

PĀRSKATS

par AS "Latvijas valsts meži" pētījuma

ATJAUNOJAMO ENERĢORESURSU PRODUKTU RAŽOŠANAS
PĀRSTRĀDES UN LOĢISTIKAS RŪPNIECISKAIS PĒTĪJUMS

darbu izpildi

Pārskata nosaukums **Plastmasas ķēžu pielietošanas izmēģinājumi
kokmateriālu pievešanā krājas kopšanā**

Līguma Nr. **L-KC-11-0004**

Pārskata Nr. **2016/06**

Pārskata versija **RC1**

Izpildes laiks **01.10.2014-19.12.2014**

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

Projekta vadītājs

A. Lazdiņš

KOPSAVILKUMS

Pētījuma mērķis ir noskaidrot krājas kopšanā iegūto apaļo kokmateriālu pievešanas iespējamo pašizmaksu, izmantojot dažādu pievešanas tehniku ar atšķirīgu aprīkojumu. Pētījumā veikti pievešanas darbi ar četrus veidus pievedējtraktoriem- vidējās klases John Deere 810 D pievedējtraktoru bez īpaša aprīkojuma, John Deere 810 D pievedējtraktoru, kas aprīkots ar plastmasas ķēdēm, John Deere 810 D pievedējtraktoru, kas aprīkots ar metāla ķēdēm un lielas klases pievedējtraktoru ProSilva 15 - 4ST. Pētījums veikts trijās audzēs AS "Latvijas valsts meži" platībās Ugāles apkārtnē.

Darba laika uzskaitē veikta 56 pievestajām apaļo kokmateriālu kravām (kopā apmēram 407,9 tonnas jeb 489,5 m³). Vidējā pievestā krava, atkarībā no pievedējtraktora veida, bija robežas no 6,5 līdz 8 tonnām. Vidēji 1 kravas pievešanai patērēja no 36,1 līdz 46,0 minūtēm efektīvā darba laika. Pievedējtraktoriem vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais efektīvais darba laiks bija robežās no 17,0 līdz 25,7 minūtēm. Vidēji 1 m³ apaļo kokmateriālu pievešanai patērēja no 4,7 līdz 6,0 minūtēm efektīvā darba laika.

Pievešanas darbus veicot ar ProSilva 15 - 4ST pievedējtraktoru, pievešanas ceļos kokmateriāli ieklāti netika, lielākais pievešanas ceļos ieklātais apaļo kokmateriālu apjoms (1,8 tonnas) konstatēts pievešanas darbos izmantojot John Deere 810 D pievedējtraktoru bez ķēdēm.

Vismazākā pievešanas pašizmaksa (2,38 EUR m⁻³) ir, strādājot ar John Deere 810 D pievedējtraktoru bez papildus aprīkojuma; vislielākā – strādājot ar pievedējtraktoru ProSilva 15 - 4ST (3,91 EUR m⁻³).

Ietekmes uz vidi izvērtējums parāda, ka vismazāk risu (1,7 %) konstatēts pievešanas ceļos, kur strādājis pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST, visvairāk (10,1 %) – kur pievešanu veicis John Deere 810 D pievedējtraktors bez papildus aprīkojuma. Pievešanas darbiem raksturīgie sakņu bojājumi paliekošajiem kokiem vismazāk konstatēti tajās audzes daļās, kurās pievešanas darbi veikti ar pievedējtraktoru ProSilva 15 - 4ST (2,8 koki ha⁻¹), bet visvairāk bojāto koku atrodas koridoros, kur pievešanu veicis John Deere 810 D pievedējtraktors, kas aprīkots ar plastmasas ķēdēm (7,8 koki ha⁻¹).

Izmēģinājumos izmantotās plastmasas ķēdes samazina vibrāciju, nedaudz samazina degvielas patēriņu un uzlabo operatora darba apstākļus, taču, salīdzinot ar standarta metāla ķēdēm, tās rada būtiski lielāku ietekmi uz vidi (risas un paliekošo koku sakņu bojājumi) un var būtiski palielināt pievešanas izmaksas, ja ķēžu nolietojums atbilst prognozētajam (2000 stundas). Saskaņā ar pētījuma rezultātiem plastmasas ķēdēm nav būtisku priekšrocību, salīdzinot ar pareizi lietotajām metāla ķēdēm.

Izmēģinājumi ar pievedējtraktoriem, kas aprīkoti ar plastmasas un metāla ķēdēm ir jāturpina, salīdzinot pievešanas ražīgumu un izmaksas smagos apstākļos, kur riteņtraktors bez papildus aprīkojuma nevar nodrošināt AS "Latvijas valsts meži" prasībām atbilstošu darbu izpildes kvalitāti.

Saturs

Kopsavilkums	2
Ievads	5
Pētījumu objekti un darba metodika	11
Pētījumu objekti.....	11
Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana.....	12
Taksācijas rādītāju noteikšana.....	12
Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums.....	12
Kokmateriālu pievešana.....	12
Darba laika uzskaitē.....	15
Aprīkojums.....	15
Pievešanas darbi.....	16
Pievestā materiāla uzskaitē.....	17
Laika apstākļi izmēģinājumu laikā.....	18
Bojājumu uzskaites metodika.....	19
Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze.....	19
Darba rezultāti	23
Pievešanas darbu ražīgums.....	23
Pievešanas darbu darba ražīguma aprēķini.....	28
Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze.....	32
Kopšanas kvalitāte un Ietekme uz vidi.....	33
Ieteikumi praksei un secinājumi	35
Izmantotā literatūra	37

Attēli

Att. 1: Augsnes penetrācijas pretestība atkarībā no pievešanas apstākļiem (Lazdiņš, 2008).....	6
Att. 2: Pievešanas attāluma un ķēžu izmantošanas ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu (Lazdiņš & Gercāns, 2011).....	7
Att. 3: Augsnes penetrācijas pretestība, strādājot kāpurķēžu traktorū (Lupiķis et al., 2014b).....	8
Att. 4: Augsnes penetrācijas pretestība, veicot izstrādi un pievešanu ar Rottne traktoriem (Lupiķis et al., 2014b).....	8
Att. 5: Penetrācijas pretestība uz koridora, salīdzinot ar kontroli, atkarībā no izstrādes un pievešanas tehnikas (Lupiķis et al., 2014b).....	9
Att. 6: Objektu izvietojums.....	11
Att. 7: Pievedējtraktors John Deere 810 D.....	13
Att. 8: Pievedējtraktors John Deere 810 D ar metāla ķēdēm.....	13
Att. 9: Pievedējtraktors John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm.....	14
Att. 10: Pievedējtraktors ProSilva 15 - 4ST.....	15
Att. 11: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.....	15
Att. 12: Degvielas mēriekārta "AIC 904 Veritas".....	16
Att. 13: Uzstādīti Intermercato XW50PS svāri.....	17
Att. 14: Intermercato XW50PS svāru elementi.....	18
Att. 15: Diennakts vidējā gaisa temperatūra pievešanas darbu laikā.....	19
Att. 16: Darba laika sadalījums pievešanā ar dažādiem pievedējtraktoriem.....	28
Att. 17: Vidējais 1 kravas pievešanas efektīvā darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	29
Att. 18: Vidējais 1 kravas iekraušanas un izkraušanas darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	29
Att. 19: Vidējā pievestās kravas masa sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	30
Att. 20: Vidējais 1 m ³ pievešanas efektīvā darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktora veidiem.....	30

Att. 21: Vidējais 1 m ³ iekraušanas un izkraušanas darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	31
Att. 22: Pievestais un tehnoloģiskajos koridoros ieklātais apažo kokmateriālu apjoms sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	32
Att. 23: Risu īpatsvars sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.....	33
Att. 24: Ar pievedējtraktora bojāto (sakņu bojājumi) koku skaits sadalījumā pa tehnikas veidiem.....	34

Tabulas

Tab. 1: Audžu taksācijas rādītāji.....	11
Tab. 2: Taksācijas rādītāji pēc kopšanas.....	11
Tab. 3: John Deere 810 D specifikācija.....	12
Tab. 4: ProSilva 15 - 4ST specifikācija.....	14
Tab. 5: Pievešanas darba laika uzskaites elementi.....	16
Tab. 6: Pašizmaksas aprēķinu gaita.....	19
Tab. 7: Pievedējtraktora John Deere 810 D darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.).....	24
Tab. 8: Pievedējtraktora John Deere 810 D (ar metāla ķēdēm) darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.).....	24
Tab. 9: Pievedējtraktora John Deere 810 D (ar plastmasas ķēdēm) darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.).....	25
Tab. 10: Pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.).....	26
Tab. 11: Pievedējtraktora darba laika kopsavilkums sadalījumā pa pievedējtraktora veidiem (cmin.).....	26
Tab. 12: Pievedējtraktora vidējais efektīvā darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (min.).....	26
Tab. 13: Pievedējtraktora vidējais efektīvā darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai (min.).....	27
Tab. 14: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 m ³ dabiski materiāla pievešanai (min.).....	27
Tab. 15: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī.....	32
Tab. 16: Pievešanas darbu pašizmaksas kopsavilkums.....	33

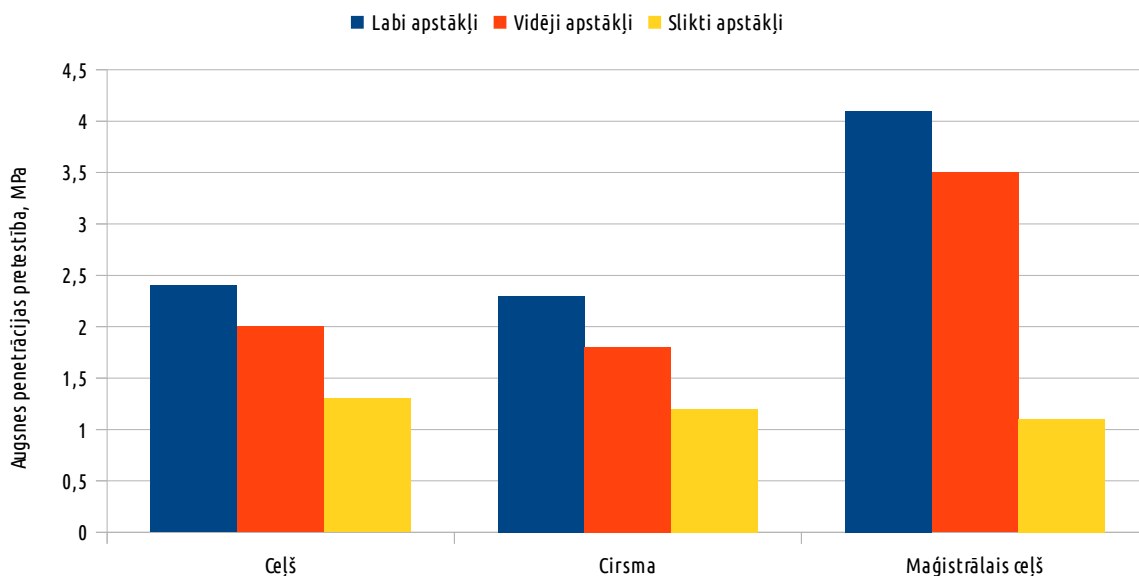
IEVADS

Saskaņā ar AS "Latvijas valsts meži" tehniskajām prasībām mežizstrādes tehnikai, sagatavoto apaļo kokmateriālu pievešanai jāizmanto pievedējtraktors, kas aprīkots ar astoņiem vai vairāk riteņiem vai kāpurķēdēm, riepu platums nedrīkst būt šaurāks par 70 cm. Pievedējtraktora pašmasa nedrīkst pārsniegt 16,5 tonnas, kravas nodalījuma pagarinājums 3 m garu kokmateriālu iekraušanai divās rindās nav pieļaujams (AS "Latvijas valsts meži" Tehniskās prasības mežizstrādes tehnikai).

Pievešanas apstākļiem pastāv dažādas klasifikācijas sistēmas, kas ietver mežaudzes raksturojumu (augšnes nestspēja, nogāzes slīpums, audzes viendabīgums) un pievešanas ceļu raksturojums ārpus audzes. 2008. gadā īstenotajā izpētes projektā par augšnes pievešanas apstākļu ietekmi uz pievedējtraktora ražību un pašizmaksu piedāvāts veikt pievešanas apstākļu iedalījumu 4 kategorijās:

1. **Labi** – ļoti labi pievešanas apstākļi. Laba augšnes nestspēja. Nav jāšķērso zemas mikroieplakas. Pievedējtraktoram nav nepieciešamas ķēdes. Parasti risas nav dziļākas par 20 cm. Kokmateriālus var pievest 12 mēnešus gadā. Meža tipi, kas parasti atbilst šiem nosacījumiem – Sl, Mr, Ln, Dm, Vr, Gr;
2. **Vidēji** – vidēja augšnes nestspēja. Jāšķērso lokālas zemas mikroieplakas. Ar daudz atkārtotiem braucieniem veidojas risas, kas dziļākas par 20 cm. Pievedējtraktoram nepieciešamas ķēdes vismaz uz pakaļējā tandēma. Atsevišķās vietās nepieciešams ceļu pastiprināt ar mežizstrādes atliekām. Uzmontējot ķēdes, kokmateriālus var pievest 12 mēnešus gadā. Meža tipi, kas parasti atbilst šiem nosacījumiem – Gs, Mrs, Dms, Vrs, Grs, Av, Am, As, Ap;
3. **Slikti** – augšnes nestspēja vāja. Jāšķērso vairākas mikroieplakas. Lielākā daļa pievešanas ceļa atrodas zemā, pārmitrā vietā vai kūdrā. Ar vairākiem atkārtotiem braucieniem veidojas risas dziļākas par 40 cm. Pievedējtraktoram bez kāpurķēdēm un būtiskas mežizstrādes atlieku, kā arī malkas ieklāšanas ceļos visus kokmateriālus pievest nav iespējams. Meža tipi, kas parasti atbilst šiem nosacījumiem – Kv, Km, Ks, Kp;
4. **Ekstremāli** – ļoti vāja augšnes nestspēja. Jāšķērso applūdušas, pārpurvojušās vietas. Jau ar pirmajiem braucieniem risas ir dziļākas par 40-50 cm. Pievedējtraktori aprīkojami ar ķēdēm gan uz priekšējā, gan aizmugurējā tandēma. Liels apjoms malkas, papīrmalkas un mežizstrādes atlieku jāiekļāj ceļā lai nodrošinātu pievedējtraktora pārvietošanos. Sortimentu pievešana bez-sala apstākļos nav iespējama. Meža tipi, kas parasti atbilst šiem nosacījumiem – Pv, Nd, Db, Lk (Gercāns, 2008).

