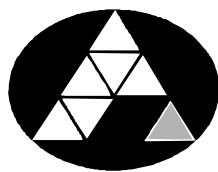


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Tapaninen Juha-Matti

BIOTERMINAALI HAKKEEN TUOTANTOKETJUSSA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2011
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie 12A
80100 JOENSUU
(013) 260 6906

Tekijä

Juha-Matti Tapaninen

Nimeke

Biotermiinaali hakkeen tuotantoketjussa

Toimeksiantaja

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Työ kuuluu Tekesin lähilämpöratkaisut matalaenergiarakentamisessa -hankkeeseen, joka kuuluu osana Kestävä yhdyskunta -ohjelmaa. Hankkeen tavoitteena on löytää ja kehittää aluerakentamisessa kustannustehokkaita rakentamiskonsepteja, liiketoimintamalleja sekä näitä tukevia suunnittelumenetelmiä ja työkaluja matalaenergiarakentamisen ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen mahdollisimman kattavasti.

Työssä selvitettiin biotermiinaalitoimintaa osana hakkeen hankintaketjua ja sen tuomia lisäarvoja hakepolttoaineen hankintaan sekä laatuun.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvalitatiivista tutkimusta, johon aineisto hankittiin lämpöyrittäjien teemahaastatteluilla sekä opintomatalla Itävaltaan. Haastatteluun valittiin keski-ikäisiä lämpöyrittäjiä ja Itävallassa haastateltiin bioenergia-alan asiantuntijoita.

Tutkimuksesta kävi ilmi, että lämpöyrittäjillä on useita hankintamenetelmiä riippuen yrityksen koosta että yritysmuodosta. Hakkeen laatuun oltiin osin tyytyväisiä, joskin parantamisen varaa oli. Biotermiinaalilla voidaan vaikuttaa hakkeen laatuun, toimitusketjun varmuuteen, tehostaa hakkeen tuotantoketjua sekä lisätä puuenergian käyttöä.

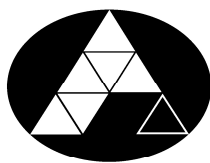
Kieli
suomi

Sivuja
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

48

Asiasanat

metsäenergia, metsähake, biotermiinaali



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
April 2011
Degree Programme in Forestry
Sirkkalantie 12 A2
FIN 80100 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6900

Author

Juha-Matti Tapaninen

Title

Bioenergy Terminal in the Production Chain of Wood Chips

Commissioned by

North Karelia University of Applied Sciences

Abstract

The client of this thesis was North Karelia University of Applied Sciences. The thesis was part of Tekes project, which is part of the Sustainable Society program. The aim of this study was to find and develop cost-effective building concepts in regional construction, new business models, as well as planning methods and tools that support the construction of low-energy and renewable energy sources as comprehensively as possible.

In this thesis, the bioenergy terminal operations were analysed as part of the woodchip supply chain and what value added applications it contributes to chip-fuel supply and quality.

The research method used was a quantitative study. The research material was gathered through a focused interview for heat entrepreneurs and also, an excursion to Austria was made. The entrepreneurs selected for the interview represented medium size companies, and in Austria, bioenergy professionals were also interviewed.

The results of this study showed that heat entrepreneurs have several supply methods, depending on the size of the company and the form of business. The entrepreneurs were partly satisfied with woodchip quality, although there was room for improvement. With the bioenergy terminal, one is able to affect woodchip quality and supply reliability, improve the chip production chain and increase the use of renewable wood as raw material.

Language
Finnish

Pages 48
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords

Forest energy, wood chips, bioenergy terminal

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ ABSSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	METSAENERGIA	7
2.1	Energialähteet Suomessa.....	7
2.2	Puu energian lähteenä.....	9
2.3	Kilpailukyky	10
3	METSÄHAKE.....	10
3.1	Metsähakkeen käyttö.....	11
3.2	Metsähakkeen tuotantotuet.....	11
3.3	Metsähakkeen tulevaisuuden tavoitteet	12
3.4	Hakkeen raaka-aine.....	13
3.5	Hake polttoaineena.....	15
3.5.1	Puun palaminen ja päästöt.....	15
3.5.2	Lämpöarvo	16
3.5.3	Energiatiheys.....	16
4	METSÄHAKKEEN TUOTANTO.....	17
4.1	Toimitusketjut.....	17
4.2	Laatu.....	19
4.2.1	Kosteus	20
4.2.2	Kosteuden vaikutus haketusketjun tuottavuuteen	21
4.2.3	Palakoko	22
4.3	Metsähakkeen kuljetus	23
4.4	Varastointi.....	24
4.5	Terminaalivarastointi.....	25
4.6	Biotermiinali	27
4.7	Bioenergia-alan yritykset.....	27
5	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TEHTÄVÄ	28
5.1	Tarkoitus ja tehtävä.....	28
5.2	Hanke ja toimeksiantaja.....	29
6	OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄLLISET VALINNAT	29
6.1	Luotettavuus ja eettisyys.....	30
6.2	Tutkimuksen toteutus.....	30
6.3	Haastatellut yritykset.....	31
6.4	Haastattelujen aihealueet	32
7	TUTKIMUKSEN TULOKSET	33
7.1	Haastateltujen yritysmuoto.....	33
7.2	Hakkeen hankinta	33
7.3	Hakkeen laatu.....	35
7.4	Hakkeen varastointi	37
7.5	Biotermiinalitoiminta.....	38
7.6	Markkinat ja tarve parempilaatuiselle hakkeelle.....	42
8	POHDINTA	42
8.1	Tuloksien pohdinta.....	42
8.2	Lisätutkimuksen tarve	44
8.3	Oman työn arviointi.....	44
	LÄHTEET	46

LIITE

Haastattelulomake

1 JOHDANTO

Kansainvälisillä ilmastotalkoilla pyritään vähentämään teollisuusmaiden hiilidioksidipäästöjä. Suurin päästöjen aiheuttaja on energiasektori. Päästöt ovat nousseet koko teollistumisen kasvun ajan energiantarpeen kasvun myötä. Myös elintason kohoaminen maapallolla on näkynyt energiankulutuksessa. Kasvihuonekaasupäästöt ovat nykyään korkeammat kuin koskaan.

Energiankulutuksen vähentäminen ei liene mahdollista päästöjen vähentämiseksi, koska kulutus kasvaa tasaisesti maailmalla. Sen sijaan energiantuotantoon on keksittävä uusia vähäpäästöisempiä ratkaisuja. Tuotantoon käytettäviä fossiilisia polttoaineita olisi korvattava uusiutuvalla päästöttömällä bioenergialla.

Metsäisessä Suomessa on luontevaa lisätä metsäenergian käyttöä. Vahva metsäosaaminen tehokkaine metsäklustereineen luo hyvät lähtökohdat Suomen ilmastopolitiikalle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tähän mennessä olemme pystyneetkin vähentämään päästöjä tavoitteiden mukaan.

