



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Märt Mäger

**HARVESTERI JA EKSKAVAATORHARVESTERI
TOOTLIKKUSE VÕRDLU (IFTAR AS JA LESNIK OOO
NÄITEL)**

**PRODUCTIVITY COMPARISON OF HARVESTER AND
EXCAVATOR HARVESTER (IN EXAMPLE OF IFTAR LTD
AND LESNIK OOO)**

Bakalaureusetöö

Metsanduse õppekava

Juhendaja: lektor Vahur Kurvits, *MSc*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Märt Mäger		Õppekava: Metsamajandus	
Pealkiri: Harvesteri ja ekskavaatorharvesteri tootlikkuse võrdlus (Iftar AS ja Lesnik OOO näitel)			
Lk: 36	Jooniseid: 10	Tabeleid: 4	Lisaid: 4
Osakond:	Metsatööstus		
Uurimisvaldkond:	Metsatööstus		
Juhendaja(d):	Lektor Vahur Kurvits		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2017		
<p>Töö koosneb kolmest peatükist. Esimeses peatükis kirjeldatakse harvesteri ja ekskavaatorharvesteri ehituslikku poolt ning raietehnoloogiat. Teises peatükis, materjalis ja metoodikas, antakse ülevaade uuritud harvesteridest ja ekskavaatorharvesteridest, masinate tootlikkusest, töös uuritud raielankidest ning sellest, kuidas kogu uurimus läbi viidi. Töö kolmandas peatükis antakse ülevaade uurimuse käigus saadud tulemustest ning võrreldakse saadud tulemusi omavahel.</p> <p>Antud töö on valminud kirjanduse allikate põhisel, autori küsimustiku ja andmete analüüsi põhjal. Andmed koguti ettevõtetelt küsimustiku põhjal. Andmete kogumisel küsiti andmeid metsatööstusmasinate harvesteride ja ekskavaatorite töö teostamisest raielankidel, uuriti mehaanilisi omadusi ja teisi andmeid. Küsimustikus saadud andmeid kasutati hiljem arvutis analüüsides. Materjale ja andmeid koguti kahest ettevõttest, millest üks asub Eestis ning teine Venemaal.</p> <p>Autori arvates saaksid lõputööst kasulikku informatsiooni ja materjali masinate operaatorid, metsamasinate müügiga tegelevad ettevõtted kui ka metsaraie ja maaparandusega tegelevad ettevõtted.</p>			
Märksõnad: Harvester, ekskavaatorharvester, tootlikkuse andmete analüüs.			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Märt Mäger		Speciality: Forestry	
Title: Productivity comparison of harvester and excavator harvester example of Iftar Ltd and Lesnik OOO.			
36 pages	10 figures	4 tables	4 appendixes
Department:	Forest Industry		
Field of research:	Forest Industry		
Supervisor(s):	Lecturer Vahur Kurvits		
Place and date:	Tartu, 2017		
<p>The work consists of three chapters. The first chapter describes the constructional side of harvester and excavator, also the harvesting technology. In the second chapter, the material and methods, an overview of studied harvesters and excavators, cutting areas and conducting of this work are given. The third chapter consists of overview of results and comparison of them.</p> <p>Thesis is based on source of literature, questionnaire compiled by author and analysis of the information. Information was gathered from companies based on a questionnaire. Companies were asked about harvesters' and excavators' work in cutting areas, also mechanical information and other data was asked. Information collected by questionnaire was later analysed. Data was collected from companies, whom which one was located in Estonia and the other in Russia.</p> <p>Author has an opinion that machine operators, forest machinery selling companies and cutting or reclamation companies could benefit from this thesis by receiving useful information.</p>			
Keywords: Harvester, excavatorharvester, analysis of productivity data			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1. Üldülevaade harvesterraietest.....	7
1.1 Harvesteri tekkimise ajalugu.....	7
1.2 Harvendusraie tehnoloogia	8
1.3 Uuendusraie tehnoloogia	8
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	10
2.1 Uuringus käsitletavate masinate üldkirjeldused	10
2.1.1 Ekskavaatori üldkirjeldus.....	10
2.1.2 Harvesteri üldkirjeldus	11
2.2 Töös uuritavate masinate kirjeldused	11
2.2.1 Harvesteri kirjeldus	11
2.2.2 Ekskavaatorite üldkirjeldus	13
2.2.3 Kasutatavate lõikepeade üldkirjeldus.....	14
2.3 Metoodika	17
2.3.1 Statistiline andmetöötlus	17
3. TULEMUSED JA ARUTELU	18
3.1 Ekskavaator harvesteri ja harvesteri andmete võrdlus.....	18
3.2 Masinate ülalpidamise kulud	19
3.2.1 Harvesteride kütusekulude ja tihumeetrite võrdlus.....	20
3.2.2 Ekskavaatorite kütusekulude ja tihumeetrite võrdlus.....	22
3.2.3 Harvesteride ja ekskavaatorite kütusekulude ja tihumeetrite võrdlus.....	25
3.3 Harvesteri ja ekskavaatori liikumise võrdlus raielangil.....	26
3.4 Tasuvusanalüüs	27
KOKKUVÕTE	29

KASUTATUD KIRJANDUS	30
SUMMARY	32
LISAD	33
Lisa 1. Harvesteride ja ekskavaatorharvesteride tehnilised andmed	33
Lisa 2. Lõikepeade tehnilised andmed.....	34
Lisa 3. Täiendav küsimustik Lesnik OOO-le koos vastustega	35
Lisa 4. Täiendav küsimustik AS-le Iftar koos vastustega.....	36

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö ajendiks on eesmärk siduda autori isiklikku huvi ja metsandusmasinatega seotud tööpraktikat ülikoolis õpituga. Lisaks huvitas autorit, millised on metsatööstusmasinate tootlikkused ja teised näitajad. Autor on alati tundnud huvi metsatööstusmasinate vastu ja antud lõputöö pakkus masinate uurimiseks head võimalust. Ekskavaatorharvesteride ja harvesteride tootlikkuse võrdlus hõlmab endast nii praktilist kui ka teoreetilist osa. Autor suhtles kahe metsatöid teostava ettevõtte esindajatega, et viia läbi ekskavaatorharvesteride ja harvesteride võrdlus.

Keskonnaagentuuri 2016. aasta andmetel oli Eestis 2,31 miljonit hektarit metsamaad, mis moodustas 53,09% maismaa kogupindalast. Võrreldes 2015. aasta andmetega on metsamaa pindala suurenenud 0,03 miljoni hektari võrra (<http://www.keskonnaagentuur.ee/et/uudised/eesti-metsa-juurdekasv-stabiilne>; 01.05.2017 seisuga). ÜRO toidu- ja põllumajandusorganisatsioonide andmetel oli 2014. aastal Eesti metsamaa osatähtsuse poolest Euroopas kuuendal kohal. Eestist eespool olid Soome, Rootsi, Sloveenia, Montenegro ja Läti (<http://www.stat.ee/277639>; 01.05.2017 seisuga).

Eesti Maanteeameti andmetel oli 2016. aasta keskpaigas registreeritud kokku 7660 metsatööstusmasinat, neist ekskavaatoreid 2350 ja harvestere 541. Protsentuaalse osakaaluna moodustasid 2016. aastal registris olnud metsatööstusmasinatest ekskavaatorid ja harvesterid kokku 37,7%. (<https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika#tab-1>)

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida, kas ekskavaatorharvesteride tootlikkus lageraiel on konkurensivõimeline võrreldes harvesteridega, samuti välja selgitada kütusekulud ühe tihumeetri lõikamiseks. Seejuures huvitas autorit, kui suure osakaalu moodustasid metsamasinate ülalpidamise kulutused.

1. Üldülevaade harvesterraietest

1.1 Harvesteri tekkimise ajalugu

Vanasti tegeleti metsavarumisega talvekuudel, kuna muud tööd olid tehtud. Metsatöö oli väga raske ja aeganõudev. Üks metsatöölaine suutis tööpäeval 2-3 tihumeetrit metsamaterjali üles töötada. Hooajal suutis üks töömees 250 kuni 300 tihumeetrit metsamaterjali töödelda. (Müürisepp 1998: 5)

1950. aastate alguses võeti kasutusele esimesed bensiinimootorsaad. See kiirendas puude langetamist ja tüvede järkamist, kuid laasimist tehti endiselt kirvega. Esimesed mootorsaad kaalusid 20 kilogrammi, seega töö ei muutunud kergemaks. (Müürisepp 1998: 5-6)

1960. aastaid iseloomustab mootorsaagide kiire areng. Saagide täiustamine võimaldas peale langetamise ja järkamisega ka laasida. Kasutusele tulid ka esimesed spetsiaalsed kokkuveotraktorid. Materjali peale- ja mahalaadimiseks hakati kasutama hüdraulilisi tõstukeid. Aastakümne teisel poolel sattusid arengusse raiemasinad. (Müürisepp 1998: 6)

Alguses valmisid ja hakkasid tööle esimesed laasimis-järkamismasinad, mis said endale nimeks protsessor. Langetus jäi esialgu saemehe teha, kuid laasimis-järkamismasinate kasutuselevõtt oli niivõrd kasulik, et tootlikkus tegi tõelise hüppe. (Müürisepp 1998: 7)

Teine suur arenguetapp toimus 1970. aastatel. Uueks lahenduseks oli langetus-, laasimis- ja järkamismasin ühes komplektis. Masinat hakati nimetama harvesteriks. (Müürisepp 1998: 8)

Sellised masinad töötasid ainult lageraietel. Suureks probleemiallikaks oli langetatud puu tõstmine laasimis-järkamisseadmesse. Selleks oli vaja piisavalt ruumi ja kulus ka suhteliselt palju aega langetatud puu tõstmiseks. Kõrgema tootlikkuse jaoks pidi tegema täiustusi. Olukorra paranduseks pidi langetusmasina ja laasimise-järkamismasina liitma ühte tööseadmesse ehk harvesteri. (Müürisepp 1998: 8)

