apaļo kokmateriālu iekraušana kravas tilpnē |
| | kārto iekraujot | apaļo kokmateriālu kārtošana kravas tilpnē |
| | brauc mežā iekraujot | pārvietošanās pa cīrsmu iekraušanas laikā |
| | sniedzās izkrajot | sniegšanās pēc apaļajiem kokmateriāliem pie izkraušanas |
| | satver izkrajot | apaļo kokmateriālu satveršana pie iekraušanas |
| | izkraj | apaļo kokmateriālu izkraušana |
| | kārto izkrajot | apaļo kokmateriālu kārtošana pie izkraušanas |
| pārvietojas izkrajot | pārvietošanās pie izkraušanas | |
| Neefektīvais darba laiks | nedarbi | darbības, kas nav saistītas ar darbu (atpūta, telefona sarunas u.c. darbības) |

Harvarders kopšanā strādāja, braucot atpakaļgaitā un vispirms nozāgētos kokus kraujot gar tehnoloģiskā koridora malām, tad, braucot ārā no audzes, sakraujot iepriekš nozāgētos kokus vezumā. Operators nesekoja pirms kopšanas iezīmētajiem tehnoloģiskajiem koridoriem, bet izvēlējās maršrutu, kas ļauj vislabāk izkopt audzi, apbraucot lielākos kokus un tukšākās vietas, kur kopšana nav nepieciešama. Operators centās zāgēt visus kociņus, kas netraucē valdauzdes

augšanai, tomēr atsevišķos gadījumos operators saglabāja arī bērzus, kas nākotnē traucēs priežu augšanu.

Pievestā materiāla uzskaitē

Harvarders nav aprīkots ar apaļo kokmateriālu uzskaites sistēmu un pievestā materiāla kravas nevarēja nosvērt, tāpēc pievesto kokmateriālu masa noteikta, balstoties uz operatora sniegto informāciju par kravas lielumu.

Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbi veikti laikā no 25.11.2014 līdz 27.11.2014, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra bija -3,3 °C. Nokrišņi jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbu laikā nebija.

Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze

Pašizmaksas aprēķins veikts saskaņā ar Tab. 4 parādīto pašizmaksas aprēķina gaitu. Pašizmaksas aprēķinā nav ietvertas administratīvās izmaksas. Uzturēšanas izmaksas un investīcijas novērtētas atbilstoši ražotāja pārstāvja sniegtajai informācijai. Ražīguma rādītāji iegūti pētījuma gaitā.

Tab. 4: Pašizmaksas aprēķinu gaita

| Rādītājs | Apzīmējums | Skaitliskā vērtība / aprēķinu vienādojums |
|--|------------|---|
| Investīcijas: | | |
| Cena | A | € 116 000 |
| Griezējgalva | B | € 15 000 |
| Ķēdes | C | € 3 825 |
| Kopējās investīcijas | D | $D = A + B + C$ |
| Nolietojuma periods, darba stundās | E | 20 000 |
| Nolietojuma periods, gados | F | $F = \frac{E}{AG}$ |
| Procentu likme, % | G | 8% |
| Atlikusi vērtība, % | H | 15% |
| Atlikusi vērtība, EUR | I | $P = D * H$ |
| Izmaksu koeficients | J | $J = \frac{G * (1 + G)^F}{(1 + G)^F - 1}$ |
| Investīcijas, EUR gadā | K | $K = J * (D - I)$ |
| Uzturēšana: | | |
| Eļļas, L stundā | L | 0,25 |
| Smērviela, kg stundā | M | 0,03 |
| Degviela, L stundā | N | 4,5 |
| Uzturēšanas izmaksas, EUR motorstundā: | | |
| Eļļas | O | € 0,37 |
| Smērviela | P | € 0,10 |
| Degviela | Q | € 4,35 |
| Tehniskā apkope un remonts | R | € 2,50 |

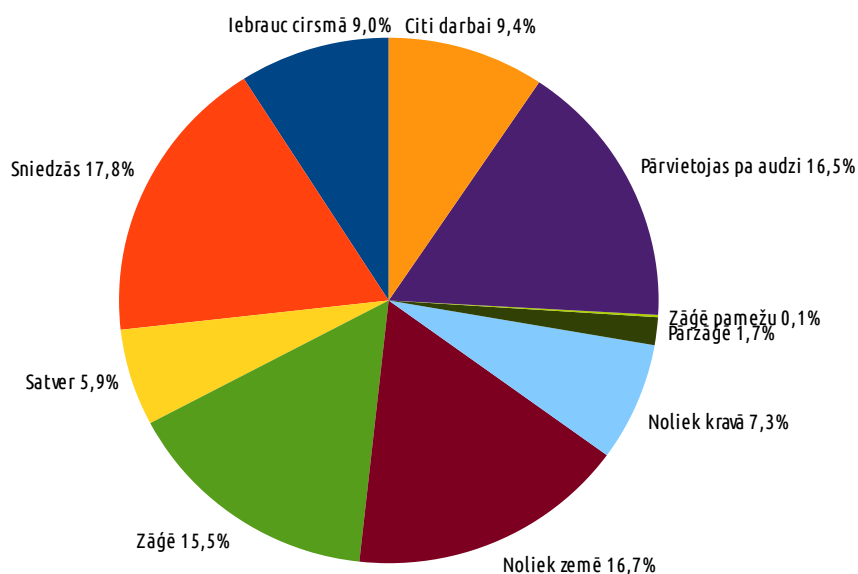
| Rādītājs | Apzīmējums | Skaitliskā vērtība / aprēķinu vienādojums |
|--|------------|---|
| Kopā | S | $S = O + P + Q + R$ |
| Maiņu raksturojums: | | |
| Maiņas ilgums | T | 8 |
| Virsstundas | U | 2 |
| Maiņu skaits | V | 2 |
| Operatoru skaits | W | 2 |
| Produktivitātes koeficients | X | 0,85 |
| Pārbraucieni starp audzēm, stundas dienā | Y | 1 |
| Atalgojums: | | |
| Atalgojuma likme, EUR stundā | Z | € 7,00 |
| Sociālais nodoklis | AA | 23,59% |
| Citas personāla izmaksas: | | |
| Dienas nauda, EUR dienā personai | AB | € 8,16 |
| Apmācība, EUR gadā personai | AC | € 186 |
| Apdrošināšana, EUR gadā personai | AD | € 200 |
| Darba laiks: | | |
| Darba dienas gadā | AE | 277 |
| Kopējais darba stundu skaits gadā | AF | $AF = AE * (T + U) * V$ |
| Motorstundu skaits gadā | AG | $AG = AF * X$ |
| Pārbraucieni starp audzēm, stundas gadā | AH | $AH = AE * Y$ |
| Efektīvo darba stundu skaits gadā | AI | $AI = AG - AH$ |
| Uzturēšanas izmaksas, EUR gadā: | | |
| Eļļas | AJ | $AJ = AG * O$ |
| Smērviela | AK | $AK = AG * P$ |
| Degviela | AL | $AL = AG * Q$ |
| Tehniskā apkope un remonts | AM | $AM = AG * R$ |
| Kopā | AN | $AN = AJ + AK + AL + AM$ |
| Personāla izmaksas, EUR gadā: | | |
| Atalgojums: | AO | $AO = AF * Z$ |
| Sociālais nodoklis | AP | $AP = AO * AA$ |
| Dienas nauda | AQ | $AQ = AE * W$ |
| Apmācība | AR | $AR = AC * W$ |
| Apdrošināšana | AS | $AS = AD * W$ |
| Kopā | AT | $AT = AO + AP + AQ + AR + AS$ |
| Izmaksu kopsavilkums, EUR gadā | | |
| Investīcijas | AU | $AU = K$ |
| Tehnikas uzturēšana | AV | $AV = AN$ |
| Personāls | AW | $AW = AT$ |
| Kopā | AX | $AX = AU + AV + AW$ |
| Peļņas likme | AY | 5,00% |
| Izmaksas gadā ar peļņu | AZ | $AZ = AX * (1 + AY)$ |
| Vidējās darba stundas izmaksas | BA | $BA = \frac{AZ}{AF}$ |

| Rādītājs | Apzīmējums | Skaitliskā vērtība / aprēķinu vienādojums |
|--|------------|---|
| Vidējās efektīvās stundas izmaksas | BB | $BB = \frac{AZ}{AI}$ |
| Produktivitāte: | | |
| Biokurināmais, ber. m ³ efektīvajā stundā | BC | 9,4 |
| Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksa: | | |
| Biokurināmais, EUR ber. m ³ | BD | $BD = \frac{BB}{BC}$ |

DARBA REZULTĀTI

Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darba ražīgums

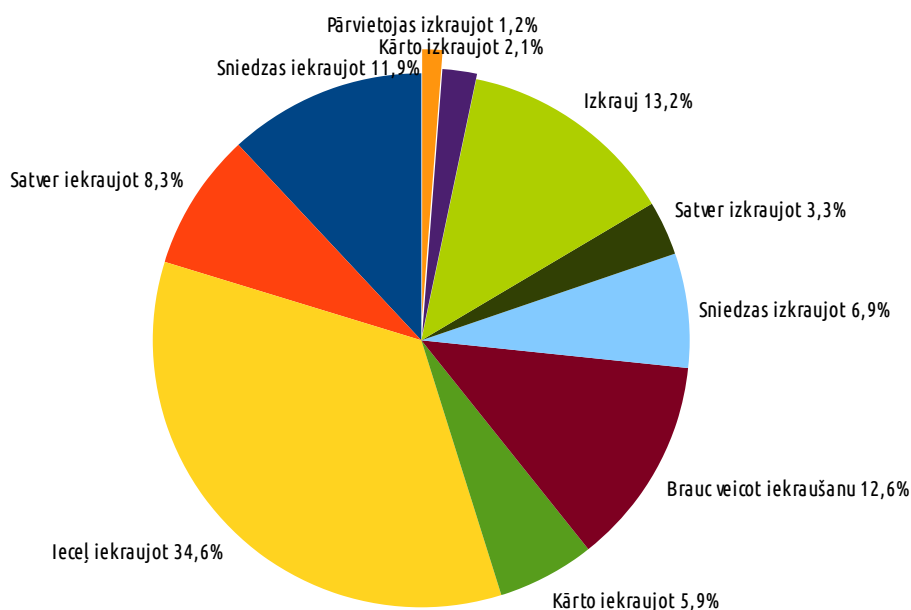
Jaunaudžu kopšanas un pievešanas darbi kopā veikti 10 darba stundas. Efektīvā darba laika īpatsvars ir 95 % (tiešā darba laika² īpatsvars – 86 %) no kopējā kopšanas un pievešanas darbos patērētā darba laika. Tiešā darba laika sadalījums kopšanas darbiem dots Att. 6, bet biokurināmā pievešanas attiecīgi Att. 7.



Att. 6: Tieša darba laika sadalījums jaunaudžu kopšanā.

Kopšanai patērētais darba laiks ir 78 % no kopējā tiešā darba laika. Visvairāk laika tērēts sniedzoties pēc zāģējamiem kokiem, kam seko darba laiks, kas patērēts nozāģēto stumbru novietošanai un pārbraucieniem pa audzi. Vismazāk darba laika tērēts pameža zāģēšanai un stumbru pārzāģēšanai pirms vai pēc to nozāģēšanas.

² Produktīvais darba laiks, neskaitot iebraukšanu un izbraukšanu no audzes, kā arī darba ciklus, kuros netiek sagatavoti kokmateriāli.



Att. 7: Tieša darba laika sadalījums biokurināmā pievešanā.

Biokurināmā pievešanas darbos visvairāk darba laika patērēts apaļo kokmateriālu iekraušanai, kas ietver darba etapus, sākot no kociņa satveršanas brīža līdz apaļo kokmateriālu palaišanai vaļā kravas tilpnē. Salīdzinoši maz laika tērēts, pārvietojoties gar kokmateriālu kaudzi izkraušanas laikā, kā arī kārtojot kokmateriālu kaudzes. Sākotnējās bažas par to, ka īsā strēle apgrūtinās nozāģēto kociņu novietošanu krautuvē, pētījumā neapstiprinājās.

Harvardera tiešais darba laiks kravas zāģēšanai un iekraušanai ir 38,4 min., bet izkraušanai – 2,3 min. Darba laika uzskaites kopsavilkums dots Tab. 5. Pētījuma ietvaros pievestas 13 kravas biokurināmā, vidējā krava 2,3 tonnas dabiski mitra biokurināmā. Kopumā izmēģinājumos sagatavotas un pievestas apmēram 30 tonnas dabiski mitra biokurināmā. Vidējais tieša darba laika patēriņš 1 tonnas biokurināmā sagatavošanai un pievešanai kravu griezumā dots Tab. 6.

Tab. 5: Darba laika uzskaites kopsavilkums sagatavoto un pievesto kravu griezumā, cmin.

| Kravas Nr. | Kravas masa, tonnas | Kokmateriālu sagatavošana | | | | | | | | | | Iekraušana | | | | Izkraušana | | | | | Nedarbi |
|-------------|---------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|-------------|
| | | iebrauc cirmsmā | sniedzas | satver | zāgē | noliek zemē | noliek kravā | pārzāgē | zāgē pamežu | brauc pa audzi | citi darbi | sniedzas | ieceļ | kārto | brauc | sniedzas | satver | izkrauj | kārto | brauc | |
| 1 | 3 | 369 | 1189 | 351 | 1198 | 1238 | 583 | | | 1356 | 538 | 101 | 483 | 46 | 15 | 26 | 5 | 36 | | | 771 |
| 2 | 4,2 | 733 | 1441 | 432 | 1396 | 1120 | 1344 | | 6 | 1296 | 371 | 240 | 588 | 29 | 37 | 188 | 70 | 386 | | | 175 |
| 3 | 2,4 | 69 | 370 | 81 | 425 | | 560 | 31 | | 690 | 84 | 64 | 89 | | | 71 | 26 | 158 | 133 | 57 | |
| 4 | 3 | 44 | 1396 | 366 | 1194 | 1864 | 175 | 309 | | 1076 | 802 | 213 | 632 | 115 | 161 | 72 | 40 | 152 | 17 | 28 | 336 |
| 5 | 1,5 | 195 | 327 | 118 | 187 | 322 | | | | 481 | 102 | 80 | 191 | 59 | 161 | 45 | 20 | 98 | | | |
| 6 | 3 | 216 | 729 | 360 | 563 | 721 | 346 | 28 | | 796 | 218 | 100 | 392 | 159 | 237 | 74 | 53 | 189 | 19 | | |
| 7 | 0,6 | 397 | 27 | 11 | 8 | 9 | | 164 | | | 14 | 55 | 262 | 25 | 108 | 35 | 15 | 71 | 28 | | 63 |
| 8 | 1,3 | 323 | 448 | 226 | 414 | 450 | 136 | 240 | | 342 | 87 | 98 | 375 | 52 | 192 | 84 | 64 | 171 | 13 | | 978 |
| 9 | 3 | 349 | 568 | 163 | 546 | 388 | 161 | 32 | 12 | 543 | 250 | 130 | 318 | | 62 | 19 | 7 | 11 | | | 68 |
| 11 | 1,8 | 226 | 417 | 213 | 388 | 349 | 66 | | 53 | 201 | 125 | 54 | 196 | 44 | 269 | 63 | 33 | 106 | | 8 | 367 |
| 12 | 3 | 618 | 408 | 167 | 219 | 326 | 69 | | | 204 | 144 | 76 | 248 | 29 | 143 | 39 | 27 | 66 | 16 | | 326 |
| 13 | 3 | 539 | 291 | 111 | 245 | 281 | 75 | 15 | | 252 | 184 | 86 | 218 | 26 | 168 | 55 | 17 | 71 | | | 853 |
| Kopā | 29,8 | 4078 | 7611 | 2599 | 6783 | 7068 | 3515 | 819 | 71 | 7237 | 2919 | 1297 | 3992 | 584 | 1553 | 771 | 377 | 1515 | 226 | 93 | 3937 |

Tab. 6: Vidējais tiešais darba laika patēriņš 1 tonnas biokurināmā sagatavošanā un pievešanā, min.

| Kravas Nr. | Kokmateriālu sagatavošana | | | | | | | | | | Iekraušana | | | | | Izkraušana | | | | | Tiešais darba laiks |
|------------|---------------------------|----------|--------|------|-------------|--------------|---------|-------------|----------------|------------|------------|-------|--------|-------|-------|------------|--------|---------|-------|-------|---------------------|
| | iebrauc cirmsmā | sniedzas | satver | zāgē | noliek zemē | noliek kravā | pārzāgē | zāgē pamežu | brauc pa audzi | citi darbi | sniedzas | ieceļ | satver | kārto | brauc | sniedzas | satver | izkrauj | kārto | brauc | |
| 1 | 1,2 | 4,0 | 1,2 | 4,0 | 4,1 | 1,9 | 0,0 | 0,0 | 4,5 | 1,8 | 0,3 | 1,6 | 0,33 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 25,1 |
| 2 | 1,8 | 3,4 | 1,0 | 3,3 | 2,7 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 3,1 | 0,9 | 0,6 | 1,4 | 0,26 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,2 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 23,0 |
| 3 | 0,3 | 1,5 | 0,3 | 1,8 | 0,0 | 2,3 | 0,1 | 0,0 | 2,9 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,03 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | 0,6 | 0,2 | 12,1 |
| 4 | 0,2 | 4,7 | 1,2 | 4,0 | 6,2 | 0,6 | 1,0 | 0,0 | 3,6 | 2,7 | 0,7 | 2,1 | 0,57 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 28,9 |
| 5 | 1,3 | 2,2 | 0,8 | 1,3 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,2 | 0,7 | 0,5 | 1,3 | 0,57 | 0,4 | 1,1 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 15,9 |
| 6 | 0,7 | 2,4 | 1,2 | 1,9 | 2,4 | 1,2 | 0,1 | 0,0 | 2,7 | 0,7 | 0,3 | 1,3 | 0,32 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 17,3 |
| 7 | 6,6 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 2,7 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,9 | 4,4 | 0,52 | 0,4 | 1,8 | 0,6 | 0,3 | 1,2 | 0,5 | 0,0 | 20,5 |
| 8 | 2,5 | 3,5 | 1,7 | 3,2 | 3,5 | 1,1 | 1,9 | 0,0 | 2,6 | 0,7 | 0,8 | 2,9 | 0,92 | 0,4 | 1,5 | 0,7 | 0,5 | 1,3 | 0,1 | 0,0 | 28,6 |

Darba rezultāti

Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums

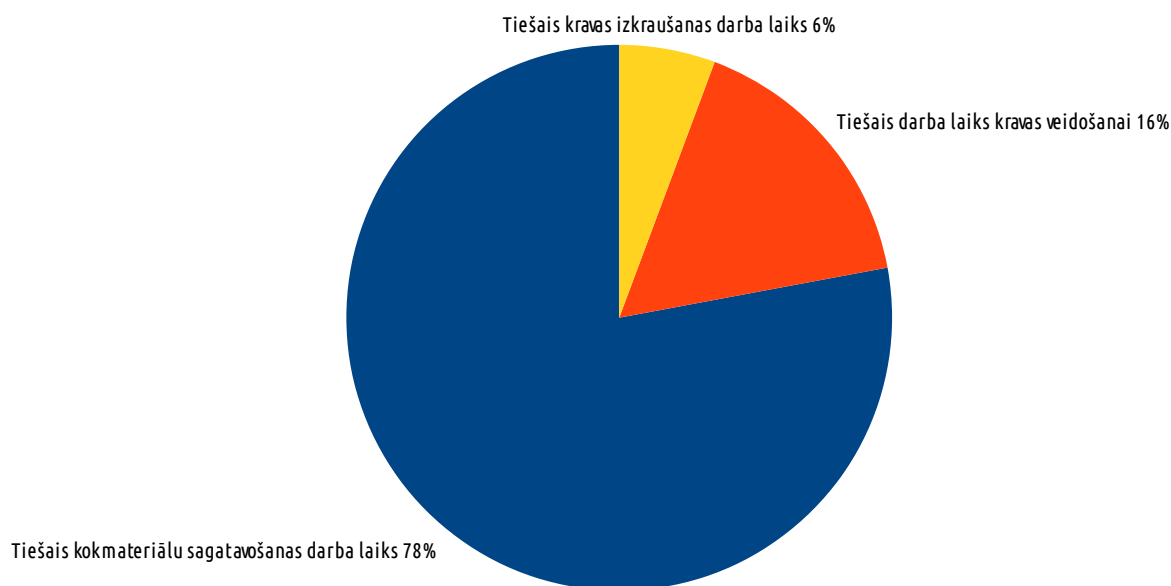
| Kravas Nr. | Kokmateriālu sagatavošana | | | | | | | | | | Iekraušana | | | | | Izkraušana | | | | | Tiešais darba laiks |
|---------------|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|------------|-------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| | iebrauc cīrsmā | sniedzas | satver | zāgē | noliek zemē | noliek kravā | pārzāgē | zāgē pamežu | brauc pa audzi | citi darbi | sniedzas | iecej | satver | kārto | brauc | sniedzas | satver | izkrauj | kārto | brauc | |
| 9 | 1,2 | 1,9 | 0,5 | 1,8 | 1,3 | 0,5 | 0,1 | 0,0 | 1,8 | 0,8 | 0,4 | 1,1 | 0,15 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,9 |
| 11 | 1,3 | 2,3 | 1,2 | 2,2 | 1,9 | 0,4 | 0,0 | 0,3 | 1,1 | 0,7 | 0,3 | 1,1 | 0,49 | 0,2 | 1,5 | 0,4 | 0,2 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 15,6 |
| 12 | 2,1 | 1,4 | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,8 | 0,2 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 9,3 |
| 13 | 1,8 | 1,0 | 0,4 | 0,8 | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,7 | 0,17 | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 8,8 |
| Vidēji | 1,7 | 2,4 | 0,9 | 2,1 | 2,2 | 1,0 | 0,5 | 0,0 | 2,3 | 0,9 | 0,5 | 1,6 | 0,4 | 0,2 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 18,1 |

Vidēji 1 tonnas dabiski mitra biokurināmā sagatavošanai un pievešanai tērētas 18 min. tiešā darba laika. Viena ber. m³ biokurināmā sagatavošanai un pievešanai vidēji tērētas 5,9 minūtes tieša darba laika. Tiešā darba stundā Vimek 610 BioCombi sagatavojis 10,1 ber. m³ biokurināmā (Tab. 7).

Darba laika patēriņš kokmateriālu sagatavošanai ir identisks Itālijā iegūto pētījumu rezultātiem (Att. 8), iekraušanas laika īpatsvars ir nedaudz lielāks, bet izkraušanas laiks – mazāks, nekā Itālijā veiktajos izmēģinājumos.

Tab. 7: ražīguma rādītāju kopsavilkums

| Kopējais darba laiks | Kopējais lietderīgais laiks | Kopējais tiešais darba laiks | Tiešais harvestera darba laiks | Tiešais pievedējtraktora darba laiks kravas veidošanai | Tiešais kravas izkraušanas darba laiks |
|--|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Darba laiks uz 1 ber. m ³ | | | | | |
| 6,9 | 6,4 | 5,9 | 4,6 | 1,0 | 0,3 |
| Produktivitāte, ber. m ³ stundā | | | | | |
| 8,8 | 9,4 | 10,1 | 13,0 | 61,8 | 177,9 |
| Darba laiks uz 1 kravu | | | | | |
| 47,1 | 44,1 | 40,7 | 31,8 | 6,7 | 2,3 |



Att. 8: Tiešā darba laika patēriņa struktūra.

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem biokurināmā sagatavošanas ražīgums Latvijā veiktajos izmēģinājumos ir nedaudz mazāka, nekā literatūrā publicētajos datos, attiecīgi, 8,8 un 10 ber. m³ darba stundā. Mazāki ražīguma rādītāji saistīti ar būtiski mazāku vidējā nozāgētā koka biomasu un sarežģītākiem darba apstākļiem.

Izmaksu un ieņēmumu analīze

Aprēķinos izmantotie izmēģinājumu rezultāti ir jaunaudžu kopšanas un biokurināmā pievešanas darba ražīgums. Vidējās darba stundas izmaksas Vimek 610 BioCombi harvarderam biokurināmā sagatavošanā un pievešanā ir 22 EUR, savukārt vidējās produktīvās

darba stundas izmaksas, atbilstoši aprēķinu rezultātiem, ir 28 EUR. Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksas kopsavilkums dots Tab. 8.

Tab. 8: Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksas kopsavilkums

| Izmaksu pozīcija | Izmaksas, EUR gadā |
|--|--------------------|
| Investīcijas | € 32 882 |
| Uzturēšanas izmaksas | € 34 500 |
| Personāla izmaksas | € 49 254 |
| Kopā, EUR gadā | € 116 636 |
| Izmaksas ar plānoto peļņu | € 122 467 |
| ražīgums, ber. m³ produktīvajā stundā | 9,4 |
| Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksa, EUR ber. m⁻³ | € 2,9 |

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem vidējās biokurināmā sagatavošanas izmaksas ir būtiski mazākas nekā Itālijā veiktajos pētījumos. Tas saistīts ar optimistiskām prognozēm par mašīnas noslogojumu (4 reizes lielāks darba stundu skaits) un mazākām ekspluatācijas un atalgojuma izmaksu prognozēm.

Biokurināmā pašizmaksas prognoze gan Latvijā, gan Itālijā veiktajos izmēģinājumos ir būtiski mazāka, nekā ar jebkuru līdz šim pētījumu programmas ietvaros testēto tehnikas vienību, tajā pat laikā ražīguma rādītāji ir būtiski pārāki, ja ņem vērā, ka harvarders veic kokmateriālu sagatavošanu un pievešanu. Ja aprēķinos pieņem, ka gadā nostrādā tikai 900 darba stundas, pašizmaksa pietuvojas Itālijā iegūtajiem rādītājiem.

Kopšanas kvalitāte

Izmēģinājumos kopšana uzsākta 3 audzēs, taču pilnībā tā pabeigta tikai 1 nogabalā. Vidējā koka augstums pirms kopšanas šajā nogabalā ir 10 m, pārējie dendrometriskie rādītāji doti Tab. 9. Pēc kopšanas vidējā koka caurmērs palielinājies par 22 %, t.i. operators zāgējis, galvenokārt, mazākos pameža kokus, nozāgēti 44 % no sākotnējā koku skaita, vidējais nozāgētais koks ir 7 kg smags (30 % no vidējā koka masas audzē pirms kopšanas). Kopā uz 1 ha sagatavotas 5 tonnas biomasas (30 ber. m⁻³) biokurināmā.

Tab. 9: Izkoptās audzes (406-321-17) raksturojums pirms un pēc kopšanas

| Rādītājs | Vidējais caurmērs, cm | Koku skaits, gab. ha ⁻¹ | Šķērslaukums, m ² ha ⁻¹ | Koku biomasas, tonnas ha ⁻¹ | Vidējais koks, kg |
|----------------|-----------------------|------------------------------------|---|--|-------------------|
| Pirms kopšanas | 9 | 1 825 | 14 | 43 | 24 |
| Pēc kopšanas | 11 | 1 025 | 11 | 38 | 37 |
| Nozāgētie koki | 7 | 800 | 2 | 5 | 7 |

Darba ražību izmēģinājumos varēja būtiski paaugstinot, ja operators mazāk zāgētu pameža kokus, kas, pirmkārt, bija viņam neierasta darbība, otrkārt, aizņēma lielu daļu no darba laika. Saskaņā ar operatora atzinumu, mazie kociņi viņam netraucēja strādāt un ražošanas apstākļos viņš tos nebūtu zāgējis, bet censtos retināt valdaudzes kokus.

Kopšanas kvalitātes novērtēšanas parauglaukumos nav konstatēts neviens bojāts koks. Augsnes bojājumi uz tehnoloģiskajiem koridoriem saistīti ar agresīvu ķēžu izmantošanu, kas uzstādītas, gatavojoties darbam ziemas apstākļos.

Pētījumā iekļautajās audzēs bija labi pievešanas apstākļi, tāpēc pagaidām nav skaidrs, kā harvarders strādātu smagos un vidēji smagos apstākļos slapjainos un kūdreņos.

IETEIKUMI PRAKSEI UN SECINĀJUMI

1. Izmēģinājumos piedalījās kvalificēts operators no Zviedrijas, tomēr operatoram nebija pieredzes darbā ar Vimek 610 BioCombi harvarderu, tāpat arī darba apstākļi (jaunaudžu kopšanai paredzētās audzes) atšķīrās no Zviedrijas darba apstākļiem, tāpēc izmēģinājumos sasniegtais darba ražīgums ir mazāks par potenciāli sasniedzamajiem rādītājiem.
2. Pētījumā sagatavotas 13 kravas biokurināmā, vidējā krava ir 2,3 tonnas dabiski mitra biokurināmā (mazāk par 50 % no harvardera kapacitātes). Vidēji 1 ber. m³ sagatavošanai patērētas 6 minūtes tiešā darba laika. Harvardera ražīgums izmēģinājumos atbilst 9,4 ber. m³ stundā produktīvā darba laika. ražīguma rādītāji ir mazāki, nekā Itālijā veiktajos izmēģinājumos, kas saistīts, galvenokārt, ar mazākām koku dimensijām un sarežģītākiem darba apstākļiem.
3. Vimek 610 BioCombi harvardera darba stundas pašizmaksa ir 22 EUR. Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksas ir būtiski mazākas, nekā izmēģinājumos Itālijā – 2,9 EUR ber. m³, ja harvarders strādā 4432 stundas gadā; turpretim, ja harvarders strādā 1000 stundas gadā (133 darba dienas), biokurināmā sagatavošanas pašizmaksa pieaug līdz 3,7 EUR ber. m³, pietuvojoties Itālijā veikto izmēģinājumu rezultātiem.
4. Biokurināmā sagatavošanas un pievešanas pašizmaksa, strādājot ar Vimek 610 BioCombi harvarderu jaunaudžu kopšanā, ir mazāka nekā jebkuram citam vidējas klases harvesteram, kas vērtēts pētījumu programmas ietvaros. Mašīnas ražīgums pārsniedz izmēģinājumos iegūtos vidējās klases harvesteru ražīguma rādītājus līdzīgos apstākļos, taču jāņem vērā, ka harvarderu vadīja pieredzējis zviedru operators.
5. Kopšanas un pievešanas darbus veicot ar Vimek 610 BioCombi harvarderu, kopšanas kvalitātes novērtēšanas parauglaukumos nav konstatēti paliekošo koku bojājumi, kas apstiprina Itālijā gūto atziņu, ka ar Vimek 610 BioCombi harvarderu var nodrošināt tikpat labu kopšanas kvalitāti, kā, strādājot ar rokas motorinstrumentiem.
6. Vimek 610 BioCombi harvarders nodrošina vislabākos ražīguma rādītājus no līdz šim pētījumā testētajām mašīnām un ir ieteicams izmantošanai ražošanā jaunaudžu kopšanā. Būtiski priekšnosacījumi ekonomiski efektīvai mašīnas izmantošanai ir operatoru apmācība (darba metodes izvēle un darbu plānošana ir ārkārtīgi svarīga harvardera ražīguma palielināšanai) un iekārtas nodrošinājums ar darbu (svarīgi panākt, lai harvarders strādātu vismaz 1000 stundas gadā).

LITERATŪRA

1. Spinelli, R., Magagnotti, N., Di Fulvio, F., Bergström, D., Danelon, M. & Alberti, G. (2014). Comparison of Cost Efficiency of Mechanized Fuel Wood Thinning Systems for Hardwood Plantations on Farmland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 35(2), 111–123.
2. Wester, F. & Eliasson, L. (2003). Productivity in Final Felling and Thinning for a Combined Harvester-Forwarder (Harwarder). *International Journal of Forest Engineering* [online], 14(2). Available from: <http://journals.hil.unb.ca/index.php/IJFE/article/view/9870>. [Accessed 2012-08-11].