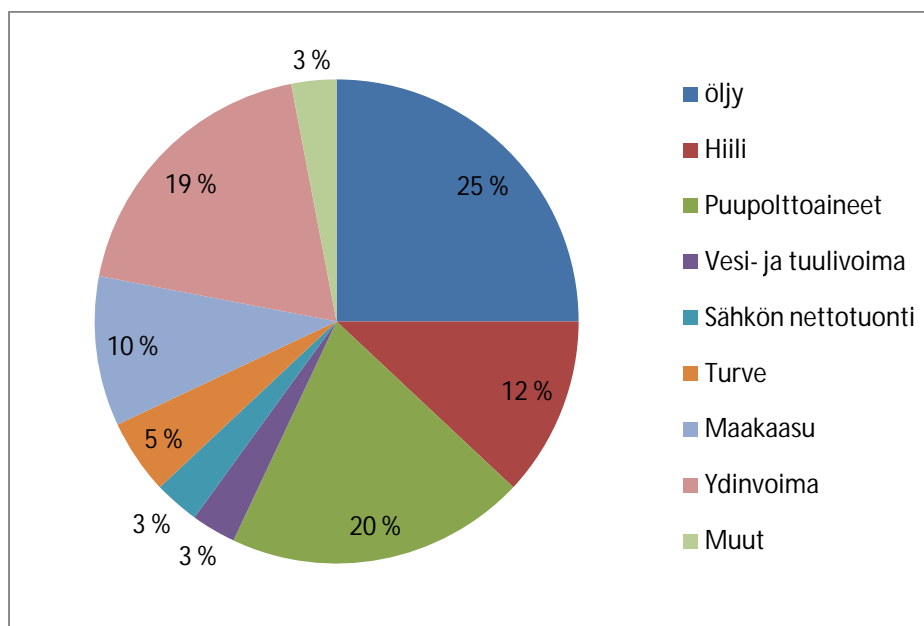
Tässä työssä tutkittiin lämpöyrittäjien polttoainehuoltoa. Tavoitteena oli selvittää bioterminaalitoiminnan tuomia lisäarvoja hakepolttoaineen laatuun sekä hankintaketjuun

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Työ kuuluu Tekesin lähilämpöratkaisut matalaenergiarakentamisessa –hankkeeseen, jonka tavoitteisiin kuuluu uusiutuvan energian käytön hyödyntäminen aluerakentamisessa. (Puhakka 2010.)

2 METSÄENERGIA

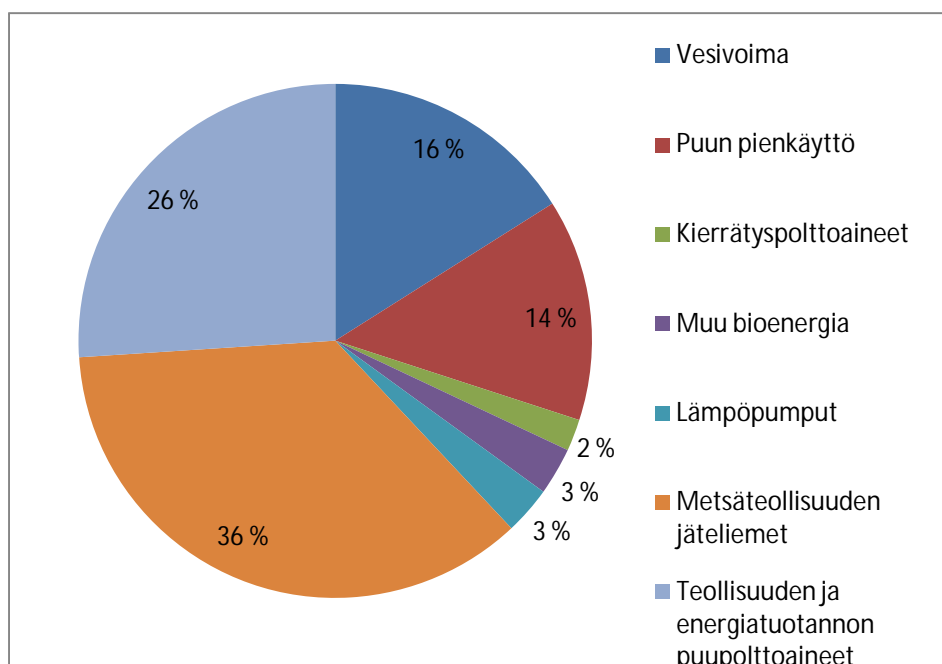
2.1 Energialähteet Suomessa

Suomessa energian kulutus koostuu useista energialähteistä. Tämä tuo varmuutta ja lisää kilpailukykyä. Energian kokonaiskulutus vuonna 2009 oli 31,8 Mtoe. (Tilastokeskus 2009.)



Kuvio 1. Energian lähteet Suomessa 2009. (Tilastokeskus 2009)

Kuvassa 1 Suomen energiatuotannossa käytettävät primäärienergianlähteet. Puupolttoaineet ovat toiseksi suurin energianlähteemme 20 %:n osuudella. Turve on myös tärkeitä energialähteitämme 5 prosentin osuudella.



Kuvio 2. Uusiutuvien energiamuotojen osuudet Suomessa vuonna 2008. (Tilastokeskus 2008.)

Vuonna 2008 uusiutuvien energialähteiden osuus oli 28 %. Vuoteen 2009 käyttö laski 26 prosenttiin johtuen lähinnä metsäteollisuuden tuotannon supistumisesta. Samalla metsähakkeen käyttö puolitoistakertaistui. Puun osuus uusiutuvista energialähteistä on 77 %. (Tilastokeskus 2009.)

Suomi on asukasta kohden energiankulutuksen kärkimaita maailmassa. Tähän vaikuttavat kylmä ilmasto, pitkät etäisyydet sekä kuluttava teollisuus. Suomi on ollut riippuvainen metsävaroistaan teollistumisen ohella myös energian tuotannossa muita teollisuusmaita pidempään. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, ettei fossiilisia polttoaineita löydy luonnonvaroistamme. (Hakkila 2004, 1.)

Runsaat metsävarat sekä vahva metsäteollisuus luovat hyvät puitteet Suomelle nykyajan ilmasto- ja energiapolitiikassa. Uusiutuvia päästöttömiä energiamuotoja pyritään lisäämään teollisuusmaissa päästöjen pienentämiseksi. Kansainväliset ilmastopoliittiset sopimukset asettavat tavoitteita hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Vuonna 1995 solmittiin Kioton sopimus, jossa teollisuusmaita vaaditaan vähentämään hiilidioksidipäästöjään vuoden 1990 tasosta vuoteen

2012 mennessä 5 %. (VNS 2009, 27). Suomen päästöt ovat laskeneet sopimusten edellyttämälle tasolle vuonna 2009. Toisaalta kasvihuonepäästöt ovat nyt maailmalla korkeammat kuin koskaan aikaisemmin. (Tilastokeskus 2009.)

2.2 Puu energian lähteenä

Puu on merkittävä energian lähde Suomessa. Sitä voidaan hyödyntää sähkön sekä lämmöntuotantoon. Puupolttoaineille on olemassa hyviä ratkaisuja omakotitalon lämmityslaitteistosta suuriin voimalaitoksiin. Vuonna 2009 lämpö- ja voimalaitokset käyttivät 13,5 miljoonaa kiintokuutiometriä kiinteitä puupolttoaineita. (Metsäntutkimuslaitos 2010.)

Puuperäisiin polttoaineisiin lukeutuu kaikki puu- ja kuoriaineksesta peräisin olevat polttoaineet. Ne ovat uusiutuvaa hiilidioksidineutraalia polttoainetta mikä vapauttaa ne hiiliperusteisista veroista lämmöntuotannossa. Tämä kasvattaa puun kilpailukykyä uusiutumattomiin energiamuotoihin nähden päästöoikeuksien hinnan noustessa.

Puuenergian käytön lisääminen on Suomen panostus kansainvälisissä ilmastotalkoissa. Valtio vauhdittaa käytön kehitystä erinäisillä tuki- ja verotoimenpiteillä. Uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäyksessä juuri puusta saatavalla hakkeella katetaan siitä valta osa. Muita uusiutuvia energiamuotoja puun lisäksi ovat tuuli- ja vesivoima.

Energiapuun korjuulla ja käytöllä on ilmastovaikutusten lisäksi monia yhteiskunnallisia ja taloudellisia vaikutuksia. Puupolttoaineiden käytön lisääminen vähentää tuontipolttoaineiden (hiilen, öljyn, kaasun) ja tuontisähkön tarvetta. Kotimainen energiantuotanto turvaa energihuollon ja parantaa teollisuuden kilpailukykyä. Omavaraisella energian tuotannolla pystymme tasoittamaan energian hinnan kehitystä ja tarjoamaan sitä kilpailukykyiseen hintaan.