Uus harvesteripea andis võimaluse hakata kasutama masinat ka hooldusraiate tegemisel. Selleks pidi masina mõõtmeid ja massi tunduvalt vähendama. (Müürisepp 1998: 8-9)

1.2 Harvendusraie tehnoloogia

Harvendusraiel kasutatakse seda tüüpi raieks mõeldud harvesteri või universaalharvesteri. Kokkuveoteede vahekaugus peab olema üle 20 meetri. Tavaliselt on vahekaugus 30-35 meetrit. Mida suurem kokkuveoteede vahekaugus suudetakse jätta harvendusraie ajal puistu, seda parem puistu kasvu seisukohalt, sest seda vähem lõigatakse kokkuveoteede rajades. Mida hõredamalt kokkuveoteid rajada puistu, seda raskem on masinraiet teostada ja suurem kahjustus puudele, mis jäävad kasvama ja ei ulata kokkuveoteelt kõigi raiuvate puudeni. Levinud on kolm peamist tehnoloogiat. (Kurvits 2004/2: 29)

Esimene tehnoloogia eeldab harvesteri operaatori ja saamehe koostööd. Harvesteriga raiutakse sisse kokkuveotee ja mõlema poolt noole ulatuses lõigatakse puud. Kokkuveoteest kaugemale jäävad puud lõikab saamees. Puu tuleb langetada kokkuveoteega risti, et harvesteri operaator saaks puu tõmmata kokkuveoteele, kus ta laasib oksad kokkuveoteele ja järkab tee kõrvale. (Kurvits 2004/2: 30)

Teises tehnoloogias sõidab harvester aeg-ajalt kokkuveoteelt kõrvale metsa sisse, et lõigata maha lõikusse minevad puud. Kui nooleulatusse jäänud puud on lõigatud, siis harvester tagurdab tagasi ja natuke maad edasi kordab tsükli. Materjal jäetakse tee lähedusse, et forvarder ulatuks kimpe peale laadima. Sellist stiili harrastatakse kõvema maa peal. (Kurvits 2004/2: 29)

Kolmandas variandis harvester ei liigu kordagi kokkuveoteel, vaid sõidab puude vahel rööbiti kokkuveoteega. Materjal asetatakse nii, et teelt oleks forvarderil võimalik laadida. Seda meetodit saab kasutada kõva ja külmunud pinnasel või suure raiekraadi korral. Kolmandat kokkuveoteed ei teki, kuna harvester sõidab kahe ala vahel. (Kurvits 2004/2: 29)

1.3 Uuendusraie tehnoloogia

Ekskavaatori ja harvesteri raietehnoloogia põhimõte on sama. Selleks, et tänapäeva kallite masinate töötamine oleks ladus, tuleks järgida aastate jooksul end õigustanud tööpõhimõtteid. (Müürisepp 1998: 19-21)

Sobivaks tööee laiuseks on 10 kuni 15 meetrit, olenevalt puutüvede suuruselt. Hüdrokraana väljaulatus sobivas tööasendis on langetamisel 7 kuni 8 meetrit, 10 kuni 15 meetri laiune tööala on seega piisav. (Müürisepp 1998: 19-21)

Tööee keskele tuleks tekitada kokkuveotee, kus hiljem hakkab liikuma forvarder. Puud tuleks laasida kokkuveotee kohal nii, et oksad jääksid harvesteri alla ja järgatud materjal kukuks veotee kõrvale. Veotee laius võiks olla 4 kuni 5 meetrit. Väga oluline on see, et järgatud materjal ei jääks laasitud okste või veotee alla. (Müürisepp 1998: 19-21)

Mõlema veotee poolelt kuni 5 meetri kaugusel olevad puud tuleks langetada võimalikult risti kokkuveoteega. Siis on lihtsam langetatud puud harvesteri löikepeaga lohistada kokkuveotee kohale, kus toimub laasimine. Nõnda langeks oksad tööteele ja järgatud materjal tee kõrvale. (Müürisepp 1998: 19-21)

Kokkuveol tuleks järgatud notid korrapäraselt kokkuveotee lähedusse paigutada, et ei peaks iga noti jaoks eraldi liigutama. Tuleks järgata võimalikult madalas asendis, et notid ei veereks laiali. (Müürisepp 1998: 19-21)

Kui oksahunnik läheb liiga suureks, siis tuleks üleliigne hajutada kokkuveotee laiuses. Operaator peab vältima sortimentide segiajamist ja erinevad sortimendid ei tohi üksteise alla jääda. (Müürisepp 1998: 19-21)

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Uuringus käsitletavate masinate üldkirjeldused

2.1.1 Ekskavaatori üldkirjeldus

Ekskavaator on metsamajanduses kasutatav liikurmasin, mis on mõeldud pinnase kaevamiseks, teisaldamiseks ja puistematerjali laadimiseks. Ekskavaatoreid jaotatakse vastavalt töö iseloomu järgi tsükkel- ja pidevtoimelisteks. Ükskoppekskavaatorit, mille töötamise protsess põhineb üksikutel tsüklitel, nimetatakse tsükkeltoimeliseks ekskavaatoriks. Ükskoppekskavaatori põhieesmärk on teisaldada ja kaevata pinnast. Mitmekopalist ekskavaatorit nimetatakse metsamajanduses pidevtoimeliseks, mille eesmärk on pidevalt kaevata ja teisaldada pinnast. Paul Kurvits (1984: 147-155) väitis, et 1984. aastal olid metsamajanduses peamiselt kasutuses ükskoppekskavaatorid.

Veermiku järgi liigitatakse ekskavaatoreid ratas- ja roomikekskavaatoriteks. Ratasekskavaator on kahe või kolme sillaga, millest vedavad on esimene või teine. Rataste erirõhk on pinnasele 491-588 kPa, seega ei sobi need nõrkadele pinnastele, näiteks turbaaladele. Roomikekskavaatorid on paljutoestatud või vähetoestatud veermikuga. Universaalsetel ekskavaatoritel kasutatakse enamjaolt paljutoestatud veermikusüsteemi. Erirõhk pinnasele oleneb kaalust ja konstruktsioonist. Erirõhk jääb 17,7 kuni 11,8 kPa. (Kurvits 1984: 147-155)

Esimesed ekskavaator harvesterid ehitati Soomes 1986. aastal. Tol ajal ei võetud neid masinaid laialdaselt kasutusele, kuna jäid ratasharvesteridele tootlikkuses kõvasti alla. Üheks nõrkuseks toodi välja liikuvus ja manööverdamisvõime kivistel aladel. Masinatel nähti eelist pigem pehmetel aladel, kuna roomiku surve maapinnale on väike. (Bergroth jt. 2006: 75-76)

Ekskavaatorite tootjad on masinat kõvasti muutnud ja kohandanud metsatöödeks mugavamaks. Kliirens on kõrgemale viidud, et kännud ja muud segavad faktorid ei takistaks liikumist. Tagumist osa on lühemaks tehtud, et kopa tagumine osa ei ulatuks nii palju üle roomikute, kui ta keerab. See tagab selle, et harvendusraiel ei lähe saba vastu puid. Masinasse sisenemine ja väljumine on kohendatud mugavamaks. (Väätäinen jt. 2004)

2.1.2 Harvesteri üldkirjeldus

Harvester on metsamajanduses kasutatav moodulkonstruksiooniga masin, millel on kaks alusraami. Neid nimetatakse traktormoodul ja haakemoodul, mis on keskliigendite vahendusel ühendatud. Eelpool mainitud ühendus võimaldab masinal pöörata tasasel ja ebatasasel maapinnal. Moodulkonstruksioon tagab suurepärase manööverdamisevõime, kus ta ei vaja laiemat koridori kui oma gabariitlaius. (Müürisepp 1998: 9-10)

Mõlemal moodulil võib olla kaks ratast või kaks rattapaari. Masin võib olla 4-, 6- või 8-rattaline. Vähema rattaarvuga on parem manööverdamisevõime, aga rohkemate rattapaaridega on tagatud parem läbivus. (Müürisepp 1998: 9-10)

Mootor ja muud seadmed, mis tagavad masinale edasiliikumisevõime ja töötamise paigaldatakse traktormoodulile. Kabiin võib asuda harvesteril traktor- või haakemoodulil, kuid forvarderil on alati traktormoodulil. Hüdrokraana paigutatakse harvesterile alati haakemoodulile. Hüdrokraana otsa paigaldatakse löikepea puude langetamiseks, laasimiseks ja järkamiseks. (Müürisepp 1998: 9-10)

Harvester on hüdromehaaniline või hüdrauliliste käiguosadega, mis tagab sujuva kohaltliikumise ja võimaluse muuta liikumiskiirust. Kuna kõik rattad on vedavad, siis tänu sellele on piisav veojõud ka väga keerulistes tingimustes liigelda. (Müürisepp 1998: 9-10)

2.2 Töös uuritavate masinate kirjeldused

2.2.1 Harvesteri kirjeldus

Antud lõputöös on uurimise all kolm harvesteri, kaks neist Metsis 608H marki ja üks John Deere 1270E. Metsise müügijuhi väitel jääb konkreetse masina hinna suurusjärk 350 000 euro lähedale ning John Deere`i hind on umbkaudu 450 000 eurot. Müügihinna määratleb lõplik lisavarustuse valik.

