

Juho Pyylampi

**Ranka- ja kokopuun korjuun kannattavuuden vertailu
nuoren metsän hoitokohteella**

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Maa- ja metsätalouden yksikkö

Metsätalouden koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Maa- ja metsätalouden yksikkö

Koulutusohjelma: Metsätalouden koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Metsätalous

Tekijä: Pyylampi Juhon

Työn nimi: Ranka- ja kokopuun korjuun kannattavuuden vertailu nuoren metsän hoitokohteella

Ohjaaja: Lauhanen Risto, Vuori Ossi

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä: 10

Opinnäytetyössä tarkastellaan ranka- ja kokopuunkorjuun kannattavuutta. Työssä vertaillaan kahden korjuumenetelmän kustannustekijöiden vaikutusta hakkeen hankintakustannuksiin.

Hakkuukohteeksi tutkimukseen valittiin kahden hehtaarin metsikkö, josta mitattiin puustotiedot pyörähdyskoealoina. Mittaustuloksista laskettiin ForestCalc-ohjelmaa hyväksi käyttäen koko metsikön puustotiedot. Metsäntutkimuslaitoksen kustannuslaskentaohjelmilla selvitettiin käyttöpaikkahinnat eri korjuumenetelmille.

Tutkimus antoi vastaukset kysymyksiin: Miten eri korjuutavat vaikuttavat kannattavuuteen? Miten eri korjuu- ja hankintakustannukset vaikuttavat käyttöpaikkahinnan muodostumiseen? Kuinka nuoren metsän hoitotuki vaikuttaa korjuuketjun kannattavuuteen?

Tuloksena saatiin molemmille korjuuketjuille niistä aiheutuvat kustannukset sekä tulot, kun saatu energiapuu myytiin lämpölaitokselle. Lisäksi laskettiin metsänomistajalle tuleva tuotto pystykaupalla sekä kestävän metsätalouden rahoituslain vaikutus korjuun kannattavuuteen. Kustannukset kiintokuutiometriä kohti olivat rankapuun korjuussa hieman korkeammat kuin kokopuun korjuun. Kate jäi annetuilla arvoilla negatiiviseksi mikä tarkoittaa, että työstä aiheutuvat kustannukset ovat suuremmat kuin siitä saatava tuotto. Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisten tukienkin jälkeen jäi tulos tappiolle molemmilla korjuutavoilla. Kustannuksiin eniten vaikuttavaksi tekijäksi nousi rungonkoko. Rungonkoon ollessa pieni kustannukset nousivat.

Avainsanat: puunkorjuu, metsähake, kannattavuus, energiapuu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Agriculture and Forestry

Degree programme: Forestry Engineer

Specialisation: Production of forestry economy

Author/s: Juho Pyylampi

Title of thesis: Profitability of harvesting using whole and pruned tree methods in a young forest stand.

Supervisor(s): Lauhanen Risto, Vuori Ossi

Year: 2012

Number of pages: 32

Number of appendices: 10

The purpose of this thesis was to compare the profitability of whole tree harvesting and pruned tree harvesting in a young forest stand. The cost factors for each method are compared and their effect on the delivery price is calculated.

A two hectare research forest was chosen to serve as an example. From this forest the tree characteristics were measured using the circular sample plot method. The measuring results were then calculated with the ForestCalc-program to get the stand characteristics for the whole stand compartment. Cost accounting programs from the Finnish forest research institute were then used to calculate the cost of each type of harvesting.

This research gave an answer to the questions: How do harvesting methods affect profitability? How do cost factors affect the delivery price? How does the support for the tending of young stands affect the profitability of harvesting?

As a result the cost and income of each harvesting method was calculated when the energy wood was sold to a heating plant. The income for the forest owner was also calculated. The effect of the Financing of sustainable forestry was also taken to account. The cost of the pruned tree harvesting method was slightly higher than the cost of whole tree harvesting. There was an overall loss generated from harvesting because the costs were higher than the income for both harvesting methods. Financing of sustainable forestry didn't decrease the costs enough to make a profit. The size of the tree was affecting the cost of both harvesting methods the most. The smaller the trees were the higher the costs.

Keywords: harvesting method, wood chips, profitability, energy wood

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	5
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	6
1 JOHDANTO	7
2 NUOREN METSÄN HOITO	9
2.1 Kestävän metsätalouden rahoituslaki.....	9
2.2 Korjuutavat nuoren metsän hoidossa.....	10
2.2.1 Rankapuun korjuu.....	10
2.2.2 Kokopuun korjuu	10
2.2.3 Integroitu korjuu	11
2.3 Varastoinnista ja sen merkityksestä.....	11
3 AINEISTO	13
3.1 Metsäkuvion esittely.....	13
3.2 Metsänmittaus ja koealat	14
3.3 Metsikkötiedot	14
3.4 Kustannustekijät.....	16
3.5 Menetelmät	16
4 TULOKSET	18
4.1 Käyttöpaikkahinta.....	18
4.2 Tuotto ja kustannukset	19
4.3 Kemera	21
4.4 Herkkyyshanalyysi	22
4.4.1 Rankahake.....	23
4.4.2 Kokopuuhake.....	25
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA.....	27
LÄHTEET	30
LIITTEET.....	32

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Talvinen koemetsikkö, Juho Pyyllampi 2012.	13
Kuvio 2. Poistuvan ja jäävän puuston rinnankorkeusläpimittajakauma	16
Kuvio 3. Käyttöpaikkahinnan muodostuminen	19
Kuvio 4. Kustannukset ja tuotot.....	20
Kuvio 5. Kate haketyypeille	20
Kuvio 6. Kate haketyypeille, kun Kemera-tuet lisätty.	21
Kuvio 7. Herkkyysanalyysi rankahakkeen kustannustekijöille.	23
Kuvio 8. Herkkyysanalyysi kokopuuhakkeen kustannustekijöille.	25
Taulukko 1. Koemetsikön lähtöpuustotiedot	15
Taulukko 2. Poistuvan ja jäävän puuston tiedot	15
Taulukko 3. Kustannustekijät ja käyttöpaikkahinta	18

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Energiapuu	Puuainesta, josta tuotetaan energiaa ja jonka alkuperäinen puunkoostumus on säilynyt.
Rankapuu	Kaadettu ja karsittu puu, juuristo pois lukien.
Kokopuu	Kaadettu ja karsimaton puu, juuristo pois lukien.
Metsähake	Metsästä energiakäyttöön tuleva hake ja murske.
Hake	Palasiksi leikattua puuainesta, joka on valmistettu mekaanisesti. Palakoko 5 - 50mm.
Nuori kasvatusmetsä	Keskiläpimitaltaan rinnankorkeudelta enintään 16 cm, mutta vähintään 8 cm. Valtapituus havupuustossa on yli 7 m ja lehtipuustossa yli 9 m.

1 JOHDANTO

Metsähakkeen kokonaiskäyttö on noussut Suomessa tasaisesti vuodesta 2000 vuoteen 2009. Vuonna 2000 metsähaketta käytettiin n. 0,9 miljoonaa kiinto-m³ ja sen käyttö on noussut vuoteen 2009 mennessä tasolle 6,0 miljoonaa kiinto-m³. Tavoite vuoteen 2020 mennessä on n. 13,5 miljoonaa kuutiota Uusiutuvan energian velvoitepaketin mukaan. (Tapio 2010, 9.)

Energiapuun osuuden nosto energiantuotannossa on osa toimia, joilla pyritään hillitsemään ilmaston lämpenemisen vaikutuksia. Uusiutuvalla metsäenergialla korvataan uusiutumattomia energianlähteitä, kuten öljyä ja kivihiiltä. Puu sitoo kasvaessaan yhtä paljon hiilidioksidia, kuin se palaessaan vapauttaa, eli se on polttoaineena hiilineutraali. Tähän perustuu metsäenergian ilmastonmuutosta hillitsevä vaikutus. (Tapio 2010, 8.)

Öljyn ja sähkön hinnan noustessa on järkevää suunnitella niille vaihtoehtoja, jotka tulevaisuudessa voivat korvata ja täydentää energiantuotantovajetta. Suomessa on paljon puuenergian tuotantoon sopivaa raaka-ainetta, josta vain murto-osa on tällä hetkellä aktiivisessa käytössä. (Kyytsönen 2012, 5.)

Energiapuuta saadaan yhdistetyistä aines- ja energiapuun metsiköistä, harvennusemetsistä ja uudistushakkuualoilta. Aines- ja energiapuumetsikössä kasvatetaan tukkipuun ohella energiapuuta. Metsikön nuoruusvaiheessa sitä kasvatetaan tiheämpänä kuin perinteisissä kasvatusmalleissa on suosituksena. Tästä seuraa metsikön kiertoajan piteneminen 5 - 10 vuodella verrattuna normaaliin kasvatusketjuun, mutta ainespuun ohella saadaan jonkin verran puuta energiakäyttöön. Harvennusemetsistä energiapuuta saadaan hoitamattomista ja hoidetuista nuorista kasvatusmetsistä. Nuoren metsän hoidossa ylitieheä metsikkö harvennetaan, jolloin syntyy puutavaraa, joka ei kelpaa kuin metsähakkeeksi tai kuitupuuksi. Tälle toimenpiteelle on mahdollista saada valtion tukea, mikäli se täyttää tietyt kriteerit. Uudistushakkuualoilta energiapuuta saadaan latvusmassasta, hakkuutähteistä ja kannoista. (Tapio 2010) Kuusikoiden uudistamishakkuut ja nuoren metsän hoitotyöt ovat suurimmat metsähakkeen lähteet. (Lauhanen & Laurila 2007, 50.)

Tutkimuksessa pyritään saamaan vastaus kysymykseen: Mikä energiapuun korjuutapa on esimerkki metsikössä kannattavin ja mistä syystä? Lisäksi selvitetään, mitkä muuttujat vaikuttavat korjuutavan kannattavuuteen. Tutkimuksessa esitellään esimerkkitapaus, jonka avulla saatuja tietoja voidaan käyttää hyväksi, kun valitaan korjuumenetelmää nuoren metsän hoitokohteille Töysään ja sen lähialueille.