2.3 Kilpailukyky

Kiinteistökokoluokassa puupolttoaineet kilpailevat kevyen polttoöljyn, sähkön ja maakaasun kanssa. Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi luotu päästökauppa on rajattu koskemasta alle 20 MW:n laitoksia, joten pienemmissä laitoksissa hake kilpailee turpeen ja fossiilisten polttoaineiden kanssa. Polttoöljyn kilpailukykyä vähentää sen hinnan määräytyminen maailmanmarkkinoiden mukaan. Fossiilisiin polttoaineisiin sisältyy veroja ja veroluonteisia maksuja, joilla lisätään biopolttoaineiden kysyntää. Polttoöljyjen hinnanvaihtelut ovat rajuja, kun taas puupolttoaineiden etenkin hakkeen hinta ei ole pahemmin heilahdellut. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006.)

Sähkö on kova haastaja puupolttoaineille. Sen hinta on pysynyt suhteellisen edullisena ja sähkölämmitysjärjestelmä on helppo ja edullinen investoida. Pitkällä aikavälillä se ei kuitenkaan tule halvemmaksi kuin puulämmitysjärjestelmä. Puupolttoaineista selvästi kilpailukykyisin on metsähake. Puupolttoaineiden lämmitysjärjestelmät ovat kalliimpia verrattuna sähkö- ja öljylaitteistoihin. Niinpä niiden käyttöä edistetään investointiavustuksilla, joilla pyritään vaikuttamaan kuluttajien valintoihin vähäpäästöisempiin energiaratkaisuihin. Pientaloasukkaat voivat saada avustuksia kaukolämpöverkkoon liittymisestä enintään 10 prosenttia ja omiin lämmityslaitteinvestointeihin enintään 15 prosenttia kuluista. (Ympäristöministeriö 2006.)

3 METSÄHAKE

Metsähake on metsästä energiakäyttöön jalostettua biopolttoainetta. Haketta saadaan puusta koneellisesti hakettamalla. Sitä käytetään kiinteistöjen nykyaikaisissa automatisoiduissa lämmitysjärjestelmissä, aluelämpölaitoksissa sekä teollisuuden lämpö- ja voimalaitoksissa. (Metsäkeskus 2009.)

Jotta energiapuu saadaan poltettavaan muotoon, on se pilkottava pieneksi hakkeeksi. Haketus tapahtuu joko terävillä terillä hakettamalla tai murskaamalla

iskevillä terillä. Metsähakkeen valmistukseen käytetään puuraaka-ainetta, joka ei täytä mitoiltaan tai laadultaan ainespuun vaatimuksia. Tähän soveltuvaa raaka-ainetta ovat lahot tai alle ainespuukokoiset rungon osat. Myös oksat ja kannot sopivat hakkeeksi. (Vesisenaho 2003, 37.)

3.1 Metsähakkeen käyttö

Metsähakkeen kysyntä on ollut voimakkaassa kasvussa. Vuonna 2009 käyttö ylitti 6 miljoonan kuutiometrin, kun vuonna 2001 käyttö oli alle miljoonan kuutiometrin. Kasvu on seurausta mittavista polttolaitosinvestoinneista sekä päästökaupasta. (Metsäntutkimuslaitos 2010.)

Lämpö- ja voimalaitokset käyttivät vuonna 2009 metsähaketta 5,4 milj. kuutiota ja pientalot 0,7 milj. kuutiota. Tärkein raaka-ainelähde oli runkopuu, joka ohitti hakkuutähteen käytön ensimmäistä kertaa. Metsähake ohitti myös kuoren käytön ja nousi käytetyimmäksi kiinteäksi puupolttoaineeksi. (Metsäntutkimuslaitos 2010.)

3.2 Metsähakkeen tuotantotuet

Tukipolitiikalla edistetään pienpuuhakkeen käyttöä sen korkeiden tuotantokustannusten vuoksi. Energiapuun tuki muuttuu korvaten nyt maksettavan kemeralakiin kuuluvan haketus- ja korjuutuen. Uusi tuki tulee olemaan 10 €/m³. Tukea maksetaan enintään 45 m³ kertymälle hehtaaria kohden. Tällä pyritään kohdistamaan tukea heikkotuottoisimmille aloille. Yli 45 m³/ha oletetaan olevan taloudellisesti kannattava kohde, vaikka tuen osuus tulee jäämään alle 10 €/m³. Tuen maksamisen perusteena on mittaustodistus, kertymä vähintään 40 m³ ja että puu luovutetaan energiakäyttöön sivulliselle. Uusi Pienpuun energiapuutuki on hyväksyttävänä Euroopan komissiolla ja tulee käyttöön vuonna 2011. (HE 270/2010.)

Tuen siirtymisajalla vuoteen 2012 voidaan maksaa kemera-lakiin perustuvaa korjuu- sekä haketustukea. Korjuutukea maksetaan kasaukseen ja metsäkuljetukseen 3,5 €/m³, yhteensä 7 €/m³ ja työllisyystyönä tehdystä korjuusta 1,7€/m³. Lisäksi vaadittavaan toteutusselvitykseen myönnetään tukea 4,21 €/ha. Haketustuki on 1,7 €/i-m³, jonka saaminen edellyttää toteutusselvityksen josta tukea saa 9 c/i-m³. Lisäksi kunnostuskohteille maksetaan nuoren metsänhoidon tukea. Tämä määräytyy maantieteellisen sijainnin, poistettavan puuston tiheyden perusteella sekä mahdollisen ulkopuolisen työntekijän palkkaamisesta. Etelä-Suomessa ulkopuolista työvoimaa käyttäen tuki on noin 210,5 euroa hehtaaria kohti. (HE 174/2004.)

3.3 Metsähakkeen tulevaisuuden tavoitteet

Kansallisessa metsäohjelmassa metsähakkeen käyttötavoitteeksi vuoteen 2015 on asetettu 8–12 milj. kuutiota. Vuoteen 2020 mennessä tavoitteet ovat 13,5 miljoonaa kuutiota. Tämä tarkoittaisi sitä, että metsähaketta kulutettaisiin tuoloin yhtä paljon kuin kiinteitä puupolttoaineita tällä hetkellä yhteensä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2011, 12.)

Tavoitteet ovat haasteelliset. Tuotettaessa metsähaketta 25 - 30 TWh:n edestä olisi työvoiman tarve 3 400–4 000 koneen- ja autonkuljettajaa. Työkoneita ja autoja tarvittaisiin 1 900–2 200 yksikköä. (milj. m³ puuta on 2 TWh) (Metsäteho 2009.)

Tavoitteiden saavuttamiseksi on seuraavassa Pöyryn ja Metsätehon laatima lista toimenpiteistä:

- Yksityismetsänomistajien energianpuun tarjonta on turvattava koulutuksella, neuvonnalla ja viestinnällä.
- Oppilaitosten on koulutettava vuosittain 300–400 henkilöä metsähakkeen tuotantoon ammattitaitoisen työvoiman saamiseksi.
- Metsähakkeen tuotannon on oltava kannattavaa sekä kiinnostavaa kone- ja autoyrittäjille.

- Korjuuta ja kuljetusta on tehostettava, hakkeen laadun hallintaa sekä ohjausjärjestelmää kehitettävä
- Nuorten metsien energiapuun korjuutuki on taattava. (Metsäteho 2009.)

3.4 Hakkeen raaka-aine

Ainespuuleimikoiden hukkarunkopuu

Ainespuuleimikoilta jäävä hukkarunkopuu soveltuu hyvin energiapuuksi. Hukkarunkopuuta on ainespuun mitta- ja laatuvaatimuksia täyttämätön puuaines. Hukan määrään vaikuttaa eritoten kuitupuun minimiläpimitta. Ensiharvennusleimikoissa hukkapuun osuus on 20–30 %. Osuus on suurin kuusikoissa, koska kuusikuidun läpimittavaatimukset ovat tiukat. Rehevissä kuusikoissa on myös runsaasti alikasvosta sekä muuta markkinoille kelpaamatonta lehtipuuta. Suurin hukkapuu syntyy ainespuun alamittaisesta latvasta, jota kertyy eniten ensiharvennusleimikoista. (Tekes 2004, 28.)