Harvester Metsis 608H andmed:

- Omakaalu vahemik 16 200-16 600 kg
- Pikkus 7100 mm
- Laius 2600-2800 mm
- Kõrgus 3750 mm

- Kliirensi kõrgus 3750 mm

Mootor on 6-silindriline Sisu 74 CTA turbodiisel, mille maksimaalne võimsus on 180 kW. Kütusepaagi mahutavus on 350 liitrit. Masinal on 2-kiirusega jaotuskast NAF. Sõidukiirusel “aeglane” sõidab 0-9 km/h ja sõidukiirus “kiire” võimaldab sõita kuni 25 km/h. Rehvide suuruse valikuks ees ja taga on 700×26,5 mm või 600×26,5 mm. Juhtimine toimib hüdraulilise raamjuhtimisega, mille pöördnurk ± 44°. Hüdraulika süsteemis kasutatakse Sauerit. Hüdropaagi mahutavus on 250 liitrit. Tõstukiteks kasutatakse kolme erineva firma toodangut, vastavalt kliendi soovile saab valida Cranab'i, Loglift'i või Kesla vahel. (www.metsis.com)



Joonis 1. Harvester Metsis 608H koos Kesla harvesteri peaga (www.metsis.com)

John Deer 1270E andmed:

- Omakaal 19 250 kg
- Pikkus 7550 mm
- Laius 2750-2960 mm
- Kõrgus 3830 mm
- Kliirensi kõrgus 640 mm

John Deere 1270E mootoriks on 6-silindriline 174 kW turbodiisel koos jahutusega. Jõuülekanne on hüdrostaatilis-mehaaniline 2-kiirusega jaotuskast. Aeglane sõidukiirus võimaldab sõita kuni 7 km/h ja kiireim käik kuni 25 km/h. Juhtimine toimub hüdraulilise raamjuhtimisega, mille pöördenurk on $\pm 44^\circ$. Hüdraulikal on koormusandur, mis on elektriliselt reguleeritav ja pumba võimekus kuni 190 cm³. Töörõhk on 24/28 MPa ja hüdropaagi mahutavus 300 liitrit. Noole pikkuseid on kolme varianti: 8,6; 10 ja 11,7 meetrit. Harvesteri pead võib valida John Deeri seeriaste hulgast või soetada mõne muu ettevõtte oma. (www.intrac.ee)

2.2.2 Ekskavaatorite üldkirjeldus

Lõputöös käsitletakse kahte erinevat ekskavaatorit. Üheks ekskavaatoriks on Hitachi ZX 240 ja teiseks Doosan DX 225. Mõlema metsatööstusmasina ligikaudne maksumus on 130 000 eurot.

Doosan DX 225 üldised parameetrid:

- Omakaal 21 500 kg
- Laius 2990 mm
- Kõrgus 3005 mm
- Saba pöörderaadius 2750 mm
- Kliirensi kõrgus 480 mm

Mootoriks on 6-silindriline Doosan DL06k, mille võimsus on 124 kW. Maksimaalne sõidukiirus on 5,5 km/h ja noole pikkuseks 9,3 meetrit. Kütusepaak mahutab 400 liitrit ja hüdroõli paagi suurus on 330 liitrit.

Ekskavaator Hitachi zx 240 parameetrid on järgmised:

- Omakaal 19 100 kg
- Laius 2990 mm
- Kõrgus 3020 mm
- Saba pöörderaadius 2940 mm
- Kliirensi kõrgus 460 mm

Metsatööstusmasina mootorit valmistab firma Hitachi Isuzu, mudelil on 6-silindiline turbomootor CC-6BG1T, millel on 124,5 kW võimsust. Hitachi kütusepaak mahutab 380 liitrit ja hüdropaagi mahutavus on 303 liitrit. Masina noole pikkus on 10,2 meetrit (Joonis 2).



Joonis 2. Ekskavaator Hitachi zx 240 koos Log Max peaga (www.metsis.com)

2.2.3 Kasutatavate lõikepeade üldkirjeldus

Lesnik OOO ettevõtte kasutab oma ekskavaatoritel Log Max 6000B harvesteripeasid. Harvesteripea on väga oluline ja kallis instrument, mis võib maksta kuni pool masina hinnast. Kui eelpool mainiti, et ligikaudne ekskavaatorite hind on 130 000 eurot, siis Log Max 6000B hinnaklass on keskmiselt 70 000 eurot.

Log Max 6000B on mõeldud lageraietel kasutamiseks. Lõikepea kaalub 1385 kg ja sobib harvesterile, mille kaaluvahemik on 18-22 tonni ning ekskavaatoritele, mille kaaluvahemik on 21-25 tonni.

Lõikepead on ehitatud kvaliteetse hüdraulika peale, mille maksimaalne töö rõhk on 260 bar ja maksimaalne õli voolavus 280 l/min. Laasimisnugade avanemisulatus on kuni 690 mm. Joonisel 3 toodud harvesteripea Log Max 6000B maksimaalne saagimisläbimõõt

on kuni 650 mm, seejuures rullikud avanevad kuni 625 mm. Rullid on ratta sarnased, nende eesmärgiks on liigutada harvesteripeas puud edasi ja tagasi, et saaks järgata vastavalt etteantud pikkusele. (www.logmax.ee; www.timberbalt.eu)



Joonis 3. Log Max harvesteripea (www.timberbalt.eu)

AS Iftar kasutab kahe erineva firma lõikepäid. Metsis 608H peal kasutatakse Kesla 30RH ja John Deere'i metsatööstusmasinal Waratah H414. Kesla hinnaklass on neist kolmest kõige madalam, hind on suurusjärgus 50 000 eurot ja Waratah hind on Log Maxiga võrdväärne.

Kesla 30RH on mitmekülge lõikepea, millega saab harvendada ning seda saab kasutada uuendusraiel, kus puu keskmine diameeter on alla 40 cm. Lõikepeal on suurepärase tasakaal, geomeetriliselt kombineeritud rullikud ja noad, mis hõlbustab ja kiirendab puu lõikamist nii püstiselt kui maha kukkunult. Pea laasimisnoad avanevad kuni 58 cm. Sobib 12-20 tonniste masinatele ja on pigem mõeldud ekskavaatoritele.

- Kaal 840 kg
- Maksimaalne lõigatav diameeter 670 mm
- Etteande võimsus 24 kN, kaks sünkroonis käivat rullikut
- 4 liikuvat ja üks fikseeritud lõiketera
- Ülemised lõiketerad avanevad 600 mm

- Tagumised lõiketerad avanevad 680 mm
(<http://www.ts-hydraulic.ee>)

Warath H414 on spetsiaalselt ehitatud keskmise suurusega harvesteri jaoks. Lõikepea on väga universaalne. Sobib kasutamiseks harvendusraiest kuni uuendusraieni. Lõikepea H414 harvesterotsik esitab uue põlvkonna standardi võimsuse ja kaalu suhtes. Kõik teeninduspunktid on hea ligipääsetavusega, et remontida ja hooldada, ning kaitstud nii, et tagaks pika töökindluse. H414-l on uuenduslik harvesteriotsiku konstruktsioon, mis tagab tulemusliku ja kõrge kvaliteediga lõiketoimingud, võimalik on ka väikse diameetriga puid töödelda. Etteandmissüsteem on ennast juba tõestanud eelnevatel mudelitel. Lõikepeal on neli liikuvat ja kaks fikseeritud tükeldustera.

Suurt tähelepanu on pööratud lõiketerade pinna ja vastupidavuse suurendamisele. Etteanderullikute maksimaalne läbilaskevõime on 640 mm läbimõõduga puud.

Tehnilised andmed:

- Kaal ilma rotaatori ja tõsterõngata 1030 kg
- Maksimaalne lõigatava puu diameeter 620 mm
- Ülemised lõiketerad transportasendis 610 mm
- Alumised lõiketerad transportasendis 660 mm
- Etteande võimsus 27 kN
- Etteande kiirus 3,2 kuni 5,3 m/s



Joonis 4. Warath H414 lõikepea (www.intrac.ee)

2.3 Metoodika

Bakalaureusetöö tulemuste aluseks on autori poolt koostatud küsimustik, mis saadeti kahte metsatööstusega tegelevasse firmasse Eestis ja Venemaal. Küsimustiku abil koguti andmeid ettevõtetes kasutatavate masinate aastase raiemahu kohta. Üheks ettevõtteks on Eestis tegutsev Iftar AS ja teiseks Lesnik OOO, mis asub Venemaal. Eesti firma Iftar AS asub Saarde vallas Pärnumaal. Antud firma teostab töid üle-Eestiliselt. Teiseks bakalaureusetöös uuritavaks firmaks on Lesnik OOO, mis teostab töid Venemaal.

Töö autori ja uuringus osalenud firmade vaheline vestlus toimus läbi vahendaja, kes suunas küsimustiku ettevõtete esindajatele. Autori poolt andmete kogumiseks koostatud küsimustik on toodud lisas 1. Ekskavaatorite ja harvesteride tööandmed edastati autorile Exceli failina.

2.3.1 Statistiline andmetöötlus

Uurimustöös leiti harvesteride ja ekskavaatorite kütusekulude ning lõigatud tihumeetrite keskmised, minimaalsed ja maksimaalsed väärtused. Statistilise analüüsi käigus võrreldi omavahel harvesteride ja ekskavaatorite kütusekulude ja tihumeetrite näitajaid. Lisaks võrreldi harvesteride ja ekskavaatorite tehnilisi näitajaid.

Käesoleva töö koostamisel on kasutatud tekstitöötlusprogrammi Microsoft Word 10 ning töö on koostatud ja vormistatud EMÜ metsandus- ja maaehitusinstituudis kasutusel oleva juhendi „Lõputöö vormistamise nõuded“ järgi (Lõputöö... 2016).