Tutkimuksen kohteeksi valittiin esimerkkimetsikkö, johon ollaan tekemässä nuoren metsän hoitoa. Työssä tutkitaan tämän toimenpiteen eri kustannustekijöiden vaikutusta metsiköstä saatavan metsähakkeen käyttöpaikkahinnan muodostumiseen. Lisäksi selvitetään siitä saatavan taloudellisen hyödyn määrä, kun hake myydään paikalliselle lämpövoimalaitokselle. Korjuumenetelmiksi esimerkialalle valittiin ranka- ja kokopuukorjuu. Näiden kahden korjuutavan kustannuksia vertaillaan keskenään käytettäessä hintatietoja lähialueen yrittäjiltä.

Metsikkötiedot laskettiin ForestCalc-ohjelmalla, johon syöttötiedoiksi annettiin koealoilta saadut mittaustulokset. Käyttöpaikkahinnat laskettiin käyttämällä Metsäntutkimuslaitoksen kehittämää rankahakkeen kustannuslaskentaohjelmaa (Laitila 2005) ja kokopuuhakkeen kustannuslaskentaohjelmaa (Laitila 2004).

2 NUOREN METSÄN HOITO

Nuoren metsän hoito tarkoittaa kasvatusmetsän harvennusta siten, että jäävä puusto kasvaa nopeammin ja korkealaatuisempaan uudistuskypsäksi metsäksi. Hakkuu tulee tehdä silloin, kun metsikön tiheys on kasvanut niin voimakkaasti, että se haittaa merkittävästi puuston kasvua. Syitä kasvun hidastumiselle harvennettavassa metsässä on kilpailu elintilasta, ravinteista, auringon valosta sekä joissain tapauksissa vedestä. Elintilan pienuus näkyy metsikössä oksaston kapenemisena ja joidenkin heikkojen puuyksilöiden jäämisenä aluspuun asemaan. Ravinteiden niukkuus esiintyy erilaisina puutostauteina, jotka haittaavat puuston kasvua ja kehitystä. Jokainen puu pyrkii kasvattamaan latvuksen siten, että yhteyttävän lehtivihreän osuus koko massasta on mahdollisimman suuri. Kuivilla paikoilla voi metsikkö voi kärsiä myös veden puutteesta.

Nuoren metsän hoidossa poistetaan kilpailussa häviölle jääneet, sairaat, vahingoittuneet ja laadultaan heikot puut sekä keskitetään kasvu terveisiin ja hyvälaatuisiin puihin. Tämä toimenpide takaa metsikön laadun tulevaisuudessa ja lisää puustosta saatavaa hakkuukertymää niin ensiharvennuksella kuin uudistushakkuillakin. Huonolaatuisten puiden poiston jälkeen on kasvatettavalla puustolla lisää tilaa kasvaa ja järeytyä. Lisäksi nuoren metsän hoito helpottaa metsässä liikkumista ja korjuuvaurioiden riski tulevilla harvennuksilla madaltuu. Haittatekijöitä nuoren metsän hoitohakkuissa ovat ravinteiden väheneminen metsikössä, mikäli hakkuu toteutetaan kokopuukorjuuna, sekä lumituhoriskin nousu ja pieniläpimittaisen lahopuumäärän lasku.

2.1 Kestävän metsätalouden rahoituslaki

Nuoren metsän hoitoon on mahdollista saada valtion tukea, jos metsikkö täyttää tietyt kriteerit ennen nuoren metsän hoitoa ja sen jälkeen. Alueelta on poistettava vähintään 4 senttimetriä paksuja puita 1000 kappaletta hehtaarilta. Jäävän puuston on oltava läpimitaltaan alle 16 senttimetriä ja sen tulee olla 10 - 14 metriä pitkää. Kasvatettavan puuston runkoluvuksi on jätävä kasvatettavasta puulajista riippuen 700 - 1400 kappaletta hehtaarille. Työn jälkeen kohteelle ei saa jäädä

metsikön kasvua haittaavaa puustoa. (Tapio 2008, 59.) Mikäli nuoren metsän hoidon yhteydessä saatava puu luovutetaan ulkopuoliselle energiakäyttöön, saadaan sille vielä haketustuki, jos poistuvan puuston määrä ylittää 20 kiintokuutiometriä. (Koistinen 2011.)

2.2 Korjuutavat nuoren metsän hoidossa

Korjuutapoja nuoren metsän hoidossa on käytännössä kolme: rankapuun korjuu, kokopuun korjuu sekä integroitu korjuu. Näitä korjuutapoja voidaan toteuttaa koneellisesti tai metsurityönä. Tutkimuksessa keskitytään kaatokasausmenettelyyn, jossa harvennus tehdään hakkuukoneella. Puu ajetaan metsästä metsätraktorilla välivarastolle. Energiapuun annetaan kuivua varastolla, jonka jälkeen se haketetaan. Välivarastolta hake kaukokuljetetaan lämpölaitokselle.

2.2.1 Rankapuun korjuu

Rankapuuhakkuussa puusta karsitaan oksat pois joko koneellisesti monitoimimetsäkoneella tai metsurityönä. Hakkuussa syntyneet rangat kootaan ajokoneella välivarastopaikalle, jossa puutavaran annetaan kuivua. Varastokasan ollessa tarpeeksi kuivaa, se voidaan joko kuljettaa haketettavaksi laitoksille tai se haketetaan varastointipaikalla. Rankapuun korjuu soveltuu kaikille talousmetsien harvennuskohteille ravinnetasosta riippumatta. (Heikkilä 2005.)

2.2.2 Kokopuun korjuu

Kokopuuhakkuussa puita ei karsita. Puut katkotaan joko koneellisesti (keräävä, giljotiini, motokoura) tai manuaalisesti. Kokopuu kootaan metsistä ajokoneella. Tilavuudeltaan kokopuu on rankapuuhun verrattuna suurempaa, joten ajokoneella tulee enemmän ajokertoja kuin rankapuuhakkuissa. Kokopuu kasataan, peitellään ja jätetään kuivumaan välivarastopaikalle. Tämän jälkeen se voidaan hakettaa joko välivarastolla tai lämpölaitoksella. (Heikkilä 2005.) Kokopuu korjuu ei sovellu

vähäravinteisille metsätyypeille, sillä oksien ja lehtien/neulasten mukana poistuu ravinteita, joita metsä tarvitsee kasvaakseen (Tapio 2010, 17.).

2.2.3 Integroitu korjuu

Integroidussa hakkuussa nuoresta metsästä kerätään sekä aines- että energiapuuta. Energiapuuta voi olla joko kokopuuta tai rankapuuta hakkuualasta riippuen. Integroitu hakkuu suoritetaan yleensä mototyönä, jolloin katkenta on tarkkaa ja karsinta nopeaa. Puutavara kasataan lajin mukaan metsiin ja oksat jäävät yleensä hakkuualalle. Ajokone kerää puutavaran metsästä ja vie sen välivarastopaikalle lajitellen sen eri puukasoihin. Kuitupuun ja energiapuun varastointi poikkeaa toisistaan, mikä onkin syytä ottaa huomioon puun kuljetusta suunniteltaessa. (Mutikainen & Rieppo 2011)

2.3 Varastoinnista ja sen merkityksestä.

Hyvin hoidettu varastointi takaa hyvän kuivumistuloksen. Tuoreen puun keskimääräinen kosteus on 50–60 %. Varastoinnin jälkeen tulisi energiapuun kosteuden olla luokkaa 20–30 % (Tapio 2010, 49). Varastopaikan tulee olla tasainen, kantava, avoin ja tuulinen. Hyvässä ranka- ja kokopuun varastoinnissa on varastopinon pohjalla riittävästi aluspuuta, jolla estetään maakosteuden nousu varastokasaan. Varastopinon on hyvä olla mahdollisimman korkea, jotta pinon ulkopinta-ala olisi mahdollisimman pieni. Näin voidaan minimoida sateen määrän osuminen varastopinoon. Varastopino voidaan myös peittää, jolloin estetään kosteuden pääsy sateella kasan sisäosiin. Kokopuukasan tulee antaa kuivua ennen peittelyä, sillä se heikentää kosteuden haihtumista. Mikäli mahdollista puiden tyvien tulisi kuivaustehon lisäämiseksi osoittaa tielle ja etelään päin. Pinossa tulisi tyvipuolella olla suojaava 0,5 metrin lippi, sillä se vähentää pinon kastumista. (Tapio 2010, 46 – 47.)

Varastoinnilla pyritään laskemaan varastoitavan energiapuun kosteutta. Kosteus polttopuussa vähentää siitä saatavaa energiamäärää, koska puuhun sitoutuneen veden tulee haihtua ennen kuin puuaine alkaa kemiallisesti hajota eli palaa. Veden

lämpeneminen, haihtuminen ja höyrystyminen vaativat energiaa. (Sauvula-Seppälä, T., Ulander, E. & Tasanen, T. 2009, 18) Esimerkiksi hakkeen kosteuden lasku 55 %:sta 25 %:tiin nostaa hakkeen lämpöarvoa n. 0,2 MWh/irto-m³. (Tapio 2010, 11.) Tästä aiheutuu puupolttoaineen tehollisen lämpöarvon ja palamislämpötilan alenemista. Palamislämpötilan aleneminen hidastaa palamisnopeutta. Hakkeen kosteusprosentti ei saisi ylittää 25 % tai sen säilyvyys varastoitaessa heikkenee.

3 AINEISTO

3.1 Metsäkuvion esittely

Koemetsiköksi valittiin Töysässä sijaitseva nuori kasvatusmetsä (Kuvio 1). Kuvio sijaitsee 700 metriä Kätkänjoentien ja Lehtimäentien risteyksestä itään päin Lehtimäentien eteläpuolella. Kuvio on merkitty karttaan joka löytyy liitteistä (LIITE 1).



Kuvio 1. Talvinen koemetsikkö
(Pyylampi Juho 2012)

Metsikkö valittiin, koska se täyttää nuoren metsän hoidon kriteerit Kemera-tuelle. Puuston määrä on riittävä antamaan kohtalaisen hakkuukertymän, ja siitä on saatavissa koko- ja rankapuuta. Puustontiheys alalla on liian korkea, koska taimikonhoito on aikoinaan tehty liian varovaisesti.

3.2 Metsänmittaus ja koealat

Metsän arviointi suoritettiin koealamittauksina. Koealat valittiin metsiköstä käyttäen satunnaismenetelmää siten, että tuloksena saataisiin mahdollisimman kattava koealajakauma.

Koealana käytettiin pyörähdyskoealaa 3,99 metrin säteellä. Yhden koealan pinta-ala on 50,01 m². Metsiköstä otettiin 14 koealaa, joiden tulosten (LIITE 2) perusteella laskettiin puustolle perustiedot käyttäen hyväksi ForestCalc- eli MetsäMitta-ohjelmaa.

Mittatyökaluina käytettiin 3,99 metrin keppiä, hypsometriä, kaulainta ja Ludde-relaskooppia. Mittakepillä määritettiin koealojen tasamittainen koko. Hypsometria eli korkeusmittaria käytettiin puun pituuden mittaamisessa 15 metrin etäisyydeltä puun juurelta. Lisäksi pituuden arvioinnin aputyökaluna oli Ludde-relaskooppi. Rinnankorkeusläpimitan mittaamisessa käytettiin kaulainta 1,3 metrin apuvarrella.

Koealoja mitattaessa alalta leimattiin poistuva puusto seuraavien kriteerien perusteella: koko, oksaisuus, tiheys, pituus ja huonolaatuisuus. Tavoitteena on, että kasvu keskittyy laadultaan parempiin puihin nuoren metsänhoidon jälkeen.

Poistuviksi leimattiin riukuuntuneet alispuun asemaan jääneet puut ja järeät ylispuut, jotka haittaavat kehityskelpoisen puuston kasvua. Puut, joissa oli eläviä paksuja oksia alhaalla rungossa, ja joiden oksakulma oli pieni, valittiin poistuviksi. Jos puut kasvoivat liian lähellä toisiaan estäen toistensa kehitystä, poistettiin huonompilaatuinen yksilö. Vaurioituneet ja sairaat puut hakataan nuoren metsänhoidon yhteydessä.

3.3 Metsikkötiedot

Taulukossa 1. On esitetty koemetsikön lähtötilanne ennen suunniteltua nuoren metsän hoitoa. Tulokset saatiin koealoista laskettujen tietojen perusteella ForestCalc-ohjelmalla.

Taulukko 1. Koemetsikön lähtöpuustotiedot

pinta-ala ha	Kasvupaikka	Kehitysluokka	Puulaji	Tilavuus m ³ /ha	Runkoluku	keskiläpimitta cm	keskipituus m
2	Kuivahko kangas	Nuori kasvatusmetsikkö	mänty	146	2671	13	11

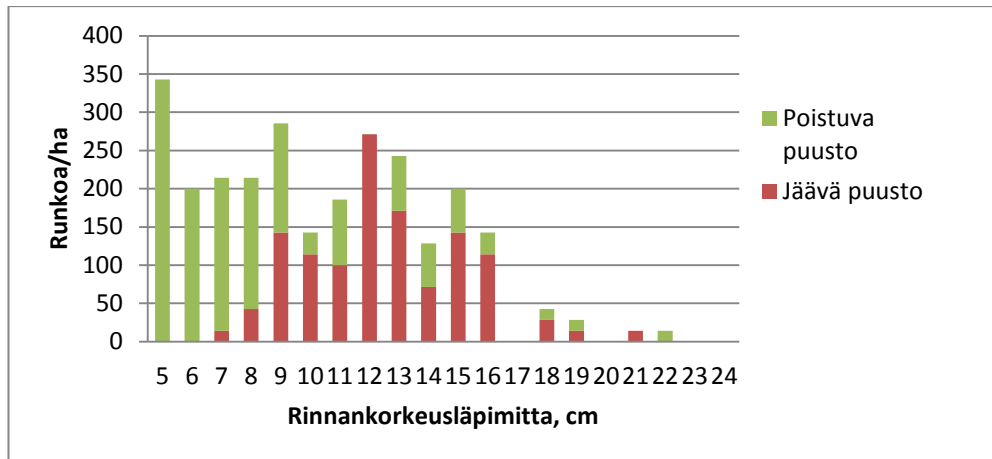
Taulukossa 2 esitetään metsikköön suunnitellun hakkuun poistuvan ja jäävän puuston runkoluvut, keskipituus, keskiläpimitta sekä keskimääräinen rungon tilavuus. Runkoluku, keskipituus sekä keskiläpimitta laskettiin ForestCalc ohjelmalla. Rungon koko laskettiin Metsäntutkimuslaitoksen kustannuslaskentaohjelmien yhteydessä olleilla apulaskureilla.

Taulukko 2. Poistuvan ja jäävän puuston tiedot

	runkoluku	keskipituus m	keskiläpimitta cm	rungon koko dm ³
poistuva puusto	1428	12	10	60
jäävä puusto	1243	13,5	11	82

Poistuma rankapuulle on 52,8 m³/ha ja kokopuulle 69,9 m³/ha. Poistuman määrä rankapuulle on laskettu ForestCalc-ohjelmalla. Liitteessä 3 on poistuvalla kokopuulle laskettu sen oksien tilavuus käyttäen hyväksi Marklundin biomassamallia (Tapio 2008, 283) sekä Näslundin pituusmallia (Auvinen 1997, 5).

Kuviossa 2 kuvataan poistuvan ja jäävän puuston läpimittajakaumaa. Kuvion perusteella voidaan todeta, että poistuvista puista valtaosa on pieniläpimittaista puuta.



Kuvio 2. Poistuvan ja jäävän puuston rinnankorkeusläpimittajakauma

3.4 Kustannustekijät

Koneketjuksi on valittu koneellinen hakkuu joukkokäsittelymenetelmällä, metsäkuljetus metsätraktorilla, varastointiaika 8 kk, välivarastohaketus ja kaukokuljetus hakkeena rekka-autolla. Leimikko ja varastointitiedot löytyvät liitteistä 4 ja 5.

Liitteessä 6 ja 7 esitetään tässä työssä käytettävät kustannustekijät eri korjuumenetelmillä. Näitä tietoja käytetään laskettaessa METLAN hakkeen kustannuslaskentaohjelmilla hakkeen käyttöpaikkahinnat. Kantohintoina käytettiin rankapuulle 7 €/m³ ja kokopuulle 8 €/m³.

3.5 Menetelmät

Herkkyysanalyysillä tutkittiin eri kustannustekijöiden vaikutusta hakkeen hankintakustannuksiin. Tutkittavia kustannustekijöitä ovat kantohinta, kaukokuljetusmatka, metsäkuljetusmatka, pinta-ala, puuston kertymä ja rungon keskikoko. Analyysi tehtiin sekä ranka- että kokopuuhakkeelle. Muut muuttujat pysyivät laskennassa vakioina, kun tuottavia kustannustekijöitä muutettiin.

Molemmille haketyypeille laskettiin käyttöpaikkahinta siten, että eri kustannustekijöiden suuruusluokka tulee esille. Käyttöpaikkahinnasta pystytään arvioimaan, kumpi korjuumenetelmä on laskennallisesti kannattavampaa ja missä

hankintaketjun vaiheessa erot muodostuvat. Lisäksi lasketaan hakkeesta saatava hyöty, kun se myydään lähilämpölaitokselle hintaan 18 €/MWh rankahakkeena ja 17 €/MWh kokopuuhakkeena. Metsähakkeen tai -murskan keskihinta Suomessa on 18,49 €/MWh. (Suomen virallinen tilasto 2012) Myös nuoren metsän hoitotukien vaikutus energiapuun korjuun kannattavuuteen laskettiin. Laskelmissa korjuutuki oli 7 €/m³, haketustuki 1,7 €/m³.

4 TULOKSET

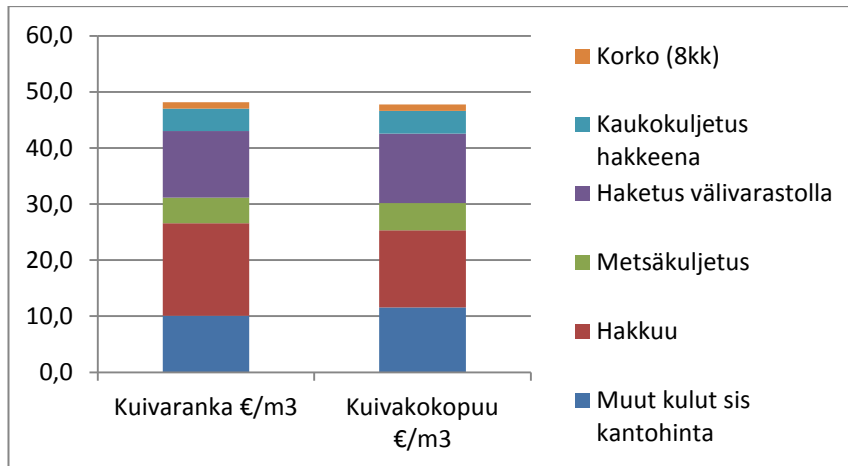
4.1 Käyttöpaikkahinta

Käyttöpaikkahinnat korjuumenetelmille laskettiin käyttämällä Metsäntutkimuslaitoksessa kehiteltyjä Excel-pohjaisia laskentaohjelmia, jotka ovat rankahakkeen kustannuslaskentaohjelma (Laitila 2005) sekä kokopuuhakkeen kustannuslaskentaohjelma (Laitila 2004). Syöttötietoina ohjelmissa olivat esimerkiksi puuston koko (dm^3), hakkuukertymä, puustolajisuhteet sekä eri korjuukustannustekijöitä.

Työssä käytetyt hintatiedot ovat vuodelta 2012. Tiedot kerättiin luottamuksellisesti alan yrittäjiltä, ja ne on esitetty liitteissä 8 ja 9. Kustannuslaskentaohjelmien avulla saatiin koko- ja rankapuuhakkeelle taulukossa 3 esitetyt käyttöpaikkahinnat. Kuviossa 2. esitetään käyttöpaikkahinnan muodostuminen.

Taulukko 3. Kustannustekijät ja käyttöpaikkahinta

	Kuivaranka €/m ³	Kuivakokopuu €/m ³
Muut kulut sisältäen kantohinnan	10,1	11,6
Hakkuu	16,5	13,7
Metsäkuljetus	4,6	4,9
Haketus välivarastolla	11,9	12,4
Kaukokuljetus hakkeena	4,0	4,0
Korko (8kk)	1,1	1,1
Käyttöpaikkahinta	48,2	47,8

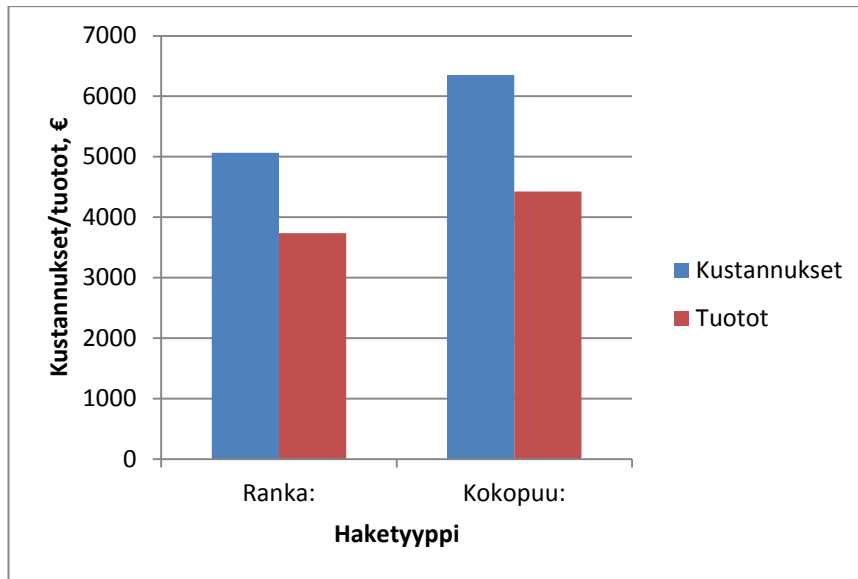


Kuvio 3. Käyttöpaikkahinnan muodostuminen

Esimerkkimetsikössä rankapuuhakkeen käyttöpaikkahinta on 0,4 € kalliimpaa kiintokuutiometriä kohti, kun käytetään edellä mainittuja leimikko- ja hintatietoja (LIITTEET 4, 5, 8 ja 9). Suurin ero kustannustekijöiden välillä tuli hakkuussa. Hakkuun hinta rangalla on 16,5 €/m³, kun kokopuulla se on vain 13,7 €/m³. Rangan hakkuu on noin 20 % kalliimpaa kuin kokopuun hakkuu. Pienin ero näiden kahden tavan välillä oli kaukokuljetuksessa jossa molempien menetelmien hinnaksi tuli 4 €/m³.

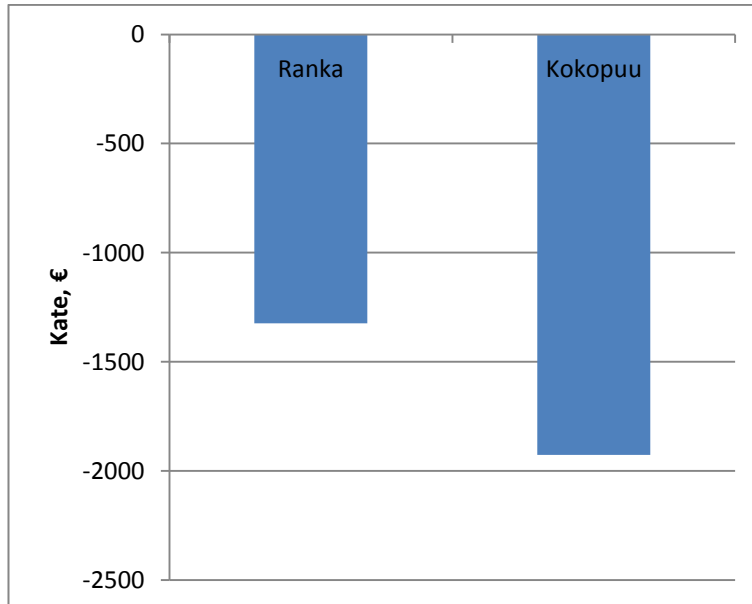
4.2 Tuotto ja kustannukset

Metsiköstä laskettiin siitä saatava kertymä hakkuutavoittain. Kertymä 2 ha:n alalta oli rankapuulla 105 m³ ja kokopuulla 133 m³. Kokopuuta tuli siis noin 27 % enemmän kuin rankapuuta. Hake myydään esimerkkilaskuissa lähialueen lämpölaitokselle (kaukokuljetusmatka 25 km) hintaan 17 €/MWh kokopuuhakkeelle ja 18 €/MWh rankapuuhakkeelle. Hinnat perustuvat Metsätehon tuloskalvosarjassa 2/2010 käytettyihin hintoihin. Liitteessä 9 on kustannusten ja tuottojen laskenta eritelty ja lähtöarvot esitelty. Kuviossa 4 esitetään hakkeesta saatavat tuotot sekä siitä aiheutuvat kustannukset. (metsäteho tuloskalvosarja 2/2010)



Kuvio 4. Kustannukset ja tuotot.

Rankahakkeen kustannukset olivat 5062,7 € ja tuotot 3738,3 €. Vastaavasti kokopuuhakkeen kustannukset olivat 6350,9 € ja tuotot 4425,0 €. Tuotto kuutiometriä kohti rankahakkeella on puolestaan 35,6 €/m³ ja kokopuuhakkeella 33,3 €/m³.



Kuvio 5. Kate haketyypeille

Kate laskettiin vähentämällä saaduista tuotoista niihin kohdistuvat kustannukset. Katteeksi rankapuuhakkeelle saatiin -1324,4 € ja kokopuuhakkeelle -1925,9 €. Kate on molemmissa tapauksissa negatiivista eli toiminta tuottaa käytetyillä

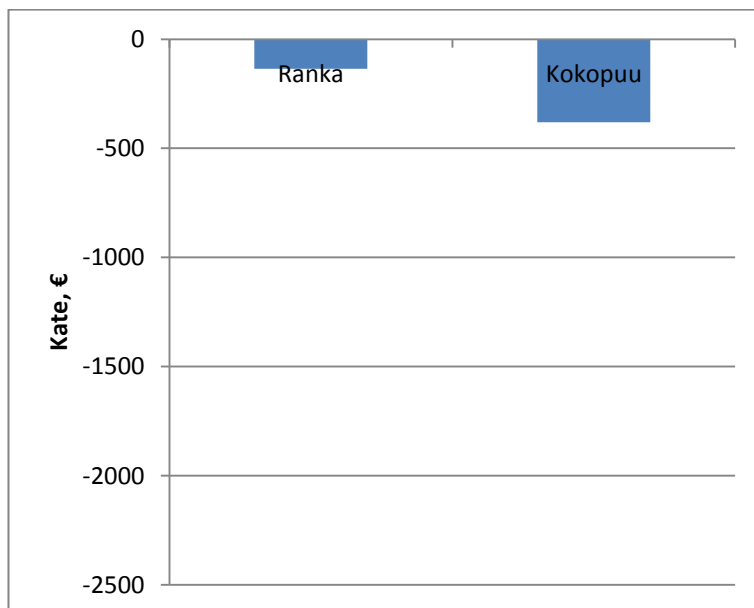
arvoilla tappiota. Tappiota kuutiometriä kohti kertyi rankahakkeella $-12,6 \text{ €/m}^3$ ja kokopuuhakkeelle $-14,5 \text{ €/m}^3$.

Edellä olevissa laskelmissa ei valtiontukea nuoren metsän hoidolle, korjuulle ja haketukselle ole vielä otettu huomioon.

4.3 Kemera

Tuki energiapuunkorjuulle on 7 €/m^3 ja haketukselle $1,7 \text{ €/irto-m}^3$. Rankahakkeella tuen määräksi laskettiin $11,3 \text{ €/m}^3$ ja kokopuuhakkeelle $11,6 \text{ €/m}^3$. Tuen yhteenlaskettu määrä esimerkkialueella rankahakkeelle on $1188,5 \text{ €}$ ja kokopuuhakkeelle se on $1545,25 \text{ €}$. (Koistinen 2011)

Kate muodostuu Kuvion 6 osoittamalla tavalla, kun tuet otetaan huomioon kustannuslaskennassa.



Kuvio 6. Kate haketyypeille, kun Kemera-tuet lisätty.

Katteeksi KEMERAlla muodostuu rankahakkeelle $-135,9 \text{ €}$ ja kokopuuhakkeelle $-380,6 \text{ €}$. Toiminta tuottaa siis edelleen tappiota tuista huolimatta. Kate kiintokuutiometriä kohti on rankahakkeella $-1,3 \text{ €/m}^3$ ja kokopuulla $-2,9 \text{ €/m}^3$.

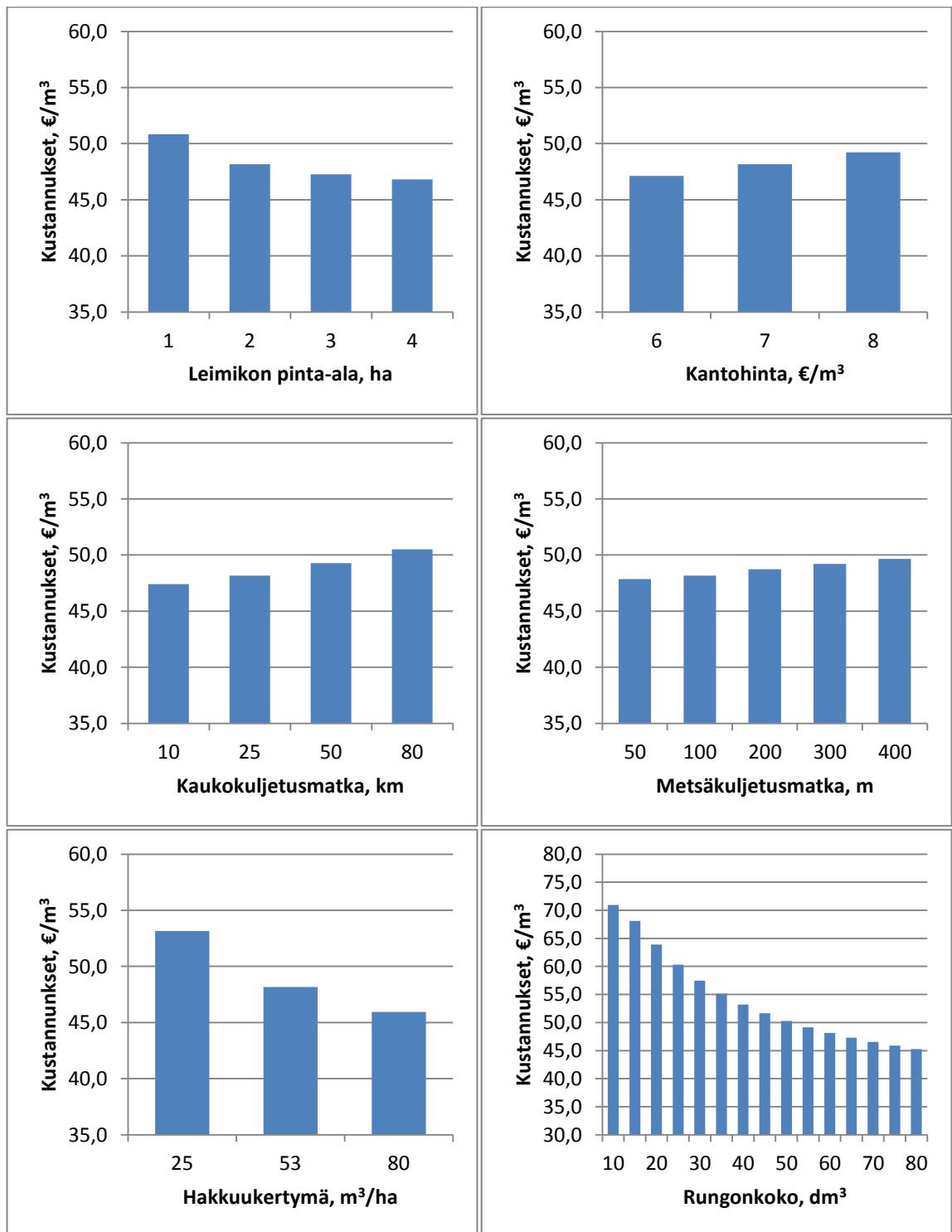
Pinta-alatuki tukilaskelmissa kohdistettiin maanomistajalle. Hakkuu- ja haketustuki puolestaan laskettiin hankintakaupan ostavalle osapuolelle.

4.4 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysillä pyritään selvittämään eri kustannustekijöiden muutosten vaikutusta hakkeen käyttöpaikkahintaan. Yhtä kustannustekijää muutetaan muiden pysyessä vakiona. (Lauhanen & Laurila 2007, 53.) Tällä toimenpiteellä saadaan selville ne kustannustekijät, jotka vaikuttavat eniten käyttöpaikkahinnan muodostumiseen. Leimikon pinta-ala, kantohinta, kaukokuljetusmatka, metsäkuljetusmatka, hakkuukertymä sekä rungonkeskikoko olivat tutkittavia muuttujia. Analyysillä saatavaa tietoa voidaan käyttää hyväksi päätettäessä korjuumenetelmää erityyppisille ja -kokoisille metsiköille.

Tutkimusleimikossa pinta-ala oli 2,0 hehtaaria, kantohinta rankapuulle 7 €/m³, kokopuulle 8 €/m³, kaukokuljetusmatka 25 km, metsäkuljetusmatka 100 m, rankapuun hakkuukertymä 53 m³/ha, kokopuulle 70 m³/ha ja rungon keskikoko ranka- ja kokopuulle 60 dm³ 77 dm³.

4.4.1 Rankahake

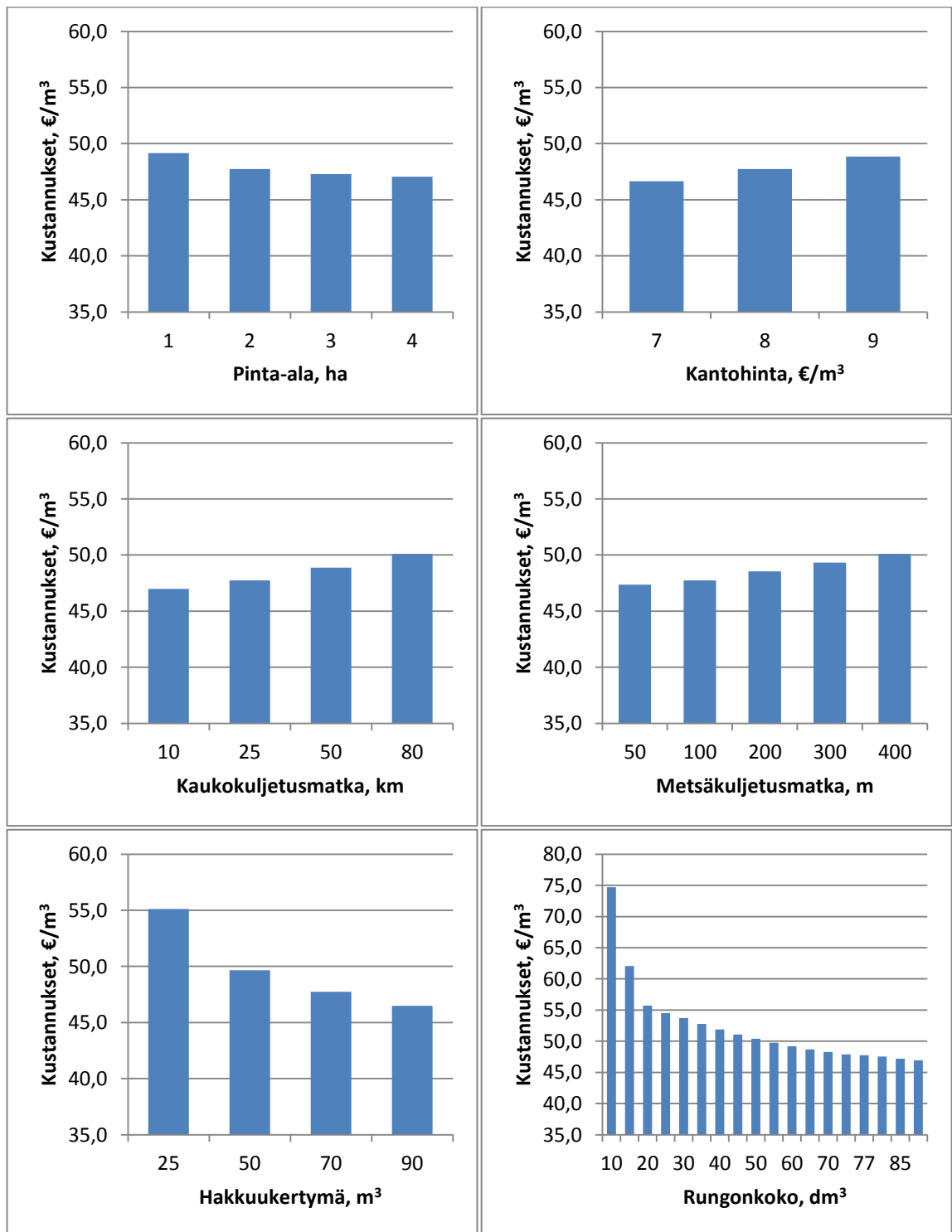


Kuvio 7. Herkkyysanalyysi rankahakkeen kustannustekijöille.

Kuviossa 7 on esitetty herkkyysanalyysin tulokset rankahakkeelle. Pinta-alan muutokset yhdestä hehtaarista neljään hehtaariin muuttivat käyttöpaikkahintaa

50,8 €/m³:sta 46,8 €/m³:iin. Kantohinnan vaihtuessa välillä 6 - 8 €/m³ muuttuivat kustannukset 47,1 €/m³:sta 49,2 €/m³:iin. Kaukokuljetusmatkan kasvaessa 10 kilometristä 80 kilometriin kustannukset nousivat vastaavasti 47,4 €/m³:sta 50,5 €/m³:iin. Metsäkuljetusmatkan lyhentyessä 400 metristä 50 metriin laskivat kustannukset 49,7 €/m³:sta 47,9 €/m³:iin. Hakkuukertymän kasvu 25 m³:stä 80 m³:iin laski kustannuksia 53,2 €/m³:stä 45,9 €/m³:iin. Rungon keskikoon vaihtelu vaikutti analysoitavista kustannustekijöistä eniten korjuu- ja hankintakustannuksiin. Rungon keskikoon ollessa 10 dm³ olivat kustannukset 71,0 €/m³ ja rungon keskikoon noustessa 80 dm³:iin olivat kustannukset 45,3 €/m³.

4.4.2 Kokopuuhake



Kuvio 8. Herkkyysanalyysi kokopuuhakkeen kustannustekijöille.

Kokopuuhakkeen herkkyysanalyysissä pinta-alan pienentyminen 1 hehtaariin nosti kokonaiskustannuksia 49,2 €/m³:iin. Leimikon pinta-alan kasvu 4 hehtaariin

puolestaan laski kustannukset 47,0 €/m³:iin. Kantohinnan vaihtelu välillä 7 - 9 €/m³ puolestaan muutti kustannuksia 46,7 €/m³:sta 48,8 €/m³:iin. Kaukokuljetusmatka 10 kilometrin etäisyydelle oli 47,0 €/m³ ja matkalla 80 kilometriä kustannukset olivat 50,1€/m³. Metsäkuljetusmatkan ollessa 50 m olivat kustannukset 47,4 €/m³ ja matkan ollessa 400 m ne olivat 50,1 €/m³. Hakkuukertymän noustessa 25 m³:sta 90 m³:in laskivat kustannukset 55,1 €/m³:sta 46,5 €/m³:in. Myös kokopuuhakkeen kustannuksiin vaikutti eniten puuston keskikoko. Keskikoon ollessa 10 dm³ olivat kustannukset 74,7 €/m³. Keskikoon noustessa 90 dm³:iin laskivat kustannukset 46,9 €/m³:iin. Yllä mainitut tiedot on esitetty Kuviossa 8.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA

Edellä laskettuja kustannuksia vertaamalla voidaan todeta, että rankapuuhakkeen valmistus on kalliimpaa kuin kokopuuhakkeen valmistus. Kustannus kiintokuutiota kohti on rankahakkeella 48,2 € ja kokopuuhakkeella 47,8 €. Syynä kustannuseroihin on rangan hakkuun korkeampi kustannus, joka on 16,5 €/m³, kun se kokopuuhakkuulla on vain 13,7 €/m³.