Päätihakkuualojen latvusmassa

Vain runkopuulla on taloudellista arvoa metsäteollisuudelle. Latvus- ja juurimassa jää hakkuutähteeksi, joka soveltuu hakkeen raaka-aineeksi. Latvusmassaan kuuluvat oksat lehtineen. Latvusmassan saanto on erityisen suurta viljavilla kasvupaikoilla, nuorissa kuusikoissa sekä elinvoimaisissa puustoissa. Päätihakkuualat ovat harvennusaloja antoisampia suuren hakkuupoistuman takia. Harvennuksilta ei latvusmassaa kannata kerätä ravinnehävikin ja jäljelle jäävän puuston vaurioitumisen vuoksi. (Tekes 2004, 29.)

Päätihakkuualoilla olisi hyvä jättää latvusmassasta keräämättä 30 % ravintetasapainon säilymiseksi. Hakkuutähde toimii fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin lähteenä. (Metla 2006.)

Päätihakkuukuusikoissa hakkuutähdehakkeen lämpöarvo hehtaarille on 100–120 MWh ja männikössä 50–60 MWh. Suomessa hakkuutähdepotentiaali arvioidaan vuodessa 11–12 TWh, josta taloudellisesti korjattavissa olisi 6 – 8 TWh. (Tekes 2004, 30.)

Latvusmassan ja risujen poisto hakkuualalta tehostaa metsän uudistamistoimenpiteitä. Maanmuokkauksesta sekä istutuksesta tulee selkeämpää ja nopeampaa, kun hakkuutähdekasat eivät ole tiellä. Laikutuksen ja mätästyksen tuotavuus nousee keskimäärin 15–20 %, kun latvusmassaa ei muokkauksen ohessa tarvitse siirrellä tieltä ja istutuspaikkojen valinnasta tulee selkeämpää. Istutettujen taimien menestymisprosentti on suurempi sekä luontainen uudistuminen tehostuu paremman muokkausjäljen ansiosta hakkuutähteettömillä aloilla. (Laitila, J., Asikainen, A. & Anttila, P. 2008, 36.)

Nuorten metsien pienpuu

Metsähakkeen tuotannon lisääminen vaatii nuorten metsien pienpuukäytön voimakasta lisäystä. Pienpuuta saadaan nuoren metsän harvennusaloilta, joiden puusto ei täytä vielä teollisuuden mitta- ja laatuvaatimuksia. Harvennukset toimivat samalla metsänparannustoimenpiteenä, joka lisää metsän tulevaa tuottoa. Pienpuusta saadaan laadukasta haketta verrattuna latvusmassasta tuotettuun sen vähäisen neulasmäärän ja paremman kuivuvuuden takia. Pienpuuharvennusta kutsutaan myös energiapuuharvennukseksi, jossa leimikko raivataan samalla. Tämä helpottaa koneellista korjuuta seuraavassa ainespuuharvennuksessa. Toiminta kohdistuu pääasiassa männiköihin, joita ovat suurin osa Suomen nuorista metsistä. (Tekes 2004.)

Nuorten metsien pienpuun ongelmana ovat korkeat korjuukustannukset. Pienpuun korjuuta ei voida integroida ainespuukorjuun yhteyteen kuten latvusmassan- ja kantojen korjuussa. Kustannukset aiheutuvat ennen kaikkea kaadosta ja kasauksesta. Pienpuun korjuu suoritetaan nykyään lähes yksinomaan koneellisesti, joka onkin tehostunut laitekehittelyn ansiosta. (Laitila 2008, 1 – 2.)

Kantomurske

Kantoja ja juurakoita korjataan pääasiassa vain kuusikoiden päätehakkualoilta. Kuusen maanpäällinen juuristo sopii paremmin nostettavaksi kuin männyn paa-lujuuri ja kuusen hehtaarikohtainen tuotos on parempi. (Laitila 2008, 2.)

Juurakoita nostetaan vain päätehakkuualoilta. Työhön käytetään suuria koneita, joten harvennuksilta ei kantoja voida nostaa. Juurakko on kaatoleikkauksen alapuolelle jäävä osa, mukaan lukien maanalainen juuristo. Keskiwertopäätehakkuualalta saadaan juurakon energiasisällöksi hehtaarille 120–140 MWh. Tähän tietysti vaikuttavat puuston läpimitta, puulaji, runkoluku ja ainespuun katkaisukorkeus. Juurakon poistamisella on vaikutusta tulevan metsikön terveyteen. (Hakkila 1998, 68.)

Eryteisesti kuusikoissa juurikäpäsienien aiheuttama tyvilahon riski pienenee, mikä tarttuu juurakoista uuteen puusukupolveen. Myös maanmuokkaus tulee tehtyä kannonnoston yhteydessä. Kantomurskeen tuotanto on varsin uusi energiapuun hankintatapa, ja siihen on keksitty kannattavia korjuutekniikoita. Käyttö soveltuu vain isommille polttolaitoksille. (Hakkila 1998, 68.)

3.5 Hake polttoaineena

Polttoaineen valintaan vaikuttaa sen tekniset ominaisuudet, taloudellisuus, saatavuus, toimitusvarmuus sekä yhä enenevässä määrin myös ympäristönäkökohdat. Polttoaineen tuotanto-organisaation on oltava uskottava, jotta energian tuottaja uskaltaa investoida polttoaineelle soveltuvaan laitokseen. On voitava luottaa, että polttoainetta on saatavilla oikeanlaatuisena läpi vuoden riippumatta talvipakkasista, kelirikosta, kaluston epäkuntoisuudesta tai markkinoiden heilahteluista.

3.5.1 Puun palaminen ja päästöt

Puun palamisessa syntyy väistämättä pienhiukkasia. Kuivalla polttoaineella sekä oikein säädetyillä ja huolletuilla polttimoilla saadaan palaminen puhtaammaksi. Epätäydellisessä palamisessa epäterveelliset pienhiukkaspäästöt lisääntyvät, kuten noki ja hiilivety. (Lappalainen 2007, 7.)

Täydellisessä palamisessa syntyy lähinnä vaarattomampia epäorgaanisia yhdisteitä. Puun energiasisältö on sitä suurempi, mitä korkeampi on puun hiili- ja vetypitoisuus. Havupuilla hiilipitoisuus on 51 % ja vetypitoisuus 6,2 %. Lehtipuilla pitoisuudet ovat 49 % ja 6,2 %. Täydellinen palaminen edellyttää hiilen ja vedyn yhdistymistä happeen, jolloin syntyy hiilidioksidia sekä vettä. (Hakkila 2003, 24 – 25.)

3.5.2 Lämpöarvo

Polttoaineen lämpöarvo ilmoitetaan polttoaineen massaan suhteutettuna MJ/kg tai kWh/kg. Kalorimetrinen lämpöarvo kertoo palamisessa vapautuvan kokonaislämpömäärän, joka ei ole riippuvainen polttoaineen kosteudesta. Tosiasiasa puussa olevan veden höyrytämiseen kuluu osa vapautuvasta lämmöstä. (Hakkila 2003, 26.)

Tehollinen lämpöarvo on pienempi kuin kalorimetrinen lämpöarvo. Se ottaa huomioon höyrytämiseen kuluvan energian. Sitä suurempi on siis kalorimetrinen ja tehollisen lämpöarvon ero, mitä enemmän vettä ja vetyä polttoaine sisältää. Puuaineksen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on 5,1–5,6 kWh/kg. (Alakangas 2000, 42.)