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1 Ekskavaator harvesteri ja harvesteri andmete võrdlus

Uurimustöö käigus võrreldi nelja erineva tehase poolt valmistatud masinaid, milleks olid ekskavaatorid Hitachi ZX 224 ja Doosan DX 225, harvesterid Metsis 608H ja John Deer 1270E. Ekskavaatorite müügihind oli edasimüüjalt ostetuna 130 000 eurot ning harvesteril Metsis 608H 350 000 eurot ja harvesteril John Deere 1270E 450 000 eurot. Ekskavaatori baasmudelile osteti juurde lõikepea, mille hind on 60 000-70 000 eurot. Lõplikuks ekskavaatorharvesteri hinnaks kujunes (baasmudel ja lõikepea summa) 200 000 eurot. Saadud tulemuse põhjal saab väita, et harvester maksab 1,75 korda rohkem kui ekskavaator.

Metsatööstusmasinate tühikaalud ei erine üksteisest märkimisväärselt. Ekskavaatori Doosan DX 225 tühikaal on kõigist suurim, milleks on 21 500 kg, sellele järgneb harvester John Deere 1270E 19 250 kg ja raskuselt eelviimane on ekskavaator Hitachi ZX 224, mille kaal on 19 100 kg. Harvester Metsis 608H on tühikaalult kõikidest metsatööstusmasinatest konkurentsilt kergeim, kaaludes 16 200 kg. Suurim tühikaalu vahe esineb Doosan DX 225 ja Metsis 608H vahel, kaalu erinevus on 1,3-kordne ehk 5 300 kg.

Metsatööstusmasinate parameetreid on kohati raske võrrelda, kuna masinate kujud on väga erinevad. Ekskavaatorid on ruudukujulised ja harvesterid ristkülikukujulised. Harvesteride John Deere 1270E ja Metsis 608H pikkuse parameetrid olid võrdväärsed, erinedes 450 millimeetriga. Pikkuse parameetri näitajad olid vastavalt 7 550 mm ja 7 100 mm. Seejuures ekskavaatorite Hitachi ZX 224 ja Doosan DX 225 pikkuse parameetrite erinevus oli 190 mm, antud näitajad olid vastavalt 3 650 mm ja 3 460 mm. Ekskavaatorite ja harvesteride omavaheline pikkus ei erine märkimisväärselt. Seejuures ekskavaatorite ja harvesteride masinate pikkuse parameetri vahe on kuni 4 090 mm. Metsatööstusmasinate laiuse parameetrid on sarnased, erinevused jäid kuni 390 mm-ni. Hitachi ZX 224 ja Doosan DX 225 laiuse parameetrid on võrdväärsed ehk 2 990 mm. Harvester John Deere 1270E laiuse parameeter oli 2750 mm ja Metsis 608H parameeter oli 2600 mm. Metsatööstusmasinate üldiste parameetrite erinevus on väike, varieerudes kuni 390 mm.

Väga suur erinevus on kiirustes. Ekskavaatorite tippkiirus on 5,5 km/h, kuid ainuüksi John Deere 1270E aeglane kiirus võimaldab sõita 7 km/h ja tippkiiruseks on 25 km/h. Metsis

608H tippkiirus on sama, mis John Deere 1270E-l ehk 25 km/h, kuid aeglane kiirus võimaldab sõita kuni 9 km/h. Ekskavaatori tippkiirus on 4,5 korda madalam kui harvesteril. Siiski kiirus tööprotsessi üldse ei mõjuta (Bergroth jt. 2006: 75).

Ekskavaator tuleb lõikepea jaoks ümber kohandada. Selleks tuleb hüdraulilisele poomile lisada pikendus, mis annab sujuvama noole liikuvuse ja pikema noole. Hitachi ZX 224 baas noolepikkus on 10,2 meetrit ja Doosan DX 225-l 9,34 meetrit. Harvesteri Metsis 608H noole pikkus on 11 meetrit ja John Deere 1270E noole pikkus 11,7 meetrit (Bergroth jt. 2006: 76).

Kliirensi kõrgus on metsatööstusmasinatel oluline. Metsamaastiku läbimisel võivad ette sattuda nii suured kivid kui ka lõikamise tagajärjel kõrged kännud, millest tuleb üle saada. Suurim kliirens antud uuringus olevatel masinatel on John Deere 1270E-l 640 mm, millele järgneb Metsis 608H 610 mm-ga. Doosan DX 225-l on 480 mm ja Hitachi ZX 224-l on 460 mm kliirens. Vahe kõige kõrgemal ja madalamal kliirensil on 180 mm, mis võib osutada kännu või kivi jaoks oluliseks kõrguseks. (Bergroth jt. 2006: 75)

3.2 Masinate ülalpidamise kulud

Lesnik OOO andmetel on ekskavaatori peamised põhikulud operaatori palk, kütusekulu, õlid, määrded, varuosad, muud pisemad remonttööd ja lisaks hooldused.

Operaatorite palk on keskmiselt 1 euro tihumeetrilt. Kuus keskmiselt kulub palgafondi jaoks 5 569 eurot, mis sisaldab riigi poolt määratud makse (<http://www.corpestonia.ee>).

Kuu keskmine kütusekulu antud andmete põhjal on ekskavaatoril keskmiselt 5 281 liitrit.

Hoolduse sagedus on iga 500 masina töötunni järel. Vastavalt hoolduse suurusele vahetatakse ettenähtud õlid, filtrid ja muud tarvikud. Hoolduse maksumus on varieeruv, kuna hooldused on erinevad. Lesnik OOO ettevõtte juhi väitel maksab keskmiselt hooldus 1000 eurot.

Varuosadele, määretele, õlidele ja muule pisiremondile kulub kuus ligilähedale 1500 eurot. Eraldi täpset arvestust nad ei pea, sest mõnel kuul ei lähe hoolduse ega varuosade peale raha ja ettevõtte ei soovi, et masina tööseisakud oleksid pikad. Selleks juhuks hoitaks laos varuosi.

AS-i Iftar põhikuluühikud on samad nagu ettevõttel Lesnik OOO. Kõige kõrgemad kuluallikad on operaatore palk, kütusekulu, õlid, määrded, varuosad ja hooldus. Palgasüsteem on sama nagu ettevõttel Lesnik OOO. Operaatore juht saab keskmiselt 1 euro tihumeetrilt. Aasta keskmine kuu palgafondi suurus on 5 413 eurot. Sisaldab riigi poolt määratud makse. (www.eesti.ee)

Kütusekulu kuus on keskmiselt 3 546 liitrit masina kohta.

AS-i Iftar on hoolduskulud minimaalsed, kuna hooldusfirma on OÜ Metsis, mis kuulub ka AS-i Iftar omanikule. Keskmiselt kulub masina hoolduse peale 500 eurot, mis sisaldab õlide, filtrite ja muude tarvikute vahetust. Hooldusvälp on samamoodi 500 masina töötundi nagu ekskavaatoril.

Aastas kulub keskmiselt kuu kohta 500 eurot varuosadele. Õlidele, määretele ja muudele pisiremontidele kulub kuus suurusjärgus 300 eurot.

3.2.1 Harvesteride kütusekulude ja tihumeetrite võrdlus

Uurimistö käigus leiti, et AS-i Iftar kolme harvesteri keskmine kütusekulu varieerus uuritava perioodil 0-5217 liitrit kuus. Keskmine kütusekulu oli harvesteri kohta 3547 liitrit kuus, varieerudes perioodil keskmiselt 3476-3592 liitrit. Harvester 608H003 masina minimaalne kütusekulu oli töötatud kuul 295 l, harvester 608H004 kütusekulu oli 2,04 ja harvester JD-1270E 3,45 korda suurem (tabel 1).

Tabel 1. AS Iftar kolme harvesteri kütusekulud uuritava perioodil

Kütusekulu	Min, l	Max, l	Keskmine, l
608H003	295	5182	3572
608004	603	5217	3476
JD-1270E	1019	5042	3592
Kokku	295	5217	3547

Uurimistö käigus leiti, et AS Iftar harvesterid lõikasid kuus keskmiselt 4070 m³, varieerudes 3921-4165 tihumeetrini. Suurimad tihumeetrite lõigatavused teostati veebruari algusest kuni märtsi lõpuni ja augusti keskpaigast kuni oktoobri lõpuni. Kõige rohkem tihumeetreid lõigati veebruaris harvesteri JD-1270E poolt, mille mahuks oli

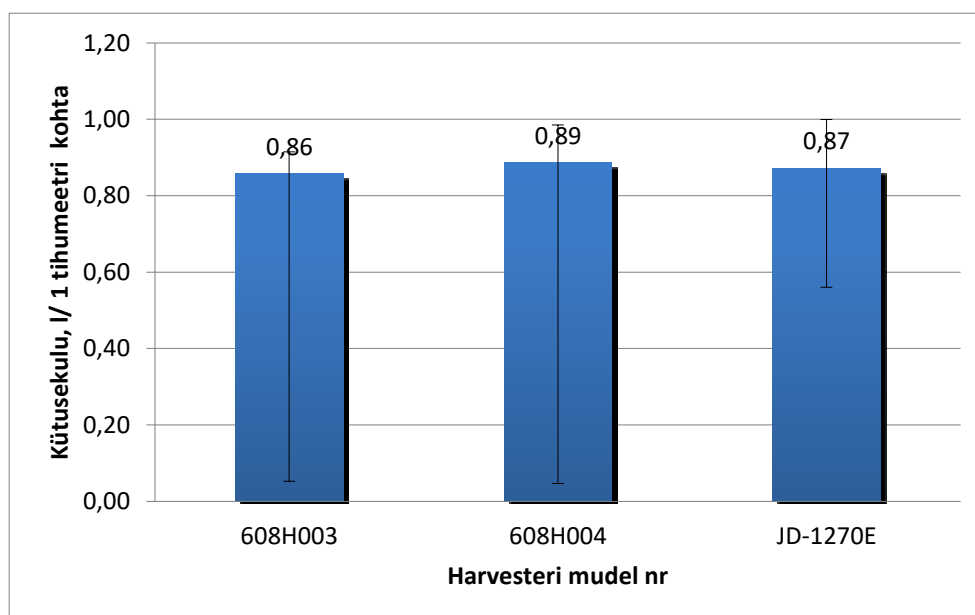
7262 m³/kuus. Harvesteride 608H003 ja 608004 maksimaalne lõigatavus teostati märtsis ning mille mahud olid vastavalt 1,1 ja 1,07 korda väiksemad (tabel nr 2). Kevadine tihumeetrite suurem lõigatavus võis tuleneda raielangi eripärast.