Rankapuun korjuu on silti kilpailukykyinen, sillä rangan metsäkuljetus ja haketus ovat kokopuun vastaavia kustannuksia alempia. Metsäkuljetus rangalle maksoi 4,6 €/m³ ja kokopuulla se oli 4,9 €/m³. Haketus välivarastolla oli rangalla 0,5 €/m³ halvempaa kuin kokopuun haketus. Lisäksi leimikon pinta-alan noustessa voidaan olettaa, että myös kaukokuljetusten määrä kokopuulla tulee olemaan korkeampi, koska oksien tuoma lisä hakkeenmäärään nostaa kuljetuksen tarvetta. Rankapuun korjuu soveltuu myös vähäravinteisemmille metsätyypeille. Oksien jäädessä metsään ei hakkuualalta katoa ravinteita, vaan hakkuutähde maatuu luovuttaen siihen sitoutuneet ravinteet kasvamaan jääville puille. Kokopuun korjuu ei puolestaan sovellu kaikille metsätyypeille, sillä korjuumenetelmässä myös oksat korjataan talteen eivätkä ravinteet päädy leimikon maaperään.

Rankapuuta saatiin vähemmän tutkittavalta kuviolta kuin kokopuuta. Rankapuun hakkuukertymä oli tuoreena 106 m³. Vastaavasti kokopuun kertymä oli tuoreena 140 m³. Oksien määrä koko kuviolla on siis noin 34 m³.

Tutkimusmetsikössä tehty hakkuu jäi katteeltaan negatiiviseksi. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että hakkuita ei kannattaisi tehdä, ellei jokin kustannustekijä tai puusta saatava tuotto muutu. Valtion tuet nostivat hieman katteen määrää, mutta tulos jäi silti negatiiviseksi. Kantohinnan laskeminen parantaisi hakeketjujen kannattavuutta ja mahdollistaisi hakkeen tuottamisen.

Ilman nuoren metsän hoitoon saatavia tukia toiminta olisi niin tappiollista, että se ei kannattaisi laisinkaan. Kustannustekijät ovat liian korkeat pienikokoiselle puulle, jotta sitä kannattaisi ilman tukia korjata.

Metsähakkeesta ja -murskeesta maksettava keskiarvo on Suomessa noin 18,49 €/MWh. (Suomen virallinen tilasto 2012) Kun verrataan hakkeesta maksettavaa keskihintaa sen kustannuksiin, jotka tutkimusmetsikössä olivat rankahakkeella 24,4 €/MWh ja kokopuuhakkeella 24,4 €/MWh, voidaan todeta että, kustannukset ovat huomattavasti suuremmat.

Mikäli kate jää negatiiviseksi hakkuuketjulla, tarkoittaa se käytännössä sitä, että metsänomistajalle maksettavaa kantohintaa lasketaan niin paljon, että kate nousee vähintään nollassa. Tutkimusmetsikön tapauksessa maksettiin metsänomistajalle 7 €/m³ rankapuusta ja 8 €/m³ kokopuusta. Tuloksi metsänomistaja sai näillä hinnoilla rankapuulle 1247,0 € ja kokopuulle 1625,0 €. Jos näitä kantohintoja lasketaan 1,3 €/m³ ja 2,9 €/m³ saadaan kate nousemaan lähelle nolaa. Liitteessä 10 on laskettu metsänomistajalle tuleva hyöty sekä 7 ja 8 €/m³:n hinnoilla että alennetulla kantohinnalla 5,7 €/m³ ja 5,1 €/m³. Kemera-tuista pinta-alatuki kohdennetaan metsänomistajalle. Metsänomistaja saisi pystykaupalla myydessään alennetuilla kantohinnoilla tuloksi rankapuulle 1109,2 € ja kokopuulle 1219,0 € koko 2 hehtaarin alalta. Näillä kantohinnoilla ja tuet mukaan laskettuina tulee toiminnan katteeksi n. 0 euroa.

Laskentatulokset ovat päteviä annetuilla vuoden 2012 arvoilla. Jokainen energiapuuyrittäjä tekee omat kustannus- ja kannattavuuslaskelmansa vastaten omista päätöksistään. Lisäksi jokaisella yrittäjällä on omat kannattavuustavoitteensa ja päätöksentekokriteerinsä.

Suomen metsissä on energiapuuksi kelpavaa materiaalia. Sitä ei kuitenkaan korjata, koska korjuukustannukset ovat liian korkeat ja energiapuusta saatava tuotto liian matala. Tulevaisuudessa olisikin hyvä kehittää jokin kustannustehokas keino, jolla pystyttäisiin tuottamaan hintaluokaltaan kilpailukykyistä energiaa. Muiden energiamuotojen, esimerkiksi öljyn ja kivihiihen hinnan nousu voi tehdä energiapuunkorjuusta kannattavampaa. Tavallisilta harvennushakkuilta voitaisiin kerätä energiapuuta, mikäli työstä aiheutuvat kustannukset pysyvät riittävän alhaalla. Energiapuunkorjuu tulisikin integroida osaksi normaaleja hakkuumenetelmiä.

Jatkotutkimusta voidaan tehdä ottamalla kolmanneksi tutkittavaksi korjuumenetelmäksi integroidun hakkuun. Lisäksi olisi hyvä tehdä eri hakkuuketjujen ja korjuutapojen vertailua, kuten kuinka metsuri pärjäisi vertailussa energiapuuharvennuksella.

Koemetsän arvioinnissa saattoi maaston lumisuus aiheuttaa kertautuvaa mittavirhettä. Lumen ollessa puun juurella ei läpimitan mittaamisessa käytetyn kaulaimen apuvartta aina varmuudella saanut puun tyvelle. Puiden latvukset olivat osittain lumiset, mikä vaikeutti hypsometrin käyttöä. Mahdollisilta virheiltä olisi voitu välttyä, jos mittaukset olisi tehty lumettomassa metsässä.

LÄHTEET

Auvinen, P. 1997. Metsänmittaus. Helsinki: Opetushallitus.

Heikkilä, J. 2005. Karsittuna vai kokopuuna? Loimaa: Priimus paino Oy.
Työtehoseuran metsätiedote 683.

Koistinen, A. Päivitetty 23.12.2011. Tukilaskuri - nuoren metsän hoito.
[Verkkosivu]. Tapio. [Viitattu 17.4.2012]. Saatavana:
http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/metsat/hankkeet_tyoryhmat/lainsaadantohankeet_0/pienpuunenergiatuki.html

Koistinen, A. Päivitetty 21.2.2012. Energiapuun korjuu. [Verkkosivu]. Tapio.
[Viitattu 17.4.2012]. Saatavana:
http://www.metsavastaa.net/energiapuun_korjuu

Kyytsönen, J. 2012. Uusiutuvan energian tavoite vaatii puuhakkeen tuplaamisen.
Maaseudun tulevaisuus 48, 5.

Kärhä, K., Mutikainen, A., Keskinen, S. & Petty, A. 2010. Integroidusti vai erilliskorjuuna koko- vai rankapuuna? Metsätehon tulosalvosarja 2/2010.

Laitila, J. 2004. Kokopuuhakkeen kustannuslaskentaohjelma. Joensuun tutkimuskeskus. Metsäntutkimuslaitos.

Laitila, J. 2005. Rankapuuhakkeen kustannuslaskentaohjelma. Joensuun tutkimuskeskus. Metsäntutkimuslaitos.

Lauhanen, R. & Laurila J. 2007. Bioenergian hankintalogistiikka: tapaustutkimuksia Etelä-Pohjanmaalta. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Mutikainen, A. & Rieppo, K. 2011. Kuitu- ja energiapuun korjuu karsittuna ja karsimattomana. Vaasa: Oy Fram Ab. Työtehoseuran metsätiedote 748.

Sauvula-Seppälä, T., Ulander, E. & Tasanen, T. 2009. Kehittyvä metsäenergia: Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 46.

Suomen virallinen tilasto (SVT) Päivitetty 25.01.2012. Puun energiakäyttö [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos [viitattu: 20.4.2012]. Saatavana MetInfo tilastopalvelun-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Tapio, 2008. Tapion taskukirja. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

Tapio, 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset: energiapuun korjuu ja kasvatus.
Sastamala: Metsäkustannus Oy.

LIITTEET

LIITE 1. Kartta tutkimusmetsiköstä

LIITE 2. Koealamittaukset

LIITE 3. Kokopuun oksat

LIITE 4. Leimikko- ja varastointitiedot rankapuu

LIITE 5. Leimikko- ja varastointitiedot kokopuu

LIITE 6. Kustannuslaskuri ranka

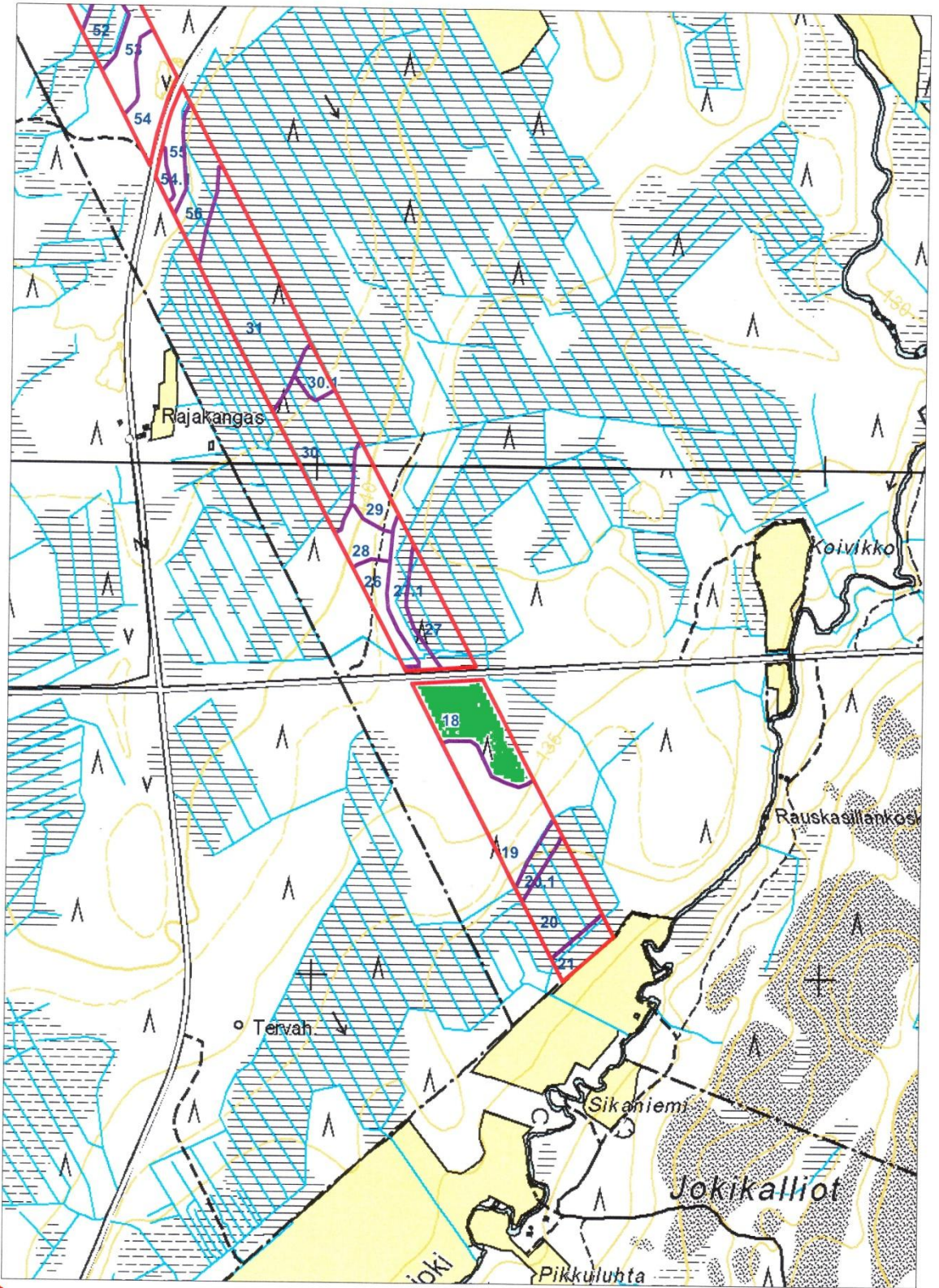
LIITE 7. Kustannuslaskuri kokopuu

LIITE 8. Rankahake kustannustekijät

LIITE 9. Kokopuuhake kustannustekijät

LIITE 10. Pystykauppatulo metsänomistaja

LIITE 1.



LIITE 3.

Koeala pinta-ala 700,14 m ²	jäävä runkoluku 1243	Näslund a 0,994396	Tiedot ForestCalc:sta
		b 0,24027 korjauskerr	1,005312

kuivatuore tiheys 385 kg/m³

Laskelmat perustuvat Biomassamalliin (Marklund 1988) Tapion taskukirja s.283

Sekä Näslundin pituus funktioon

Elävät oksat neulasineen = $\exp(13,3955*(d/(d+10)) - 1,1955*\ln(h) - 2,54139)$

Näslundin pituus funktio

d = puun läpimitta

$$h = 1,3 + d^2 / (a + b * d)^2$$

h = puun pituus

a ja b = koepuuaineiston perusteel

d = puun läpimitta

h = puun pituus

Kuolleet oksat neulasineen = $\exp(7,1270*(d/(d+10)) - 0,0465*h + 1,1060*\ln(h) - 5,8926)$

d = puun läpimitta

h = puun pituus

yksittäinen puu	Läpimittaluokka	Läpimittaluokka	Molemmat yhteensä
Elävät oksa	Kuolleet ok	Elävät oksat ja neulasel	Kuolleet oksat ja neulasel

Poistuvan kokopuun olmänty

d,13	kpl	h (m)	ln(h)	iva-aine kg	iva-aine kg	iva-aine kg	m ³	iva-aine kg	m ³	kuiva-aine	m ³
5	24	6,485315	1,86954	0,73259	0,173637	17,58216	0,045668	4,167286	0,010824	21,74945	0,056492
6	14	7,366546	1,996949	1,099285	0,258233	15,38999	0,039974	3,615259	0,00939	19,00525	0,049364
7	14	8,141168	2,096934	1,596175	0,361567	22,34645	0,058043	5,061934	0,013148	27,40838	0,071191
8	12	8,823821	2,177455	2,245904	0,483315	26,95085	0,070002	5,799779	0,015064	32,75063	0,085067
9	10	9,427984	2,243682	3,069807	0,622793	30,69807	0,079735	6,227929	0,016176	36,926	0,095912
10	2	9,965296	2,299109	4,087222	0,779056	8,174444	0,021232	1,558112	0,004047	9,732557	0,025279
11	6	10,44556	2,346177	5,315014	0,950986	31,89008	0,082831	5,705915	0,014821	37,596	0,097652
12	0	10,87695	2,386646	6,76729	1,137357	0	0	0	0	0	0
13	5	11,26627	2,421814	8,455282	1,336893	42,27641	0,109809	6,684467	0,017362	48,96088	0,127171
14	4	11,61919	2,452658	10,38736	1,54831	41,54942	0,107921	6,19324	0,016086	47,74266	0,124007
15	4	11,94043	2,47993	12,56912	1,770342	50,2765	0,130588	7,081368	0,018393	57,35787	0,148981
16	2	12,23399	2,504218	15,00363	2,001768	30,00725	0,077941	4,003536	0,010399	34,01079	0,08834
17	0	12,50322	2,525986	17,69156	2,241424	0	0	0	0	0	0
18	1	12,75097	2,545607	20,63151	2,488212	20,63151	0,053588	2,488212	0,006463	23,11973	0,060051
19	1	12,97967	2,563384	23,82025	2,741108	23,82025	0,061871	2,741108	0,00712	26,56136	0,068991
20	0	13,19141	2,579566	27,25296	2,999161	0	0	0	0	0	0
21	0	13,38799	2,594358	30,92349	3,261497	0	0	0	0	0	0
22	1	13,57096	2,607932	34,82458	3,527311	34,82458	0,090453	3,527311	0,009162	38,35189	0,099615
										461,2734	1,198113 yhteensä

kokopuuoksa per hehtaari

17,11248 m³/ha

Kokopuuta hehtaarilla = rankapuun määrä /hehtaari + oksienmäärä(elävät+kuolleet)/ hehtaari

rankapuuta oksia hehta yhteensä

52,8 17,1 69,91 m³/ha

LIITE 4.

Työmaan pinta-ala, ha	2
Metsäkuljetusmatka, m	100
Kaukokuljetusmatka välivarastolta terminaaliin, km	25
Kaukokuljetusmatka terminaalista käyttäjälle, km	0
Kaukokuljetusmatka välivarastolta suoraan käyttäjälle, km	25
Rankapuukertymä, m ³ /ha	53
Männyn osuus kertymästä, %	100 %
Kuusen osuus kertymästä, %	
Koivun osuus kertymästä, %	
Muiden puulajien osuus kertymästä, %	
Rankapuun keskikoko työmaalla, dm ³	60
Rangan kosteus tuoreena, %	50 %
Rankapuun kosteus varastokuivana, %	30 %
Rangan varastointi/kuivumis hävikki, %	1 %
Rangan varastointiaika välivarastolla, kk	8
Rangan varastointiaika terminaalissa, kk	1
Sitoutuneen pääoman korko, %	6 %

LIITE 5.

Työmaan pinta-ala, ha	2
Metsäkuljetusmatka, m	100
Kaukokuljetusmatka välivarastolta terminaaliin, km	25
Kaukokuljetusmatka terminaalista käyttäjälle, km	0
Kaukokuljetusmatka välivarastolta suoraan käyttäjälle, km	25
Energiapuukertymä, m ³ /ha	70
Männyn osuus kertymästä, %	100 %
Kuusen osuus kertymästä, %	0
Koivun osuus kertymästä, %	0
Muiden puulajien osuus kertymästä, %	0
Kokopuun keskikoko työmaalla, dm ³	77
Energiapuun kosteus tuoreena, %	53 %
Energiapuun kosteus varastokuivana, %	35 %
Varastointi/kuivumis hävikki, %	5 %
Varastointiaika välivarastolla, kk	8
Varastointiaika terminaalissa, kk	1
Sitoutuneen pääoman korko, %	6 %

LIITE 6.

Rankahakkeen toimituksetjut: karsitun energiapuun konsellinen hakkuu joukkokäsittelymenetelmällä ja haketus joko välivarastolla tai terminaalilla

Muut kulut

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää		
Rankapuun kantohinta, €/m ³	7	0	7		
Organisaatiokulut, €/m ³	2	3	2		
Peittämiskustannus, €/m ³	1,0	0,9	1,0		
Muut kulut yht.	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	10,0	5,4	10,1	5,1	

Rangan hakkuu (Hakkuun tuottavuus perustuu TJ 745 ja Valmet 945 joukkokäsittelykourista tehtyihin aikatutkimuksiin, Heikkilä ym. 2005)

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää		
Hakkuukoneen tuntikustannus, €/h	100	81	100		
Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,30	1,30	1,30		
Hakkuukoneen siirtokustannus, €/kerta	90	81	90		
Rangan hakkuu	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	16,3	8,8	16,5	8,3	

Rangan metsäkuljetus (Tuottavuus perustuu pitkän kuitupuun metsäkuljetuksen tuottavuusfunktioihin harvennushakkuilla (Kuitto ym 1994))

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää		
Metsätraktorin kuormakoko, m ³	7,0	9,0	7,0		
Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,2	1,20	1,20		
Metsätraktorin tuntikustannus, €/h	55	60	55		
Metsä tr:n siirtokustannus €/kerta	90	60	90		
Metsäkuljetus	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	4,5	2,4	4,6	2,3	

Haketus välivarastolla tai terminaalilla

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää		
Vv-hakkurin tuottavuus, i-m ³ (irto) tunnissa	200	85	200		
Haketuskuostannus, €/m ³	10,0	5,3	10,0		
Haketuksen tuottavuuden lasku kuivalla rangalla	10 %	10 %	10 %		
Hakkurin siirtokustannus €/kerta	45	70	45		
Terminaalihaketus, €/m³ (kiinto)		3,5	3,5		
Haketuksen tuottavuuden lasku kuivalla rangalla		10 %	10 %		
Välivarastohaketus	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	10,4	5,6	11,9	6,0	
Terminaalihaketus	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	3,5	1,9	3,9	1,9	

Kaukokuljetus hakkeena

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää		
Kuormakoko, i-m ³ (irto)	120	110	120		
Kuormaus- ja purkukustannus, €/h	75	47	75		
Ajotuntikustannus, €/h	75	75	75		
Purkuaika, h	0,5	0,5	0,5		
Apu aika, h	0,3	0,3	0,3		
Rankapuun kaukokuljetus	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	3,9	2,1	4,0	2,0	
Rankapuun kaukokuljetus terminaaliiin	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	4,5	2,4	4,5	2,3	

Rankahakkeen käsittely terminaalissa ja kuljetus loppukäyttäjälle

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää		
Kuormauskustannus terminaalissa, €/m ³		0,8	0,8		
Kuormauksen tuottavuus, i-m ³ (irto) tunnissa		300	300		
Hakeauton kuormakoko, i-m ³ (irto)		110	110		
Hakeauton kuormaus- ja purkukustannus, €/h		52	52		
Hakeauton ajotuntikustannus, €/h		75	75		
Hakeauton purkuaika käyttöpaikalla		0,6	0,6		
Terminaalikustannus	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	0,8	0,4	0,8	0,4	
Kaukokuljetus terminaalista käyttäjälle	Tuore ranka, €/m³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m³	Kuiva ranka, €/MWh	
	#LUKUI	#LUKUI	#LUKUI	#LUKUI	

Käyttöpaikkakustannus yht.

	Tuore ranka, €/m ³	Tuore ranka, €/MWh	Kuiva ranka, €/m ³	Kuiva ranka, €/MWh
Haketus välivarastolla & suora toimitus käyttäjälle	45,1	24,3	48,2	24,4
Haketus terminaalilla & terminaalista jakelu käyttäjälle	#LUKUI	#LUKUI	#LUKUI	#LUKUI

LIITE 7.

Koneellinen kaatokasaus & metsäkuljetus

(Kaatokasauksen tuottavuudet perustuvat Timberjack 720 kerävän kaatopään tuottavuusfunktioihin)

Muut kulut

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Pienpuun kantohinta, €/m ³	8	0	8
Organisaatiokulut, €/m ³	2	3	2
Peittämiskustannus, €/m ³	1	0,9	1,0

	Tuore pienpuu, €/m ³	Tuore pienpuu, €/MWh	Varastoitu pienpuu, €/m ³	Varastoitu pienpuu, €/MWh
Muut kulut yht.	11,0	6,1	11,6	5,9

Kaatokasaus

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Kaato-kasauskoneen tuntikustannus, €/h	100	71	100
Käyttötunti/tehotunti kerroin	1	1,30	1,30
Kaato-kasauskoneen siirtokustannus, €/kerta	90	71	90

	Tuore pienpuu, €/m ³	Tuore pienpuu, €/MWh	Varastoitu pienpuu, €/m ³	Varastoitu pienpuu, €/MWh
Kaatokasaus	13,1	7,2	13,7	7,0

Metsäkuljetus

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Metsätraktorin kuormakoko, m ³	7	6,2	7,0
Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,2	1,20	1,20
Metsätraktorin tuntikustannus, €/h	55	60	55
Metsä tr:n siirtokustannus €/kerta	90	60	90

	Tuore pienpuu, €/m ³	Tuore pienpuu, €/MWh	Varastoitu pienpuu, €/m ³	Varastoitu pienpuu, €/MWh
Metsäkuljetus	4,6	2,6	4,9	2,5

Haketus välivarastolla tai käyttöpaikalla murskaus

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Vv-hakkurin tuottavuus, i-m ³ (irto)	200	85	200
Tuottavuuden lasku kuivalla kokopuulla	15 %	15 %	15 %
Haketuskustannus, €/m ³	10,8	5,3	10,8
Hakkurin siirtokustannus €/kerta	45	70	45

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Käyttöpaikkamurskaus, €/m ³ (kiinto)		2,0	2,0

	Tuore pienpuu, €/m ³	Tuore pienpuu, €/MWh	Varastoitu pienpuu, €/m ³	Varastoitu pienpuu, €/MWh
Välivarastohaketus	11,1	6,2	12,4	6,3
Käyttöpaikkamurskaus	2,0	1,1	2,0	1,0

Kaukokuljetus hakkeena

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Kuormakoko, i-m ³ (irto)	120	110	120
Kuormaus- ja purkukustannus, €/h	75	47	75
Ajotuntikustannus, €/h	75	72	75
Purkausaika, h	1	0,5	0,5
Apuaika, h	0	0,3	0,3

Kaukokuljetus kokopuuna

	Annettu arvo	Oletusarvo	Malli käyttää
Kuormakoko, m ³ (kiinto)		25	25
Kuormaus- ja purkukustannus, €/h		51	51
Ajotuntikustannus, €/h		77	77
Kuormausaika, h		1,0	1,0
Purkausaika, h		0,5	0,5
Apuaika, h		0,3	0,3

	Tuore pienpuu, €/m ³	Tuore pienpuu, €/MWh	Varastoitu pienpuu, €/m ³	Varastoitu pienpuu, €/MWh
Hakkeen kaukokuljetus	3,9	2,2	4,0	2,1
Kokopuun kaukokuljetus	7,0	3,9	7,0	3,6

KÄYTTÖPAIKKAKUSTANNUS YHT.

	Tuore pienpuu, €/m ³	Tuore pienpuu, €/MWh	Varastoitu pienpuu, €/m ³	Varastoitu pienpuu, €/MWh
Välivarastolla hakettettu	43,7	24,2	47,8	24,4
Käyttöpaikalla hakettettu	37,7	20,9	40,3	20,6

LIITE 8.

Rankahakkeen käyttöpaikkahinnan kustannustekijä-vakiot

Perustuvat lähialueen yrittäjien esittämiin arvioihin

Hintoihin ei sisälly arvonnisäveroa.

Kuutiot ovat kiintokuutioita ellei toisin mainita.

Muut kulut	Rankapuun kantohinta	7 e/m ³
	Organisaatiokulut	2 e/m ³
	Välivaraston peittelykustannus	1 e/m ³
Energiapuun hakkuu ja metsäkuljetus kustannukset	Rangan hakkuu	
	Tuntikustannus	100 e/h
	Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,3
	Siirtokustannus	90 e/kerta
	Rangan metsäkuljetus	
	Metsätraktorin kuormakoko	7 m ³
	Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,2
	Metsätraktorin tuntikustannus	55 e/h
	Metsätraktorin siirtokustannus	90 e/kerta
	Haketus välivarastolla	Välivarastohakkurin tuottavuus
Haketuskustannus		10 e/m ³
Tuottavuuden lasku kuivalla rangalla		10 %
Hakkurin siirtokustannus		45
Kaukokuljetus hakkeena	Kuormakoko	120 m ³
	Kuormaus- ja purkukustannus	75 e/h
	Ajotuntikustannus	75 e/h
	Purkuaika	0,5 h
	Apuaika	0,3 h

LIITE 9.

Kokopuuhakkeen käyttöpaikkahinnan kustannustekijä-vakiot

Perustuvat lähialueen yrittäjien esittämiin arvioihin

Hintoihin ei sisälly arvonlisäveroa.

Kuutiot ovat kiintokuutioita ellei toisin mainita.

Muut kulut	Kokopuun kantohinta	8 €/m ³
	Organisaatiokulut	2 €/m ³
	Välivaraston peittelykustannus	1 €/m ³
Energiapuun hakkuu ja metsäkuljetus kustannukset	Kokopuun hakkuu	
	Tuntikustannus	100 €/h
	Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,3
	Siirtokustannus	90 €/kerta
	Kokopuun metsäkuljetus	
	Metsätraktorin kuormakoko	7 m ³
	Käyttötunti/tehotunti kerroin	1,2
	Metsätraktorin tuntikustannus	55 €/h
	Metsätraktorin siirtokustannus	90 €/kerta
	Haketus välivarastolla	Välivarastohakkurin tuottavuus
Haketuskustannus		10,75 €/m ³
Tuottavuuden lasku kuivalla kokopuulla		15 %
Hakkurin siirtokustannus		45 €
Kaukokuljetus hakkeena	Kuormakoko	120 irtom ³
	Kuormaus- ja purkukustannus	75 €/h
	Ajotuntikustannus	75 €/h
	Purkuaika	0,5 h
	Apuaika	0,3 h

LIITE 10.

Metsänomistajan tulot

rankapuu

pystykauppa

pinta-ala, ha	kantohinta, €/m ³	hakkuukertymä, m ³	nuoren metsän hoit Tulo, €	
2	7	106	505	1247

kokopuu

pystykauppa

pinta-ala, ha	kantohinta, €/m ³	hakkuukertymä, m ³	nuoren metsän hoit , €	
2	8	140	505	1625

Metsänomistajan tulot kun kantohintaa on laskettu

rankapuu

pystykauppa

pinta-ala, ha	kantohinta, €/m ³	hakkuukertymä, m ³	nuoren metsän hoit Tulo, €	kate, €/m ³
2	5,7	106	505	1109,2
				-1,3

kokopuu

pystykauppa

pinta-ala, ha	kantohinta, €/m ³	hakkuukertymä, m ³	nuoren metsän hoit , €	kate, €/m ³
2	5,1	140	505	1219
				-2,9