3.5.3 Energiatiheys

Metsäalalla on totuttu käyttämään tilavuusmittoja. Myös kuljetuskalusto ja varastotilat mitoitetaan tilavuuden mukaan. Tilavuusyksikön lämpösisällöstä käytetään nimitystä energiatiheys. Metsähakkeella energiatiheys ilmoitetaan tilavuusyksikköä kohti (kWh/m³) tai irtotilavuusyksikköä (kWh/i-m³). Useimmiten hakkeen energiatiheys ilmoitetaan irtotilavuusyksikkönä. Tällöin siihen vaikuttavat tehollinen lämpöarvo (kWh/kg), veden osuus kokonaismassasta (%), kuiva- tuoretiheys (kg/m³) sekä hakkeen tiiviys (m³/i-m³). Suhdeluku on hakkeella keskimäärin 0,4 eli 1 kiintokuutio (m³) on 2,5 irtokuutiota (i-m³). Yleisesti ottaen puupolttoaineilla energiatiheys on alhainen. Metsähaketta tarvitaan tilavuudel-

taan noin 14-kertainen määrä verrattuna öljyyn saman energiamäärän tuottamiseen. (Hakkila 2003, 27 – 28.)

Lämpöarvoon (kWh/kg) ei puulaji tai energiajaje juurikaan vaikuta. Sen sijaan energiatiheuteen (kWh/i-m³) näillä tekijöillä on suurta vaihtelua. Esimerkiksi koivusta valmistetun kuorimurskeesta saadaan 1 388 kWh/i-m³ ja kokopuuhakkeesta 920 kWh/i-m³. Kuusen kokopuuhakkeen energiatiheys on 780 ja hakkuutähdehakkeen 860 kWh/i-m³. (Alakangas & Alanen 2005, 31.)

Hakkeen energiatiheuteen vaikuttaa palan muoto. Litteä palamuoto ja oksanpätkät alentavat tiivyyttä. Epätasainen palakokojakauma menee tiiviimmäksi hienomman aineksen täyttäessä suurempien palasten välin. Tämä ei taas ole suotavaa polttolaitoksen kuljettimissa. Hauraasta puulajista kuten lepästä syntyy hienompaa haketta kuin kovemmasta koivusta. Talvella jäätyneestä puusta tehty hake on myös hienompaa kuin sulasta puusta tehty. (Alakangas & Alanen 2005, 30.)

4 METSÄHAKKEEN TUOTANTO

Metsähakkeen tuotanto on haasteellista muihin polttoaineisiin nähden. Sen laatu sekä korjuu- ja kuljetusolosuhteen vaihtelevat vuoden aikaan nähden merkittävästi. Se kerätään useista hajallaan olevista lähteistä, ja sen huippukäyttö ajoittuu keskitalveen, jolloin laadun hallinta sekä korjuuolosuhteen ovat vaativimmat. (Hakkila 2004, 48.)

4.1 Toimitusketjut

Toimitusketjun tavoitteena on jalostaa metsäbiomassasta laatuvaatimukset täyttävää haketta tai mursketta toimitettuna sovitun aikataulun mukaisesti. Arvoa tuottavina tekijöinä on laadun hallinta, toimitusvarmuus sekä kustannusten hallinta. Käytettäviä toimitusketjuja on useita, eikä mikään ole noussut ylitse mui-

den. Valintaan vaikuttaa monet muuttujat, kuten tuotoksen koko ja kuljetusetäisyydet. (Hakkila 2003, 59.)

Välivarastohaketus

Välivarastohaketusjärjestelmä on metsähaketuotannon perusratkaisu. Hakettava puu kerätään metsäautotien varteen tuoreena tai jo metsässä kuivahtaneena 4–5 metriä korkeisiin pinoihin odottamaan haketusta. Hakkuri hakettaa hakkeen tieltä käsin suoraan kuljetuskalustoon. Pienemmässä tuotannossa hakkuria pyöritetään maataloustraktorilla. Suuremmassa tuotannossa käytetään kuorma-autohakkuria tai perävaunuun rakennettua hakkuria. (Metsäkeskus 2010.)

Ennen haketusta pinon annetaan seisoa vuoden metsäautotien varressa kuivumisen takia. Varastokasoissa käytetään tarkoitukseen sopivaa pahvipeitettä paremman kuivuuden saavuttamiseksi. Peite estää lumen ja sateiden pääsyn pinoon. Kuivumiseen vaikuttaa myös pinon sijainti. Tuulisella ja aurinkoisella paikalla kosteus alenee nopeammin. Pinon sijaintipaikka tulee olla paikassa, jossa hakkuri ja kuljetusauto mahtuvat toimimaan. (Metsäkeskus 2010.)

Menetelmän heikkoutena on häiriöalttiin kuumen ketjun muodostuminen hakkurin ja kuljetusauton välille. Kustannustehokkuutta syövät hakeauton odottelu haketuksen aikana ja hakkurin odottelu hakeauton viedessä kuormaa lämpölaitokselle. Konerikon sattuessa yhdelle tekijälle aiheuttaa koko ketjun seisahtamiseen. Ketjun toiminta edellyttää tiivistä yhteistyötä hakkurin ja kuljetusauton välillä. (PKAMK 2010.)

Hakkuri ja hakeauto muodostavat kuumen ketjun. Lastattava auto joutuu odottelemaan kuorman täyttymistä. Häiriöiden sattuessa vaikutukset heijastuvat koko tuotantoketjuun. Kuumaa ketjua voidaan hillitä esimerkiksi vaihtokonteilla, jolloin kuorma-auton ei tarvitse odotella lastausta. Tällöin aikaa kuluu taas tyhjen konttien ajeluttamiseen (Hakkila 2004, 39.)

Palstahaketus

Palstahaketuksessa haketus tapahtuu palstalle puiduista kasoista suoraan konttiin. Metsäkuljetus sekä haketus tapahtuvat samalla koneyksiköllä. Palstahaketus ei vaadi varastointitilaa metsäautotien varresta, vaan energiapuun annetaan kuivua palstalla. Palstahaketus soveltuu parhaiten hakkuutähteen korjaukseen suurilla leimikoilla. (Kainulainen 2001, 18.)

Käyttöpaikkahaketus

Käyttöpaikkahaketuksessa kuuma ketju katkeaa, kun kuorma-auto ja hakkuri eivät ole enää riippuvaisia toisistaan. Näin auton ja hakkurin käyttöaste nousee. Käyttöpaikalla käytetään murskainta, joka sietää epäpuhtauksia ja sillä voidaan käsitellä kaiken tyyppistä puuainesta oksista kantoon. Kun murskaus tapahtuu käyttöpaikalla, on kuljetettava käsittelemätöntä puuainesta, jonka energiatiheys on kehno. Tällöin kuljetustalous kärsii ja siitä muodostuu ongelmakohta. (Kainulainen 2001, 19.)

Terminaalihaketus

Biomassa kerätään terminaalille useilta hakkuualoilta. Keräys tapahtuu traktoreilla ja kuorma-autoilla. Terminaalihaketuksessa vältetään kuumalta ketjulta. Terminaalilla hake voidaan haketta aumaan, katolliseen varastoon tai kasaan päällystetylle kentälle. Terminaalikäsitteystä seuraa ylimääräinen kuormauskerä ja voi kasvattaa kuljetusmatkaa. Toiminta vähentää kuitenkin työvoiman tarvetta sekä vähentää ja yksinkertaistaa tuotantoketjun suunnittelua ja ohjausta. (Hakkila 2004, 40 – 47.)

4.2 Laatu

Hakkeen tuotannon kasvu on ollut valtaisa. Tuotannossa laadullinen kehitys on jäänyt määrällisen kehityksen jalkoihin. Kuitenkin polttoaineen ominaisuudet vaikuttavat laitoksen toimivuuteen ja tuotantoon merkittävästi. Laatu korostuu, mitä pienemmällä laitteistolla poltto tapahtuu. Laadulliset tekijät on otettava huomioon koko toimitusketjussa lähtien leimikon valinnasta. Laatuun voidaan

vaikuttaa kaikissa työvaiheissa, varastoinnissa, haketuksessa ja kuljetuksessa. Hakkeen tuotannossa tulisi aina pyrkiä lämmityslaitteiden mahdollisimman hyvään toimivuuteen. Laatu asettaa vaatimuksia tuotantoketjussa raaka-aineelle, varastoinnille ja haketukselle. (Gumse 2003, 57.)