Mai algusest kuni juuni lõpuni on kehtestatud Riigi Metsamajanduskeskuses (RMK) raiepuhkus ning sellega seoses peatati ka raietööd antud tööpiirkonnas. Tulenevalt RMK korrast olid minimaalseimad tihumeetrite arvukused harvesteridel 608H003 ja 608004, vastavalt 0 m³ (tabel 2).

Tabel 2. AS Iftar kolme harvesteri tihumeetrid (m³) uuritavaal perioodil

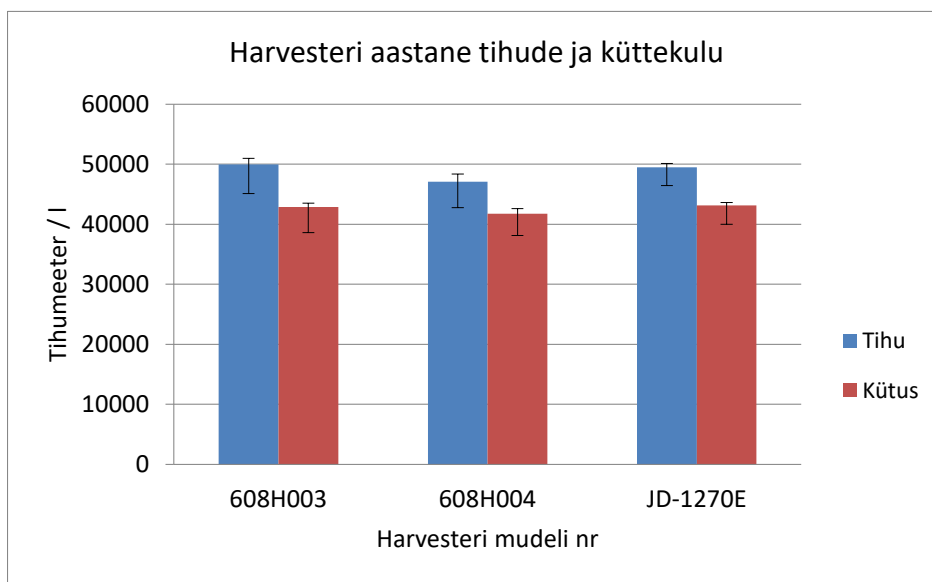
Tihud	Min, m ³	Max, m ³	Keskmine, m ³
608H003	0	6599	4165
608004	0	6807	3921
JD-1270E	1267	7262	4124
Kokku	0	7262	4070

AS Iftar harvesteride keskmine kütusekulu 1 tihumeetri lõikamiseks leiti olevat suurim harvester 608H004-l, millel oli see vastavalt 0,89 l/m³ kohta. Vastavalt joonis nr 1-le oli väikseim küttekulu 1 m³ lõikamise kohta harvester 608H003-l, millel kulus 1 m³ lõikamiseks 0,86 l kütust. Harvesteride kütusekulu varieerus 1 m³ lõikamisel minimaalselt 0,86 liitrist kuni 0,89 liitrini (joonis 5).



Joonis 5. Harvesteri kütusekulu 1 tihumeetri/ m³ lõikamise kohta

Uuritava perioodi jooksul (1 aasta) varieerus harvesteride kütusekulu 41712,3-43107 liitri. Tihumeetrite lõigatavus oli 47052-49976 m³. Harvesteril 608H003 oli tihumeetri ja kütusekulu suhe 1,17 kordne ehk 49976 m³ lõikamiseks kulutas antud harvester 42864 kütust. Harvesteridel 608H004 ja JD-1270E oli antud näitaja suhe 1,13 ning 1,15. Kõige ökonoomsemalt teostas raietöid harvester 608H004, mis kulutas 41712,3 m³ lõikamiseks 47052 l kütust (joonis 6).



Joonis 6. Harvesteride aasta kütusekogus ja m³

3.2.2 Ekskavaatorite kütusekulude ja tihumeetrite võrdlus

Uurimustöö käigus leiti, et Venemaa ettevõtja Lensik OOO kaheksa ekskavaatori keskmine kütusekulu oli 5281,0 liitrit kuus, varieerudes uuritaval perioodil 0-10 000 l/kuus. Keskmine kütusekulu varieerus ekskavaatoritel uuritaval perioodil 3870,1-6854,4 liitri. Ekskavaator koos brigaad Doosan 4-ga minimaalne kütusekulu oli töötatud kuul 1318,6 l, ekskavaator brigaadiga Doosan 2, 5, 7 ja Doosan 6 oli kütusekulu vastavalt 1,92; 2,0; 2,28 ja 2,7 korda suurem (tabel 3).

Tabel 3. Lensik OOO kaheksa ekskavaatori kütusekulud uuritaval perioodil

Näitaja	Kütusekulu min	Kütusekulu max	Kütusekulu keskmiselt
Brigaad Doosan 1	2480	7978	3870,1
Brigaad Doosan 2	2537,5	7466	4453,3
Brigaad Doosan 3	2480	8500	5234,3

Brigaad Doosan 4	1318,6	8750	5632,9
Brigaad Doosan 5	2644	7515,5	4897,8
Brigaad Doosan 6	3600	7585	5289,9
Brigaad Hitachi 7	3000	9500	6854,4
Brigaad Hitachi 8	2700	10000	6015,2
Kokku	1318,6	10000	5281,0

Kolme ekskvaatori brigaadil, 1, 2 ja 8, oli minimaalseim kütusekulu 0,0 liitrit kuus. Aprilli algusest kuni mai lõpuni oli ekskvaatori brigaadidega 1, 2 ja 8 klientide poolne viivitus ning sellega seoses peatati ka raietööd antud tööpiirkonnas. Tulenevalt klientide poolsest viivitusest oli minimaalseim tihumeetrite arvukus ekskvaatoritel brigaadiga Doosan 1 ja 3, vastavalt 0 m³ (tabel nr 4).

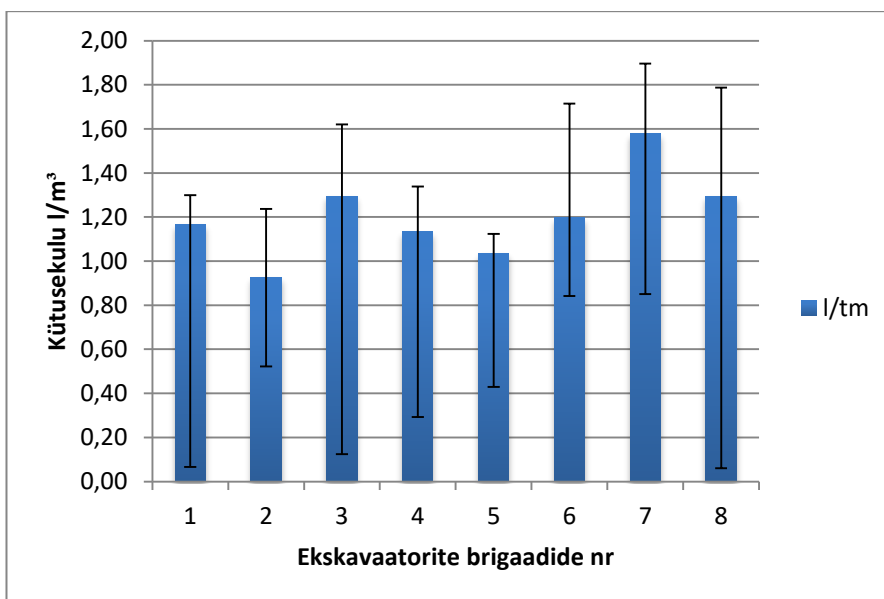
Uurimistöö tulemustest selgub, et Lesnik OOO ekskvaatorid lõikasid aastas keskmiselt 4420 m³, lõigatavus varieerus 0-8490 tihumeetrini. Suurimad tihumeetrite lõigatavused teostati märtsis ja augusti keskpaigast kuni detsembri lõpuni. Kõige rohkem tihumeetreid lõigati jaanuaris ekskvaator brigaad 8 poolt, mille mahuks oli 8490 m³/kuus. Ekskvaatorite brigaadide (1; 2; 3; 4; 5; 6; 7) maksimaalsed lõigatavused teostati erinevatel kuudel ning mille mahud olid vastavalt 1,14; 1,22; 1,29; 1,14; 1,31 ja 0,67 korda väiksemad (tabel 4). Sügis-talvine tihumeetrite suurem lõigatavus võis tuleneda raielangi eripärast.

