

Meža nozares kompetences centra projekta

Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums

Pētījuma

Pievestā biokurināmā daudzuma uzskaites metožu salīdzināšana kopšanas cirtēs

Īsais ziņojums Nr. 2015-19 (05.10.2015)

A. Lazdiņš, A. Zimelis

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, e-pasts saziņai andis.lazdins@silava.lv



Kopsavilkums

Pētījuma mērķis ir salīdzināt Intermercato XW 50 PS svaru un automatizētās, pusautomātiskās un manuālās svēršanas metodes ar kokmateriālu tilpuma uzskaites metodēm, pievedot neatrotu un nesagarumotu biokurināmo no kopšanas cirtēm, kas izstrādātas ar Bracke C16.b griezējgalvu. Izmēģinājumos noskaidrota arī kokmateriālu svēršanas ietekme uz pievešanas darba ražīgumu un noteikts pievedējtraktora kravas lielums.

Pētījuma rezultāti pierāda, ka svēršana neietekmē pievedējtraktora darba ražīgumu, attiecīgi, kontraktoriem, kas veic svēršanu, nav nepieciešama piemaksa par svēršanai patērēto darba laiku. Izmantojot *Intermercato* svarus, pielietojama pusautomātiskā svēršanas metode, fiksējot svēršanas uzsākšanas momentu. Svēršanu ieteicams veikt tad, kad pieved biokurināmo vai papīrmalku.

Svēršana nodrošina precīzu pievestā materiāla uzskaiti, taču, lai veiktu pārrēķinus starp dažādām mērvienībām, Latvijā ir jāizstrādā masas un tilpuma mērvienību pārrēķinu tabulas jaunaudzēs iegūtai sīkkoksnei, papīrmalkai un mežizstrādes atliekām. Jāizstrādā arī operatoru apmācības programma pareizai svaru izmantošanai.

Vidējā kravas, pievedot neatrotus svaigi zāgētus sīkkokus jaunaudžu kopšanā, ir vismaz 2 reizes mazāka par pievedējtraktora kravnesību, tāpēc, veicot biokurināmā sagatavošanu jaunaudžu kopšanas cirtēs, ražošanā ir jāievieš risinājumi, kas ļauj palielināt kravas telpas ietilpīgumu vai arī jāizmanto mazjaudīgāka tehnika ar proporcionāli jaudai lielāku kravas telpu.

Pētījums veikts LVMI Silava. Tehnisko atbalstu nodrošināja SIA "R-grupa". Empīriskos datus ieguva LVMI Silava pētnieks A. Zimelis un mežs. tehniķis G. Spalva.

Ievads

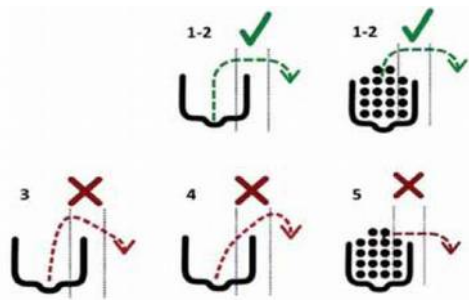
Biokurināmā un papīrmalkas svēršana kļuvusi par standarta uzmērīšanas metodi Somijā, ASV, Kanādā un pakāpeniski šo pieredzi pārņēma arī Zviedrijā. Lēmums par biokurināmā svēršanu, veicot uzskaiti visos ražošanas etapos pēc biomasas sausnas, Zviedrijā pieņemts jau 1984. gadā, taču tālāka tehnoloģiju attīstības līmenis neļāva ieviest šo koncepciju praksē. Somijā pāreja uz svēršanas metodi sākās 2007. gadā.

Svēršanu veic ar hidromanipulatora galā stiprinātiem svāriem, kā arī ar platformas svāriem, kas parasti tiek uzstādīti biokurināmā patēriņa vietā. Hidromanipulatora galā stiprināmu svaru priekšrocība ir operatīva un precīza informācija par pievesto daudzumu, kas netieši raksturo arī biomasas sausnu, jo mitruma saturs svaigi zāgētā koksnē ir salīdzinoši viegli prognozējams. Platformas svāri ir precīzāki, taču, izmantojot svarus, kas atrodas patēriņa vietā, vairs nevar pietiekoši precīzi novērtēt piegādātās biomasas sausnu, jo uzglabāšanas laikā mitruma saturs var būtiski izmainīties. Biokurināmā svēršana patēriņa vietā nenodrošina operatīvu informāciju par saražoto apjomu, kas nepieciešama piegāžu un apmaksas plānošanai (Andersson, 2011).

Hidromanipulatora galā stiprināmo svaru precizitāte saskaņā ar somu pētījumiem ir $\pm 4\%$, kas atbilst Somijas apaļo kokmateriālu uzmērīšanas standartiem. Ziemeļvalstīs pagaidām nav izstrādāti svēršanas un svaru kalibrēšanas standarti, taču saskaņā ar Somijas Lauksaimniecības un mežsaimniecības ministrijas rekomendācijām svaru rādījumi jāpārbauda reizi nedēļā (Heikkilä *et al.*, 2004). Svaru pārbaudi veic, paceļot priekšmetu ar zināmu masu 20 reizes (kalibrēšanai izmantojamā priekšmeta masu, savukārt, pārbauda reizi gadā) un, ja nobīde no

faktiskās masas ir līdz 2 %, svarus nepārkalibrē, ja nobīde no faktiskās masas vismaz 3 mērījumos ir pārsniedz 2 % vai arī vismaz 2 mērījumos pārsniedz 4 %, svāri ir jākalibrē. Ja nobīde pārsniedz 7 %, jāpārbauda svaru tehniskais stāvoklis un tad jāveic kalibrēšana (Andersson, 2011).

Zviedrijā veiktos pētījumos konstatēts, ka svēršanas kvalitāti, izmantojot hidromanipulatora galā stiprināmus svarus, būtiski ietekmē operatora darba stils un cilvēku radītā kļūda nereti ir lielāka par mērierīces kļūdu. Korektu datu iegūšanai svarīgi, lai svēršanas laikā hidromanipulators kustas vienmērīgi un nemaina augstumu (Att. 1).



Att. 1: Pareizas kustības ar hidromanipulatoru svēršanas laikā¹.

Somijā izstrādāti pārrēķinu koeficienti no masas uz tilpuma mērvienībām, ko akceptējuši galvenie mežrūpniecības sektora dalībnieki. Ir izstrādāti arī pārrēķinu koeficienti jaunaudzū kopšanā iegūtai koksnei, kad neliela daļa no saražotās biomasas ir papīrmalka (Lindblad *et al.*, 2008). Somijā izmantotajos pārrēķinu koeficientos biokurināmajam ņem vērā koku sugu (skujkoks, bērzs, citas lapkoku sugas, jaukts materiāls²), kā arī izdala 4 materiālu tipu kategorijas katrai sugai:

1. kopšanas cirtēs iegūtā biomasas, kas satur būtisku daudzumu sniega un ledus;
2. svaigi zāģēta biomasas, kas iegūta kopšanas cirtēs, neatkarīgi no gadalaika;
3. biomasas, kas žāvēta dabiskos apstākļos veģetācijas sezonas laikā vismaz 2 nedēļas;
4. biomasas, kas žāvēta dabiskos apstākļos veģetācijas sezonas laikā vismaz 1 mēnesi.

Mitruma saturu koksne nosaka empīriski vai arī izmanto koeficientu tabulas, kas raksturo mitruma saturu dažādu sugu kokmateriālos. Skujkoku un bērza papīrmalkai izstrādātas pārrēķinu koeficientu tabulas, kas raksturo svaigas un uzglabātas koksnes masas un tilpuma sakarību dažādiem valsts ģeogrāfiskajiem reģioniem (Andersson, 2011).

Pētījumā izmantoti firmas Intermercato XW50PS svāri (Att. 2), ko uzstāda starp greiferi un rotatoru. Svāri piemēroti standarta pievedējtraktoru aprīkojumam, attiecīgi, tos bez pārveidošanas var izmantot vismaz 90 % no esošajiem pievedējtraktoru modeļiem. Svaru maksimālā slodze ir 8 tonnas. Svaru izvēli izmēģinājumos noteica konsultācijas ar Zviedrijas mežzinātnes institūta Skogforsk pētniekiem. Galvenie atlases kritēriji bija vienkārša uzstādīšana,

bezvadu savienojums ar svaru vadības bloku, universāls stiprināšanas mehānisms un vienkārša vadības un kontroles sistēma, kas nav sasaistīta ar traktora vadības sistēmu.

Svāri izmanto bezvadu (WiFi) savienojumu, attiecīgi, to pieslēgšanai nav nepieciešami vādi, kas stieptos ārpus kabīnes. Svaru darbināšanai nepieciešamo elektroenerģiju nodrošina 7,4 V akumulators, kas, atkarībā no laika apstākļiem un tehnikas noslodzes, darbojas 1-2 maiņās.

Svaru darbībai traktora kabīnē nepieciešams pastāvīgs 24 V pieslēgums, kas nodrošina ar strāvu svaru vadības paneli un plaukstdatoru, ko izmanto svēršanas procesa kontrolei (manuālai parametru izvēlei) un datu uzkrāšanai.

Galvenās Intermercato svaru priekšrocības:

- praksē dažādās rūpniecības nozarēs aprobēts algoritms masas noteikšanai;
- savietojamība ar lielāko daļu rūpnieciski ražoto pievedējtraktoru;
- bezvadu savienojums datu pārraidei;
- precīzi rādījumi plašā temperatūru diapazonā;
- aizsardzība pret pārslodzi;
- salīdzinoši vienkārša uzstādīšana (pieredzējušam mehāniķim ar atbilstošu aprīkojumu – 30 min.);
- vadības paneli var saslēgt ar mežizstrādes mašīnas iebūvēto datoru;
- atsevišķa uzskaitē līdz 16 dažādiem kokmateriālu veidiem;
- svaru vadības programmu var palaist uz jebkura viedtālruna vai plaukstdatora ar Android 4.x operētājsistēmu.



Att. 2: Intermercato XW50 svāri.

Izmēģinājumos izmantoto svaru cena pilnā komplektācijā ir 8245 EUR; vienkāršāku svaru, kas adaptēti konkrētam pievedējtraktoru ražotāja modelim, cena ir 7204 EUR. Var iegādāties līdz 2 reizes lētākus citu ražotāju svarus, taču izmēģinājumiem

¹ Attēls - http://www.timbermeasure.com/CDA_2014/Bjorklund.pdf

² Nevienas sugas koku biomasas nepārsniedz 70 % no kopējās masas.

izraudzīti Intermercato svāri, par kuriem vislabākās rekomendācijas sniedza Skogforsk pētnieki. Iespējams, ka praksē izdevīgāk izmantot svarus, kas pārraida signālu pa vadiem, jo šādiem svāriem nav nepieciešami akumulatori, kas regulāri jānomaina un kuru darbības laiks ir atkarīgs no laika apstākļiem.

Darba metodika

Izmēģinājumos izmantotā John Deere 810D pievedējtraktora garums ir 8 m, platums – 2,5 m, klīrenss – 0,6 m. Traktoram ir hidrostatiskā transmisijas sistēma. Dzinēja jauda ir 86 kW, griezes moments – 498 Nm pie 2000 apgriezieniem minūtē. Kravas tilpnes garums ir 3,8 m. Maksimālais kravas lielums – 9 tonnas.

Svarus uzstāda tieši pirms izmēģinājumiem, svaru uzstādīšanas un noņemšanas ilgums lauka apstākļos ir 2-4 stundas, atkarībā no rotatora nolietojuma un citiem faktoriem. Svēršanas uzsākšanai pēc svaru pieskrūvēšanas ir jāveic sekojošās darbības noteiktā secībā:

1. Jāpārlicinās, ka pievedējtraktora masas vai aizdedzes slēdzis ir ieslēgts, lai nodrošinātu svaru vadības bloka darbību;
2. plaukstdatorā jāstartē programma „intelweigh.app”;
3. pirms uzsākt nākošo darbību, no svāriem jāizņem akumulatora baterija; tad plaukstdatorā jāizvēlas uzstādījumi „Settings – Connections – Pair with scale – Pair”;
4. pēc uzstādījumu iestatīšanas akumulatora baterija jāievieto svaros un jāaizskrūvē vāks;
5. ja visas darbības ir izpildītas pareizā secībā, plaukstdatora ekrānā parādās svaru identifikācijas numurs. Ja numurs nav parādījies, iepriekš uzskaitītās darbības jāveic atkārtoti vai jāgriežas pie tehniskā atbalsta speciālista.

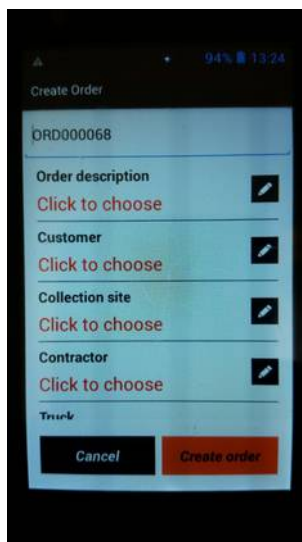
LVMI Silava veiktajos izmēģinājumos neradās grūtības ar svaru vadības paneļa, svaru un plaukstdatora savienošanu, taču izrādījās, ka vadības programma nav pilnībā savietojama ar plaukstdatoriem (nav iespējams piekļūt svērumu datiem), tāpēc datu apstrādi varēja veikt tikai pēc atjauninājumu saņemšanas no svaru ražotāja.

Pēc svaru savienošanas ar vadības paneli un plaukstdatoru vadības programmā jāizveido lietotāju profili, kas atvieglo datu atšifrēšanu izpētes projektos, bet praksē palīdz noteikt katra darbinieka pievesto kokmateriālu daudzumu un veikt darba dienas analīzi. Lai izveidotu jaunu lietotāja profilu, ir jāizvēlas „Drivers – New driver”; tad jānorāda lietotāja vārds un uzvārds un jāapstiprina izmaiņas ar „OK”.

Svaru vadības programma ļauj pievesto apjomu uzskaitīt dažādu kokmateriālu veidu griezumā. Lai definētu pievedamo kokmateriālu veidus, ir jāizvēlas „Settings – Settings – Setup bank”. Programmas izvēlnē piedāvā pievienot vai dzēst kokmateriālu veidus, nospiežot „+” vai „-” zīmi. Uzstādījumos var mainīt arī noklusētos kokmateriālu veidu nosaukumus.

Svēršanas uzsākšanai programmas galvenajā izvēlnē jāizvēlas opcija „Active order – Create order” (Att. 3, a). Aizpildot darba uzdevuma formu, iespējami precīza un standartizēta informācija jāievada visos lauciņos. Vēlāk, izveidojot atskaites formu, var iegūt informāciju par ilgstošu laika periodu, izmantojot darba uzdevumā iekļauto informāciju automatizētai datu atšifrēšanai un analīzei. Pēc darba

uzdevuma formas aizpildīšanas aizpildīšanas, jānospiež apstiprinājuma poga „Create order”. Darba sākšanai jānospiež mērīšanas ieslēgšanas pogu, kas atrodas ekrāna vidū (Att. 3, b).



a) Svaru galvenā izvēlne

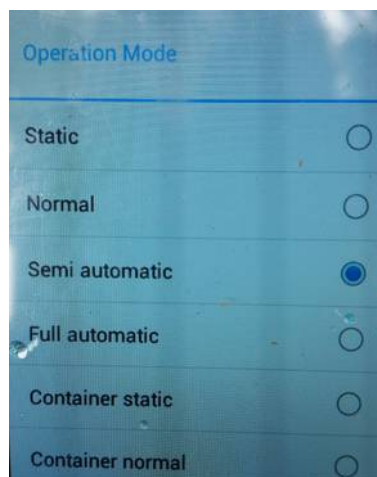


b) Svēršanas procesa sākšana

Att. 3: Intermercato XW50 svaru vadības programmas izvēlnes.

Papildus uzstādījumi:

- svaru programma – automātiska, pusautomātiska vai manuāla svēršana (Att. 4, pārējās svēršanas metodes nav pielietojamas kokmateriālu pievešanā);
- svēršanas ilgums – laiks kokmateriālu pakas masas fiksēšanai (minimālā vērtība, kas izmantota arī izmēģinājumos, ir 3 sek.);
- datu eksportēšana un citi parametri.

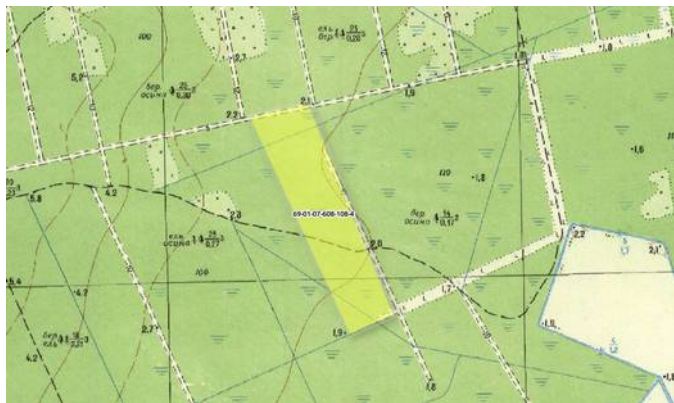


Att. 4: Svēršanas programmu izvēlnē.

Pievelot dažādus kokmateriālu veidus, katru reizi, mainoties sveramo kokmateriālu veidam, uz plaukstdatora displeja ir jāizvēlas cita materiālu kategorija. Praksē šāda risinājuma pielietošana rada papildus neērtības operatoram, it īpaši, ja pieved jauktas zāgbaļķu kravas. Pētījuma vajadzībām veikts dalījums ceļos iekrautajā un pievestajā materiālā, tālāk nešķirojot dažādas kokmateriālu grupas.

Pievešanas izmēģinājumi veikti kopšanas cirtē lapkoku audzē (60s4B 20) platlapju ārenī (Att. 5). Pievešanas ceļa garums 0,73 km. Izmēģinājumi turpinājās 4 dienas – no 29.09.2015 līdz 02.10.2015;

kopējais darba laika uzskaitē ietvertais laiks – 22,2 stundas. Kopā izmēģinājumos 40 kravās pievestas 72 tonnas (80 m³ vai 212 ber. m³) neatzarotu sikkoku, kas izstrādāti ar Bracke C16.b griezējgalvu.



Att. 5: Svēršanas ietekmes uz pievešanas darba ražīgumu novērtēšanai izmantotā audze.

Rezultāti

Svēršanas metožu salīdzinājums

Pētījumā meklēts piemērotākais risinājums *Intermercato* svaru izmantošanai pievestās biomasas uzskaitē. Salīdzinātās svēršanas metodes:

- *Normal* – svēršana notiek manuāli, proti, tiek fiksēts svēršanas sākums un beigas;
- *Semi automatic* – svēršana notiek pusautomātiski, proti, ir jānospiež pedālis tikai uzsākot svēršanu;
- *Full automatic* – svēršana notiek pilnībā automātiski, proti, pedāli jānospiež, ja nepieciešams apturēt automātisko svēršanu.

Veicot darba laika uzskaiti, būtiska ietekme uz pievešanas darba ražīgumu nav konstatēta. Pētījumā arī secināts, ka automātiskai svēršanas metodei nav priekšrocību, salīdzinot ar citām metodēm. Jāņem vērā, ka operatoram, iespējams, nepietika laika adaptēties automātiskās svēršanas metodei un ilgākā laikā darba ražīgums, strādājot ar šo metodi, būtiski uzlabotos.

Vērtējot svēršanas precizitāti, atkarībā no pielietotās programmas, konstatēts, ka operatora darba stils būtiski ietekmē rezultātu, proti, vai operators, iekraujot vai izkraujot kokmateriālus, tos izlīdzina pirms vai pēc tam, kad svāri sāk svēršanu. Liela nozīme tam vai svēršanu veic, iekraujot vai izkraujot kokmateriālus. Precīzāki rezultāti iegūstami, sverot kokmateriālus izkraušanas laikā.

Salīdzinot kokmateriālu izcelšanas operācijas un svēršanas ilgumu, konstatēts, ka izcelšana vidēji turpinās ilgāk, nekā svēršana (3 sekundes vai nedaudz vairāk); attiecīgi, svēršanu var sasaistīt ar kokmateriālu izcelšanu, neradot ietekmi uz darba ražīgumu. Iegūto rezultātu apstiprina agrāk veiktie novērojumi par apaļo kokmateriālu svēršanas ietekmi uz darba ražīgumu (Tab. 1)

Tab. 1: Izkraušanas laika analīze³

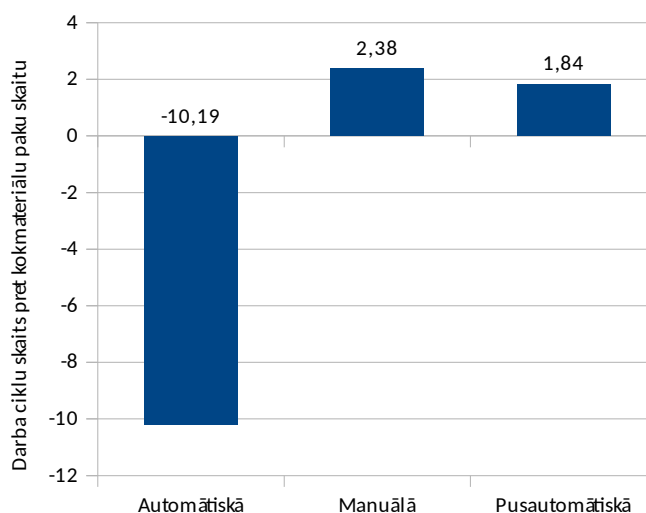
| Svēršanas metode | Automātiskā | Pusautomātiskā | Manuālā | Bez svēršanas |
|---------------------------|-------------|----------------|---------|---------------|
| Darba cikla ilgums, cmin. | 36 | 35 | 32 | 34 |
| Darba laiks kravai, min. | 3 | 4 | 4 | 5 |
| Darba ciklu skaits kravai | 9 | 11 | 14 | 16 |

Vērtējot svēršanas ietekmi uz pievešanas darba ražīgumu, konstatēta būtiska datu izkliede, uz ko norāda lielas F vērtības. Tas skaidrojams ar materiāla novietojumu, apjomu un dimensijām, kas ietekmē izkraušanas laiku. Savukārt, ja analizē vidējo vērtību atšķirības (t), kuras norāda uz atšķirībām starp programmām, būtiskas atšķirības nav konstatētas (Tab. 2). Tas nozīmē, ka svēršanas metodes neietekmē darba ražīgumu.

Tab. 2: Būtiskuma līmeņa noteikšana

| Svēršanas metode | F-tests | | t-Tests | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|
| | F | F krit. | t | t krit. |
| Automātiskā | 1,63 | 1,29 | 1,15 | 1,97 |
| Pusautomātiskā | 4,4 | 1,53 | 0,37 | 1,97 |
| Manuālā | 3,7 | 1,39 | 0,62 | 1,97 |

Pētījumā vērtēta arī svēršanas programmas ietekme uz mērījumu precizitāti. Precizitātes novērtēšanai salīdzināja darba laikā uzskaitē noteikto darba ciklu un nosvērto kokmateriālu paku skaitu. Pilnīga atbilstība nozīmē, ka visas kokmateriālu pakas ir nosvērtas, lielāks hronometrēto darba ciklu skaits nozīmē, ka dažas kokmateriālu pakas nav nosvērtas, bet mazāks darba ciklu skaits nozīmē, ka atsevišķas kokmateriālu pakas nosvērtas vairākas reizes. Att. 6 redzams, ka vislielāko sakritību nodrošina pusautomātiskā svēršanas metode.



Att. 6: Svēršanas programmas ietekme uz uzmērīšanas precizitāti.

Automātiskā metode rada neprecizitāti kokmateriālu līdzināšanas un kārtošanas rezultātā. Paceļot kokmateriālus, svāri paspēj fiksēt to masu atkārtoti. Kļūdu rada arī masas fiksēšana brīdī, kad notiek kokmateriālu galu pielīdzināšana, kad balņi ir atbalstīti pret zemi un svāri fiksē mazāku masu.

³ Atbilstoši 2014. gada izmēģinājumu rezultātiem grāvju trašu apauguma izstrādes cirtēs.

Pusautomātiskās metodes pielietošanas gadījumā neprecizitāte rodas kokmateriālu līdzināšanas laikā, jo operatoram ir jānorāda svēršanas sākums un līdz svēršanas beigām jāveic tikai izceļšanas operācija, nepieciešamības gadījumā uz brīdi apturot hidromanipulatoru. Šo kļūdu ir viegli izslēgt, pievēršot uzmanību tam, kurā brīdī veic kokmateriālu galu līdzināšanu un kārtošanu.

Manuālās programmas pielietošanas gadījumā neprecizitāte rodas neuzmanības rezultātā, jo operatoram ir jāfiksē visi darba etapi (svēršanas sākums, svēršanas beigas, krautuves kārtošana utt.); attiecīgi, operatoram jāveic vismaz 2 reizes vairāk darbību, lai nodrošinātu svēršanu, nekā pusautomātiskās metodes gadījumā, un tas būtiski palielina neuzmanības kļūdu rašanās iespējas. Manuālās metodes pielietošana saistīta ar lielu papildus slodzi un ilgstošu koncentrēšanos, lai neizlaistu kādu no operācijām. Ražošanas praksē kokmateriālu pievešanā manuālā svēršanas metode nav pielietojama.

Svēršanas ietekme uz neatzarotu koku pievešanas darba ražīgumu

Pētījuma otrajā etapā novērtēta pusautomātiskās svēršanas metodes ietekme uz daļēji atzarotu sīkkoku pievešanas darba ražīgumu un pievestā materiāla apjoma noteikšanu lapkoku audzē (Att. 7).



Att. 7: Jaunaudze pēc kopšanas cirtes.

Vidējās kravas lielums izmēģinājumos bija 3,7 tonnas. Izmēģinājumos pieveda svaigi zāgētu koksni (Att. 8), tāpēc var pieņemt, ka relatīvais mitruma saturs lapkoku koksnē ir 47%. Aprēķinos izmantotais bērza stumbra koksnes blīvums ir 0,47 tonnas m⁻³ (Lazdiņš *et al.*, 2013), bet šķeldu bēruma blīvums – 5,5 ber. m³ tonnā, attiecīgi, pievestās biomasas apjoms ir 212 ber. m³, bet vidējā krava ir 10,7 ber. m³ vai 4,2 m³.



Att. 8: Kopšanas cirtē sagatavotās biomasas kaudze krautuvē.

Lielākā krava izmēģinājumos bija 4,4 tonnas smaga, mazākā krava, neskatot nepilnās kravas – 3,0 tonnas. Vienā satvērienā

pievedējtraktora kausā katrā kokmateriālu pakā pacelti vidēji 420 kg, smagākā kokmateriālu paka svēra 706 kg. Iegūtais rezultāts attiecināms uz lapkoku audzēm, bet kravu raksturošanai skujkoku audzēs nepieciešami empīriski dati no skujkoku jaunaudzēm. Pievedējtraktora kravnesības izmantošanas efektivitāte ir mazāka par 50 %, attiecīgi, kraujot lielākas kravas, kokmateriālu pievešanas pašizmaksu var būtiski samazināt. Kravas telpas palielināšanai ieteicams izmantot konstruktīvus risinājumus, piemēram statņu pagarināšanu.

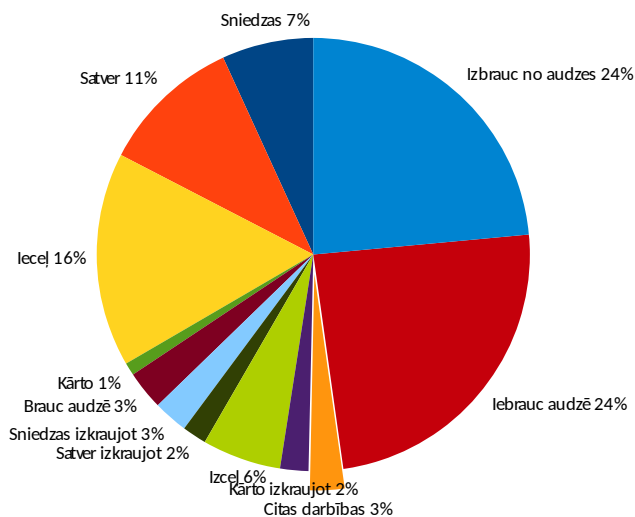
Vidējais darba laika patēriņš kravas veidošanai ir 12,4 minūtes, darba laika patēriņš kravas izkraušanai – 3,8 minūtes, pievešana ilgst 14,6 minūtes. Kopējais darba laika patēriņš 1 kravai ir 30,5 minūtes, bet, pārrēķinot uz 1 tonnu pievesto kokmateriālu – 8,3 minūtes. Statistiski būtiska iekraušanas un izkraušanas ilguma atšķirība, sverot biomasu vai pievedot to bez svēršanas) pētījumā nav konstatēta; attiecīgi, pētījums apstiprina iepriekš izdarīto secinājumu, ka izmēģinājumos izmantotā pusautomātiskā svēršanas metode neietekmē darba ražīgumu.

Darba laika patēriņš uz 1 ber. m³ dots Tab. 3, vidēji 1 ber. m³ pievešanai izmēģinājumos patērētas 2,85 minūtes produktīvā darba laika.

Tab. 3: Darba laika patēriņa pārrēķins, min 1 ber. m⁻³

| Darba metode | Iekrauj | Izkrauj | Brauc | Produktīvais laiks |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| Kravas nav svērtas | 1,142 | 0,329 | 1,405 | 2,876 |
| Kravas svērtas | 1,127 | 0,377 | 1,312 | 2,816 |
| Vidēji | 1,134 | 0,353 | 1,359 | 2,846 |

Aptuveni puse produktīvā laika izmēģinājumos patērēta, braucot pa pievešanas ceļu; laikietilpīgākās operācijas kravu veidošanā un izkraušanā ir kokmateriālu iecelšana, satvēšana un sniegšanās (kopā 34 % produktīvā darba laika, Att. 9).



Att. 9: Pievešanas darba laika struktūra.

Izmēģinājumos nav noteikts pievedējtraktora braukšanas ātrums, taču saskaņā ar agrāk veikto izmēģinājumu rezultātiem John Deere 810 pievedējtraktors kopšanas cirtēs ārpus audzes pārvietojas ar 60-150 m min.⁻¹ ātrumu (Lazdiņš *et al.*, 2008; Kalēja *et al.*, 2014a; b; Kalēja & Lazdiņš, 2014); attiecīgi, kokmateriālu pievešanai 0,7 km attālumā būtu jāpatērē 14,6 minūtes darba laika.

Izmaksu aprēķinos izmantoti agrāk veiktajos pētījumos iegūtie dati par vidējām lietota pievedējtraktora darba stundas izmaksām (35 EUR produktīvajā stundā, Lazdiņš & Zimelis, 2015). Kokmateriālu pievešana atbilstoši šim pieņēmumam vidēji izmaksā 1,7 EUR ber. m⁻³ (4,4 EUR m³).

Pievešanas pašizmaksu izmēģinājumos būtiski palielināja salīdzinoši maza vidējās kravas masa (2 reizes mazāka, nekā izmantojamā pievedējtraktora kravnesība). Kravas masas palielināšanai ir vairāki risinājumi – nozāģēto sīkkoku daļēja atzarošana; rūpīgāka kravas kompaktizēšana iekraušanas laikā vai pievedējtraktora kravas tilpnes mehāniska modificēšana, palielinot tās apjomu. Alternatīvs risinājums ir mazāka pievedējtraktora izmantošana pievešanā, samazinot darba stundas izmaksas. Šāds risinājums var būt īpaši efektīvs, ja pievešanas ceļa garums ir neliels; pievedot kokmateriālus lielākā attālumā, jāizmanto risinājumi, kas ļauj palielināt kravas apjomu.

Secinājumi un rekomendācijas

1. Svēršana neietekmē pievedējtraktora darba ražīgumu, attiecīgi, veicot pievesto kokmateriālu vai biomasas uzskaiti ar svēršanas metodi, nav nepieciešama piemaksa par papildus patērēto darba laiku.
2. Izmantojot *Intermercato* vai analogu svēršanas sistēmu, ražošanas apstākļos pielietojama pusautomātiskā svēršanas metode, kas paredz svēršanas uzsākšanas momenta fiksēšanu. Operatori, kas veic svēršanu, ir jāapmāca darbam ar svāriem, lai samazinātu kļūdu veidošanās iespēju.
3. Svēršanu ieteicams veikt tajos gadījumos, kad pieved biokurināmo, papīrmalku vai jauktas šo kokmateriālu kravas. Veikt svēršanu nav lietderīgi, pievedot zāģbalkus.
4. Latvijā ir jāizstrādā masas un tilpuma mērvienību pārrēķinu tabulas jaunaudzēs iegūtai sīkkoksnei, papīrmalkai un mežizstrādes atliekām; kā arī svēršanas kvalitātes kontroles metodika.
5. Vidējās kravas lielums, pievedot neatzarotus svaigi zāģētus sīkkokus jaunaudžu kopšanā, ir 3,7 tonnas, attiecīgi vismaz 2 reizes mazāka par pievedējtraktora kravnesību. Lai samazinātu pievešanas izmaksas un tehnikas ietekmi uz vidi, vairākkārtīgi braucot pa vienu un to pašu ceļu,

ražošanā ir jāievieš risinājumi, kas ļauj palielināt kravas tilpnes ietilpīgumu vai arī jāizmanto mazāka tehnika ar traktora masai proporcionāli lielāku kravas tilpni.

Izmantotā literatūra

1. Andersson, R. (2011). *Productivity of integrated harvesting of pulpwood and energy wood in first commercial thinnings* [online]. Umeå. (308 2011).
2. Heikkilä, J., Lindblad, J., Hujo, S. & Verkasalo, E. (2004). Pienten puutavaraerien mittaus puutavara-auto kuormainvaa'alla. *Metsätieteenaikakausikirja* 4, 527–540.
3. Kalēja, S., Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2014a). *Plastmasas ķēžu pielietošanas izmēģinājumi kokmateriālu pievešanā krājas kopšanā*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2014-10).
4. Kalēja, S., Zimelis, A., Prindulis, U. & Lazdiņš, A. (2014b). *Tehnoloģisko koridoru izvietojuma blīvuma novērtēšana savlaicīgā un novēlotā jaunaudžu kopšanā*. Salaspils.
5. 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.
6. Lazdiņš, A., Liepiņš, J. & Zimelis, A. (2008). Pievešanas apstākļu ietekme uz pievešanas mašīnu izmaksām galvenās izmantošanas cirtēs - augsnes sablīvēšanās mērījumu rezultāti. LVMI Silava.
7. Lazdiņš, A., Liepiņš, K., Lazdiņa, D., Jansons, Ā., Bārdule, A. & Lupiķis, A. (2013). *Mežsaimniecisko darbību ietekmes uz siltumnīcefekta gāzu emisijām un CO₂ piesaisti novērtējums (pārskats par 2013. gada darba uzdevumu izpildi)*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
8. Lazdiņš, A. & Zimelis, A. (2015). *Kāpurķēžu ar palielinātu virsmas laukumu izmēģinājumi kokmateriālu pievešanā no krājas kopšanas cirtēm uz augsni ar mazu nestspēju*. Salaspils. (Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums; 2015/11).
9. Lindblad, J., Äiljälä, O. & Koistinen, A. (2008). Energiapuun mittaus. Forestry Development Centre - TAPIO and Finnish Forest Research Institute METLA.