Viens no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē pievešanas apstākļus, ir augšnes nestspēja, ko, savukārt, raksturo augšnes penetrācijas pretestība (Att. 1).



Att. 1: Augsnes penetrācijas pretestība atkarībā no pievešanas apstākļiem (Lazdiņš, 2008).

Skaidrojot pievešanas apstākļu ietekmi uz ražīgumu, konstatēts, ka visos pievešanas apstākļos, palielinoties pievešanas attālumam, mazāko pievedējtraktoru ražīgums samazinās straujāk, nekā pievedējtraktoriem ar pagarināto kravas nodalījumu. Labos pievešanas apstākļos pievešanas ražīgums ir būtiski lielāks, nekā vidējos un sliktos apstākļos, pievedējtraktoram nav jāapbrauc šķēršļi un nav jāpatērē laiks ceļa pakošanai. Ražīgums vidējos un sliktos apstākļos būtiski neatšķiras, kas saistīts, galvenokārt, ar līdzīgu braukšanas ātrumu vidējos un sliktos apstākļos (Gercāns, 2008).

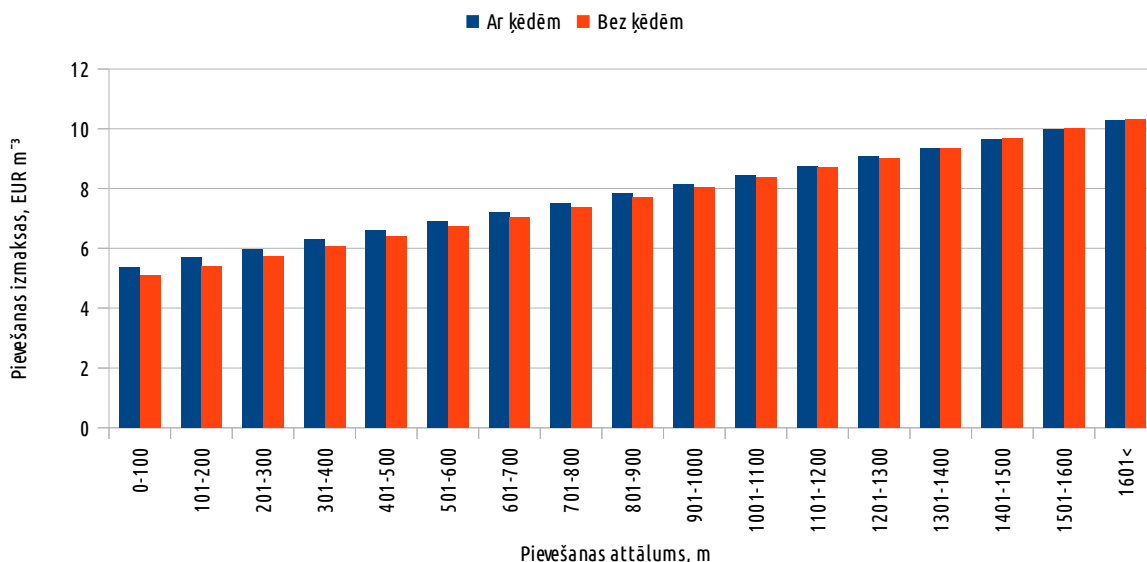
Pētījumā konstatēts, ka mazākās pievešanas izmaksas visos pievešanas apstākļos ir pievedējtraktoram ar 14 tonnu kravnesību, kas skaidrojams ar lielāku ražīgumu, salīdzinot ar pārējiem pievedējtraktoriem. Lielākās pievešanas izmaksas visiem pievedējtraktoriem ir sliktos pievešanas apstākļos, un palielinoties pievešanas attālumam, vidējās izmaksas pieaug straujāk nekā vidējos vai labos apstākļos. Straujākais izmaksu kāpums visos pievešanas apstākļos, palielinoties pievešanas attālumam, ir mazākajiem pievedējtraktoriem, kas skaidrojams ar mazāku kravas apjomu, kas, palielinoties pievešanas attālumam rada būtiski lielāku ietekmi uz ražīgumu, salīdzinot ar pievedējtraktoriem, kuriem ir pagarinātais kravas nodalījums (Gercāns, 2008).

Saskaņā ar augsnes sablīvējuma pētījumu rezultātiem būtiski koku sakņu augšanas traucējumi sākas tad, kad augsnes penetrācijas pretestība pārsniedz 3 MPa, bet mazāk nozīmīgi augšanas traucējumi var rasties, augsnes penetrācijas pretestībai sasniedzot 2 MPa. Šādos apstākļos koku sakņu attīstība aizkavējas par 2-5 gadiem (Nugent *et al.*, 2003; Alaoui & Diserens, 2011).

Saskaņā ar Latvijā galvenajā cirtē veiktu pētījumu rezultātiem augsnes sablīvējums mazāk raksturīgs sausām augsnēm un pārmitrām organiskām augsnēm, bet visvairāk pievešanas laikā tiek sablīvētas mitrās minerālaugsnēs, attiecīgi, mazāko negatīvo ietekmi pievešana rada dabiski sausās minerālaugsnēs sausieņu meža tipos (Lazdiņš & Gercāns, 2011). Lai gan, ja salīdzina absolūtās augsnes penetrācijas pretestības vērtības uz tehnoloģiskajiem koridoriem pēc pievešanas, sausieņu meža tipos ietekme uz augšanas apstākļiem var būt tikpat nelabvēlīga kā slapjajās (vidējos pievešanas apstākļos), tāpēc meža tehnikas ietekmes uz

augšni samazināšana ir būtiska bet tikai tur, kur tā ir vizuāli viegli novērtējama, bet arī sausieņu meža tipos, kur nav būtisku vizuāli nosakāmu augšnes bojājumu (Liepiņa *et al.*, 2014).

2008. gada pētījumā konstatēts, ka ķēdes nerada būtisku ietekmi uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu (Att. 2), lai gan degvielas patēriņš pieauga vidēji par 200 g stundā un ražīgums samazinājās par 0,7 % sakarā ar mazāku braukšanas ātrumu (Lazdiņš & Gercāns, 2011).



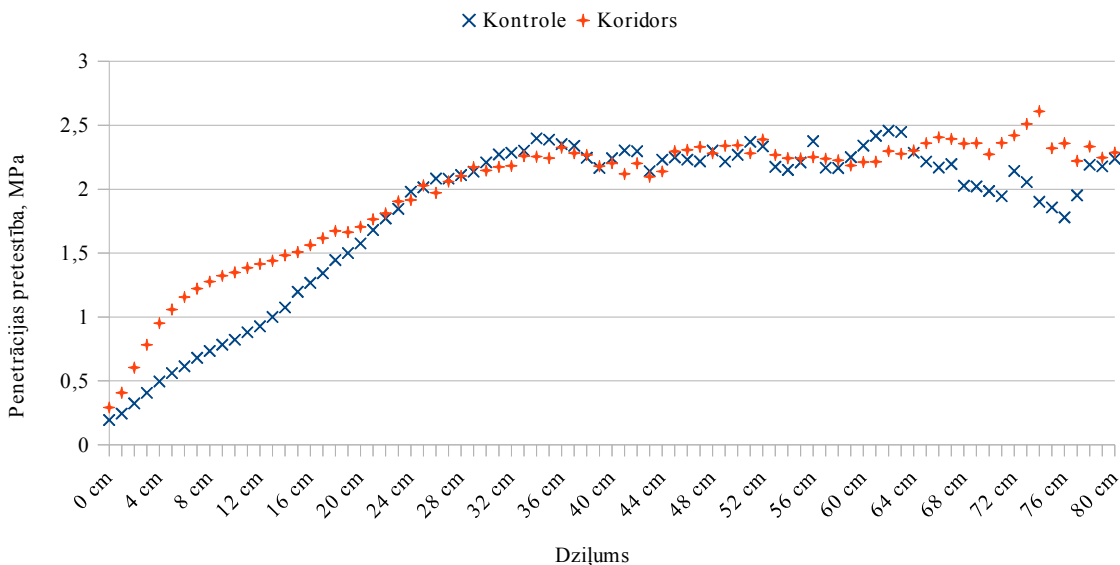
Att. 2: Pievešanas attāluma un ķēžu izmantošanas ietekme uz kokmateriālu pievešanas pašizmaksu (Lazdiņš & Gercāns, 2011).

Latvijā līdz šim veikti tikai atsevišķi pētījumi par modernās kāpurķēžu tehnikas izmantošanu kopšanas cirtēs. Viens no šādiem pētījumiem notika 2013. gadā, salīdzinot Timbear harvardera un riteņtraktoru izmantošanu jaunaudzju kopšanā labos un vidējos pievešanas apstākļos. Pētījumā tika izmantotas 3 dažādu firmu mežizstrādes mašīnas kopšanas cirtēm. Izstrādi veica ar John Deere 1070 harvesteru (6 riteņi), kas aprīkots ar Bracke C16.b griezējgalvu, Rottne H8 harvesteru (4 riteņi), kas aprīkots ar paketējošo griezējgalvu un Timbear kāpurķēžu harvarderu, kas arī aprīkots ar paketējošo griezējgalvu. Pievešanā izmantots Rottne F10B piedējtraktors (8 riteņi), John Deere 810E piedējtraktors (8 riteņi) un Timbear harvarders. Kopā izmēģinātas 4 izstrādes un pievešanas tehnikas kombinācijas:

1. izstrādi veic John Deere 1070 riteņtraktors ar Bracke griezējgalvu, pievešanu Timbear harvarders (turpmāk tekstā JD-T);
2. izstrādi un pievešanu veic Timbear harvarders (turpmāk tekstā T-T);
3. izstrādi un pievešanu veic Rottne riteņtraktori (turpmāk tekstā R-R);
4. izstrādi veic John Deere harvester ar Bracke griezējgalvu un pievešanu John Deere piedējtraktors (JD-JD).

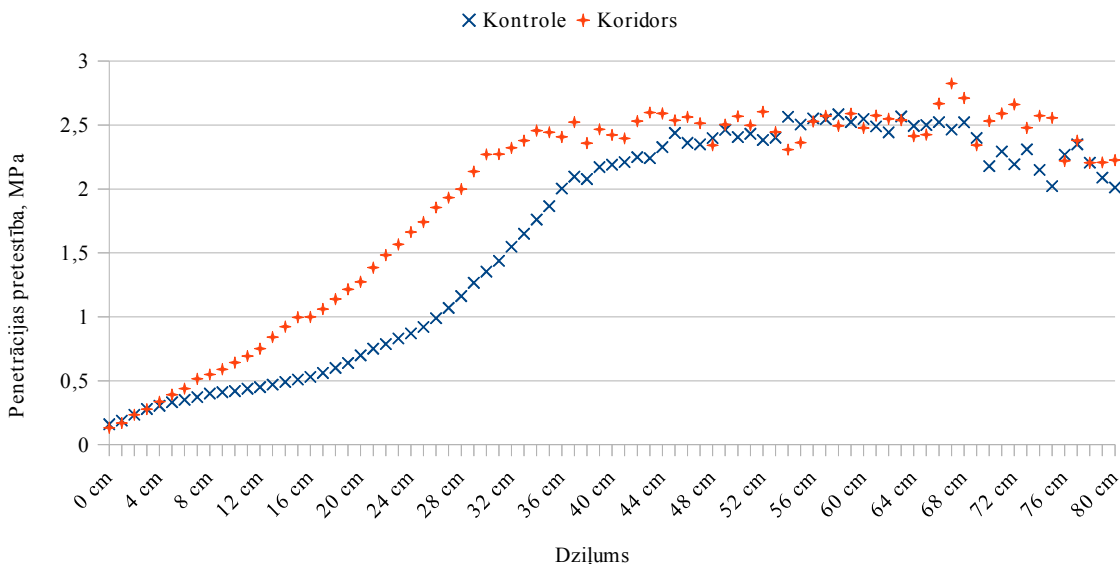
Pētījumā konstatēta būtiska mežizstrādes mašīnu ietekme uz augsnes penetrācijas pretestību. Uz pievešanas ceļiem augsnes sablīvējums vidēji ir būtiski lielāks, nekā mežaudzes daļā, kuru mežizstrādes mašīnu ietekme nav skārusi (turpmāk tekstā – kontrole). Mežizstrādes mašīnu ietekme uz augsnes sablīvējumu ir būtiska līdz 55 cm dziļumam.

Dažādām traktoru kombināciju ietekme uz augsnes sablīvēšanos atšķiras. T-T būtiskas augsnes penetrācijas pretestības atšķirības uz tehnoloģiskā koridora un kontrolē konstatētas līdz 25 cm dziļumam (Att. 3).



Att. 3: Augsnes penetrācijas pretestība, strādājot kāpurķēžu traktorū (Lupiķis *et al.*, 2014b).

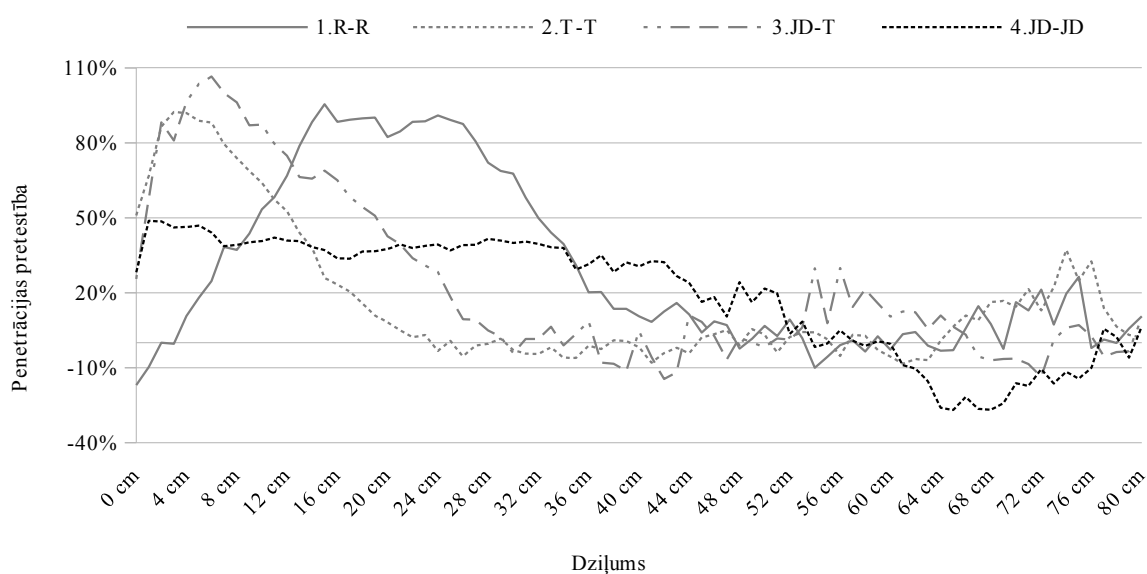
Izmantojot B-T, būtiskas atšķirības konstatētas līdz 35 cm dziļumam. R-R variantā konstatētas vislielākās atšķirības starp kontroli un tehnoloģiskajiem koridoriem. Augsnes penetrācijas pretestības atšķirība ir būtiska (Att. 4). augu saknēm būtiskā 2 MPa robeža uz koridoriem tiek sasniegta ātrāk, nekā kontrolē.



Att. 4: Augsnes penetrācijas pretestība, veicot izstrādi un pievešanu ar Rottne traktoriem (Lupiķis *et al.*, 2014b).

Salīdzinot Att. 4 un 5, vērojama sakarība, ka augsnes sablīvēšanās, izmantojot T-T, ir izteiktāka pirmajos 10 cm; savukārt, izmantojot R-R, augsne virsējos 10 cm sablīvēšanās ir mazāk izteikta, kas ir izskaidrojams ar to, ka riteņtraktori augsnes virsējo daļu nevis sablīvē, bet augsni izspiež uz malām, veidojot rīses. To apstiprina arī konstatētais fakts, ka būtiski vairāk risu (51 % no kopējā pievešanas ceļa garuma) veidojas, pievešanā izmantojot riteņtraktorus. Savukārt, pievešanā izmantojot kāpurķēžu traktorus, risu daudzums nepārsniedz 2 %. Līdzīga aina kā ar R-R, ir vērojama arī ar JD-JD.

Salīdzinot dažādas traktoru kombinācijas, konstatētas būtiskas atšķirības augsnes sablīvējumā, salīdzinot R-R ar T-T un R-R ar JD-T. Turklāt, dažādos dziļumos ietekmes raksturs mainās. Sablīvēšanās intensitāte, izsakot procentuāli kontroles mērījumus pret mērījumiem uz pievešanas ceļa, ir redzama Att. 5.



Att. 5: Penetrācijas pretestība uz koridora, salīdzinot ar kontroli, atkarībā no izstrādes un pievešanas tehnikas (Lupiķis *et al.*, 2014b).

Augsnes virsējos slāņos (līdz 12 cm dziļumam) ar T-T augsnes sablīvēšanās ir izteiktāka, maksimumu sasniedzot 4 cm dziļumā, kur augsnes penetrācijas pretestība uz pievešanas ceļa ir par 92 % lielāks nekā kontrolē. Līdzīgi rezultāti iegūti, salīdzinot R-R ar JD-T, kur līdz 14 cm dziļumam ar JD-T vērojama intensīvāka sablīvēšanās, sasniedzot maksimumu 107 % no kontroles 6 cm dziļumā. Ar R-R, sablīvēšanās maksimums ir konstatēts 15 cm dziļumā, kur augsnes pretestība uz pievešanas ceļa ir par 95 % lielāka, nekā kontrolē. Izteikta sablīvējuma atšķirība (virs 80 %) ir vērojama no 13-27 cm dziļumā. Salīdzinot JD-T un T-T, atšķirība augsnes sablīvējumā ir neliela, vairāk izteikta tā ir līdz 35 cm dziļumam. Dziļākos augsnes slāņos atšķirība vairs nav novērojama.

Pētījuma rezultāti apstiprina, ka mežizstrādes tehnikas ietekme uz augsnes sablīvēšanos var būt būtiska un dažādi tehnikas veidi atšķirīgi iedarbojas uz dažādiem augsnes slāņiem. Tehnikas ietekmi var mazināt, izvēloties pievešanai kāpurķēžu traktorus, kā arī pareizi organizējot darbus. Pētījumā konstatēts, ka, izmantojot kāpurķēžu traktorus, augsnes sablīvējums būtiski palielinās līdz 25 cm dziļumam, bet riteņtraktoriem būtiska ietekme konstatēta līdz 80 cm dziļumam. Pētījuma rezultāti liecina, ka lielāko ietekmi rada pievešanas

tehnika, tāpēc meža kopšanā lietderīgi kombinēt harvesteru uz riteņiem ar pievedējtraktoru uz kāpurķēžu bāzes (Liepiņa *et al.*, 2014; Lupiķis *et al.*, 2014a; b).

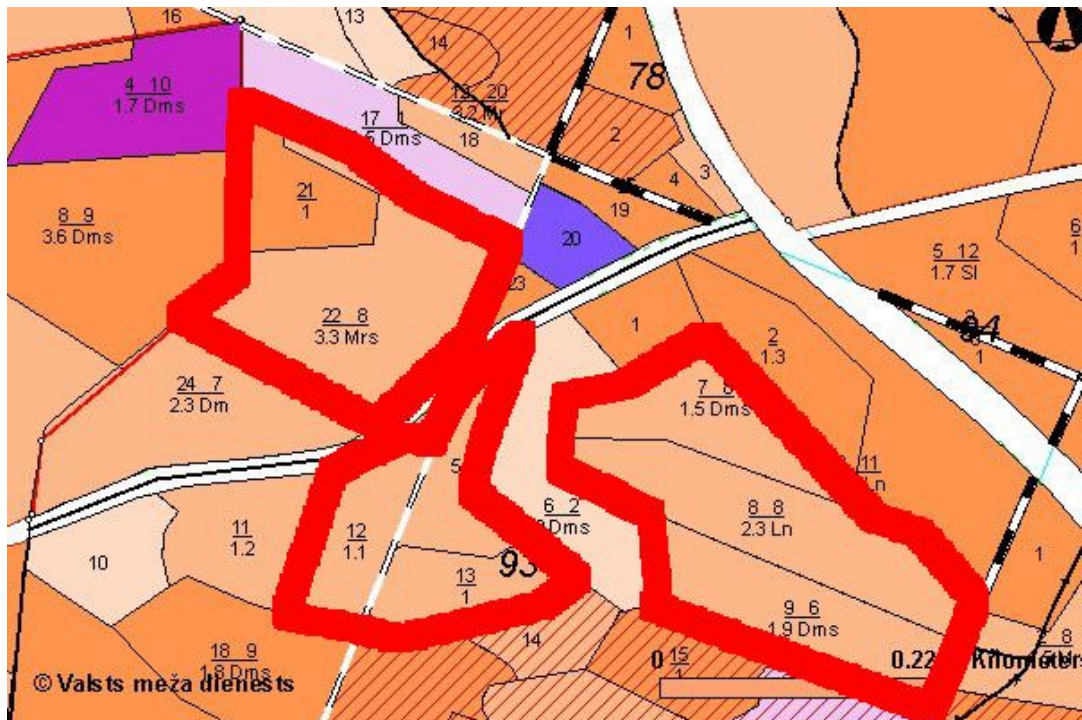
Līdzī šim veikto pētījumu rezultāti norāda uz būtiskām kāpurķēžu tehnikas priekšrocībām kokmateriālu pievešanā, vērtējot potenciālos riskus, kas saistīti ar augsnes sablīvējumu un hidroloģiskā režīma traucējumiem mežaudzēs. Alternatīvs risinājums ir aktīvāka ķēžu lietošana arī tajās vietās, kur nav tehniskas nepieciešamības aprīkot traktoros ar ķēdēm, lai mazinātu augšanas apstākļu pasliktināšanās risku. Kāpurķēžu tehnikas izmantošana un profilaktiska traktoru aprīkošana ar kāpurķēdēm ļautu arī palielināt kopšanas cirtēs izmantojamās tehnikas krāvesību.

Pētījumā salīdzinātas 2 veidu ķēdes un kāpurķēžu traktors, kas pēc tehniskajiem parametriem neatbilst kopšanas ciršu prasībām AS "Latvijas valsts meži" iekšējos noteikumos, bet tiek aktīvi izmantots kopšanas cirtēs Somijā un Zviedrijā.

PĒTĪJUMU OBJEKTI UN DARBA METODIKA

Pētījumu objekti

Pētījuma veikšanai atlasītas 3 audzes 710. kvartāla 93. un 77. kvartālu apgabalā Ugāles apkārtnē (Att. 6). Kā audžu atlasē kritēriji tika izvirzīti audzes vidējā koka augstums, audzes biežība un piemērots reljefs audžu mehanizētai kopšanai. Kopā pievešanas darbi veikti 7,2 ha lielā platībā. Audžu taksācijas rādītāji pirms kopšanas doti Tab. 1, pēc kopšanas – Tab. 2.



Att. 6: Objektu izvietojums.

Tab. 1: Audžu taksācijas rādītāji

Cirsmas kods	Platība, ha	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Audzes šķērslaukums, m ²	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka tilpums, m ³
710-93-5;12; 13	2,9	Dms, Dm, Mrs	priede	1067	34,6	366,3	0,34
710-93-7; 8; 9	5,6	Dms, Ln	priede	1121	37,1	380,1	0,34
710-77-21; 22	4,14	Dms, Mrs	priede	1117	39,7	403,6	0,36

Tab. 2: Taksācijas rādītāji pēc kopšanas

Cirsmas kods	Platība, ha	Meža tips	Valdošā suga	Koku skaits, gab., ha ⁻¹	Audzes šķērslaukums, m ²	Krāja, m ³ ha ⁻¹	Vidējā koka tilpums, m ³
710-93-5;12; 13	2,9	Dms, Dm, Mrs	priede	675	26,5	252,7	0,37
710-93-7; 8; 9	5,6	Dms, Ln	priede	750	30,5	281,4	0,38
710-77-21; 22	4,14	Dms, Mrs	priede	725	32,4	340,3	0,47

Vidēji audzēs pirms krājas kopšanas bija 1101 koki uz hektāra, ar vidējo krāju $383 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, veicot krājas kopšanu, vidēji koku skaits audzēs samazinājies par 35 % jeb 385 koki uz hektāra, vidējā krāja attiecīgi samazinājusies par 24 % jeb $91,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Vidējā koka tilpums, savukārt, krājas kopšanas rezultātā pieaudzis no $0,3 \text{ m}^3$ līdz $0,4 \text{ m}^3$.

Sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai pirms krājas kopšanas ierīkoti aplveida parauglaukumi, kuru platība 200 m^2 . Parauglaukumi tika izvietoti tad tādā skaitā, lai uzmērīto koku skaits audzē būtu vismaz 100 gab. Kokiem parauglaukumos tika noteikta suga un caurmērs $1,3 \text{ m}$ augstumā virs sakņu kakla, ja tas lielāks par 4 cm .

Taksācijas rādītāju noteikšana

Taksācijas rādītāju noteikšanai pēc kopšanas izmantoti sākotnējo taksācijas rādītāju noteikšanai ierīkoti aplveida parauglaukumi. Visiem parauglaukumā esošajiem kokiem noteikta suga un ar dastmēru uzmērīts caurmērs $1,3 \text{ m}$ augstumā virs sakņu kakla (ja tas lielāks par 4 cm). Augstuma noteikšanai izmantots jau pirms kopšanas izveidotais augstuma līknes vienādojums. Tehnoloģiskie koridori kokmateriālu pievešanai ierīkoti 20 m attālumā viens no otra.

Pētījumā izmantotās tehnikas raksturojums

Kokmateriālu pievešana

Apažo kokmateriālu pievešana veikta ar John Deere 810 D pievedējtraktoru (Att. 7), kuru papildus aprīkoja ar plastmasas ķēdēm (Att. 9) un metāla ķēdēm (Att. 8). Vēl pievešanas darbos izmantots pievedējtraktors ProSilva 15 - 4ST (Att. 10). Daļa krājas kopšanā sagatavoto apažo kokmateriālu tika pievesta izmantojot John Deere 810 D bez papildus aprīkojuma. Pievedējtraktora John Deere 810 D specifikācija dota Tab. 3.

Tab. 3: John Deere 810 D specifikācija

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība
1.	dzinējs	4045HTJ 115hp, 4.5 litri, 4-cilindri, jauda 85,8 kW
2.	griezies moments	497 Ņūtoni (Nm) pie 2000 apgriezieniem minūtē
3.	piedziņa	hidrostatiska/mehāniska
4.	izmēri	garums 8030 mm, platums 2530 mm
5.	pašmasa	apmēram 11 tonnas
6.	klīrens	595mm
7.	kravas tilpne	garums 4000mm, platība $3,4 \text{ m}^2$
8.	kravnesība	9 tonnas
9.	strēle	John Deere CFI, 9,8 m izlice



Att. 7: Pievedējtraktors John Deere 810 D.

Ķēžu ietekmes uz pievešanas ražīgumu un pašizmaksu novērtēšanai John Deere 810 D aprīkots ar metāla ķēdēm (Att. 8), palielinot pievedējtraktora pašmasu par 2,6 tonnām (650 kg uz katru tandēmu).



Att. 8: Pievedējtraktors John Deere 810 D ar metāla ķēdēm.

Pēc metāla ķēdēm Deere 810 D pievedējtraktors aprīkots ar plastmasas ķēdēm (Att. 9). Ķēdes uzliktas visiem četriem tandēmiem, to kopējais svars 2 tonnas (500 kg uz katru tandēmu), t.i. par 600 kg mazāk, nekā metāla ķēdes.



Att. 9: Pievedējtraktors John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm.

Pievešanas darbos izmantots arī pievedējtraktors ProSilva 15 - 4ST, kura specifikācija dota Tab. 4. ProSilva pievedējtraktors Latvijā tiek izmantots galvenajā cirtē, ko traktora masa un garums neatbilst kopšanas cirtēs izmantojamās tehnikas nosacījumiem. ProSilva pievedējtraktoram ir gandrīz 2 reizes lielāka kravnesība, nekā Deere 810 D un tas var uzkraut 2 rindas līdz 3 m garu kokmateriālu (Att. 10).

Tab. 4: ProSilva 15 - 4ST specifikācija

Nr.	Rādītājs	Skaitliskā vērtība
1.	dzinējs	Iveco, 238hp, 6.7 litri, N67 ENT, 6-cilindri, jauda 175 kW
2.	griezies moments	1020 Ņūtoni (Nm) pie 1400 apgriezieniem minūtē
3.	piedzīva	hidrostatiska
4.	hidrauliskā sistēma	sūknis 190 cm ³
5.	izmēri	garums 9320mm, platums 2800mm
6.	pašmasa	apmēram 22 tonnas
7.	klīrenss	702mm
8.	šasija	800mm platas ķēdes, kas uzstādītas uz atsperēm un amortizatoriem
9.	kravas tilpne	garums 4000mm, platība 4.5 m ²
10.	kravnesība	15 tonnas
11.	strēle	Kesla 800T, 10 m izlice



Att. 10: Pievedējtraktors ProSilva 15 - 4ST.

Darba laika uzskaitē

Aprīkojums

Pētījuma ietvaros veikta pievešanas darbu darba laika uzskaitē. Darba laika uzskaitēi izmantots specializēts triecienu un mitruma izturīgs laukdators Allegro CX (Att. 11), kas aprīkots ar darba laika hronometrāžas programmu SDI.



Att. 11: Hronometrāžā izmantotais laukdators Allegro CX.

Darba laika uzskaitē atsevišķi uzskaitīts degvielas patēriņš pievedējtraktoriem (John Deere 810 D ar un bez papildaprīkojuma). Degvielas patēriņa uzskaitē veikta izmantojot mēriekārtu "AIC 904 Veritas" (Att. 12).



Att. 12: Degvielas mēriekārta "AIC 904 Veritas".

Visām tehnikas vienībām darba laika iespēju robežās pielāgota motorstundu uzskaitē, t.i. pēc dzinēja noslāpēšanas programmu aptur un atsāk darba laika uzskaiti, kad dzinējs tiek atkal iedarbināts.

Pievešanas darbi

Apāļo kokmateriālu pievešanas darba laika uzskaitē pievedējtraktoriem John Deere 810 D un ProSilva 15 - 4ST veikta visā eksperimentālajā platībā, strādājot 3 maiņās, t.i. hronometrētājs nomainās ik pēc 8 stundām. Pievešanas darbus ar pievedējtraktoru John Deere 810 D veica 2 pieredzējuši operatori, mainoties ik pēc 8 stundām (3 maiņas). Pievešanas darbus ar ProSilva 15 - 4ST pievedējtraktoru veica 2 operatori, mainoties pēc saviem ieskatiem, maiņas ilgums nebija noteikts, darbus veica 24 stundas.

Pievešanas procesā pievedējtraktoriem uzskaitīts darba laika patēriņš un pievestās kravas. Darba laika patēriņa uzskaitē veikta katrai kravai atsevišķi. Darba laika uzskaites elementi un cita informācija, kas fiksēta hronometrāžas laikā, parādīta Tab. 5.

Tab. 5: Pievešanas darba laika uzskaites elementi

Darba laika kategorija	Saīsinājums	Skaidrojums
Informatīvie lauki	piezīmes	dažādas piezīmes, tajā skaitā par pārtraukumiem, pārbraucieniem, koridora maiņu un taml.
Efektīvais darba laiks	iebrau	iebraukšana cirsmā
	sniedz	sniegšanās pēc apaļajiem kokmateriāliem pie iekraušanas

Darba laika kategorija	Saisinājums	Skaidrojums
	satver	apaļo kokmateriālu satveršana pie iekraušanas
	iecel	apaļo kokmateriālu iekraušana kravas tilpnē
	karto	apaļo kokmateriālu kārtošana kravas tilpnē
	brauc	pārvietošanās pa cirsma iekraušanas laikā
	tk	apaļo kokmateriālu ieklāšana tehnoloģiskā koridorā
	izbrauc	izbraukšana no cirsmas
	izsnie	sniegšanās pēc apaļajiem kokmateriāliem pie izkraušanas
	satviz	
	izkraj	sortimenta izkraušana, kas ilgst no sortimenta satveršanas brīža kravas tilpnē, līdz satvērto sortimentu palaišanai vajā krautuvē
	izkart	apaļo kokmateriālu satveršana pie izkraušanas
	parv	Pārvietošanās pie izkraušanas
	cits	citas ar darbu saistītas operācijas (izkritušo sortimentu pacelšana, sortimentu pielīdzināšana u.tt.)
Neefektīvais darba laiks	stop	darbības, kas nav saistītas ar darbu (atpūta, telefona sarunas u.c. darbības)

Pievestā materiāla uzkaite

Apaļo kokmateriālu svēršana pievešanas laikā notiek izmantojot Intermercato XW50PS svaru, kurus uzstāda starp rotatoru un greifera satvērēju (Att. 13). Svēršanā izmanto pusautomātisko svēršanas metodi. Šajā metodē svaru nolasījumu fiksē brīdī, kad materiāls ir pacelts, izmantojot pieviedējtraktora kabīnē uzstādītu pogu, ko nospiež ar pēdu. Mērierīce nosaka greiferī satvertā materiāla masu, un mērījuma rezultāts ar WiFi tīkla palīdzību tiek nosūtīts uz plaukstdatoru ar Android operētājsistēmu. Svaru elementi redzami Att. 14.



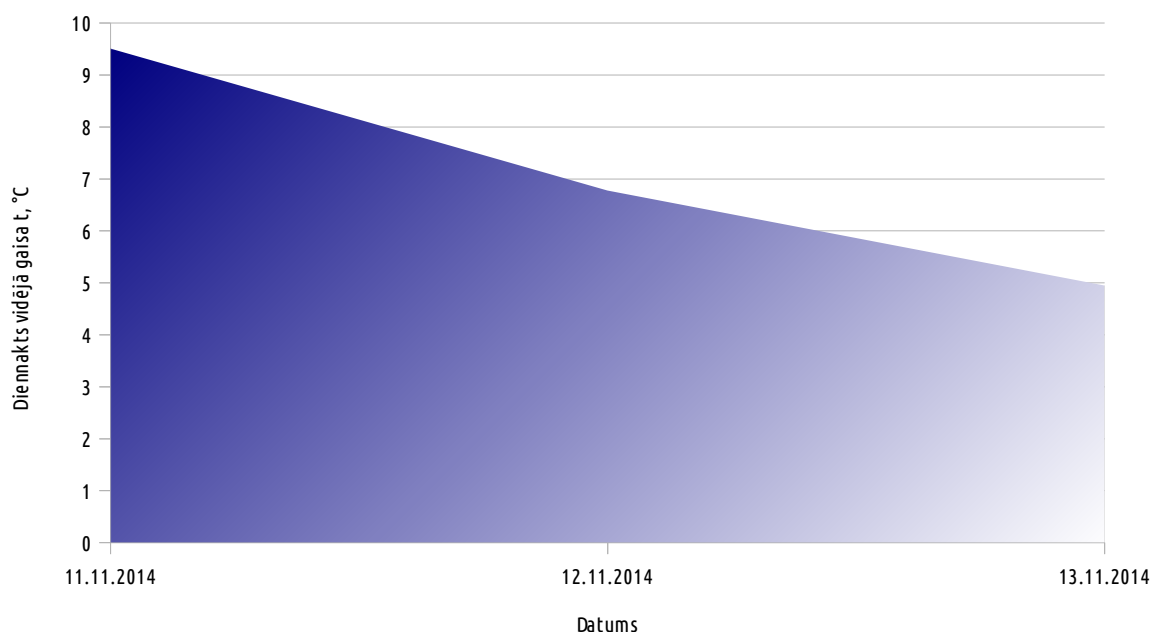
Att. 13: Uzstādīti Intermercato XW50PS svāri.



Att. 14: Intermercato XW50PS svaru elementi

Laika apstākļi izmēģinājumu laikā

Pievešanas darbi ar piededējtraktoru John Deere 810 D veikti laikā no 11.11. līdz 13.11.2014., kad diennakts vidējā gaisa temperatūra bija 7,1°C (Att. 15), bet ar ProSilva 15 - 4ST apaļo kokmateriālu pievešana notikusi 20.11.2014., kad diennakts vidējā gaisa temperatūra bija 0,7°C. Pievešanas darbu izpildes laikā nebija nokrišņu.



Att. 15: Diennakts vidējā gaisa temperatūra pievešanas darbu laikā.

Bojājumu uzskaites metodika

Bojājumi uzskatīti visiem audzē paliekošajiem kokiem, kuru krūšaugstuma caurmērs lielāks par 4 cm. Atsevišķi uzskaitīti 4 veidu bojājumi: stumbra bojājumi līdz 0,5 m virs zemes, no 0,5 m uz augšu, iezāgējums un sakņu bojājums. Par bojājumu uzskatīts mizas nobrāzums gan stumbram, gan saknei (sakne atrodas ne vairāk kā 70 cm attālumā no koka un saknes caurmērs vismaz 2 cm), ja kokam atsegtās koksnes laukums bija lielāks par 15 cm², iezāgējums bija vismaz 10 % no bojājuma vietā esošā caurmēra. Bojājumu uzskaitē veikta pēc apaļo kokmateriālu pievešanas.

Atsevišķi visā platībā uzmērītas pievedējtraktoru radītās rīses un sakņu bojājumi.

Izmaksas ietekmējošo faktoru analīze

Pašizmaksas aprēķins veikts saskaņā ar Tab. 6 dotajiem aprēķina vienādojumiem un pieņēmumiem.

Plastmasas ķēžu izmantošanas ilgums atbilstoši ražotāja sniegtajai informācijai ir 6000 stundas. Saskaņā ar SIA "Niedrāji" sniegto informāciju pēc 200 stundu nobraukuma ķēžu dilums ir 10-15 %, attiecīgi, prognozētais ķēžu kalpošanas laiks ir 2000 stundas. Ņemot vērā ķēžu cenu (28000 EUR abiem tandēmiem), ķēžu izmaksas ir 14 EUR stundā, neskaitot aizdevuma procentu likmes, attiecīgi, būtiski lielākas, nekā atbilstoši ražotāja sniegtajai informācijai, kas izmantota aprēķinos.

Tab. 6: Pašizmaksas aprēķinu gaita

Rādītājs	Saīsinājums	Pievedējtraktors
Investīcijas		
Sākotnējās investīcijas, EUR		A

Rādītājs	Saisinājums	Pievdējtraktors
Nolietojuma periods, gadi		B
Aizdevuma procentu likme, %		C
Atlikusī vērtība, EUR	D	$P = 0,15 * M$
Investīciju koeficients	E	$Q = \frac{\frac{O}{100} * (1 + \frac{O}{100})^N}{(1 + \frac{O}{100})^N - 1}$
Investīcijas, EUR gadā	F	$R = Q * (M - P)$
Atalgojums		
Algas likme, EUR stundā		G
Soc. nodoklis, %		H
Darba dienas gadā		I
Maiņas ilgums, stundas		J
Virsstundas maiņā, stundas		K
Virsstundu atalgojums, EUR stundā	L	$X = S$
Maiņu skaits dienā		M
Lietderības koeficients		N
Tehnikas pārvietošana, reizes gadā		O
Pārbrauciena ilgums, stundas		P
Virsstundas gadā	Q	$AC = U * W * Y$
Normālās darba stundas gadā	R	$AD = U * V * Y$
Motorstundas gadā	S	$AE = (AD + AC) * Z - AA * AB$
Atalgojums par normālo darbu, EUR gadā	T	$AF = S * AD$
Atalgojums par virsstundām, EUR gadā	U	$AG = X * AC$
Sociālais nodoklis, EUR gadā	V	$AH = (AF + AG) * T$
Atalgojums kopā, EUR gadā	W	$AH = (AF + AG) * T$
Operacionālās izmaksas		
Degviela, EUR L ⁻¹	X	$AJ = B$
Smērvielas, EUR 400 g ⁻¹		Y
Degvielas patēriņš, L ber. m ³		Z
Degvielas patēriņš motorstundā, L		AA
Degvielas patēriņš, L 100 km ⁻¹		AB
Smērvielas, g motorstundā		AC
Remonti, EUR motorstundā		AD

Rādītājs	Saisinājums	Pievedējtraktors
Šķeldotāja naži, EUR ber. m ³		AE
Pārvietošanās izmaksas, EUR pārbrauciens		AF
Apdrošināšana, EUR gadā		AG
Degvielas izmaksas, EUR gadā	AH	AT = AM * AJ * AE
Smērvielas, EUR gadā	AI	AT = AO * AK * AE
Remonti, EUR gadā	AJ	AV = AP * AE
Tehnikas pārvešana, EUR gadā	AK	AW = AR * AA
Operacionālās izmaksas kopā, EUR gadā	AL	AX = AW + AV + AU + AT
Kopējās izmaksas, tūkst. EUR gadā	AM	$AY = \frac{AX + AI + AS}{1000}$
Izmaksas darba stundā, EUR	AN	$AZ = \frac{AY}{AC + AD}$
Izmaksas motorstundā, EUR	AO	$BA = \frac{AY}{AE}$
EUR ber. m ³ (tonna ¹)	AP	$BB = \frac{AY * 1000}{BM}$
Darba ražīgums		
Iekraušana, min kravai		AQ
Izkraušana, min kravai		AR
Gaidīšanas laiks min kravai		AS
Vidējais ātrums ² , m min ⁻¹ ; km h ⁻¹		AT
Attālums vienā virzienā ³ , m; km	AU	BG = C
Braukšanas laiks, min	AV	$BH = \frac{BG * 2}{BF}$ (pievedējtraktors)
Mašīnas darba laiks kravai, min	AW	BI = BH + BC + BD + BE
Mašīnas darba laiks kravai, stundas	AX	$BJ = \frac{BI}{60}$
Vidējā krava ⁴ , ber. m ³ (sausnas tonnas)		AY
Darba ražīgums, ber. m ³ (tonnas ⁵) motorstundā	AZ	$BL = \frac{BK}{BJ}$

¹ Pievedējtraktoram izmaksas izteiktas EUR tonnā.

² Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km h⁻¹; pievedējtraktoram – m min⁻¹.

³ Kravas mašīnai (šķeldu un celmu vedējs) – km; pievedējtraktoram – m.

⁴ Sausnas tonnās izsaka pievedējtraktora kravu.

⁵ Sausnas tonnas pievedējtraktora darba ražīguma apzīmēšanai.

Rādītājs	Saisinājums	Pievedējtraktors
Ražošana, ber. m ³ gadā	BA	$BM = BL * AE * J$
Krāja, ber. m ³ ha ⁻¹		BB
Kopējais darba laiks, ha	BC	$BO = \frac{BN}{Z}$
Ražošana, ha gadā	BD	$BP = \frac{BM}{BN}$
Ietekme uz vidi		
Degvielas patēriņš, L gadā	BE	$BQ = AM * AE$
Degvielas patēriņš, L ber. m ³	BF	$BR = \frac{BQ}{BM}$
Oglekļa emisijas, kg ber. m ³	BG	$BS = BR * K * L$
Oglekļa saturs koksnē, kg ber. m ³	BH	$BT = \frac{1}{J}$
Oglekļa bilance	BI	$BU = \frac{BT}{BS}$

DARBA REZULTĀTI

Pievešanas darbu ražīgums

Pievešanas darba laika uzskaitē veikta visam izmēģinājumu objektos nozāģētajam kokmateriālu apjomam. Aprēķinos izmantoti dati par 407,9 tonnas (489,5 m³, pieņemot, ka 1 tonna dabiski mitru kokmateriālu atbilst 1,2 m³) dabiski mitra materiāla pievešanu. Pievedējtraktora darba laika kopsavilkums mežaudžu un izmantotās tehnikas griezumā dots Tab. 7, Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10 un Tab. 11.

Vidējais efektīvā darba laika⁶ patēriņš 1 kravas pievešanai John Deere 810 D pievedējtraktoram ar atšķirīgu aprīkojumu un ProSilva 15 - 4ST pievedējtraktoram dots Tab. 12, vienas tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai patērētais efektīvais darba laiks dots Tab. 13, bet 1 m³ dabiski mitra materiāla pievešanai, attiecīgi, Tab. 14.

⁶ Darba laiks, neskaitot nelietderīgo darba laiku, bet ieskaitot iebraukšanu un izbraukšanu no mežaudzes.

Tab. 7: Pievedējtraktora John Deere 810 D darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.⁷)

Kravas Nr.	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Ar darbu nesaistītas darbības	Citas darbības
1	468	403	189	827	63	399	204	315	212	144	392	0	301	500	270
2	471	357	394	775	7	581	115	259	165	129	263	20	163	211	171
3	285	406	220	759	21	469	0	70	317	237	377	0	189	2490	53
4	511	402	274	671	0	612	217	177	176	121	264	46	165	74	278
5	298	547	104	404	0	402	15	53	120	70	205	0	62	135	639
6	352	215	138	421	0	381	0	220	141	97	182	0	28	0	84
7	630	448	233	904	21	452	145	232	377	270	486	15	438	202	180
8	991	211	167	465	0	313	0	380	170	81	234	0	54	0	62
9	199	297	346	664	34	957	0	499	190	309	303	110	119	0	0
10	1237	479	523	1128	55	1352	269	911	262	281	411	99	150	470	0
11	902	352	506	883	46	1250	29	974	175	220	334	278	102	114	39
12	991	319	470	635	25	571	0	1089	108	218	217	77	34	78	40
13	994	268	298	660	91	353	101	825	175	237	311	245	157	331	29

Tab. 8: Pievedējtraktora John Deere 810 D (ar metāla ķēdēm) darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.)

Kravas Nr.	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Ar darbu nesaistītas darbības	Citas darbības
14	1185	356	155	635	34	402	133	481	212	129	237	32	100	0	152
15	501	382	392	724	38	626	37	132	225	184	269	31	157	0	446
16	525	445	179	863	24	531	141	1170	184	88	328	85	209	887	88
17	196	80	37	101	0	55	0	79	79	102	119	0	35	0	63
18	144	259	165	606	28	573	0	69	124	94	240	0	403	0	92
19	366	266	111	494	54	540	0	118	121	85	211	0	119	51	109
20	50	256	172	757	36	585	0	301	137	101	326	80	112	0	102
21	269	215	78	381	0	239	0	210	144	42	145	28	99	189	24

⁷ cmin. – centiminūte jeb minūtes simtdaļa. Lai pārrēķinātu rezultātu uz minūtēm, centiminūtes jādala ar 100.

Darba rezultāti

Darba metodes ietekme uz biokurināmā gatavošanas darba ražīgumu krājas kopšanā ar John Deere 1070 D

Kravas Nr.	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Ar darbu nesaistītas darbības	Citas darbības
22	318	358	247	853	54	551	0	444	223	223	411	86	201	33	40
23	418	115	58	274	14	149	0	313	107	65	171	23	79	0	77
24	584	272	167	568	17	396	0	607	189	165	402	8	202	31	119
25	1462	196	160	347	12	306	0	512	127	88	246	18	72	140	0
26	1144	275	336	586	54	494	27	1048	149	149	209	22	94	120	0
27	656	492	721	894	43	1272	0	1158	234	309	333	168	30	210	4
28	927	306	524	870	204	1035	30	903	264	312	334	200	323	374	66
29	862	259	522	700	39	568	0	694	169	294	287	35	301	154	66

Tab. 9: Pievedējtraktora John Deere 810 D (ar plastmasas ķēdēm) darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirmām (cmin.)

Kravas Nr.	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Ar darbu nesaistītas darbības	Citas darbības
30	934	413	416	870	106	386	0	495	216	120	326	67	115	138	221
31	452	473	548	842	103	932	166	324	210	205	331	147	144	88	215
32	487	532	450	1006	225	556	46	152	277	310	363	117	232	0	363
33	249	557	419	823	40	808	43	140	125	193	261	156	71	0	208
34	299	80	38	151	5	14	0	566	40	46	71	18	157	54	42
35	1095	366	335	820	39	697	0	52	188	206	365	46	217	336	0
36	161	237	438	635	26	636	70	182	120	137	269	62	171	131	0
37	535	204	208	406	15	463	0	34	81	116	146	123	207	27	0
38	532	327	346	886	25	385	0	397	248	285	496	110	201	116	0
39	319	43	71	126	0	81	0	319	27	43	82	33	287	0	0
40	621	193	284	517	25	253	0	417	146	124	258	0	9	0	0
41	330	196	319	547	0	409	0	506	97	90	223	31	208	86	0
42	581	313	369	974	8	655	0	611	194	308	411	28	150	978	0
43	586	227	418	801	74	912	0	641	152	298	300	26	178	0	0
44	602	156	154	463	25	459	0	517	75	73	147	11	225	113	0

Tab. 10: Pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST darba laika kopsavilkums sadalījumā pa cirsēm (cmin.)

Kravas Nr.	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Ar darbu nesaistītas darbības	Citas darbības
45	694	393	344	725	126	462	0	687	127	52	235	73	0	0	89
46	624	226	132	370	109	430	0	282	102	50	155	0	0	0	26
47	272	808	633	1657	305	1497	0	183	215	178	318	22	111	0	335
48	215	501	364	955	121	1391	16	222	156	79	208	82	471	0	173
49	295	527	484	960	108	906	0	446	151	165	288	51	249	0	217
50	428	481	407	1125	43	1271	0	652	295	210	471	13	220	905	218
51	632	292	220	655	80	452	0	486	109	60	234	0	87	42	281
52	784	459	229	893	43	394	0	627	147	92	249	13	18	56	59
53	581	515	376	964	53	892	0	37	129	80	202	0	229	276	94
54	506	120	45	292	0	310	0	481	50	16	64	0	0	38	106
55	1126	504	249	1044	156	836	0	512	209	123	286	39	108	102	192
56	551	471	171	964	136	1107	0	838	300	242	412	36	542	0	1680

Tab. 11: Pievedējtraktora darba laika kopsavilkums sadalījumā pa pievedējtraktora veidiem (cmin.)

Pievedējtraktora veids	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Ar darbu nesaistītas darbības	Citas darbības
John Deere 810 D	8329	4704	3862	9196	363	8092	1095	6004	2588	2414	3979	890	1962	4605	1845
John Deere 810 D ar metāla ķēdēm	9607	4532	4024	9653	651	8322	368	8239	2688	2430	4268	816	2536	2189	1448
John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm	7783	4317	4813	9867	716	7646	325	5353	2196	2554	4049	975	2572	2067	1049
ProSilva 15 - 4ST	6708	5297	3654	10604	1280	9948	16	5453	1990	1347	3122	329	2035	1419	3470

Tab. 12: Pievedējtraktora vidējais efektīvā darba laika patēriņš uz 1 kravas pievešanai (min.)

Pievedējtraktora veids	Kravu skaits	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Efektīvais darba laiks
John Deere 810 D	13	6,41	3,62	2,97	7,07	0,28	6,22	0,84	4,62	1,99	1,86	3,06	0,68	1,51	1,42	42,56
John Deere 810 D ar metāla ķēdēm	16	6,00	2,83	2,52	6,03	0,41	5,20	0,23	5,15	1,68	1,52	2,67	0,51	1,59	0,91	37,24

Pievedējtraktora veids	Kravu skaits	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Efektīvais darba laiks
John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm	15	5,19	2,88	3,21	6,58	0,48	5,10	0,22	3,57	1,46	1,70	2,70	0,65	1,71	0,70	36,14
ProSilva 15 - 4ST	12	5,59	4,41	3,05	8,84	1,07	8,29	0,01	4,54	1,66	1,12	2,60	0,27	1,70	2,89	46,04

Tab. 13: Pievedējtraktora vidējais efektīvā darba laika patēriņš uz 1 tonnas dabiski mitra materiāla pievešanai (min.)

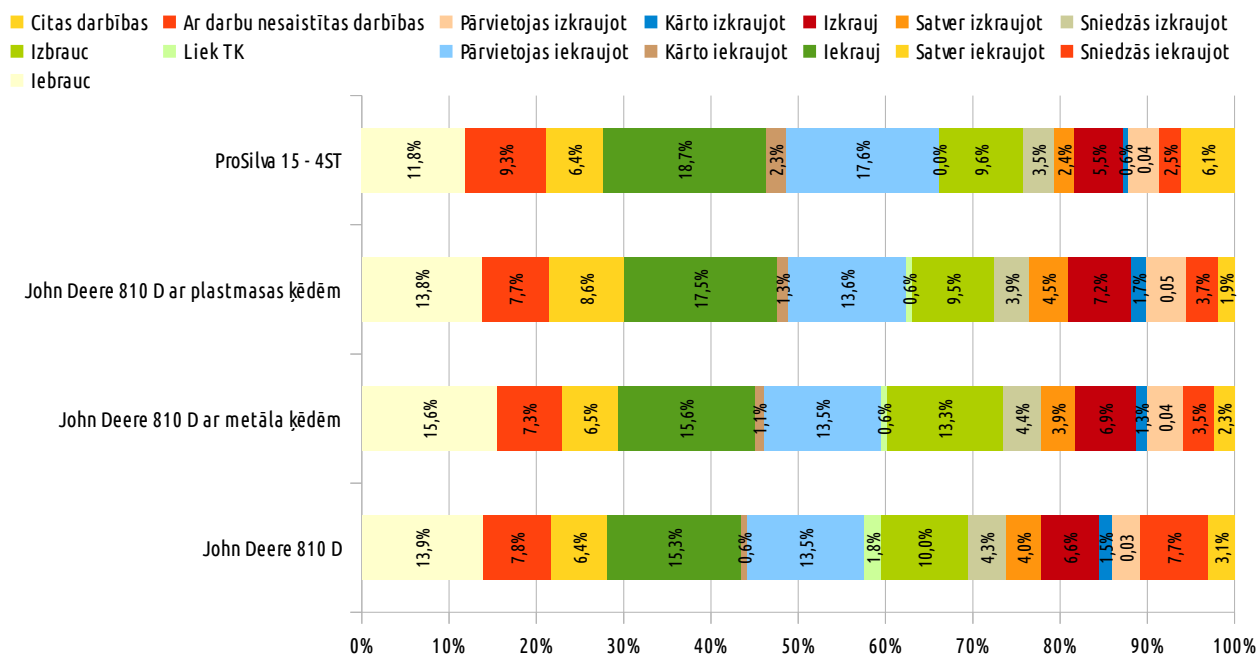
Pievedējtraktora veids	Krava, t	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Efektīvais darba laiks
John Deere 810 D	7,80	0,82	0,49	0,39	0,93	0,03	0,85	0,11	0,60	0,26	0,25	0,40	0,09	0,19	0,21	5,61
John Deere 810 D ar metāla ķēdēm	6,54	0,99	0,45	0,38	0,94	0,06	0,78	0,02	0,79	0,28	0,25	0,44	0,07	0,26	0,16	5,87
John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm	7,05	1,14	0,52	0,52	1,11	0,07	0,79	0,04	1,25	0,25	0,29	0,47	0,13	0,53	0,15	7,26
ProSilva 15 - 4ST	8,0	0,77	0,55	0,37	1,12	0,13	1,06	0,00	0,67	0,21	0,14	0,33	0,03	0,20	0,38	5,96

Tab. 14: John Deere 810 E pievedējtraktora vidējais darba laika patēriņš uz 1 m³ dabiski materiāla pievešanai (min.)

Pievedējtraktora veids	Krava, m³	Iebrauc	Sniedzās iekraujot	Satver iekraujot	Iekrauj	Kārto iekraujot	Pārvietojas iekraujot	Liek TK	Izbrauc	Sniedzās izkraujot	Satver izkraujot	Izkrauj	Kārto izkraujot	Pārvietojas izkraujot	Citas darbības	Efektīvais darba laiks
John Deere 810 D	9,4	0,68	0,41	0,33	0,77	0,03	0,71	0,09	0,50	0,22	0,21	0,33	0,08	0,16	0,17	4,68
John Deere 810 D ar metāla ķēdēm	7,8	0,83	0,37	0,32	0,79	0,05	0,66	0,02	0,66	0,23	0,21	0,37	0,06	0,22	0,13	4,93
John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm	8,5	0,95	0,43	0,43	0,93	0,06	0,66	0,03	1,04	0,21	0,24	0,39	0,11	0,44	0,13	6,05
ProSilva 15 - 4ST	9,6	0,63	0,45	0,31	0,90	0,10	0,85	0,00	0,53	0,17	0,11	0,26	0,03	0,15	0,27	4,75

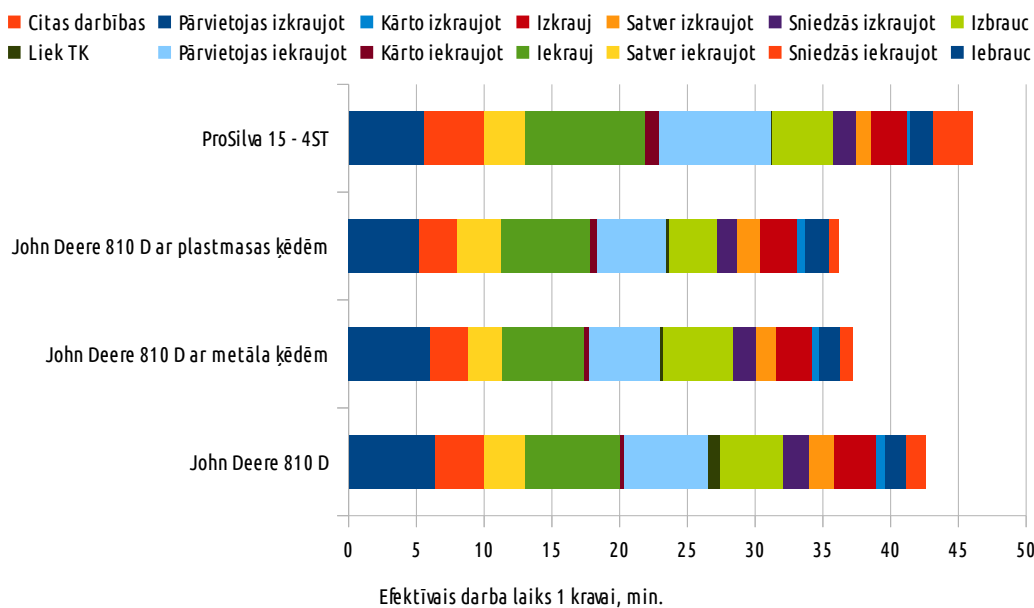
Pievešanas darbu darba ražīguma aprēķini

Pievešanas darba laika uzskaiti vienam darba ciklam var veidot līdz pat 15 atsevišķas darbības. Vislielāko īpatsvaru no kopējā patērētā darba laika pievešanā veido darbības "iekrauj", "iebrauc cīrsmā" un "izbrauc no cīrsmas", ko var skaidrot ar salīdzinoši garajiem pievešanas ceļiem. Vismazāk kopējā darba laika tērēts pievešanas ceļu nostiprināšanai ("Liek TK", Att. 16).

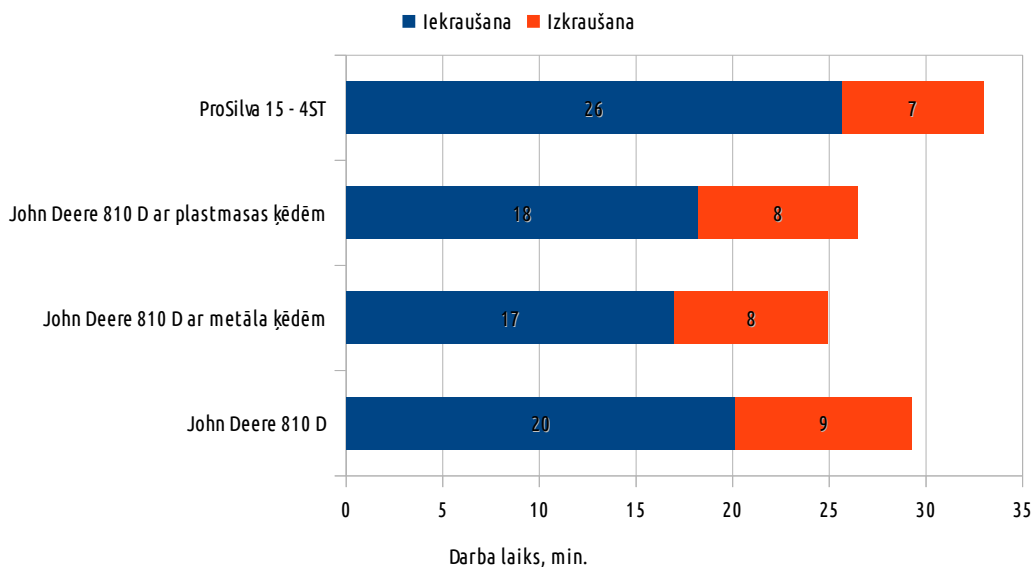


Att. 16: Darba laika sadalījums pievešanā ar dažādiem piededjtraktoriem.

Datu analīzē izmantoti dati par 56 pievestajām apaļo kokmateriālu kravām. Vidēji 1 kravas dabiski mitra materiāla pievešanai, atkarībā no izvēlētās tehnikas veida, patērē no 36,14 (ar piededjtraktoru John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm) līdz 46,04 (ar ProSilva 15 - 4ST piededjtraktoru) minūtēm efektīvā darba laika. Statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) pievešanai patērētajā efektīvajā darba laikā, atkarībā no izvēlētā piededjtraktora, netika konstatētas. Piededjtraktoriem vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais efektīvais darba laiks bija no 17,0 minūtēm (piededjtraktoram John Deere 810 D ar metāla ķēdēm) līdz 25,7 minūtēm (ProSilva 15 - 4ST piededjtraktoram). Vidējie rādītāji par efektīvā darba laika sadalījumu vienas kravas pievešanai pētījumā izmantotajiem piededjtraktoriem parādīti Att. 17. Iekraušanai un izkraušanai patērētais laiks sadalījumā pa darba metodēm dots Att. 18. ProSilva 15 - 4ST spēja salīdzinoši visātrāk iztukšot kravu, pateicoties jaudīgākam manipulatoram un lielākai traktora masai. John Deere 810D piededjtraktoram bez ķēdēm izkraušana aizņēma visvairāk laika.

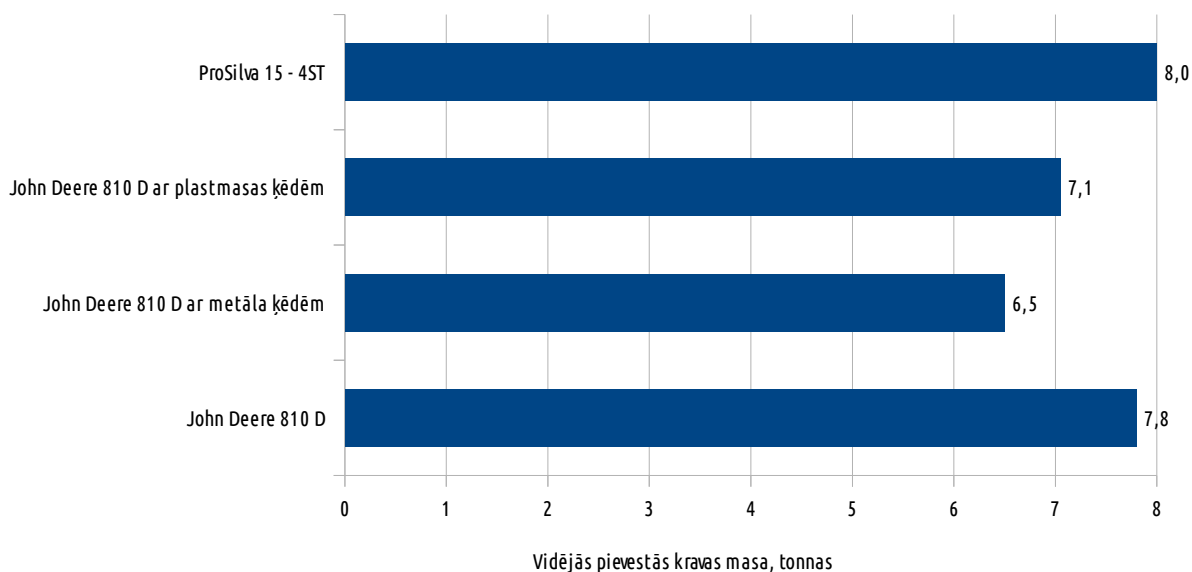


Att. 17: Vidējais 1 kravas pievešanas efektīvā darba laiks sadalījumā pa piededjtraktoru veidiem.



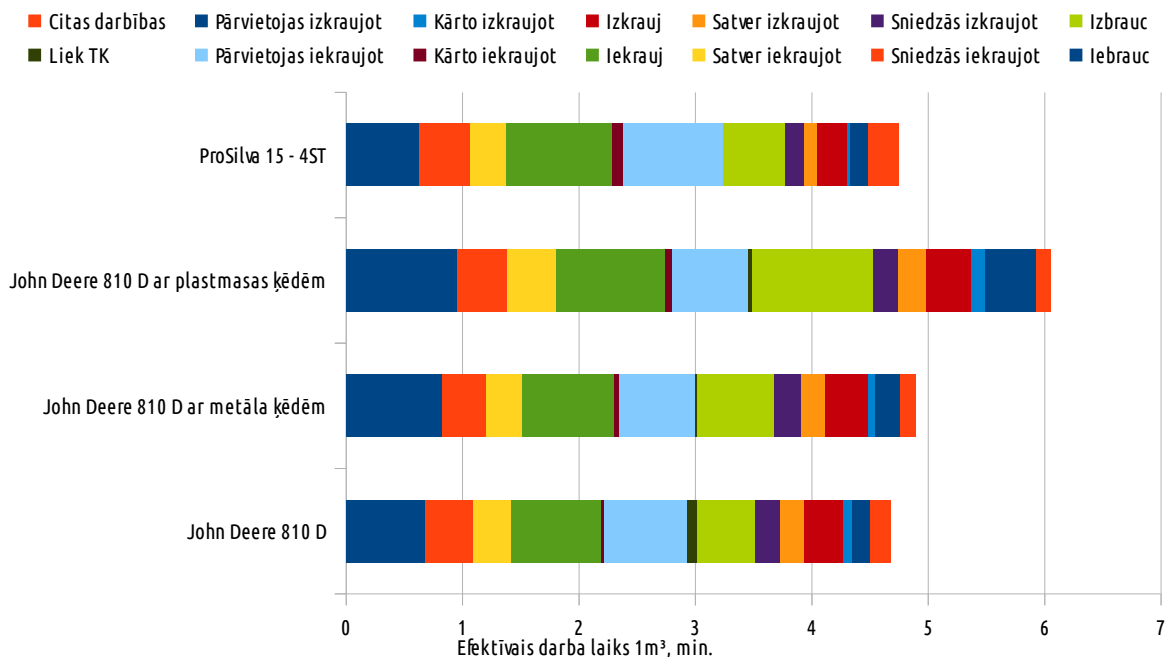
Att. 18: Vidējais 1 kravas iekraušanas un izkraušanas darba laiks sadalījumā pa piededjtraktoru veidiem.

Vidējās pievestās kravas masa sadalījumā pa piededjtraktoru veidiem dota Att. 19. Īpatnēji, ka lielākās kravas veidotas ar John Deere 810D piededjtraktoru, kas nav aprīkots ar ķēdēm, un ProSilva 15 - 4ST piededjtraktoru. Pētījuma laikā nav rasts skaidrojums, kāpēc ar ķēdēm aprīkots piededjtraktors pieveda mazākas kravas, nekā traktors bez papildus aprīkojuma. Pievešanas apstākļi izmēģinājumos bija būtiski labāki, nekā plānots un, iespējams, lai nepārslogotu tehniku operatori nav krāvuši pilnas kravas pēc tam, kad traktoram uzstādītas ķēdes. Savukārt, ProSilva 15 - 4ST operatori, uzsākot darbu, piesardzīgi krāvuši nelielas kravas, un tikai izmēģinājuma noslēguma stadijā sāka kraut pilnas kravas.

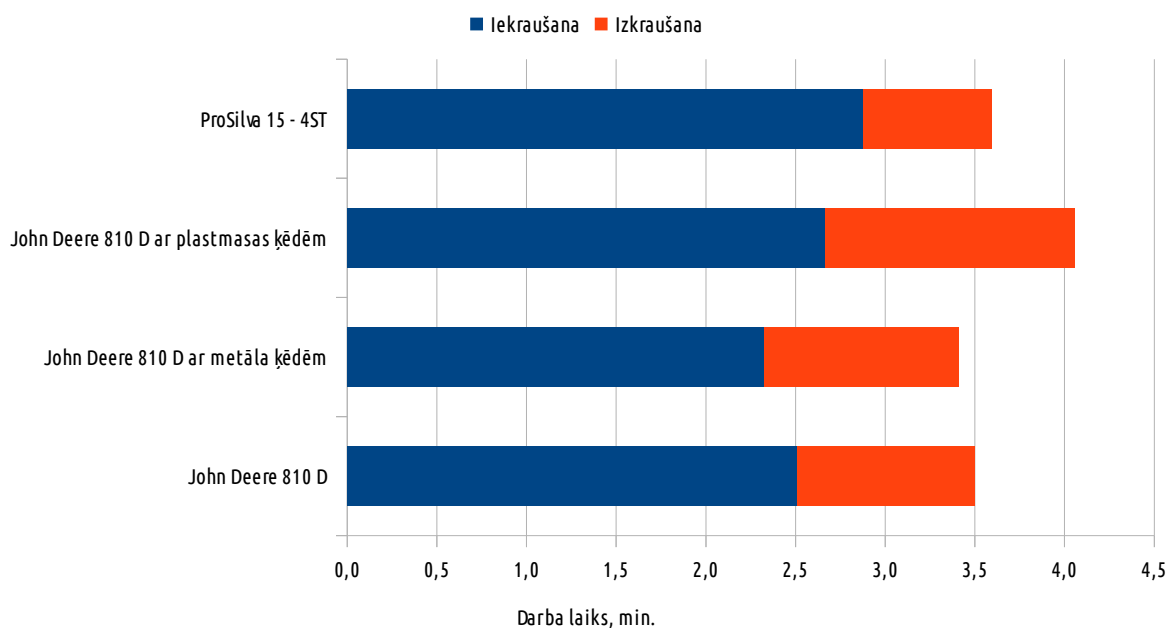


Att. 19: Vidējā pievestās kravas masa sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.

Vidējie rādītāji par efektīvā darba laika sadalījumu viena m³ koksnes pievešanai sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem parādīti Att. 20. Vidēji 1 m³ dabiski mitra materiāla pievešanai, atkarībā no izvēlētas tehnikas veida, patērē no 4,68 (ar pievedējtraktoru John Deere 810 D bez ķēdēm) līdz 6,05 (ar pievedējtraktoru John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm) minūtēm efektīvā darba laika. Iekraušanai un izkraušanai patērētais darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem dots Att. 21. ProSilva 15-4ST patērē būtiski mazāk laika kokmateriālu izkraušanai.



Att. 20: Vidējais 1 m³ pievešanas efektīvā darba laiks sadalījumā pa pievedējtraktora veidiem.

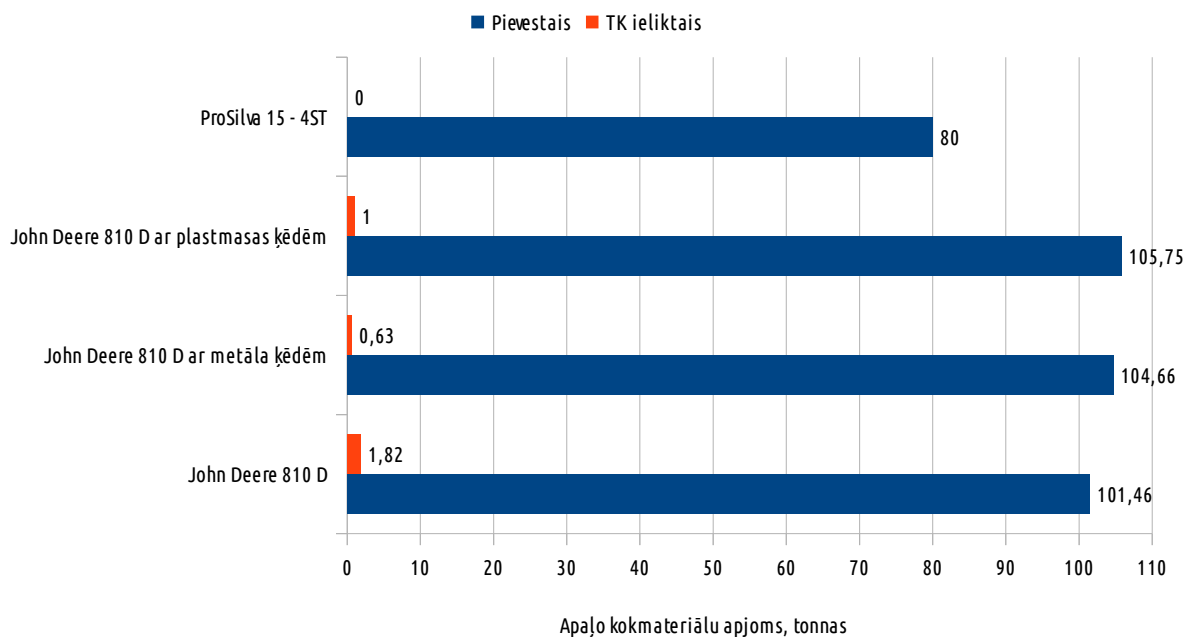


Att. 21: Vidējais 1 m³ iekraušanas un izkraušanas darba laiks sadalījumā pa piedējtraktoru veidiem.

Pētījumā pievestas 408 tonnas⁸ apaļo kokmateriālu. Precīzi pievesto daudzumu nevar noteikt, jo izmēģinājumu laikā neizdevās pieslēgt svarus ProSilva 15 - 4ST piedējtraktoram un tā pievestās kravas netika svērtas. ProSilva 15 - 4ST pievesto kravu apjoms noteikts, izmantojot harvesteru datus par izmēģinājumu objektos nozāģētajiem kokmateriāliem un tilpuma un dabiski mitra materiāla masas attiecību citos variantos. Atbilstoši aprēķinu rezultātiem ProSilva 15 - 4ST pilnas kravas masa ir 12 tonnas. ProSilva 15 - 4ST piedējtraktora operatori 8 no kopā 12 pievestajām kravām centās nekraut maksimāli pilnas sakarā ar sliktajiem pievešanas apstākļiem (pievešanas ceļi bija slapji un ar risēm). Visos variantos, kur strādāja John Deere 810D piedējtraktors, pievests līdzīgs kokmateriālu daudzums; ProSilva 15 - 4ST pieveda par 20 % mazāk kokmateriālu.

Kravu uzskaites dati rāda, ka, strādājot ar ProSilva 15 - 4ST piedējtraktoru, tehnoloģiskajos koridoros kokmateriāli ieklāti netika. Visvairāk kokmateriāli tehnoloģiskajos koridoros ieklāts, veicot pievešanu ar John Deere 810 D piedējtraktoru bez ķēdēm (2 % no pievesto kokmateriālu daudzuma, Att. 22). Tehnoloģisko koridoru ieklāšanai tika izmantots gan pievestais materiāls, gan kokmateriāli, kas bija atrodami netālu no tehnoloģiskajiem koridoriem.

⁸ Dabiski mitrs materiāls.



Att. 22: Pievestais un tehnoloģiskajos koridoros ieklātais apaļo kokmateriālu apjoms sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.

Pašizmaksu ietekmējošo faktoru analīze

Aprēķinos izmantoti pievešanas ražīguma dati, neekstrapolējot pievešanas pašizmaksas rādītājus uz kopējo kokmateriālu pašizmaksu. Rādītāji, kas raksturo dažādus izmēģinājumu variantus, parādīti Tab. 15.

Tab. 15: Darba metodei specifiskie ievades dati pašizmaksas aprēķinu modelī

Rādītāji	John Deere 810 D	John Deere 810 D ar metāla ķēdēm	John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm	ProSilva 15-4ST
Pievedējtraktora krava, m ³	9,4	7,8	8,5	9,6
Efektīvais darba laiks iekraušanai, min. kravai	20,2	17,0	18,2	25,7
Efektīvais darba laiks izkraušanai, min. kravai	9,1	8,0	8,2	7,4
Degvielas patēriņš, l h ⁻¹	7,2	9,1	7,5	14,0 ⁹

Pievešanas darbu pašizmaksas aprēķini parāda, ka no ekonomiskā viedokļa pievešanas darbos konkrētajos apstākļos visizdevīgāk izmantot John Deere 810 D pievedējtraktoru bez īpaša aprīkojuma. Izmantojot John Deere 810 D pievedējtraktoru ar plastmasas ķēdēm, apaļo kokmateriālu pašizmaksas pieaug par 0,02 EUR m⁻³, bet, pievešanas darbos izmantojot John Deere 810 D pievedējtraktoru ar metāla ķēdēm, par 0,14 EUR m⁻³. Pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST izmantošana apaļo kokmateriālu pievešanas darbos pievešanas darbu pašizmaksu palielina par 64 %, jeb par 1,53 EUR m⁻³ (Tab. 16), salīdzinot ar John Deere 810 D

⁹ ProSilva 15 - 4ST degvielas patēriņš nav iegūts mērījumu rezultātā, bet atbilstoši uzņēmuma pārstāvja vērtējumam. Sazinoties ar somu uzņēmumu, kas izmanto tādu pašu pievedējtraktoru, iegūta informācija par būtiski mazāku degvielas patēriņu – līdz 12 L stundā, bet saskaņā ar zinātniskajā literatūrā pieejamajiem datiem šāda pievedējtraktora degvielas patēriņš patiešām var būt 14 L stundā (Ackerman *et al.*, 2014).

pievedējtraktoru bez īpaša aprīkojuma, kas skaidrojams ar lielākām tehnikas iegādes izmaksām un lielo degvielas patēriņu.

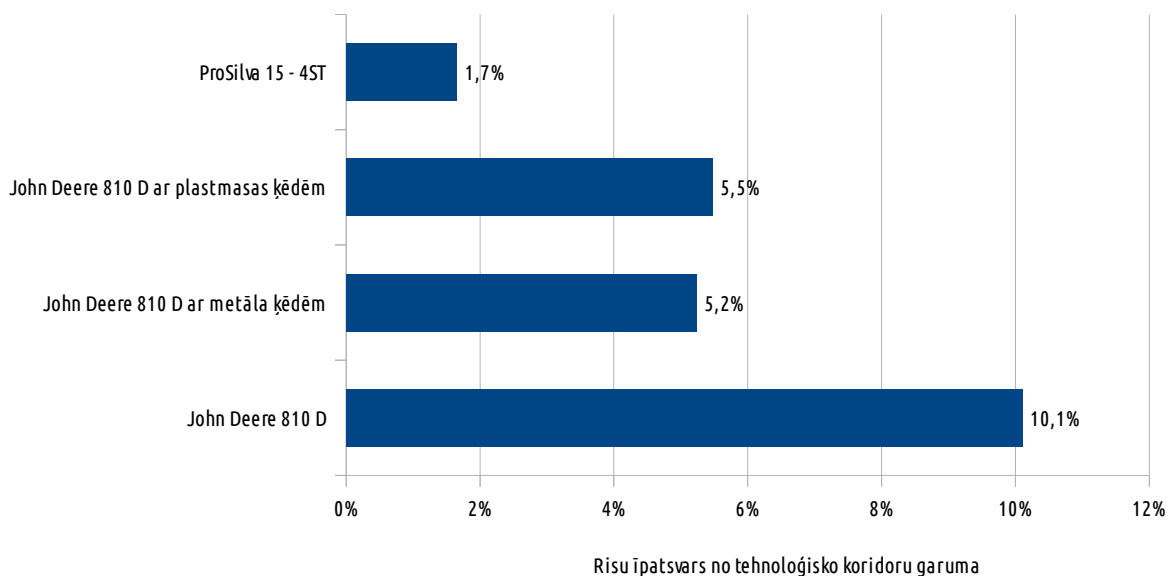
Iegūtais rezultāts var neraksturot faktisko papildus aprīkojuma ietekmi uz pašizmaksu, jo pētījuma mērķis bija salīdzināt metāla un plastmasas ķēžu izmantošanas ietekmi uz pievešanas ražīgumu un izmaksām apgrūtinātos pievešanas apstākļos, bet izraudzītajos izmēģinājumu objektos arī pievedējtraktoram bez papildus aprīkojuma neradās grūtības izvest 99 % sagatavoto kokmateriālu.

Tab. 16: Pievešanas darbu pašizmaksas kopsavilkums

Izmaksas, EUR gadā	John Deere 810 D	John Deere 810 D ar metāla ķēdēm	John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm	ProSilva 15-4ST
Investīcijas	€ 72 809	€ 72 809	€ 72 809	€ 86 538
Personāls	€ 56 338	€ 56 338	€ 56 338	€ 108 245
Operacionālās izmaksas	€ 86 711	€ 70 270	€ 61 198	€ 94 564
Plānotā peļņa	€ 10 793	€ 9 971	€ 9 517	€ 14 467
Kopā, EUR gadā	€ 226 651	€ 209 387	€ 199 862	€ 303 814
Ražīgums, m ³ E15-h ⁻¹	16,4	16,4	16,4	15,4
Apājo kokmateriālu pievešana, EUR m ⁻³	€ 2,38	€ 2,52	€ 2,40	€ 3,91

Kopšanas kvalitāte un ietekme uz vidi

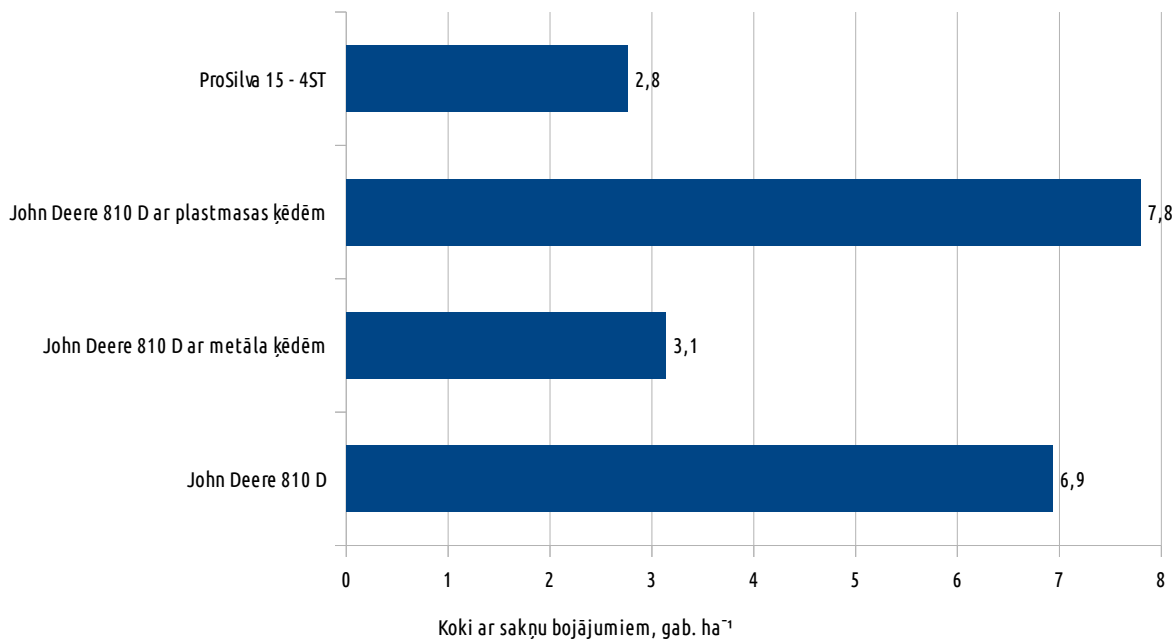
Vismazāk risu konstatēts tajos pievešanas ceļos, kur strādājis pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST (3 reizes mazāk, nekā tehnoloģiskajos koridoros, kur strādāja John Deere 810D ar plastmasas un metāla ķēdēm, Att. 23). Visvairāk risu konstatēts pievešanas ceļos, kur pievešanas darbus veicis John Deere 810 D pievedējtraktors bez īpaša aprīkojuma (2 reizes vairāk, nekā pēc plastmasas vai metāla ķēžu uzstādīšanas).



Att. 23: Risu īpatsvars sadalījumā pa pievedējtraktoru veidiem.

Vismazāk bojāto koku (sakņu bojājumu, kas raksturīgi pievešanas darbiem) konstatēts tajos tehnoloģiskajos koridoros, kur pievešanas darbi veikti ar pievedējtraktoru ProSilva 15 - 4ST,

bet visvairāk bojāto koku atrodas tajās audzes daļās, kur pievešanas darbi veikti ar John Deere 810 D pievedējtraktoru, kas aprīkots ar plastmasas ķēdēm (Att. 24). JohnDeere 810D ar metāla ķēdēm radījis aptuveni tikpat daudz bojājumu, kā ProSilva 15 - 4ST pievedējtraktors; savukārt, plastmasas ķēdes tikai nedaudz (par 12 %) samazina bojāto sakņu skaitu, salīdzinot ar ritenītraktoru bez ķēdēm. Nevienu no variantiem nav pārsniegts kvalitātes prasībās noteiktais bojājumu apjoms.



Att. 24: Ar pievedējtraktora bojāto (sakņu bojājumi) koku skaits sadalījumā pa tehnikas veidiem.

IETEIKUMI PRAKSEI UN SECINĀJUMI

1. Vidējā pievestā krava, atkarībā no pievedējtraktora veida, ir no 6,5 (John Deere 810 D pievedējtraktoru ar metāla ķēdēm) līdz 8 tonnām (ProSilva 15 - 4ST). Kaut arī pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST krava ir salīdzinoši vislielākā, tomēr nav pilnībā izmantota galvenā šīs tehnikas priekšrocība – līdz 2 reizes lielāka krava (15 tonnas).
2. Vienas kravas pievešanai, atkarībā no pievedējtraktora veida, patērēts no 36 minūtēm (John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm) līdz 46 minūtēm (ProSilva 15 - 4ST) efektīvā darba laika. Vidēji 1 kravas iekraušanai patērētais efektīvais darba laiks ir no 17 minūtēm (John Deere 810 D ar metāla ķēdēm) līdz 26 minūtēm (ProSilva 15 - 4ST). Vidēji 1 m³ apaļo kokmateriālu pievešanai patērē no 4,7 minūtēm (John Deere 810 D) līdz 6,1 minūtei (John Deere 810 D ar plastmasas ķēdēm) efektīvā darba laika. Plastmasas ķēžu izmantošana ļāvusi nedaudz palielināt ražīgumu, salīdzinot ar metāla ķēdēm, taču konkrētajos apstākļos visefektīvākā izrādījies kokmateriālu pievešana ar speciāli neapriktu pievedējtraktoru.
3. Strādājot ar ProSilva 15 - 4ST pievedējtraktoru, kokmateriāli pievešanas ceļos nav ieklāti. Visvairāk kokmateriāli pievešanas ceļos ieklāti veicot pievešanu ar John Deere 810 D pievedējtraktoru bez ķēdēm (1,8 tonnas), tomēr pievešanas ceļos ieklātais apaļo kokmateriālu apjoms, salīdzinājumā ar pievesto apjomu (101,5 tonnas), ir nebūtisks. Nelielais risu un ceļos ieklāto kokmateriālu īpatsvars norāda uz labiem pievešanas apstākļiem, kas neatbilst projekta sākotnējam uzstādījumam pārbaudīt pievedējtraktorus smagos pievešanas apstākļos, kur pievedējtraktors bez ķēdēm nevar nodrošināt AS "Latvijas valsts meži" iekšējiem normatīviem atbilstošu darbu izpildes kvalitāti.
4. Vismazākā pašizmaksa (2,38 EUR m⁻³) pievešanā ir, strādājot ar John Deere 810 D pievedējtraktoru bez papildaprīkojuma, vislielākā – ar ProSilva 15 - 4ST pievedējtraktoru (3,91 EUR m⁻³), kas saistīts ar tehnikas cenu un būtiski lielāku degvielas patēriņu. ProSilva 15 - 4ST izmantošanas pašizmaksu palielina arī tas, ka maksimāli nav izmantotas tehnikas kravnesība. ProSilva 15 - 4ST degvielas patēriņa rādītāji var būt pārspīlēti, ņemot vērā, ka tehnika strādāja ar nelielu noslodzi, tāpēc faktisko izmaksu novērtēšanai šim pievedējtraktoram ir jāveic atsevišķs pētījums, iekļaujot pievestā materiāla svēršanu un degvielas patēriņa uzskaiti, kā arī izvēloties darba apstākļus, kur izpaužas ProSilva 15 - 4ST priekšrocības, nevis optimālus pievešanas apstākļus.
5. Vismazāk risu (1,7 %) konstatēts koridoros, kur strādājis pievedējtraktora ProSilva 15 - 4ST, bet visvairāk (10,1 %) – koridoros kur pievešanas darbus veicis John Deere 810 D pievedējtraktors bez papildus aprīkojuma. Pievešanas darbiem raksturīgie sakņu bojājumi paliekošajiem kokiem vismazāk konstatēti tajos koridoros, kurās pievešana veikta ar pievedējtraktoru ProSilva 15 - 4ST (2,8 koki ha⁻¹), bet visvairāk bojāto koku ir koridoros, kur pievešana veikta ar John Deere 810 D pievedējtraktoru, kas aprīkots ar plastmasas ķēdēm (7,8 koki ha⁻¹). John Deere 810 D pievedējtraktora bez papildus aprīkojuma uzrādītie vides kvalitātes rādītāji ir salīdzinoši vissliktākie, tomēr tie atbilst AS "Latvijas valsts meži" kvalitātes prasībām. Tas nozīmē, ka pievešanas apstākļi izmēģinājumos ir bija optimāli un piemēroti arī pievedējtraktoriem bez papildus aprīkojuma, attiecīgi, nav novērtētas ķēžu īpašības šādam aprīkojumam raksturīgos darba apstākļos.
6. Izmēģinājumos izmantotās plastmasas ķēdes samazina vibrāciju, nedaudz samazina degvielas patēriņu un uzlabo operatora darba apstākļus, taču, salīdzinot ar standarta metāla ķēdēm, tās rada būtiski lielāku ietekmi uz vidi (risas un paliekošo koku sakņu bojājumi) un var būtiski palielināt

pievešanas izmaksas, ja ķēžu nolietojums atbilda prognozētajam (2000 stundas). Saskaņā ar pētījuma rezultātiem plastmasas ķēdēm nav būtisku priekšrocību, salīdzinot ar patreiz lietotajām metāla ķēdēm. Jāņem vērā arī vides aspekts – metāla ķēdes ir reciklējamās un nerada mežā piesārņojumu, turpretim, plastmasas ķēdes var radīt meža piesārņojumu ar organiskajiem savienojumiem un tās nav pilnībā reciklējamās.

7. Izmēģinājumi ar piededējtraktoriem, kas aprīkoti ar plastmasas un metāla ķēdēm, un it īpaši ar ProSilva 15 - 4ST piededējtraktoru, kura potenciāls netika pilnībā izmantots, ir jāturpina, salīdzinot pievešanas ražīgumu un izmaksas smagos apstākļos (kūdreņos un slapjainos), kur riteņtraktors nevar nodrošināt AS "Latvijas valsts meži" prasībām atbilstošu darbu izpildes kvalitāti.
8. Pētījuma rezultāti norāda uz nepieciešamību pārvērtēt ierobežojumus lielo piededējtraktoru izmantošanai kopšanas cirtēs, jo vismazākos bojājumus augsnei un koku saknēm izmēģinājumos radīja vislielākais piededējtraktors (ProSilva 15 - 4ST), kā arī nepieciešamību Latvijā kopšanas cirtēs plašāk testēt piededējtraktorus uz kāpurķēžu bāzes, lai savlaicīgi radītu lēmuma pieņemšanas atbalsta rīkus kopšanas cirtēs izmantojamās tehnikas parka pilnveidošanai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Ackerman, P., Belbo, H., Eliasson, L., de Jong, A., Lazdins, A. & Lyons, J. (2014). The COST model for calculation of forest operations costs. *International Journal of Forest Engineering* 25(1), 75–81.
2. Alaoui, A. & Diserens, E. (2011). Changes in soil structure following passage of a tracked heavy machine. *Geoderma* 163(3-4), 283–290.
3. Gercāns, J. (2008). Pievešanas apstākļu ietekme uz pievešanas mašīnu izmaksām galvenās izmantošanas cirtēs. Rīga.
4. Lazdiņš, A. (2008). *Augsnes sablīvēšanās mērījumu rezultāti*. Salaspils. (5.5-5.1/001Y/110/08/8).
5. Lazdiņš, A. & Gercāns, J. (2011). Productivity of forwarding depending from driving conditions. Tampere, Finland, Helsinki University Hyytiälä Forestry Field Station.
6. Liepiņa, A., Lupiķis, A., Sarkanābols, T. & Lazdiņš, A. (2014). Meža tehnikas ietekme uz augsnes sablīvēšanos un meža atjaunošanos. *Proceedings of LLU Meža fakultātes zinātniski praktiskā konference, veltīta augstākās mežizsglītības 95. un Meža fakultātes 75. gadskārtai*, Jelgava, 2014. pp 51–54. Jelgava: LLU.
7. Lupiķis, A., Sarkanābols, T. & Lazdiņš, A. (2014a). Comparison of soil compaction using tracked and wheeled machines in early thinning. *Proceedings of Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations*, Knivsta, Sweden, 2014. pp 11–13. Knivsta, Sweden: Skogforsk.
8. Lupiķis, A., Sarkanābols, T. & Lazdiņš, A. (2014b). Mežizstrādes mašīnu tipa ietekme uz augsnes sablīvējumu jaunaudzju kopšanas cirtēs. *Proceedings of Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*, Rīga, 2014. pp 466–468. Rīga: Latvijas Universitāte.
9. Nugent, C., Kanali, C., Owende, P. M. ., Nieuwenhuis, M. & Ward, S. (2003). Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. *Forest Ecology and Management* 180(1–3), 85–98.