Tabel 4. Lesnik OOO kaheksa ekskvaatori lõigatud tihumeetrid (m³) uuritaval perioodil

Näitaja: m ³	min, m ³	max, m ³	keskmine, m ³
Brigaad Doosan 1	0	7445	3318,2
Brigaad Doosan 2	1691	6958	4891,7
Brigaad Doosan 3	0	6600	4041,7
Brigaad Doosan 4	2127	7454	4968,7
Brigaad Doosan 5	1221	7070	4736,5
Brigaad Doosan 6	2646	6505	4417,3
Brigaad Hitachi 7	3050	5653	4339,5
Brigaad Hitachi 8	193	8490	4646,2
Kokku	0	8490	4420,0

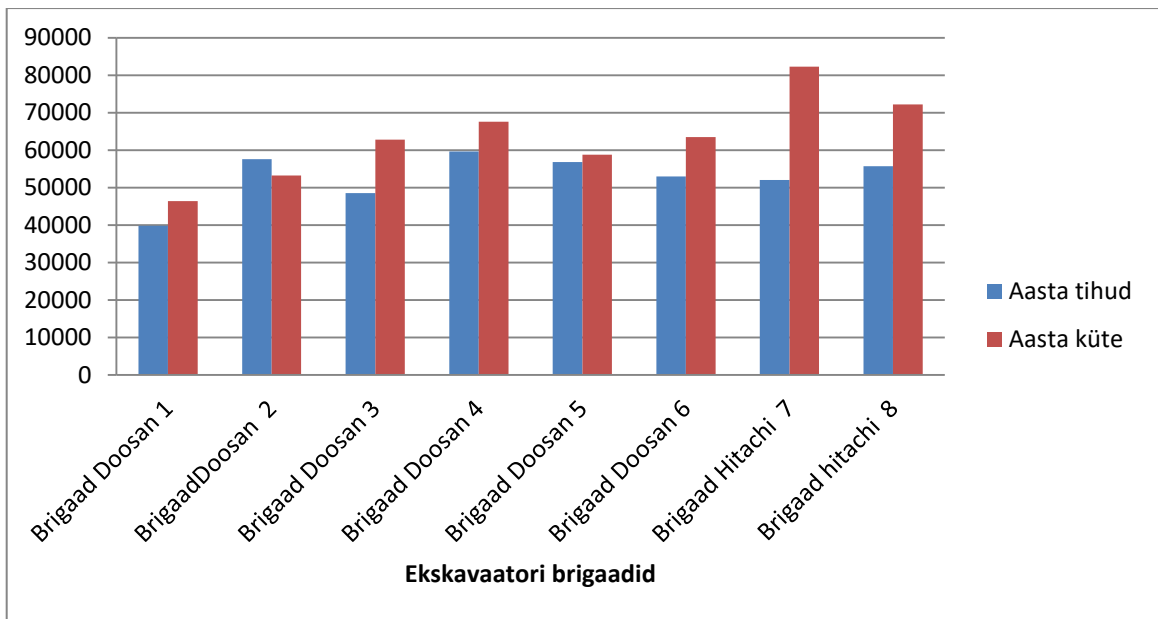
Ekskvaatorite kütusekulu 1 m³ lõikamiseks varieerus uuritaval perioodil (1 aasta) 0,92-1,58 l. Väikseim kütusekulu 1 m³ lõikamiseks oli ekskvaator brigaadiga Doosan 2-1, millel kulus kütust 0,92 l/m³ kohta. Suurim kütusekulu oli ekskvaatoril brigaadiga Hitachi

7, millel kulus 1 m³ lõikamiseks 1,7 korda rohkem kütust ehk 1,58 l/m³ kohta. Keskmiselt kulus ekskavaatoritel 1 m lõikamiseks 1,20 l (joonis 7).



Joonis 7. Ekskavaatorite kütusekulu 1 m³ kohta

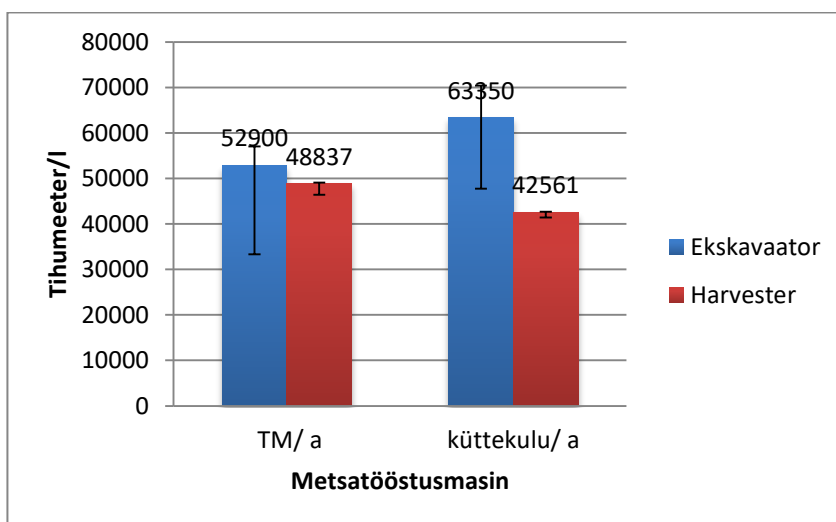
Ekskavaatorite kütusekulu varieerus uuritava perioodi jooksul (1 aasta) 46441-82253 liitrit. Tihumeetrite lõigatavus oli 39818-59624. Ekskavaatoril brigaadiga 7 oli tihumeetri ja kütusekulu suhe 1,6 kordne ehk 82253 m³ lõikamiseks kulutas antud ekskavaator 52074 l kütust. Ekskavaatorid brigaadidega nr: 1, 2, 3, 4, 5, 6 ja 8 oli antud näitaja suhe 1,17; 0,92; 1,3; 1,1; 1,0; 1,2 ning 1,3. Kõige ökonoomsemalt teostas raietöid ekskavaator brigaadiga Doosan 2, mis kulutas 57 586 m³ lõikamiseks 53266 l kütust (joonis 8).



Joonis 8. Ekskavaatorite kütusekulu 1 m³ kohta.

3.2.3 Harvesteride ja ekskavaatorite kütusekulude ja tihumetriite võrdlus

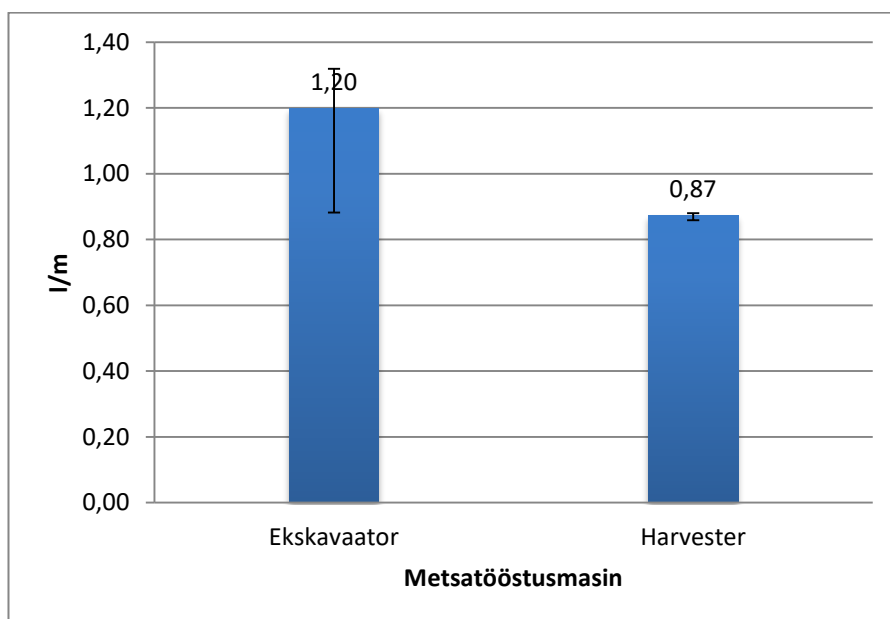
Jooniselt 9 selgub, et ekskavaatorite kütusekulu oli võrreldes harvesteridega märkimisväärselt suurem. Ekskavaatorite kütusekulu oli uuritava perioodil keskmiselt 63 350 l. Seejuures harvesteride kütusekulu oli aastas 1,49 korda väiksem ehk 42561 l. Harvesteridel kulus raielankide lõikamiseks 20 788 l vähem kütust kui ekskavaatoritel. Antud erinevus võis tuleneda raielangi eripärast, ilmastikust, masina operaaatori oskustest ja teistest mõjuteguritest. Sellest saab järeldada, et harvesteride kasutamine raielankidel on ökonoomsem kui ekskavaatorite rakendamine.



Joonis 9. Ekskavaatorite ja harvesteride keskmine kütusekulu ning m³

Ifstar AS harvesterid lõikasid aastas keskmiselt 48 837 tihumeetrit. Ekskavaatorite tihumeetri lõigatavus oli keskmiselt 1,08 korda suurem ehk 52900 m³/a. Ekskavaatorid lõikasid uuritava perioodi jooksul kokku 4063 m³ rohkem kui harvesterid.

Seejuures jooniselt 10 selgub, et harvesteri ja ekskavaatori 1 m³ lõikamisel on kütusekulus erisusi.



Joonis 10. Ekskavaatorite ja harvesteride kütusekulu 1 m³ kohta

Uurimistöökäigus leiti, et harvesteridel kulus 1 tihumeetri lõikamiseks keskmiselt 0,87 l kütust. Ekskavaatoritel kulus keskmiselt 1,044 korda rohkem kütust 1 tihumeetri lõikamiseks (joonis 10). Ekskavaatorite keskmine kütusekulu 1 m³ lõikamiseks oli 1,20 l. Sellest võib järelda, et ekskavaatorite kütusekulu mõjutavad lõikamisel raielank, operaatori oskused, ilmastik jt välisfaktorid. Sellest saab järeldada, et harvesteride kasutamine raielankidel on ökonoomsem kui ekskavaatorid.

3.3 Harvesteri ja ekskavaatori liikumise võrdlus raielangil

Tänapäeva masinate töötamine peab olema ladus. Selleks tuleks järgida õigustatud tööpõhimõtteid. (Müürisepp 1998: 19-21)

Ekskavaatorite ühes nõrkuseks peeti vanasti liikuvust ja manööverdamisvõimet kivistel aladel, aga eelist nähti pehmetel aladel (Bergroth jt 2006: 75-76). Ekskavaatorite erirõhk

pinnasele oleneb kaalust ja konstruktsioonist, aga jääb 17,7 kuni 11,8 kPa. Rataste erirõhk pinnasele on 491-588 kPa. Seega ei sobi ratasmasinad turbaaladele nii hästi kui roomikuga masinad (Kurvits 1984: 147-155).

Uuendusraiel ei ole nii suurt vahet, kas masin on ratastega või roomikuga, kuna tööee tehakse 10-15 meetrit lai ja langetatakse kõik puud, mida harvester suudab ja manööverdama peab minimaalselt. (Müürisepp 1998: 19-21)

Mida vähem puid esimese harvendusraie käigus raiutakse, seda parem on see puistu kasvu seisukohalt. Kui liiga hõredalt rajada kokkuveoteid, siis on raskem sooritada masinraiet ja on suurem oht, et kasvavad puud saavad kahjustusi ja samas ei ulata harvester kaugemalt löikama. (Kurvits, V., 2004/2: 29)

Kõige enam on levinud kolm harvendusraie viisi. Ühe variandi puhul ei pea masin maha liikuma kokkuveoteelt. Lõikab ainult noole ulatusse jäävad puud ja kaugemalt lõikab saamees (Kurvits, V., 2004/2: 30). See viis sobiks nii ekskavaatorile kui ka harvesterile, kuna manööverdama peab vähem (Müürisepp 1998: 9-10; Väättäinen jt 2004). Teistsuguse variandi puhul sõidab masin aeg-ajalt kokkuveoteelt kõrvale metsa, et lõigata kaugemal olevaid puid. Sellist tehnoloogiat võib kasutada kõvema maapinna peal (Kurvits, V., 2004/2: 30). Sellise viisi puhul on vaja parema manööverdamisvõimega masinat, mis sobib pigem harvesterile, kui ekskavaatorile (Müürisepp 1998: 9-10; Bergroth jt. 2006: 74-76). Kolmanda versiooni puhul liigub harvester kokkuveotee vahetsoonis, tulemata ise kokkuveoteele. Liigub kasvavate puude vahel rööbiti kokkuveotee suhtes. Seda saab kasutada siis, kui on kõva maapind, külmunud pinnast ja suure raiekraadiga (Kurvits, 2004/2: 30). See versioon pigem ei sobi ekskavaatorile, kuna on palju liikuvust puude vahel, kus on vaja head manöövrivõimet (Müürisepp 1998: 9-10).

3.4 Tasuvusanalüüs

Ekskavaatorharvesteri ostuhind koos lõikepeaga on 200 000 eurot. Aastane kulu kokku on 175 815 eurot. Aastane kulu sisaldas palgafondi, varuosi, hooldusi, kütusekulu ja amortisatsiooni. Aastane tulu oli 318 240 eurot, mis tuli raieteenuse osutamisest. Raieteenuse hinnaks võtsime 6 eurot m³ kohta. Kasum aasta peale on 142 425 eurot. (<http://www.retapuit.ee>)

Metsis 608H ostuhind oli 350 000 eurot ja John Deer 1270E 450 000 eurot. Mõlema masina aasta tulu oli 293 040 eurot, raieeenuse hinnaks võtsime ka 6 eurot m³ kohta. Aastane kulu on John Deer 1270E-l suurem, kuna soetamishind on kõrgem ja sellest tulenevalt on ka amortisatsioon kõrgem. John Deer 1270E aastane kulu on 175 815 eurot ja Metsis 608H on 176 186 eurot. (<http://www.retapuit.ee>)

Kasumi poolest on kõik kolm masinat üksteisele ligilähedased. Natuke suurema kasumiga on ekskavaatorharvester 142 425 euroga, teisena harvester Metsis 608H 116 854 ja kolmandana John Deer 1270E 117 225 euroga.

Metsamasinate tasuvuse leidmiseks kasutati sisemise tasuvuse määra valemit. (Rünkla 1997: 118)

$$\text{Sisemise tasuvuse määra tegur} = \frac{\text{Investeering}}{\text{aastane sissetulev rahavoog(annuiteet)}}$$

$$\text{Tasuvusaeg ekskavaatoritel} \frac{200\,000}{142\,425} = 1,4$$

$$\text{Tasuvusaeg harvester Metsis 608H} \frac{350\,000}{116\,854} = 2,9$$

$$\text{Tasuvusaeg John Deer 1270E} \frac{450\,000}{116\,854} = 3,8$$

Valemi järgi arvutades selgus, et kõige lühem tasuvusaeg on ekskavaatorharvesteril, millel kulub 1 aasta ja 4 kuud. Harvester Metsis 608H tasub ennast 2 aasta ja 9 kuuga. Kõige pikema tasuvusajaga on John Deer 1270E, millel kulub 3 aastad ja 8 kuud.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada, kas ekskavaatorharvesteril, mis on mõeldud eeskätt pinnase kaevamiseks ja teistsaldamiseks, on võimalik olla konkurentsivõimeline harvesteriga, mis on ehitatud spetsiaalselt metsa ülestöötlemiseks.

Uurimust viidi läbi harvesteri ja ekskavaatorharvesteri näitajaid võrreldes ja uuringus osalenud ettevõtete poolt antud andmete analüüsis.

Antud uurimistööst selgus, et ekskavaator ei ole nii sujuva liikuvusega, kui seda on harvester, kuid ekskavaatoril on suur eelis pehmetele aladel oma väiksema erisurve tõttu maapinnasele. See eelis kaob mineraalsel pinnasel, kus hakkab rolli mängima manööverdamisvõime.

Masinate aastased kulud ei erine märkimisväärselt. Ekskavaatoril on aastane kulu 175 815 eurot ja harvesteride aasta keskmine masina ülalpidamise kulu on 176 001 eurot.

Ühe kulu liigis on suur erinevus. Kütusekulu 1 m³ kohta on vahe päris märkimisväärne. Harvesteri aasta keskmine kütusekulu 1 m³ kohta on 0,87 l ja ekskavaator harvesteril on 1,20 l/m³ kohta. Vahe on 1,044 korda, mis on päris palju arvestades kütuse hinna tõusu igal aastal.

Arvestades masinate erinevust kujult ja liikumisviisilt lõikab antud andmete järgi ekskavaator harvester kuus keskmiselt 4420 m³ ja harvester 4070 m³. Vahe pole suur, vaid 1,08 korda. Kuus lõikes teeb see 350 m³ rohkem.

Arvestades ostuhinda, tulusid ja kulusid, siis tasuvusaeg on kõige lühem ekskavaator harvesteril, mis oli 1 aasta ja 4 kuud. Harvesteril Metsis 608H 2 aastat ja 9 kuud ning John Deer 1270E-1 3 aastat ja 8 kuud.

Antud uurimistöö andmete järgi sai püstitatud eesmärk täidetud. Andmete järgi on võimalik olla ekskavaator harvesteriga sama tootlik kui harvesteriga.

KASUTATUD KIRJANDUS

Arvel olevad liikurmasinad seisuga 30.06.2016. (2017). Maanteeamet. [WWW]
[<https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/soidukite-statistika#tab-1>]

Bergroth, J., Palander, T., Kärhä, K. (2006). Excavator – based harvesters in wood cutting operations in Finland– *Forestry Studies/ Metsanduslikud Uurimused*, vol. 45, pp. 74 – 88. ISSN 1406 - 9954.

Ekskavaator Doosan koduleht internetis:
[<http://www.ritchiespecs.com/specification?category=Hydraulic%20Excavator&make=DOOSAN&model=dx225-lc&modelid=92436>] (13.04.2017)

Eesti riigi poolt määratud maksud [WWW]
[https://www.eesti.ee/est/raha_ja_omand/maksud_2/maksususteed] (11.05.2017)

Ekskavaator Doosan DX225LC – 3 koduleht internetis [WWW]
[<http://www.doosanequipment.eu/doosanequipment/products/crawler-excavators/medium-excavators/DX225LC-3.page?>] (13.04.2017)

Ekskavaator Hitachi 240 koduleht internetis [WWW]
[<http://www.ritchiespecs.com/specification?category=Hydraulic%20Excavator&make=HITACHI&model=zx240%20lch&modelid=107143>] (13.04.2017)

Harvester John Deere`i koduleht internetis: [WWW]
[<http://www.intrac.ee/ee/index/product.ht?productId=32>] (15.04.2017)

Harvester Metsis 608H koduleht internetis: [WWW] [<http://www.metsis.com/18-harvesterid-metsis-608h.html>] (15.04.2017)

Harvesteri lõikepea KESLA koduleht internetis [WWW] [http://www.ts-hydraulic.ee/public/i3ages/Maamess/Kesla/KESLA_Harvester_heads.pdf] (15.04.2017)

Harvesteri lõikepea Log Max koduleht internetis [WWW]

[<http://www.logmax.com/en/products/6000b>] (20.04.2017)

Harvesteri lõikepea Waratha koduleht internetis. [WWW]
[http://www.intrac.ee/userfiles/file/_ee/Waratah/H480C_Waratha.pdf] (02.05.2017)

Keskkonnaagentuur Eestis: [WWW] [<http://www.keskkonnaagentuur.ee/et/uudised/eesti-metsa-juurdekasv-stabiilne>] (30.05.2017).

Kurvits, P. (1984). Metsamajanduslike tööde mehhaniseerimine – Tallinn: Valgus, lk 147-151.

Lõputöö vormistamise nõuded. (2016). Koostanud **Mikita V., Pallav V., Kass M., Roosmaa Ü., Maasikamäe S., Külvik M., Lorenz A.** Tartu: Eesti maaülikooli metsandus – ja maahitusinstituut. juhend Internetis. [WWW]
[http://www.emu.ee/userfiles/loputoode_vormistamise_juhend/LOPUTOO_VORMI STAMISE_NOUDED.pdf](http://www.emu.ee/userfiles/loputoode_vormistamise_juhend/LOPUTOO_VORMI_STAMISE_NOUDED.pdf) (02.05.2017).