4.2.1 Kosteus

Kosteus on tärkein ominaisuus metsähakkeen tuotannossa. Se vaikuttaa metsähakkeeseen monin eri tavoin. Kosteusprosentilla ilmoitetaan veden osuus polttoaineen kokonaismassasta. Kosteus vaikuttaa suoraan hakkeesta saatavaan energiamäärään. (Alakangas 2000, 5.)

Kuljetuskustannukset nousevat, mitä enemmän vettä kuorma sisältää, koska tarkoitus on kuljettaa mahdollisimman suuri energiamäärä. Tuoreessa havupuukiintokuutiometrissä voi olla talvisaikaan jopa 500 kg vettä. (Hakkila 2004, 68.)

Lämpöarvo kärsii kosteuden noustessa, koska veden haihuttamiseen kuluu lämpöenergiaa 0,7 kWh jokaista kiloa kohden. Jo pienikin kosteuden alentaminen vaikuttaa lämpöarvoon huomattavasti. Yksi irtokuutio haketta painaa 35 prosentin kosteudessa noin 240 kg, josta vettä on 84 kg. Palaminen jää epätäydelliseksi kostealla polttoaineella. Tällöin ei puun lämpöarvoa pystytä hyödyntämään. Etenkin pienissä kattiloissa palamisen lämpötila ja hyötysuhde alenee. Tämä johtaa siihen, että kattilankoko on oltava suurempi ja haketta kuluu enemmän, mitä kosteampana puu poltetaan. Varastointi vaikeutuu kostealla hakkeella lyhyemmän säilyvyyden takia. Erityisesti jos hake sisältää viherainesta. Hakekasa homehtuu synnyttäen homekasvustoja ja ainestappioita. Käsitteilyongelmat kostean hakkeen kanssa talvella vaikeutuvat kuorman jäätyneen vuoksi. Tämä hidastaa kuorman purkua, seulojen ja sillojen tukkeutumista käyttöpaikalla. (Hakkila 2004, 68.)

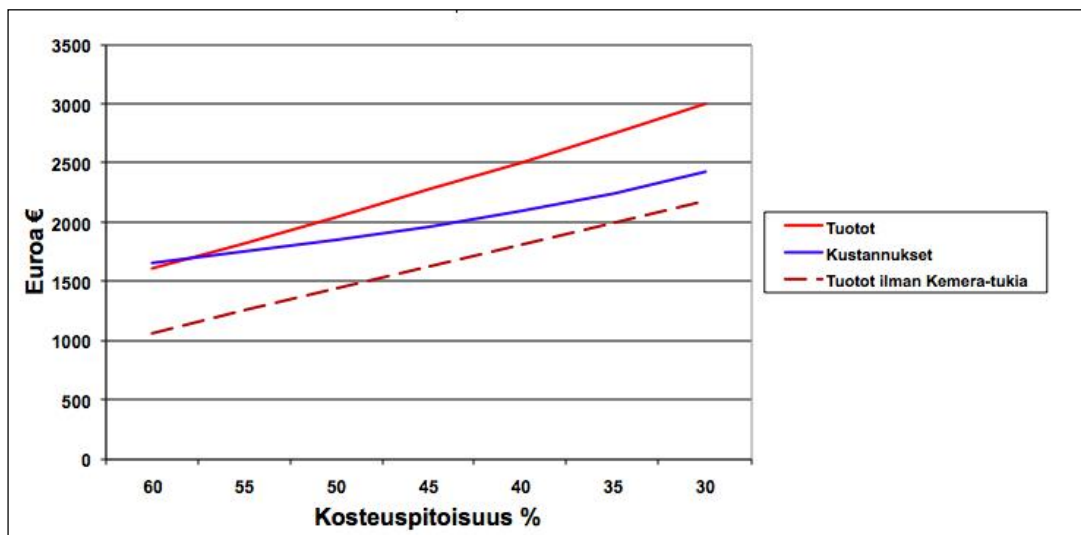
Tuoreella puulla kosteus on 40–60 % kokonaismassasta. Kosteus vaihtelee hieman puulajeittain. Varsinkin koivulla vuodeajoittainen vaihtelu on suurta.

Polttolaitoksen koosta riippuu miten kosteana puuta voidaan polttaa. (Alakangas 2000, 6.)

Liian kostea polttoaine palaa tehottomasti ja aiheuttaa enemmän päästöjä. Alle 1 MW:n kokoisille laitokselle menevä hakkeen kosteus tulisi olla alle 40 %. Tällöin hake tulee saada tuoretta puuainesta kuivemmaksi. Kuivatus tapahtuu rannaa ja hakkuutähdettä kuivattamalla palstalla tai tienvarsipinossa. (Alakangas 2000, 6.)

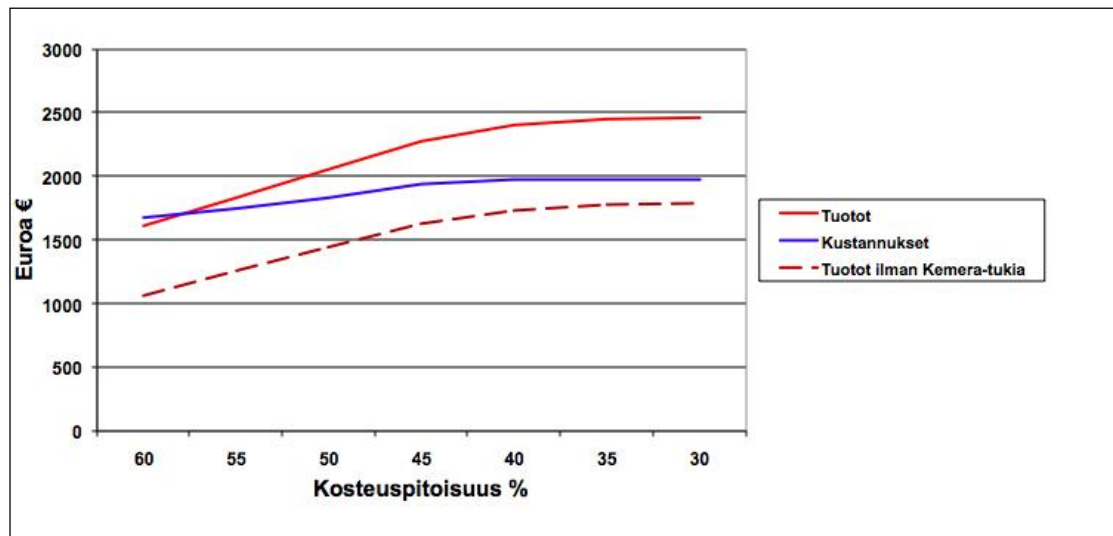
4.2.2 Kosteuden vaikutus haketusketjun tuottavuuteen

Terminaalihaketus



Kuvio 3. Kuorman kosteuden vaikutus kannattavuuteen. (Föhr 2009.)

Tienvarsihaketu



Kuvio 4. Kuorman kosteuden vaikutus kannattavuuteen. (Föhr 2009.)

Kuvioista 3 ja 4 käy ilmi täyden hakekuorman kannattavuus kosteuden vaihdellessa. Kuorman maksimitilavuus on 140 i-m³ ja paino 35 tn. Metsähakemateriaalina on aineistossa käytetty nuorista metsistä korjattua energiapuuta kantohinnaltaan 6 €/m³. (Föhr 2009.)

Terminaalihaketusketjun tuotto kuivalla hakkeella on tienvarsihaketusketjua tuottavampi tiiviimmän kuorman takia. Myös kustannukset ovat korkeammat ylimääräisestä käsittelystä johtuen. Kosteuspitoisuudella on suora ja huomattava vaikutus tuottoon. Painorajat tulevat kosteammalla hakkeella vastaan, jolloin kuormatilan tilavuus jää hyödyntämättä. Energiasisältö kuormassa kaksinkertaistuu 60 prosentin 30 prosentin kosteuspitoisuuden välillä. (Föhr 2009.)

4.2.3 Palakoko

Hakkeen palakoko tulee olla mahdollisimman homogeenista varsinkin pienemmillä polttolaitoksilla. Epätasaisuus sekä karsimattomasta rangasta tehdyn hakkeen oksatikut aiheuttaa syöttöhäiriöitä. Hakepalan tavoitepituus on yleisesti 30-40 mm. Palakoko vaikuttaa suuresti myös energiatiiviyteen. (Alakangas 1999, 173.)

4.3 Metsähakkeen kuljetus

Metsäpolttoainekuljetusten taloudellisuuteen vaikuttaa monien tekijöiden summa, eikä ole niin yksiselitteistä kuin esimerkiksi raakapuun kuljetukset. Suurimman päävaivan aiheuttaa raaka-aineen alhainen tilavuuspaino ja energiatiheys. Kaukokuljetuksen kehittämistarpeina ovat kuormakoon kasvattaminen ja terminaaliaikojen vähentäminen.

Kuljetettaessa irtotähdettä tai kuivahtanutta haketta rajoittaa kuormatilan tilavuus kuorman kokoa kokonaispainon jäädessä tällöin alhaiseksi. Metsäpolttoainetta kuivatetaan metsävarastolla, mikä vaikeuttaa edelleen autoyhdistelmän kantavuuden hyödyntämistä mutta nostaa kuorman energiatiheyttä. Kun taas kuljetetaan kosteaa haketta, tulee kantavuus vastaan ennen kuormatilan täyttymistä. Tällöin energiatiheys laskee ja tilavuuspaino päinvastoin kasvaa. Myös hakkeen palakoko ja kuormaustekniikka vaikuttavat tilavuuspainoon ja kuormatilan koon hyödyntämiseen. Yksi tekniikoista on voimakas hakkeen puhallus kuormatilaan, mikä ei välttämättä johda parempaan tiivyyteen kuin hihna- tai kauhakuormaus. (Ranta 2003, 74.)

Talouteen vaikuttaa suurelta osin myös kuljetuskaluston valinta, johon vaikuttaa käytetty haketusmenetelmä. Kaluston ominaisuuksia ovat monikäyttöisyys, tilavuus, kokonaispaino ja purkulaitteisto. Kehitys on kaluston suhteen varsin alkuvaiheessa eikä näin ollen ole yhdenmukaista. Tämä vaikeuttaa ennen kaikkea kuljetusten suunnittelua sekä on kuljetusyrittäjälle yksi riskitekijöistä. (Ranta 2003, 73.)

Tuotantologiikalla ohjataan biomassavirtoja metsistä lämpö- ja voimalaitoksille. Laitekehittelyä parannetaan kaluston ominaisuuksia ja järjestelmälogistiikkaa kehittämällä pyritään nostamaan ketjun käyttöastetta ja tehokkuutta. Logistiikkaketjulta vaaditaan luotettavuutta ja täsmällisyyttä määrän, laadun ja ajan suhteen pitäen tuotantokustannukset aisoissa. (Hakkila 2004, 51.)

Metsäpolttoaineiden tuotanto suuressa mittakaavassa on erittäin vaativa tehtävä logistisesta näkökulmasta. Logistiikkaketjun hankalin kohta on hakkurin ja hakeauton välinen kuuma ketju. Haketta ei voida laskea maahan matkan varrella tai hakettaa tienvarteen hävikin vuoksi, joten se vaatii paikanpäälle hakeauton tai ainakin kuormatilan. (Hakkila 2004, 52.)

Tuottaja joutuu tekemään paljon pieniä kauppoja. Tämä altistaa kuormatilan vajaakäytölle ja lisää kuljetusten suunnittelutarvetta ja ohjailua. Energiapuu-leimikoissa täytyisi pyrkiä tuotokseen, joka vastaisi vähintään kuormatilan kokoa. Ohjailun tarvetta lisää myös tuotantolaitosten hajanaisuus. (Hakkila 2004, 51–52.)

4.4 Varastointi

Varastointi on tärkeä osa metsähakkeen tuotantoketjussa. Varastoinnilla parannetaan laatua ja varmistetaan saatavuus läpi vuoden. Suunnitteluun vaikuttaa varastointiaika, varaston sijainti ja varastoitava muoto. Varastoinnin ajoitus ketjussa riippuu käytettävästä hankintaketjusta. (Ranta, Halonen, Frilander, Asikainen, Lehikoinen & Väätäinen 2002.)

Varastoinnin ongelmana on hakkeen lämpeneminen ja kosteuden tiivistyminen kasan pintaan. Hakekasan ollessa sisältä 20 prosentin kosteudessa, voi pintakerroksen kosteus olla 70 prosenttia. Hake tulisi kuivata ennen haketusta lämpöarvon putoamisen ehkäisemiseksi tai käyttämällä keinokuivausjärjestelmää. Hakkeen varastointi ulkona vaatii ympäristöluvan. (Airaksinen & Puhakka 2001, 21.)

Talvipakkasilla lämpölaitoksia ajettaessa täysillä, on polttoaineen kulutus suurimmillaan. Tehontarpeen kasvaessa korostuu polttoaineen laatu. Lumen ja pakkasen vuoksi konerikot yleistyvät ja synnyttävät keskeytyksiä tuotantoon ja kuljetuksiin. Myös kelirikon ajaksi tulevat mahdolliset toimitushäiriöt vältetään puskuri- ja varmuusvarastoinnilla. (Ranta ym. 2002.)

Puskuri- ja varmuusvarastoinnilla saadaan pelivaraa tuotannon ja käytön välille. Tämä tasoittaa polttoaineen vuodenajoittaisesta tarpeesta johtuvaa työvoiman ja kaluston vajaakäyttöä. Tuotanto on tasaisempaa suuremman osan vuodesta. Päästään irti niin sanotusta kuumasta ketjusta, joka on keskeytyksien sattuessa erittäin haavoittuvainen varsinkin yhden koneketjun varassa oleva toimitussopimus. Oikeaoppisella varastoinnilla vaikutetaan polttoaineen lämpöarvoon kuivattamalla ja sekoittamalla erilaatuisia eriä keskenään. Varastointi tapahtuu yleisimmin hakkuutähteenä tai pienpuuna metsäautotien varressa. (Ranta ym. 2002.)

Lyhytaikaisella puskurivarastoinnilla taataan polttoaineen saanti yöllä, viikonloppuisin, pyhinä, kovilla pakkasilla tai konerikkojen sattuessa. Kuljetuksien ajoituksiin saadaan joustoa ja polttoaineen laatuun tasaisuutta, jos metsähakkeeseen sekoitetaan muitakin polttoaineita esim. kuorta, sahanpurua, turvetta. Varasto voi olla avonainen, jolloin polttoaine on haketettua tai vielä hakettamattomana. Katetussa varastossa polttoaine varastoidaan haketettuna. (Ranta ym. 2002.)

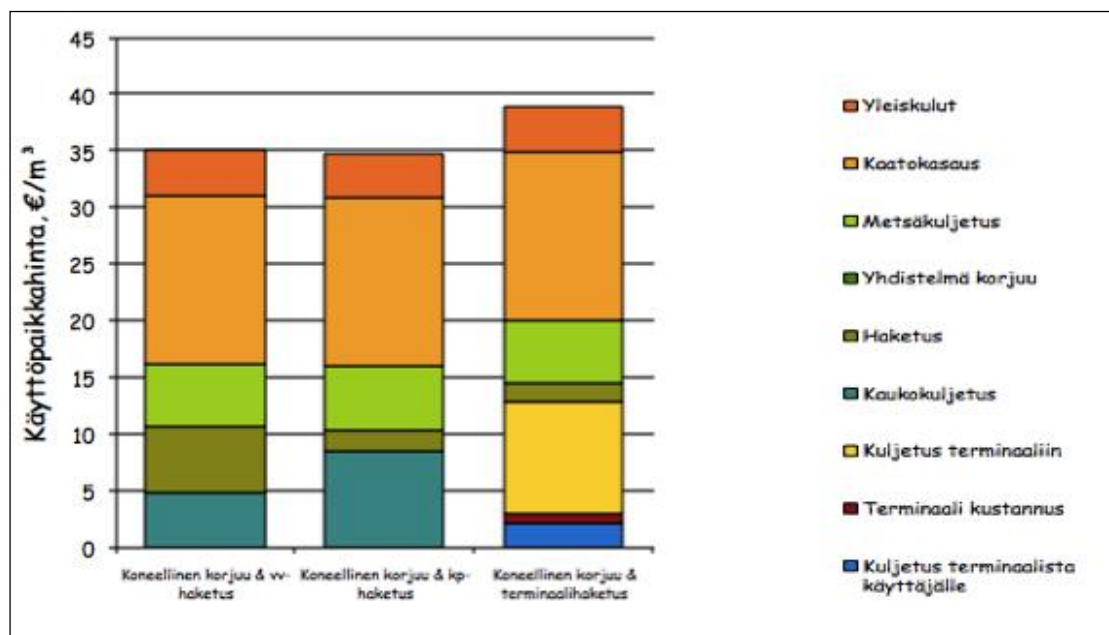
Kausivarastoinnilla voidaan jakaa tuotannon työpanosta ajanjaksolle, jolla käyttö on vähäistä eli kesäkaudelle. Tällä saadaan tasattua kausivaihtelua koneyritysten työllisyydessä, koska kaukolämmön tuotannossa käyttö vaihtelee suuresti. Talvella tarve on jopa seitsenkertainen kesään verrattuna. Korjuuolosuhteet ovat kesällä paremmat niin määrällisesti kuin laadullisestikin. Talvella varastoitaessa on kuivattaminen mahdollista vain kesäkaudella. Kausivarastointi tapahtuu yleensä metsäteiden varressa. Metsähakkeen varmuusvarastointia olisi parannettava ja löydettävä uusia ratkaisuja huoltovarmuuden parantamiseksi. (Hakkila 2004, 59 – 60.)

4.5 Terminaalivarastointi

Terminaalitoiminta on yksi uusi liiketoimintamahdollisuus hakkeen toimitusketjussa. Terminaalilla saataisiin hyötyä ketjulle monin eri tavoin. Haketus helpotuisi siirryttäessä terminaalihaketukseen ja ketjun logistiikka tehostuisi, joskin

terminaaliin ajo aiheuttaa vajaakuormalla ajoa. Haketta pystyttäisiin tuottamaan myös kelirikkojen aikaan. Terminaalissa laatuun voitaisiin vaikuttaa sekoittamalla tai erittelemällä erilaatuisia hake-eriä tai sekoittamalla haketta turpeen kanssa. Näin saataisiin toimitettua hake asiakkaan vaatimusten mukaan, koska laatuvaatimukset erikokoisilla ja eri tekniikkaan perustuvilla laitoksilla vaihtelevat. Terminaalilla on oltava lisäarvoa tuova vaikutus asiakkaalle, jotta toiminta olisi kannattavaa ja terminaalin omistaja saisi investoinnilleen tuottoa sekä kilpailuetua. (Pelli 2010, 84.)

Terminaalilla luodaan varmuutta hakkeen toimitukseen. Kelirikkoajat ja konerikot eivät vaikuttaisi toimitusvarmuuteen, kun valmista haketta olisi varastoituna terminaaliin, josta se on nopea toimittaa asiakkaalle. Erityisesti haketusyritykselle terminaali olisi lisäarvon tuoja. Hakkurin ohjailu ja liikuttelu vähenisi ja hakkurin vuosituotos nousisi. (Pelli 2010, 84.)



Kuvio 5. Toimitusketjujen hinnan muodostuminen. (Laitila 2005.)

Kuviossa 5 on esitetty kolmen eri tuotantoketjun hinnan muodostuminen. Kustannusten ero ei ole kovinkaan suuri, vaikka kustannusrakenne on erilainen. Terminaalihaketuksessa haketus kustannukset ovat selkeästi matalammat, kun taas kuljetuskustannukset ovat hiukan korkeammat. (Laitila 2005.)

4.6 Bioterminaali

Bioterminaalin toiminta-ajatuksena on saada tehostettua parannettua biopolttoaineiden logistiikkaa sekä laadunhallintaa sekä lisätä bioenergian käyttöä. Bioterminaalista voidaan välittää asiakkaille haketta, klapeja sekä pellettiä. Terminaaleilla palvellaan pienen kokoluokan lämpölaitoksia sekä yksityisiä omakotitaloasukkaita. (Loibnegger & Metschina 2007.)

Bioterminaali toimii biopolttoainehuoltoasemana, jolla luodaan uskottava kuva polttoainehuollon varmuudesta. Varmuus polttoaineen saatavuudesta saa ihmiset vaihtamaan lämmitysjärjestelmissään fossiilisista polttoaineista uusiutuviin. Terminaalin tulee sijaita näkyvällä paikalla, koska näin saadaan näkyvyyttä ja tietoisuutta. (Loibnegger & Metschina 2007.)

Toiminta lisää työpaikkoja ja tuo lisäarvoa hakkeen tuotantoketjuun. Terminaaleilla saadaan lisättyä energiapuumarkkinoita ja turvataan hakkeen saanti, kun metsänomistajat ovat terminaalin osakkaina. Metsänomistajan tulee kannattavaksi tehdä energiapuukauppaa puusta saatavan paremman hinnan vuoksi sekä puun nopeamman kierron ansiosta. (Loibnegger & Metschina 2007.)

Terminaalin päätuote on laadukas paikallinen metsähake. Hake kuivataan terminaalilla, mikä lisää lämpöarvoa ja vähentää päästöjä. Laadukas hake lisää käyttökohteiden määrää pienempiin kattiloihin vaikuttaen kattilatekniikan kehittymiseen. Toiminnalla on tiukat standardit polttoaineen laadun suhteen, ja palvelun on oltava asiakasystävällistä. (Loibnegger & Metschina 2007.)

4.7 Bioenergia-alan yritykset

Metsäteollisuuden vähenevä bioenergian tuotanto lisää markkinoita bioenergia-alalla toimiville pk-yrityksille. Kasvumahdollisuuksia on etenkin lämpöyrittäjyystoiminnassa sekä energiapuun korjuussa ja tuotannossa. Vuonna 2008 bioenergia-alalla toimivien pk-yritysten tuotantoarvo oli 769 miljoonaa euroa. Yritykset työllistivät 3 882 henkilöä 800 toimipaikassa. Bioenergian käyttö luo kun-

tiin ja kaupunkeihin paikallisia yrityksiä ja työllisyyttä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2009, 40.)

Lämpöyrittäjyystoiminta on lämpöenergian tuottamista paikallisesti. Yritys myy lämpöä asiakkaalle sovittuun hintaan. Polttoaineen yrittäjä hankkii omasta metsästään tai lähiseudulta. Tulonsa yrittäjä saa lämpöverkkoon tuotetusta energiasta. Lämpölaitos voi olla lämmitettävän kiinteistön omistajan tai ulkopuolisen yrityksen omistuksessa. Lämpölaitosten teho vaihtelee lämmitystarpeen mukaan muutamasta kymmenestä kilowatista useampaan megawattiin. 2000 – luvulla lämpöyrittäjyydestä on tullut suosittua. Vuonna–2009 lämpölaitosyrittäjiä oli lähes 200 ja lämpölaitosten määrä oli noin 455. Kaikkiaan potentiaalia on arvioitu olevan noin tuhannelle laitokselle. Lämpöyrityksenä voi toimia osakeyhtiö, osuuskunta, yksittäinen yrittäjä tai yrittäjärengas. