



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maehitusinstituut

**Risto Kööts**

**HARVESTER VALMET 911.3 TÖÖ ANALÜÜS  
UUENDUSRAIEL**

WORK TIME ANALYSIS OF HARVESTER VALMET 911.3 IN  
REGENERATION FELLING

Bakalaureusetöö  
Metsanduse õppekava

Juhendaja: lektor Vahur Kurvits, *MSc*

Tartu 2016

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Risto Kööts		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Harvester Valmet 911.3 töö analüüs uuendusraiel			
Lehekülgi: 36	Jooniseid: 7	Tabeleid: 1	Lisaid: 2
Osakond:	Metsatööstus		
Uurimisvaldkond:	Metsatööstus		
Juhendaja(d)	Lektor Vahur Kurvits		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2016		
<p>Käesolev töö põhineb Valmet 911 kolmanda seeria harvesteri tööaja jaotumisel ning uurimuse tulemusena väljendub masina tööoperatsioonide jagunevus. Saadud tulemuste põhjal võrreldakse andmeid varasemalt tehtud töödega. Koostatud töös pakutakse autori poolsed lahendused, mis suurendaksid efektiivset tööaega, et tõsta masina üldtootlikkust.</p> <p>Andmete kogumine toimus filmimise teel, et jäädvustada ja analüüsida materjali võimalikult täpselt. Videokaamera paigaldati masina kabiini, et löikepea operatsioonid oleksid kogu aeg nähtavad. Filmimaterjali kogunes 4 päevaga 29 tundi ja 8 minutit. Järgnevalt toimus filmimaterjali kronometreerimine, mille tulemusena selgusid ajalised andmed. Tulemusi oli võimalik võrrelda ja nende põhjal järeldused teha.</p> <p>Töö sisaldab nelja suuremat peatükki. Esimeses peatükis kirjeldatakse materjale ja meetodikat sisaldades harvesteri, operaatori ja raielangi kirjeldusi, väli- ja kameraaltööde ning info töötlemise meetodikat ja tööoperatsioonide seletusi. Teises peatükis esitatakse mõõdetud tulemused. Kolmandas peatükis võrreldakse saadud tulemusi varasemalt tehtud tööde tulemustega ja neljandas peatükis esitab autor omapoolsed järeldused ja ettepanekud tööaja efektiivsemaks kasutamiseks. Kõige suurem osakaal efektiivsest tööajast oli puu töötlemine. Järgnesid raiejäätmete koondamine, harvesteri liikumine ja langetamine. Kõige väiksem osakaal tööoperatsioonidest on noole liikumisel.</p> <p>Autori arvates oli oluline õppefunktsioon, mis aitab mõista, kuidas näeb välja harvesteri juhi töö. Lisaks oli võimalus jälgida ka forvarderi tööd. Töös saadud tulemused võiksid huvi pakkuda metsatööstuse sektoris tegutsevatele inimestele.</p>			
Märksõnad: harvester, efektiivne tööaeg, uuendusraie, mets			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Risto Kööts		Specialty: Forestry	
Title: Work time analysis of harvester Valmet 911.3 in regeneration felling			
Pages: 36	Figures: 7	Tables: 1	Appendixes: 2
Department:		Forest Industry	
Field of research:		Forest Industry	
Supervisors:		Lecturer Vahur Kurvits	
Place and date:		Tartu, 2016	
<p>The present work is based on a Valmet 911 third series harvester work time distribution and is expressed as a result of the research of operations of the machine divisibility. Received results are compared with data from previous studies. Made-up work are offered author-side solutions that increase the effective working time to raise harvester total productivity.</p> <p>The study data collection was filmed by cameras to capture and analyze materials accurately as possible. The camera was placed inside of the harvester cabin to see all harvester cutting head operations. Footage gathered four-day total 29 hours and 8 minutes. The following work process was carried out by video material chronometration, which appeared chronological data. The results were able to compare and make conclusions.</p> <p>Work is containing four larger main topics. The first chapter describes the materials and methods, containing harvester, harvester operator and cutting area descriptions, outdoor and data reduction methods. Also, this topic contains harvester work operations explanations. The second chapter summarizes measured results. In the third chapter the study results are compared to previous similar works and the fourth chapter presents author's conclusions and suggestions to enhance an effective form of regular working time. The highest proportion of effective working time was spent on processing a tree. This operation is followed by collecting logs, tops and branches, harvester moving and felling. The lowest proportion of effective working time was spent on positioning to cut.</p> <p>Processing the work was an important author's learning function, which helped to understand that how harvester operator work time looks. In addition, there was an opportunity to observe the work of forwarder. The results of the study could be interesting to people, who work in the forest sector.</p>			
Keywords: harvester, work time analysis, regeneration felling, forest			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. MATERJALID JA METOODIKA .....	7
1.1 Harvesteri kirjeldus .....	7
1.2 Masina operaator.....	9
1.3 Raielangi iseloomustus.....	10
1.4 Välitöö metoodika.....	10
1.5 Kameraaltööde metoodika.....	11
1.5.1 Tööoperatsioonid.....	11
1.5.2 Info töötlemine ja töö koostamine.....	12
2. TULEMUSED JA ARUTELU.....	13
3. VÕRDlus VAREM KOOSTATUD TÖÖDEGA.....	16
3.1 Võrdlus Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J. (2006) tehtud uurimusega .....	16
3.2 Võrdlus Ingmar Birki (2012) lõputööga.....	18
3.3 Võrdlus Tarvo Metsa (2013) lõputööga .....	20
4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD .....	22
KOKKUVÕTE.....	24
KASUTATUD KIRJANDUS .....	26
SUMMARY .....	27
LISAD.....	29
Lisa 1. Valmet 911.3 tehnilised andmed .....	30
Lisa 2. Eraldistel toimunud raie tulemuste andmed filmimise jooksul .....	33

## SISSEJUHATUS

Antud teema sai valitud just sellepärast, et siduda autori suur tehnikahuvi õpituga. Autor on alati tahtnud uurida lähemalt harvesteri tööd ning lõputöö pakkus selleks väga hea võimaluse. Alates teismeliseeast on autor osalenud talu metsatöodel, mistõttu on huvi metsanduse vastu siiani säilinud. Harvesteri tööanalüüs hõlmas endas nii praktilist kui teoreetilist osa. Selleks otsustas autor rääkida kodukohas asuva metsaraie ja metsamaterjali transpordiga tegeleva ettevõtte juhiga, kes kiitis mõtte heaks, informeeris operaatorit ja täpsustas asukoha, kus masin asub.

Eestis oli 2010. aasta andmetel metsamaa pindala 2,2 miljonit hektarit ehk ligi pool Eesti maismaa pindalast. 2020. aastani on metsa arengukavas põhieesmärgiks tagada metsade tootlikkus ja elujõulisus ning mitmekesine ja tõhus kasutus [9]. See sisendab metsafirma omanikele, et tööpõld on lai ja masinapargi uuendamine tasub end tulevikus kindlasti ära. Kahjuks on masinapargi keskmine vanus aastal 2015 langenud, kuid see on tingitud sellest, sest üsnagi palju on arvel vanemaid metsatöömagineid, mis ei tööta igapäevaselt.

Maanteeametis koostatud statistika põhjal on võimalik kokku lugeda arvel olevad metsatöömagineid. 2015. aasta lõpuks oli Maanteeameti liiklusregistrisse registreeritud 554 metsatöömagineid, millest 212 olid harvesterid [7]. 2010. aastal oli 501 metsatöömagineid ja 203 neist olid harvesterid [8].

2016. aasta veebruaris ja märtsis tekkis autoril võimalus filmida metsas harvesteri Valmet 911.3 tööd. Masina tundmaõppimine annab väga hea baasteadmise antud metsamagine osas, mis tuleb kindlasti tulevikus kasuks. Lisaks oli võimalik vaadelda, millest koosneb operaatori tööpäev ja kuidas see välja näeb.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida harvesteri tööaja jaotumist uuendusraiel. Autorit huvitas, kui palju võtavad aega erinevad tööoperatsioonid ning kui suure osakaalu moodustab efektiivne tööaeg kogu tööajast harvesteri töös ning tulemuste põhjal varasemalt tehtud uurimustega võrrelda. Lisaks pakkuda autoripoolseid lahendusi, et suurendada efektiivset tööaega.

Töö tegemiseks koguti metsas videomaterjali, mida hiljem oli võimalik kronometreerida. Filmisel üritas autor vältida kaamera paigaldamise seisakuid, et anda võimalikult täpne ülevaade. Selleks vahetati kaameraid hooldus- või remondipauside ajal. Kogutud andmete töötlemise tulemusena selgus efektiivse ja kogu tööaja jagunemine. Töö ülesehituslik pool sisaldab endas nelja suuremat osa. Esimeseks osaks on materjalid ja meetodika, mis sisaldab endas harvesteri ja operaatori kirjeldusi, raielangi iseloomustust, väli- ja kameraaltööde ning info töötlemise meetodikat ja tööoperatsioonide seletusi. Teises osas esitatakse mõõdetud tulemused ja sooritatud arvutused, mis olid vajalikud info paremaks väljendamiseks. Kolmas töö osa on peamiselt võrdlus, kus autor võrdleb varasemalt sooritatud tööde tulemusi. Neljandas osas pakub autor omapoolseid lahendusi efektiivsema töö tegemiseks eesmärgiga suurendada tootlikkust tulevikus.

Töö on enamasti suunatud harvesteri operaatoritele ja harvestere omavatele ettevõtetele, kellel on võimalik hinnata töö tulemusi, et organiseerida efektiivsemalt masinate tööd.

# 1. MATERJALID JA METOODIKA

## 1.1 Harvesteri kirjeldus

Harvester on kombineeritud metsamasin, mis langetab, laasib ja järkab puutüve sortimentideks. Sõltuvalt masina gabariitidest, kaalust, löikepea suuruselt ja võimsusest eristatakse uuendusraie- ja hooldusraieraieharvestere. [2: 537]

Tänapäeval on erinevate firmade poolt toodetavad masinad põhiosas vägagi sarnase ehitusega. Erinevused ilmnevad üksikutes detailides ja lahendustes. Masinad on varustatud automaatsete süsteemidega, mis on masina mootori ja käiguosa kui ka tehnoloogiliste seadmete töö kontrollimiseks ja juhtimiseks. [4: 9, 10]

Töös uuritavaks harvesteriks oli Valmet 911.3, tootmisaastaks 2006 (vt Joonis 1). Masin kuulub Võrus tegutsevale firmale. Firma pakub raie teenust erametsaomanikele. Masin soetati firmasse 2015. aastal ning filmimise ajaks oli harvester Eestis töötanud täpselt aasta. Harvester osteti Soomest, kuid kapitaalset remonti pole masinal läbi viidud. Enne filmimistööde algust remonditi harvesteri hüdromanipulaatorit. Töötunde oli filmimise lõpuks kogunenud 9848 tundi. Suure töötundide arvu tõttu ootab masinat peagi kas müük või kapitaalremont. Masina transpordiks oli firma poolt treiler, millega masinaid koliti. Valmeti ratastele olid paigutatud ka lindid, et vähendada masina erisurvet maapinnale. Kahjuks ei saanud arvestada uuritud raiel kütusekulu, sest masina kütusenäidik ei olnud töökorras ja adekvaatset vastust polnud võimalik saada. Masinal töötas üks juht, kelle tööviljakusest sõltus ka firmas oleva ainukese forvarderi töö.

Forvarder on koormatraktor või teisiti nimetades metsaveotraktor. Masin koosneb traktor-moodulist ning koormakandurist. Järgatud sortimendid tõstetakse koormakandurile hüdrohaaratsiga. Forvarderid jagunevad ratas-, roomik- või kombineeritud käiguosaga forvarderiteks. [5]

Töös uuritav harvester liigitub lageraietööde masinate gruppi, mis on sobilikud ainult lageraiete jaoks. Suure massi tõttu sobivad sellised masinad vaid juhul, kui maapind on hea kandvusega ja harvester läbi pinnase ei vaju. [4: 14]



**Joonis 1.** Foto Harvester Valmet 911.3 [13]

Harvester oli varustatud Maxi Harvester nimelise kontrollsüsteemiga. Programm oli ostmisest peale seadistatud soomekeelsena, kuid operaatorit see töötamisel ei seganud. Masina tööorganiks oli lõikepea 360.2 ja hüdrokraanaks CRH 18. Operaator täpsustas, et harvesteri lõikepea oli saanud juhi remonditööd lihtsustava modifikatsiooni, mis kergendavad oluliselt lõikepea õlivoolikute vahetamist. Voolikute liitekohad olid toodud välja, et lõikepead ei peaks lahti võtma, kui voolik on metsas purunenud. Juhi sõnul vähenes ajakulu sellega metsas ligi 50 %.





**Joonis 2.** Lõikepea 360.2 [13]

## **1.2 Masina operaator**

Masina operaatoriks oli keskealine mees, kes oli töötanud selleks ajaks metsamasinatel 18 aastat. Juhil puudus vastav haridus, kuna tol ajal polnud selliseid kaasaegseid masinaid. Algne kogemus traktoriga oli saadud talutöödel ja sellepärast oligi töövalik suunatud väljaveotraktorile. Sellega tegeles operaator 13 aastat. Harvesteri juhi amet on kestnud 5 aastat, mis sai alguse ise õppides ja harjutades. Operaatorile makstav tasu tuleneb masina tootlikkusest, mistõttu oli juht harvesterile asudes väga aldis töövõtteid õppima ning üritas võimalikult palju forvarderi juhiga koostööd teha. Operaatoril otseselt kindlat vahetuse pikkust välja ei kujunenud, kuid juhi sõnul kestavad tööpäevad keskmiselt 10 tundi. Harvesteri juht nautis väga oma tööd ja lubas veel aastaid sellel ametikohal töötada.

### **1.3 Raielangi iseloomustus**

Raielank asus Põlvamaal, Põlva vallas, Tännassilmas, kinnistu eraldisel 2 ja 3. Kasvukohatüübiks mõlemal eraldisel oli mustika. Eraldistel peamisteks esinevateks puuliikideks olid harilik mänd, harilik kuusk, arukask ja harilik haab. Eraldis 2 pindala oli 2,2 hektarit ja domineerivaks puuliigiks harilik mänd. Mäni osatähtsus puistus oli 95%, vanus 95 aastat ja kõrgus 25 meetrit [11]. Eraldis 3 pindala oli 0,7 hektarit ja domineerivaks puuliigiks oli harilik mänd. Mäni osatähtsus oli sarnane eelmise eraldusega 95%, vanus 90 aastat ja kõrgus 24 meetrit [12].

Raiet teostas algusest peale sama operaator. Eraldused paiknesid soo ja põllumaa vahel, mistõttu olid soopoolsed eraldiste ääred kidurad ja põllumaapoolsed äärmiselt okslikud. Enne raietööde algust sooritati alusmetsa raie firma saebraigaadi poolt. Üsnagi aeganõudvaks harvesteri töös osutusid üksikud haavad ja kased, mille langetamine ning töötlemine oli problemaatiline, sest puude oksad olid väga väikse teravnurga all võrreldes puutüvega.

### **1.4 Välitöö metoodika**

Välitööd teostas autor Põlvamaal, Põlva vallas, Tännassilmas. Videomaterjal on kogutud 2016. aasta veebruaris, mil välisõhu temperatuurid kõikusid -3 kraadist kuni -16 kraadini. Filmimise ajaks oli maapind piisavalt külmunud, et harvester liigselt pinnast ei kahjustaks. Videomaterjali kogumine toimus neljal erineval päeval, alustades raie esimesest päevast kuni keskpaigani. Filmimise kõrvalt oli võimalik suhelda ka operaatoriga, kes oskas masina eripäradest lähemalt rääkida. Andmete kogumine langil oli hõlbustatud, sest harvesteri juht huvitus ise samuti videomaterjalist ja arvatud tulemustest.

Videomaterjali kogumiseks kasutati Gopro Hero 1 ja Gopro Hero 2 videokaameraid. Esimesel päeval filmis autor masinat eemalt, kuid paraku tühjesid kaamerate akud külma käes üsna kiirelt. Selleks hankis autor iminapaga kinnituva kaamerahoidja, mis paigaldati juhikabiini klaasi siseküljele, nii et ei segaks operaatori vaatevälja. Nii kestsid akud kauem ning oli parem vaade lõikepea operatsioonidele, mis andis võimaluse väga täpselt hinnata tööoperatsioonide pikkust.

Kaameraga filmimine oli suureks abiks andmete kogumisel ja töötlemisel. Filmitud materjali on alati võimalik vaadata ja analüüsida täpselt siis, kui on kõige sobivam hetk ja kerida tagasi kui mingi asi on arusaamatuks jäänud.

## **1.5 Kameraaltööde metoodika**

### **1.5.1 Tööoperatsioonid**

Andmete analüüsi tulemusena selgus harvesteri töö ajaline jagunemine. Tööaeg sisaldas efektiivset tööaega, remondipause, hoolduspause, rikete kõrvaldamise pause ja muid pause. Efektiivne tööaeg koosnes harvesteri liikumisest, noole liikumisest, langetamisest, puu töötlemisest ja raiejäätmete koondamisest.

Harvesteri liikumine on aeg, mil masina rattad hakkavad liikuma kuni rataste seiskumiseni. Liikumise suund pole oluline. Töös on arvestatud harvesteri liikumise sisse ka langile sissesõit ja väljumine. Noole liikumine on aeg, mis jätkub peale raiejäätmete koondamist. Nool alustab liikumist uuele tüvele ja lõpeb kui lõikepea asetseb puul ja algab langetuslõige. Langetamine on aeg, mil toimub langetuslõige, puu langetatakse ja etteveo rullid alustavad tööd. Puu töötlemine sisaldab laasimist, järkamist ja sortimentide sättimist. See on aeg, mil etteveo rullid alustavad tööd ning lõpeb kui viimane sortiment kukub hunnikusse. Raiejäätmete koondamine sisaldab okste ja palkide liigutamist, väljaspool puu töötlemise aega. Siia kuulub ka okstevalli kohendamine masina liikumiseks, et vältida maksimaalselt pinnase kahjustamist.

Tööpäevade jooksul toimus arvestatav hulk pause. Muude pauside alla kuuluvad seisakud, mis sõltusid juhust, nendeks olid telefoni kasutamine, lõikepea kontroll, lõunapausid, loomulike vajaduste rahuldamisele ja jutuajamisele kulunud aeg forvarderi juhiga. Hoolduspauside alla kuuluvad seisakud, mis viiakse läbi langil. Nendeks on ketivahetus, ketiõli lisamine, tankimine ja klaaside puhastus. Remondipausid on seisakud, kui masina detailid vajavad langil juhi poolt remonti. Filmimaterjali põhjal sai liigitada remondipausiks lõikepea õlivooliku vahetamise. Rikked on seisakud, kui saeorganilt eemaldus kett ja see tuli tagasi asetada.

### **1.5.2 Info töötlemine ja töö koostamine**

Metsas raielangil filmimisele järgnes kogutud materjali analüüs, mis koosnes videote kronometreerimisest ja andmete analüüsist. Antud etapp oli autori arvates kõige aeganõudvam. Videote kronometreerimiseks kasutati Windows Media Player-it ja VLC media player-it ning andmete analüüsiks programmi Microsoft Excel 2015. Kronometreerimise tulemusena oli võimalik välja selgitada kõigile töötappidele kulunud aeg, mis koguti sekunditena tabelitesse. Järgnevalt selgitati välja töötappide ajalised maksimumid. Kogutud andmed andsid võimaluse moodustada joonised, millest selgus protsentuaalne jagunevus. Käesoleva töö koostamisel on kasutatud tekstitöötlusprogrammi Microsoft Word versioon 2015 ning töö on koostatud ja vormistatud EMÜ metsandus- ja maaehitusinstituudis kasutusel oleva juhendi „Lõputöö vormistamise nõuded“ järgi (Lõputöö... 2016).

## 2. TULEMUSED JA ARUTELU

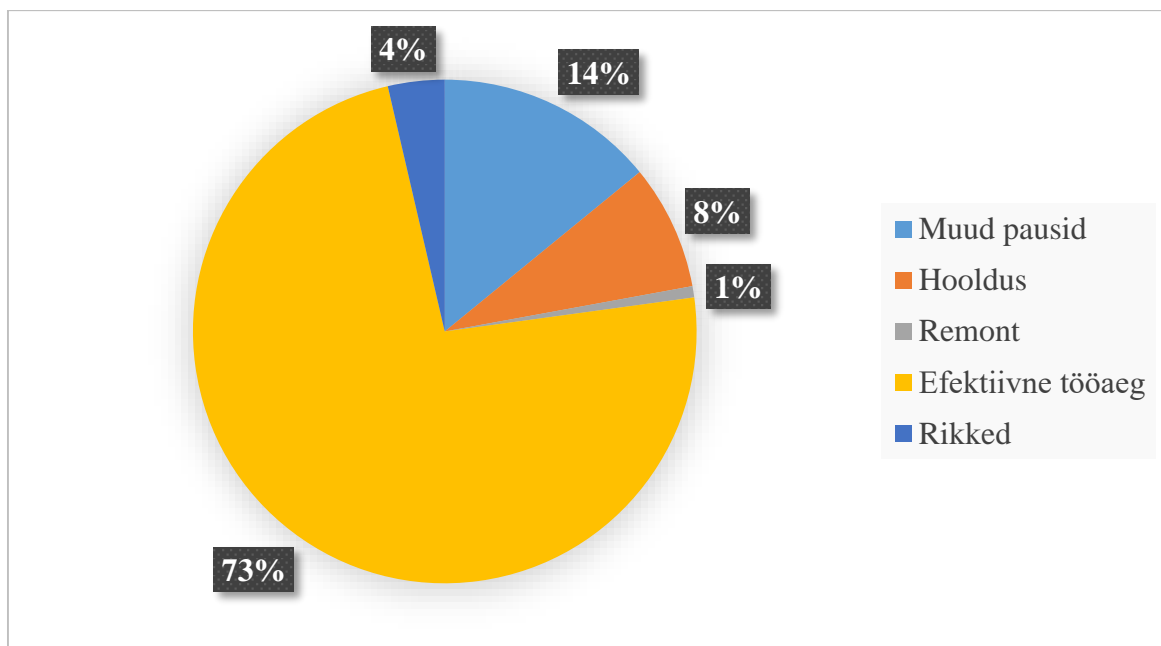
Analüüsitavat materjali kokku oli 29 tundi ja 8 minutit, millest filmitud materjal moodustas 26 tundi ja 37 minutit. Filmimine toimus kokku neljal päeval, mis hõlmab raie algust ja raie keskpaika. Peale filmimist jätkus raie veel 3 päeva. Esimesel ja teisel päeval oli raie üsnagi algstaadiumis, kuna toimus langi lahti harutamine ning moodustati kokkuveo teed ja laoplat. Eraldiste ääres asusid rohke valguse tõttu väga okslikud harilikud haavad ja harilikud männid, mille töötlemine võttis palju aega langetades töö efektiivsust. Kolmandal ja neljandal päeval toimus raie langi keskel ning töö efektiivsus oli kõrgem. See oli põhjustatud ühtlasest puistust ja sobivatest töötingimustest. Ainukeseks suuremaks ohuks oli maapinna vajuvus. Andmete analüüsi põhjal oli võimalik arvutada keskmiselt kulunud aeg erinevatele masinaoperatsioonidele, mis selgitab töö efektiivsuse erinevusi.