Müürisepp. A. (1998) Lageraiemasinad – Tartu: Maaelu Arengu Instituut, lk 9 - 21.

Raieteenuse hinna koduleht [WWW] [<http://retapuit.ee/hinnakiri/hinnakiri-2>] (11.05.2017)

Rünkla. J. (1997) Ettevõtte kulud, varud ja juhtimisotsused – Tallinn: Külim lk. 116 - 123.

Venemaa Föderatsiooni poolt määratud maksud [WWW]
[<http://www.corpestonia.ee/?id=789>] (11.05.2017)

Väätäinen, K., Sikanen L., Asikainen, A. (2004). Feasibility of Excavator-Based Harvester in Thinnings of Peatland Forests. Finnish Forest Research Institute. [WWW]
[<http://journals.hil.unb.ca/index.php/ijfe/article/view/9855/9999>] (02.05.2017)

SUMMARY

The aim of this study was to find out that does excavator, which is meant for excavating and moving soil, could compete with harvester, a machine specially developed for logging.

Research was conducted by comparing specifications of harvester and excavator harvester, also by analyzing data received from companies that participated in the study.

The study revealed that excavator is not as smooth in moving as harvester, but excavator has an advantage in moving around soft areas because of its ground surface pressure. This advantage is lost in moving around in mineral soils where maneuvering ability is more important.

The annual cost of these machines are not remarkably different. Excavator has an annual cost of 175,815 euros and keeping the harvester in action costs 176,001 euros per year.

There is a huge difference in one type of expenditure. The difference between fuel consumption per 1 m³ is remarkable. Harvester's fuel consumption for 1 m³ is 0.87 l and excavator harvester's 1.20 l per m³. Difference is 1.044 times, which is quite much taking annual fuel price rise in consideration.

Considering that machines are different in shape and how they move around, according to data excavator harvester cuts monthly in average 4420 m³ and harvester 4070 m³ of wood. Difference is not huge, just 1.08 times. That makes 350 m³ more monthly.

Taking the price, costs and incomes in consideration, excavator harvester has the shortest payback period, it was 1 year and 4 months. Harvester Metsis 608H payback period was 2 years and 9 months, John Deere 1270E's was 3 years and 8 months.

The aim of this study was accomplished. According to data one can be as productive with excavator harvester as with harvester.

LISAD

Lisa 1. Harvesteride ja ekskavaatorharvesteride tehnilised andmed

Nimi	Harvester	Harvester	Ekskavaator	Ekskavaator
Tüüp	Metsis 608H	John Deere 1270E	Hitachi ZX 240	Doosan DX 225
Arvukus	2	1	2	6
Hind	350 000 €	450 000 €	130 000 €	130 000 €
Tootja	Metsis OÜ	John Deere	Hitachi	
Tühimass	16200-16600 kg	19 250 kg	19 100 kg	21 500 kg
Mõõtmed				
Pikkus	7100 mm	7550 mm		9490 mm
Laius	2600-2800 mm	2750-2960 mm	2990 mm	2990 mm
Kõrgus	3750 mm	3830 mm	3020 mm	3005 mm
Standard poom				
Kliirensi kõrgus	3750 mm	640 mm	460 mm	480 mm
Mootor				
Tootja	Metsis	John Deere	Hitachi Isuzu	Doosan
Tüüp	74 CTA	6090 PowerTech™	CC-6BG1T	DL06k
Silindreid	6	6	6	6
Võimsus kW	180 kW / 200 rpm	174 kW	124,5 kW	124 kW/ 167 HP/ 1800 RPM
Pöördemoment	1000Nm	1315Nm	637 Nm	
Liikumine				
Max kiirus	25 km/h	25 km/ h	5,5 km/ h	5,5 km/ h
Min kiirus,	9 km/h	7 km/h	-	3,0 km/ h
Veojõud, N	180 kN		-	-
Pöördenurk	± 44°	± 44°	-	-
Paakide mahud				
Kütuse paak	350 l	435 l	380 l	400 l
Hüdarulika plaak	250 l	300 l	303 l	330 l
Mootori õli paak	-	-	25 l	-
Jahutussüsteemi paak	-	-	23 l	-
Kaevomadused				
Max kaevamissügavus			6950 mm	9 885 mm
Noole pikkus	11,0 m	1. 8,6 meetrit 2. 10 meetrit 3. 11,7 meetrit	10,2 m	9,3 m
Noole sirutus	-	-	2960 mm	-
Noole sirutuse kõrgus	-	-	2930 mm	-

Lisa 2. Lõikepeade tehnilised andmed

Nimi	Harvester	Harvester	Harvester
Tüüp	Log Max 6000B	Kesla 30 RH/ 25 RH	Waratah H414
Hind	70 000 €	50 000 €	70 000 €
Kaal	1385 kg	840 kg	1030 kg (kaal ilma rotaatori ja tõsterõngata)
Raie:	Lageraie	Harvendus, lageraie	Harvendusraie, uuendusraie
Mõõtmed			
Laius, avatuna	-	1350 mm	-
Laius, suletuna	-	980 mm	-
Pikkus	-	1400 mm	-
Kõrgus (rotaatorita)	-	1390 mm	-
Töörõhk, max	260 bar	-	-
Õlitarve	280 l/ min	-	-
Omadused			
Etteandevõimsus, kN	24 kN	-	27 kN
Etteande min kiirus	-	-	3,2 m/s
Etteande max kiirus	-	-	5,3 m/s
Saemootori töömaht	-	19 (30, 34) cc	-
Saagimisomadused			
Ülemiste lõiketerade avanevus	-	600 mm	-
Tagumiste lõiketerade avanevus	-	680 mm	-
Max lõikediameter	650 mm	670 mm	640 mm
Rullikute avanevus	625 mm	580 mm	-

Lisa 3. Täiendav küsimustik Lesnik OOO-le koos vastustega

- 1) Ekskavaatorite vanused? Ekskavaator Doosan DX 225 on 2012-2013. aasta väljalasked. Hitachi zx 224 2013-2015 aasta väljalaskega.
- 2) Vedajate keskmine kokkuveo kaugus? Venemaal on kuni 500 meetrit.
- 3) Kas teil on raiutud alade raie-eelsed takseerandmed? Ei
- 4) Kuidas te valmistate raietööks lanke ette? Saamees lõikab võsa harvesteri jaoks maha.
- 5) Operaatorite palga suurus? Palga suurus on keskelt läbi 1 euro m³ kohta. Osadel natuke vähem, osadel natuke rohkem.
- 6) Kui pikk on tööpäev ja kas töö toimub vahetustega? Operaatoril on 12 tundi pikk tööpäev ja 2 nädalat järjest, siis tuleb teine operaator.
- 7) Kui tihti toimub hooldus ja kui palju maksab hooldus? Hooldus toimub iga 500 masina töötunni tagant ja keskelt läbi maksab 1000 eurot kord. Oleneb, mis hooldust täpsemalt tehakse.
- 8) Kui palju masina soetamishind? Mõlema firma masina soetamishind oli 130 000 eurot.
- 9) Operaatorite kogemus antud ametil ja haridustase? Operaatorid on kuni 5-aastase kogemusega ja keskharidus.
- 10) Palju kulub õlide/määretele ja varuosadele raha kuus? Iga kuu on erinev. Mõni kuu ei kulugi raha varuosadele ja aasta peale tuleb õlid/määrded ja varuosad kuu keskmine 1500 eurot.
- 11) Millist lõikepead te kasutate ja kui palju maksab? Log Max 6000B ja hinnaklass jäi 70 000 euro lähedale.

Lisa 4. Täiendav küsimustik AS-le Iftar koos vastustega

- 1) Harvesteride vanus ja milliseid marke kasutate? Kasutame loomulikult Metsis 608H, mille vanused on hetkel 4 aastat ja lisaks on John Deere 1270E, mille vanus on ka 4 aastat.
- 2) Vedajate keskmine kokkuveo kaugus? Keskmine kokkuveo kaugus on 600 meetrit.
- 3) Kas teil on raiutud alade takseerandmed? Ei
- 4) Kuidas te valmistate raietööks lanke ette? Raielangid valmistatakse ette võsalõikajaga.
- 5) Operaatorite palgasuurus? 1 euro tihumeetri kohta.
- 6) Kui pikk on tööpäev ja kas töö toimub vahetustega? 10-12 tundi, 3 tööl ja 3 vaba.
- 7) Kui tihti toimub hooldus ja kui palju maksab hooldus? Hooldus toimub iga 500 masina töötunni tagant ja keskel läbi maksab 500 eurot kord.
- 8) Kui palju masina soetamishind? Metsis 608H hind jääb 350 000 euro kanti ja John Deere oli omal ajal 450 000 eurot.
- 9) Operaatorite kogemus antud ametil ja haridustase? Keskeri ja 7-8-aastane staaž.
- 10) Palju kulub õlide/määretele ja varuosadele raha kuus? Varuosadele ca 500 eurot ja määrded/õlid umbes 300 eurot.
- 11) Millist lõikepead te kasutate ja kui palju maksab? Metsise peal on Kesla ja John Deere'i peal Warath, hind on harvesteri ostusumma sees.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Märt Mäger

(sünniaeg: 01.10.1990)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
“Harvesteri ja ekskavaator harvesteri tootlikkuse võrdlus (Iftar AS ja Lesnik OOO näitel)”

mille juhendaja(d) on Vahur Kurvits.

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks pärast tähtajalise piirangu lõppmist eesmärgil

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

Tartus, 11.05.2017

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)