**Tabel 1.** Harvesteri tööetappidele kulunud keskmine aeg sekundites

Filmimise päev	Harvesteri liikumine	Noole liikumine	Langetamine	Puu töötlemine	Raiejäätmete koondamine	Kokku
1	9,80	6,01	9,67	24,31	10,60	60,38
2	11,61	5,91	9,60	25,24	10,43	62,80
3	8,75	4,32	7,38	20,15	8,42	49,02
4	6,95	4,24	6,63	19,28	7,87	44,97

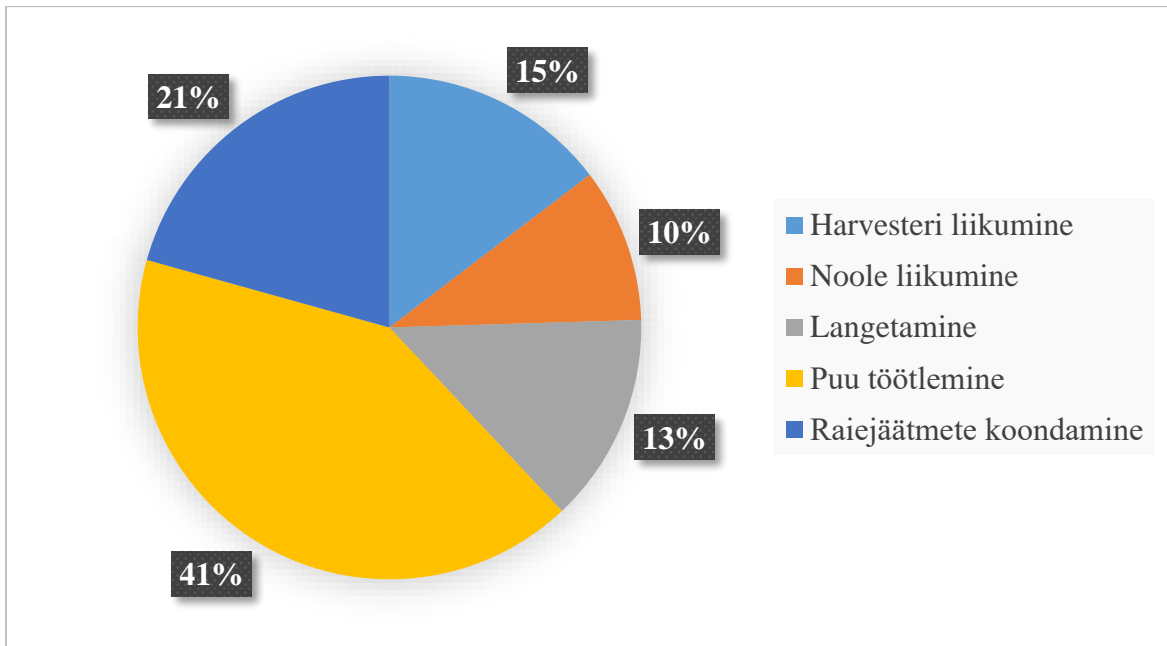
Võrreldes esimest kaht päeva kahe viimasega ilmnevad silmnähtavad erinevused kõigis efektiivse tööaja liigutustes. Esimesel ja teisel päeval raiuti eraldise ääred ja juht pidi jälgima, et kõrval asuv põllumaa kahjustada ei saaks. Sellest tingituna pidi masin rohkem liikuma ja teatud ettevaatlikkusega töötama.

Kogu tööpäeva aja jagunemisel moodustas kõige suurema osakaalu efektiivne tööaeg, milleks oli 73% (vt Joonis 3). Kõige efektiivsem oli neljas päev. Teisel kohal olid muud pausid 14% kogu tööajast. Kolmandal kohal olid hoolduspausid, mis moodustasid koguajast 8%. Järgnes rikete kõrvaldamiseks kulunud aeg 8% ja kõige väiksema osakaaluga oli remont, mis moodustas kogu ajast 1%.



**Joonis 3.** Harvesteri kogu tööpäeva jagunemine

Efektiivsest tööajast suurima osa moodustas puu töötlemine, moodustades kogu ajast 41% (39-44) (vt. Joonis 4). Kõige kauem kestis puu töötlemine 168 sekundit, tegemist oli mõõtmelst suure ja oksliku haavaga, mistõttu oli tüvi vaja laasimisnugade vahelt korduvalt läbi suunata. Tähtsuselt järgmine oli raiejäätmete koondamine, mis hõlmas 21% (19-22) kogu efektiivsest tööajast. Kõige kauem koondati raiejäätmeid 122 sekundit, mil harvesterijuht koondas järgatud puitu, mida oli eelnevalt kogutud laoplatsile viivale tee. Järjestuses kolmandana oli harvesteri liikumine 15%-ga (11-17) ja neljandal kohal langetamine, mis moodustas 13% (13-14) efektiivsest tööajast. Harvester liikus korraga kõige rohkem 149 sekundit, sõites langilt tankuri juurde. Langetamine kestis kõige pikemalt 46 sekundit. See oli tingitud kõveralt kasvanud puu tüvest, mis nõudis ettelõiget, et langetada puu ettenähtud kohta, mitte kõrval olevale põllule. Kõige vähem kulutas harvester aega noole liigutamisele, mis oli 10% (9-12). Maksimaalne aeg, mis kulus noole liigutamisele, oli 28 sekundit. Selle põhjustasid eraldise ääres üksteisele väga lähedal kasvavad hallid lepad, mistõttu oli löikepea asetamine puule raskendatud.



**Joonis 4.** Harvesteri efektiivse tööaja jagunemine

### **3. VÕRDLUS VAREM KOOSTATUD TÖÖDEGA**

#### **3.1 Võrdlus Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J. (2006) tehtud uurimusega**

Töö pealkirjaks on „Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System“, mis avaldati 2006. aastal. Andmete kogumine toimus Soomes 2004. aastal. Lõppraiel oli peamiseks puuliikideks mänd ja kuusk, minimaalselt sisaldas haaba ja kaske. Autorite poolt koguti materjal filmimise teel, millest analüüsi tulemusena selgusid andmed. Kehtis reegel mitte juhte segada ja filmida argipäevast operaatorite tööd. Töö sisaldas lisaks lõppraiele ka harvendusraiet, mis jäädvustati efektiivse tööajana videolindile 12,5 tunnina. [6]

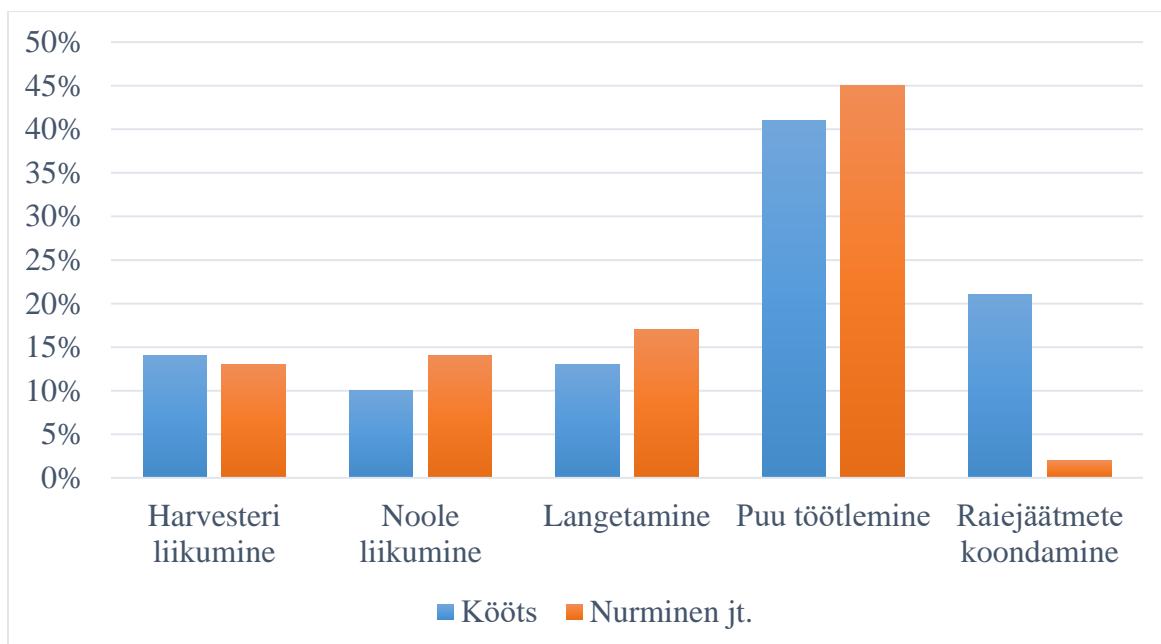
Lõppraiel uuriti kaheksat erinevat operaatorit ja seitset erinevat harvesteri, millest arutati keskmised tulemused. Harvesteri operaatorite töökogemused kõikusid 4-22 aasta vahel, keskmiselt seega 14 aastat. Uurimuses läbiviidud masinatel oli juhtidel kogemust keskmiselt 8 aastat. Kõik harvesterijuhid kasutasid samasugust lõikamise tehnoloogiat, mis võimaldas uurimuse läbiviijatel arvestada kõikide juhtide tööd. [6]

„Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System“ ja autori töös on võrreldavad tööoperatsioonid harvesteri liikumine, langetamine, puu töötlemine, raiejäätmete koondamine ja ettevalmistus lõikuseks, mis autori töös on kirjeldatud noole liikumisena.

Nurminen jt. töös oli ülekaalukalt kõige aeganõudvam tööoperatsioon puu töötlemine 45% (40-55) (vt Joonis 5). Järgnevalt langetamine 17% (15-20). Kolmandal kohal oli ettevalmistus lõikuseks 14% (8-18). Järgmisena oli harvesteri liikumine 13% (7-19), viiendana noolepea liikumine harvesteri ette 6% (4-9). Kuuendale liigutusele oli protsendiselt aega kulunud kõige rohkem 3% (1-5), milleks oli alusvõsa eemaldamine ja kõige vähem kulus aega raiejäätmete koondamisele 2% (0-6). [6]



Autori töös jagunesid tööoperatsioonid järgnevalt: 1) puu töötlemine 41% 2) raiejäätmete koondamine 21% 3) harvesteri liikumine 15% 4) langetamine 13% 5) noole liikumine 10%.



**Joonis 5.** Võrdlus Nurminen jt. tehtud uurimusega

Kõige suurem erinevus kahe uurimuse vahel oli raiejäätmete koondamises. Autori töös oleks jäätmete koondamise protsent väiksem olnud, kui juht poleks nii hoolikalt sättinud okstevalli, sest maapind oli piisavalt külmunud ja ei eeldanud nii massiivset okstevalli. Operaator koondas samuti oksad hunnikusse, mis võttis lisa-aega. Puu töötlemise protsendid on üsna sarnased, mis on tingitud sarnasestest puistute liigilisest koosseisust. Langetamine on käesoleva töö autori tulemustes vähem aega võtnud, sest harva esines tõrkeid, näiteks langetatav puu takerdus kõrvaloleva puu võrassa. Operaatorid on mõlemas töös sarnase kogemuste baasiga, mis annab sarnased analüüsi tulemused.

Nurminen jt. töös on arvestatud operatsioonidesse Boom-in ja Clearing. Boom-in autori töös pole arvestatud, sest löikepea liikus enamasti peale viimast järkamist uuele tüvele või alustas teise tööoperatsiooniga, näiteks masina liikumisega. Clearingut ei saanud samuti autor töös kasutada, sest alusraie oli varasemalt firma saameeste poolt sooritatud.

### 3.2 Võrdlus Ingmar Birki (2012) lõputööga

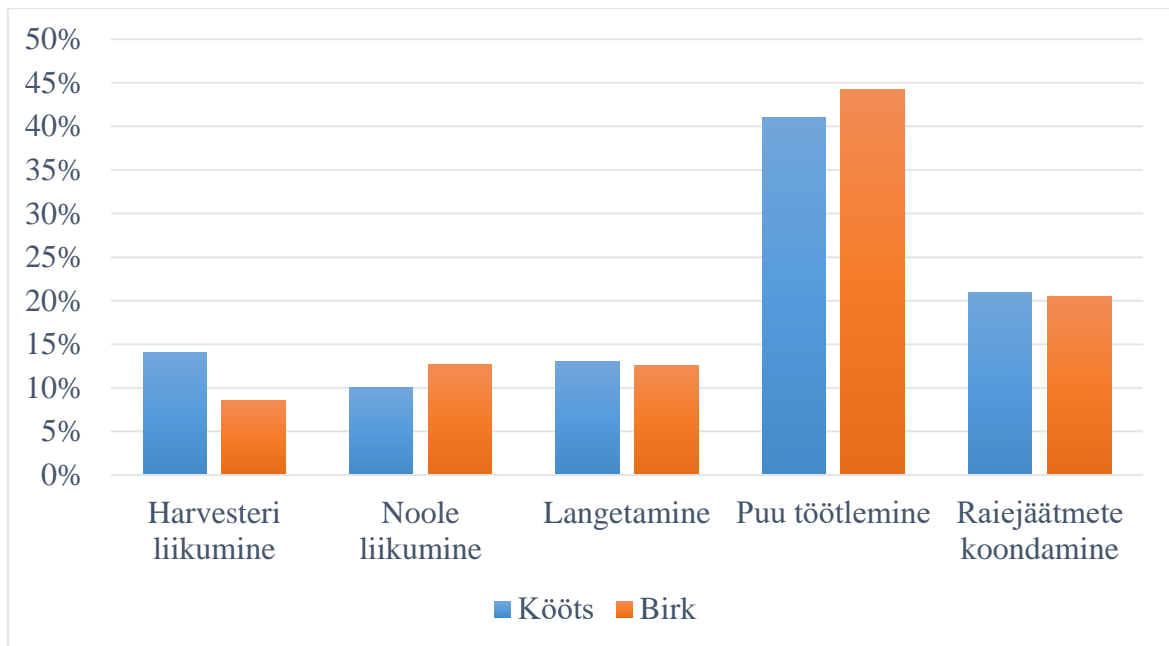
Töö pealkirjaks on „Harvester Timberjack 1270D tööaja analüüs angervaksa kasvukohatüübi lehtpuu puistu lageraiel“, mis avaldati 2012. aastal. Andmed koguti 2012. aasta aprillikuus Laeva metskonna asuval eraldisel nr 5. Eraldise pindala oli 1,1 ha, mille kasvukohatüübiks angervaksa. Puudest olid esindatud sookask, harilik kuusk, harilik haab ja sanglepp. Puistu vanuseks oli 88 aastat ja keskmiseks kõrguseks 22 meetrit. [1]

Töös oli kogutud videomaterjali 5 tundi ja 35 minutit. Sellele järgnes kronometreerimine ja andmete analüüs. Filmimise jooksul kasutati ühte masinat ja juhti, kelle töökogemus küündis 15 aastani. [1]

Ingmar Birki ja autori töös on võrreldavad efektiivse tööaja operatsioonid harvesteri liikumine, langetamine, puu töötlemine, raiejäätmete koondamine ja noole liigutamine. Birki töös on kasutatud natuke teisi operatsioonide nimetusi, kuid põhimõte on täpselt sama.

Birki „Harvester Timberjack 1270D tööaja analüüs angervaksa kasvukohatüübi lehtpuu puistu lageraiel“ töös oli suurim protsent töötlemisel 44,2% (vt. Joonis 6). Järgmisena moodustas 20,5% puidu- ja raiejäätmete koondamine. Kolmas suurim protsendiline väärtus oli ettevalmistus langetuseks 12,7%. Järgnes langetamine 12,6% ja liikumine 8,6%. Kõige väiksem protsendiline väärtus oli muul ajal, mis moodustas kogu filmitud materjalist 1%. [1]

Autori töös jagunesid efektiivsel tööajal tööoperatsioonid järgnevalt: 1) puu töötlemine 41% 2) raiejäätmete koondamine 21% 3) harvesteri liikumine 15% 4) langetamine 13% 5) noole liikumine 10%.



**Joonis 6.** Võrdlus Birki tehtud uurimusega

Arvestades asjaolu, et autori töös oli tegemist okaspuu puistuga ja Ingmar Birki töös lehtpuu puistuga, on tulemused üllatavalt sarnased. Suurim erinevus oli harvesteri liikumises, milleks oli 5,4%. Arvatavasti põhjustas selle asjaolu, et autori andmete kogumine toimus talvel, kui maapind oli veel külmunud. Lisaks olid ratastele paigutatud linnid, mis vähendasid kinni jäämise ohtu. Nädal hiljem poleks masina liikuvuse protsent enam nii suur olnud, kuna välistemperatuur soojenes ja metsaalune hakkas sulama. Sellest tulenevalt oleks traktor oma liikuvust vähendanud. Birki töös on tegemist kevadise raiega, mil arvatavasti harvesterijuht tahtis liikuda minimaalset, vältides masina kinni jäämist. Vastasel korral röövinuks see piisavalt väärtuslikku tööaega. Sarnased tulemused olid kindlasti põhjustatud järjekordselt juhtide sarnastest töövõtetest, mis on kogemustega kujunenud.

### 3.3 Võrdlus Tarvo Metsa (2013) lõputööga

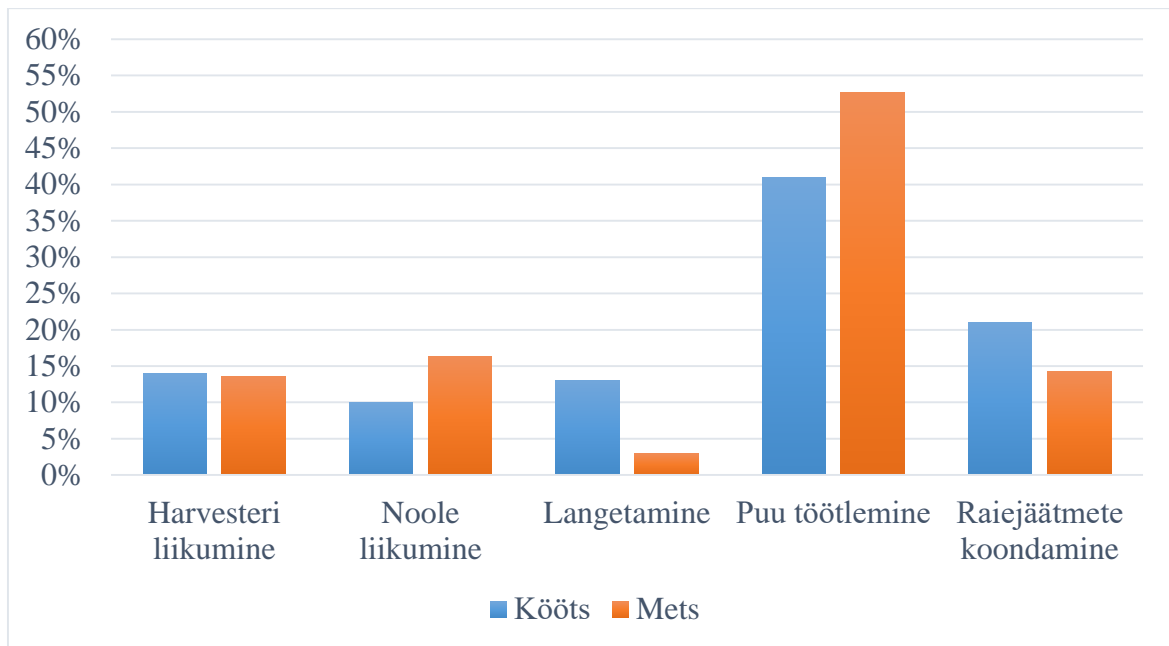
Töö pealkirjaks on „Harvesteri tööaja analüüs Ponsse Ergo näitel“, mis kaitsti 2013. aastal. Töös koguti andmed filmimise teel, kronometreeriti need ja koondati tulemused. Filmimine toimus 2012. aasta detsembris, Kesk-Eestis, Imaveres. Filmiti segametsas, kus esimese rinde moodustasid arukased ja sanglepad ja teise rinde harilikud kuused. Kasvukohatüübiks oli jänesekapsa-kõdusoo. Kase osatähtsus oli eraldusel 90%, keskmise vanusega 75 aastat ja keskmise kõrgusega 22 meetrit. Sanglepp moodustas esimest rindest 10%, keskmise vanusega 60 aastat ja keskmise kõrgusega 18 meetrit. Teises rindes moodustas kuusk 85%, mille keskmine vanus on 35 aastat ja keskmine kõrgus 14 meetrit. [3]

Filmitud materjali lageraiel oli ligikaudu 9 tundi, millest efektiivne tööaeg moodustas 7,5 tundi. Uuriti filmimise jooksul ühte kindlat masinat, Ponsse Ergo, millel töötas üks kindel juht. Harvesteril oli operaator töötanud 6 aastat. [3]

Tarvo Metsa ja autori töödes on võrreldud masina liikumist, noole liigutamist, langetamist, puu töötlemist ja raiejäätmete koondamist. Tarvo Metsa töös on langetamine kirjeldatud ettelõige ja põhilõige eraldi, aga võrdlustes on lihtsustamiseks need koondatud.

Metsa „Harvesteri tööaja analüüs Ponsse Ergo näitel“ töös oli kõige aeganõudvamaks etapiks efektiivsel tööajal puu töötlemine 52,7% (vt Joonis 7). Teisel kohal oli noole liikumine, mis moodustas 16,3% efektiivsest tööajast. Kolmandal kohal oli raiejäätmete koondamine, mille osakaal oli 14,3%. Järgnes harvesteri liikumine 13,5%. Kõige vähem aega kulus langetamisele, 3% efektiivsest tööajast. [3]

Autori töös oli efektiivse tööaja etappidest esimesel kohal puu töötlemine 41%. Järgnes raiejäätmete koondamine 21%. Kolmas ajakulukas etapp oli harvesteri liikumine 15% ja neljas langetamine 13%. Kõige vähem efektiivsest tööajast kulus noole liigutamisele, mis moodustas efektiivsest tööajast 10%.



**Joonis 7.** Võrdlus Metsa tehtud uurimusega

Suurimad erinevused väljendusid langetamises, puu töötlemises ja raiejäätmete koondamises. Puu töötlemise väiksem protsent on autori töös põhjustatud sellest, et enamuse eralduse puistust oli hästi laasunud ja operaatoril oli mugav tööd teha. Sellest tulenevalt puu töötlemise aeg tüve kohta vähenes. Raiejäätmete koondamine on protsendiliselt suurem põhjusega, kuna operaator ehitas okstevalli suure põhjalikkusega. Enamasti see etapp nii kaua aega ei võta, tulemuseks olid minimaalsed kahjud maapinnale. Tarvo Metsa töös on langetamine väga väikse osakaaluga, sest sellesse on arvestatud ainult ettelõike ja põhilõike aeg. Autori töös kirjeldab langetamine aega, mil toimub põhilõige, puu langetatakse ja lõpeb kui etteveorullid alustavad tööd.

## 4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Töö tulemuste ja vaatluse põhjal selgus, et harvesteri töös on murekohti, mis vajaksid lahendamist. Nelja päeva jooksul kogutud materjal andis kinnitust, et efektiivsust tõstaks näiteks harvesteri operaatori täiendkoolitus, uuem masin ja intensiivsem alusmetsa raie.

Videomaterjali jälgides selgus, et harvesteri juht jättis sageli töödeldud sortimendid kokkuveoteega üsna lohakalt, mis pikendab forvarderi kokkuvedu. Lisaks toimus langi ülestöötamine planeeringuta, mis põhjustas hiljem üsnagi kaootilise materjali kokkuveo.

Andres Müürisepp on kirjutanud, et kui raielank töötatakse üles forvarderi juhi poolt kindla plaani alusel, laabub kokkuvedu kiiresti ja suuremate probleemideta [4: 21].

Nende probleemide parandamiseks oleks kindlasti abiks täiendkoolitus, mis oleks suunatud just neile juhtidele, kes pole otseselt masinaga töötamist õppinud. Hiljuti ametialase kooli lõpetanud operaatorid töötavad arvatavasti erinevalt kui vanemad juhid, kuid see ei pruugi alati tõeks osutada. Firma juhid võiksid suunata operaatorid vastavale koolitusele, kus seletatakse efektiivsemaid töövõtteid ja üritatakse parandada töötulemusi.

Teiseks selgus videomaterjalist, et alusmetsa raiel võiks suurendada lõigatavate puude diameetrit. Brigaad oli lõiganud väga väikse diameetriga võsa. Selle tulemusena raiskas harvester palju aega väiksemate diameetritega puustuelementidele, millest sortimenti polnud võimalik saada. Kui saameeste brigaad suurendaks lõigatavat puude diameetrit, saaks harvester efektiivsemalt tööd teha. Harvesteri operaatoriga suheldes oli väikeste diameetritega puude ja raiejätmete lõikamine ka teise probleemi põhjuseks, nimelt lõikepea saelehelt keti eemaldumine.

Uuritav masin Valmet 911.3 oli kogunud töötunde ligi 10 000. Kõige problemaatilisemaks osutus lõikepea, mille pärast olid põhjustatud väga paljud seisakuid. Tihti oli vaja operaatoril väljuda traktorist ja asetada kett tagasi saeorganile, enamasti küll uus kett. Mitmeid kordi tuli juhil suunduda palgivirnade ja okstevalli vahele saeorgani ketti otsima, mis oli põhjustatud peenema puidu lõikamisest. Muidugi on arusaadav, et iga firma ei suuda uut masinat soetada, aga selle mõtte kaalumine on alati vägagi tervitatav. Kui firmal

on võimalus osta uus masin, tasub see kindlasti ära. Uus masin eeldab klientide olemasolu, kellele teenust pakkuda.

## KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli uurida Valmet 911.3 kogu töö jaotumist, kui kaua moodustab sellest efektiivne tööaeg, kuidas jaotuvad tööoperatsioonid ja kogutud tulemusi võrrelda. Tulemuste põhjal oli võimalik teha järeldused ja ettepanekud. Eesmärgid said täidetud, sest jõuti kindla tulemuseni, millest saadud andmeid oli võimalik võrrelda ka varasematel aastatel tehtud töödega. Andmete kogumine toimus filmimise teel, millest kronometreerimise tulemusena oli võimalik teha kokkuvõtlikud tabelid. Nende põhjal oli võimalik moodustada selgitavad diagrammid. Lõputöö raames koguti analüüsivat materjali 29 tundi ja 8 minutit, millest filmitud materjal moodustas 26 tundi ja 37 minutit.

Videomaterjali analüüsi tulemusena selgus kogu tööpäeva aja jagunemine. Suurim osakaal oli efektiivsel tööajal 73%. Teisena muud pausid 14%, millele järgnesid hoolduspausid, mis moodustasid kogu materjalist 8%. Neljandal kohal olid rikked ja nende kõrvaldamisele kulunud aeg 4%. Kõige vähem võttis aega masina remondipaus 1%, mis oli põhjustatud lõikepea õlivooliku purunemisest. Efektiivse tööaja kõige aeganõudvam etapp oli puu töötlemine 41%. Palju aega nõudis raiejäätmete liigutamine, mis moodustas 21%. Langil raie alustamise tõttu pidi masin väga palju liikuma, see moodustas efektiivsest tööajast 15%. Järgnev etapp oli langetamine 13% ning kõige väiksema ajakulu moodustas noole liikumine 10%. Tulemuste ja vaatluse põhjal oli võimalik välja tuua omapoolsed ettepanekud, mis suurendaksid efektiivset tööaega. Autori poolt pakuti välja näitena operaatorite täiendkoolitus, uuem masin ja intensiivsem alusmetsa raie.

Antud töö oli autorile väga heaks kogemuseks, mis andis teoreetilisele osale väga palju lisaks. Operaatoriga suhtlemine muutis töö tegemise palju lihtsamaks. Töövälisel ajal selgitas juht autorile masina ehitust kui käsitsemist. Väga oluliseks peab autor õppefunktsiooni iseendale, mistõttu sai selgemaks raie kompleksteenuse pakkuja igapäevaelu. See oligi põhiajend, mis määras teemavaliku. Saadud teadmised, kogemused ja tutvused on autorile kindlasti tulevikus abiks.

Töö jooksul kogutud andmed võiksid huvi pakkuda peamiselt metsanduse sektoris tegutsevatele inimestele, eelkõige metsatööstuse valdkonnas. Töös saadud tulemuste põhjal saaksid masinate tööd organiseerida harvesteri operaatorid ja harvestere omavad ettevõtted.



Tööd on võimalik edasi arendada, uurides, kui palju võtab aega kindla sortimendi väljatöötamine ning võrreldes erinevates puistutes ja erinevate masinatega saadud tulemusi.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Birk, I.** (2012). Harvester Timberjack 1270D tööaja analüüs angervaksa kasvukohatüübi lehtpuu puistu lageraiel. (Bakalaureusetöö). Tartu: Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. 37 lk. Käsikiri EMÜ metsatööstuse osakonnas.
2. **Laas, E., Uri, V., Valgepea, M.** (2011). Metsamajanduse alused. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 862 lk.
3. **Mets, T.** (2013). Harvesteri tööaja analüüs Ponsse Ergo näitel. (Bakalaureusetöö). Tartu: Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. 33 lk. Käsikiri EMÜ metsatööstuse osakonnas.
4. **Müürisepp, A.** (1998). Lageraiemasinad. Tartu: Maaelu Arengu Instituut. 32 lk.
5. **Nurk, T.** (1995). Loodussõbralik tehnoloogia metsas. Jõgeva: Jõgeva Metsaselts. 50 lk.
6. **Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J.** (2006). Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. – *Silva Fennica*. 40(2), lk 335-363.
7. Arvel olevad liikurmasinad 31.12.2010. (2010). Maanteeamet.
8. Arvel olevad liikurmasinad 31.12.2015 (mootori maht ja võimsus). (2015). Maanteeamet.
9. Eesti statistika aastaraamat. (2012). Statistikaamet. 440 lk.
10. Lõputöö vormistamise nõuded. (2016). Koostanud **Mikita V., Pallav V., Kass M., Roosmaa Ü., Maasikamäe S., Külvik M., Lorenz A.** Tartu: Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. 48 lk.  
[http://www.emu.ee/userfiles/loputoode\\_vormistamise\\_juhend/LOPUTOO\\_VORMISTAMISE\\_NOUDED.pdf](http://www.emu.ee/userfiles/loputoode_vormistamise_juhend/LOPUTOO_VORMISTAMISE_NOUDED.pdf) (09.05.2016)
11. Takseerikirjeldus – katastritunnus 61901:002:0160, eraldis 2. – *Metsaregister*.  
<http://register.metsad.ee/avalik/info.php?id=475079648311> (25.04.2016)
12. Takseerikirjeldus – katastritunnus 61901:002:0160, eraldis 3. – *Metsaregister*.  
<http://register.metsad.ee/avalik/info.php?id=475079648311> (25.04.2016)
13. Fotod Risto Kõötsi erakogust (03.03.2016)

# WORK TIME ANALYSIS OF HARVESTER VALMET 911.3 IN REGENERATION FELLING

## SUMMARY

The aim of the thesis was to analyze the Valmet 911.3 work time in regeneration felling. Mainly, the distribution of harvester work, how long it forms the effective working and miscellaneous time was investigated. The study reveals how the effective operations are distributed, how much delays are appearing and what are their causes. The obtained results are compared with similar studies done earlier. Based on the results it was possible to make conclusions and proposals.

Observable data was collected through filming, chronometration was used to make the summary tables and explanatory diagrams. The camera was mounted on the windshield of the harvester to capture and analyze materials as accurately as possible. In four days a total footage of 29 hours and 8 minutes was gathered, of which the usable material is 26 hours and 37 minutes. Harvester filming took place in February and March 2016. Recording place was located in Põlva country, Tännassilma. The positive aspect of recording is high accuracy and reviewability.

The analyzed material showed how divided the effective working and miscellaneous time is. Effective work phases consisted of five operations: harvester movement, positioning to cut, felling, processing the tree and collecting logs, tops and branches. Harvester movement is the time, when harvester starts to move until the wheel stops. The direction of movement is not important. Positioning to cut is the work phase which follows after collecting logs, tops and branches. The boom starts moving and ends when cutting head is resting on a tree and felling cut starts. Felling is the time, when felling cut starts and ends and when the feeding rolls start the rotation. The phase of processing the tree begins when the feeding rolls start rotating and ends when the final cut is made and the last log is dropped onto the pile. Processing includes delimiting, cross cutting and sorting logs. Last operation is collecting logs, tops and branches, which takes place outside of the processing work phase. It includes moving logs, tops and branches onto piles and trails. Miscellaneous time includes all delays, which are accordingly distributed.

Data analyses revealed a division of total working time. The highest percentage was formed by effective working time – all together 73%. Secondly, the other breaks were in total of 14% of the working time, followed by maintenance breaks, which accounted for 8% of the total material. The fourth most time consuming operations were fault breaks, the elimination of those took 4% of the total time. The least time was spent on repairing the harvester, 1% of all the recorded material. The most time-consuming work phase of the effective working time was processing the tree, total of 41%. A lot of time was required to collect logs, tops and branches, which accounted for 21%. Harvester movement formed 15% of the effective working time. The following phase was felling which took 12% of the time. The lowest amount of effective work time was spent on positioning to cut - 10%.

The present work was very good experience in addition to the theoretical part. The results of the study could be usable primarily for forestry sector, especially for people, who are active in the forest industry. Based on the contained data it is possible to organize harvester work time more efficiently and raise the productivity of the machine. The work can be developed further, examining how much time takes a specific assortment of developing. Explored results can be compared with the different types of forest stands and machines.

**LISAD**

## Lisa 1. Valmet 911.3 tehnilised andmed

### Mass ja mõõtmed

Tühimass	16300 kg
Laius	2900 mm
Kõrgus	3900 mm
Pikkus (ilma kraanata)	7330 mm

### Mootor

Sisu Diesel 74 CTA, 6-silindriline turbodiiselmootor

Võimsus	150 kW DIN / 2200 rpm
Pöördemoment	1000 Nm / 1500 rpm
Kütusepaagi mahutavus	ca. 370 l

### Raam

Sile raam, alumine raam karastatud terasest.

### Rattad ja sillad

Rehvid	ees	600/55*26,5
		700/50*26,5
		600/55*26,5
		710/45*26,5
Taga	600/65*34	
	700/55*34	

710/55\*34

**Pidurisüsteem**

Täielikult hüdrauliline, mitmekettaline süsteem (4 tk). Kahekontuuriline.

**Hüdraulikasüsteem**

Õli läbivoolavus	0-313 l/min 1650 r/min
Surve	255 bar
Hüdroõli paak	ca 200 l

**Elektrisüsteem**

Pinge	24V
Aku	2*140Ah
Generaator	2*100A

**Juhikabiin**

Kabiin koos tõstukiga on paigutatud pöördalusele, mille pöördeulatuseks on 315 kraadi. Etteliikuvus 22 kraadi, tahaliikuvus 20 kraadi. Küljele võimalik liikuvus 17 kraadi. Tasakaalustamine toimub kahe hüdrosilindriga. Kabiin läbinud turvanõuete testi.

**Tõstuk**

Tõstuki mark	CRH 18
Tõstuki ulatuskaugus	10/11 m

Tõstemoment (bruto)	186 kNm
Pöördemoment (bruto)	40 kNm
Rotaator	AV12S
Juhtimissüsteemi programm	Maxi Harvester

**Lõikepea**

Tüüp	360.2
Kaal	1245 kg
Etteande kiirus	0-5 m/s
Etteandejõud	26-28,4 kN
Laasimisnuga arv	4
Laasimisnugade avanemine	640 mm
Saagimisläbimõõt	650 mm
Laius	1720 mm
Kõrgus	1800 mm



## Lisa 2. Eraldistel toimunud raie tulemuste andmed filmimise jooksul

Mittalista 16.03.02  
13:22.05

AptMan versio 4.5.12 APT-tiedosto: SARVE.APT  
Mittauseri: 3, Leimikkonumero: Ankatrans\_ViitkaKoneen numero: 311811, 311811  
Nollattu: To Hel 25 15:25:13 2016 Konetyyppi: 911.3, Kulj 1

Viimeinen kalibrintipäivä: To Hel 25 16:06:45 2016

SPP-tiedoston aktivointipäivä: Ke Tou 21 18:11:19 2008  
SPP-tiedoston nimi: FIMMMASETUS1506.SPP  
SPP-version tunniste: FI\_versio\_2006-05-24  
Tyviprofiilin laskentamenetelmä: MÄND KUUSK KASK SEGAPU

Tunniste: Vaiest  
Apteerausohjeiden päivitys: Ma Hel 23 10:56:36 2015

	MÄND	KUUSK	KASK	SEGAPU	Rungot	Arvo	Jakkust
<b>Mati</b>	959,0	160,0	372,0	338,0	1829,0	382204,6	0,0
<b>Yhteensä</b>	959,0	160,0	372,0	338,0	1829,0	382204,6	0,0

Rungot ja keskitilavuus MÄND, 1: 959, 0.398 (m3 ka), 14.76 (m)

Rinnankorkeus läpimittojen keskiarvo: 215 (mm)

Hylky kpl, jm ja tilavuus: 573, 304.62 (m), 7.141 (m3 ka)

Matriisi	Kpl	Jm	Tuot_m3	Mittapa	Ptl_m3	Arvo	Jakkust
<b>Mä jänep</b>	1227,0	6020,0	264,2	ka	258,7	244583,7	0,0
<b>Mä peenp</b>	825,0	3153,0	44,3	ka	43,2	30209,8	0,0
<b>Mä sorditup</b>	163,0	509,0	29,1	ka	28,1	14067,0	0,0
<b>Mä kuivp</b>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
<b>Mä paber</b>	1243,0	3755,0	37,0	ka	35,9	10757,9	0,0
<b>Mä küte</b>	129,0	403,0	7,1	ka	6,8	2050,1	0,0
<b>Yhteensä</b>	3587,0	13840,0	381,6			301668,4	0,0

Rungot ja keskitilavuus KUUSK, 2: 160, 0.246 (m<sup>3</sup> ka), 10.62 (m)

Rinnankorkeus läpimittojen keskiarvo: 171 (mm)

Hylky kpl, jm ja tilavuus: 80, 36.81 (m), 0.532 (m<sup>3</sup> ka)

Matriisi	Kpl	Jm	Tuot_m3	Mittapa	Ptl_m3	Arvo	Jakkust
<b>Ku jänep</b>	59,0	305,0	16,6	ka	16,30	14292,0	0,0
<b>Ku palk 1</b>	26,0	128,0	3,2	ka	3,10	2204,1	0,0
<b>Ku peenp</b>	95,0	363,0	5,7	ka	5,50	2759,9	0,0
<b>Ku sorditup</b>	23,0	72,0	4,4	ka	4,20	1682,6	0,0
<b>Ku paber</b>	239,0	722,0	7,8	ka	7,80	2329,0	0,0
<b>Ku küte</b>	23,0	72,0	1,6	ka	1,60	473,0	0,0
<b>Yhteensa</b>	465,0	1662,0	39,3			23740,5	0,0

Rungot ja keskitilavuus KASK, 3: 372, 0.167 (m<sup>3</sup> ka), 9.48 (m)

Rinnankorkeus läpimittojen keskiarvo: 143 (mm)

Hylky kpl, jm ja tilavuus: 125, 160.60 (m), 2.239 (m<sup>3</sup> ka)

Matriisi	Kpl	Jm	Tuot_m3	Mittapa	Ptl_m3	Arvo	Jakkust
<b>Ks Jäme p</b>	162,0	506,0	26,4	ka	25,50	24703,9	0,0
<b>Ks Peen p</b>	0,0	0,0	0,0	ka	0,00	0,0	0,0
<b>Ks paber</b>	945,0	2857,0	35,7	ka	34,50	6892,9	0,0
<b>Yhteensä</b>	1107,0	3363,0	62,0			31596,8	0,0

Rungot ja keskitilavuus SEGAPUU, 4: 338, 0.144 (m<sup>3</sup> ka), 6.99 (m)

Rinnankorkeus läpimittojen keskiarvo: 125 (mm)

Hylky kpl, jm ja tilavuus: 149, 205.80 (m), 2.747 (m<sup>3</sup> ka)

Matriisi	Kpl	Jm	Tuot_m3	Mittapa	Ptl_m3	Arvo	Jakkust
<b>Hb pal</b>	95,0	297,0	21,1	ka	20,3	14240,6	0,0
<b>Hb paber</b>	239,0	747,0	15,1	ka	14,6	7301,5	0,0
<b>Lv palk</b>	0,0	0,0	0,0	ka	0,0	0,0	0,0
<b>Segaküte</b>	366,0	1110,0	12,6	ka	12,2	3656,8	0,0
<b>Yhteensä</b>	700,0	2154,0	48,8			25198,9	0,0

Rungot ja keskitilavuus kaikki puut: 1829, 0.291 (m3 ka), 11.89 (m)

Rinnankorkeus läpimittojen keskiarvo: 180 (mm)

Hylky kpl, jm ja tilavuus: 927, 707.83 (m), 12.659 (m3 ka)

	<b>Kpl</b>	<b>Jm</b>	<b>Tuot_m3</b>	<b>Mittapa</b>	<b>Arvo</b>	<b>Jakkust</b>
<b>Yhteensä</b>	5859,0	21019,0	531,7	ka	382204,6	0,0

Mina, \_\_\_\_\_,  
(autori nimi)

sünniaeg \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on \_\_\_\_\_,  
(juhendaja(te) nimi)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri) \_\_\_\_\_  
(kuupäev)

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri) \_\_\_\_\_  
(kuupäev)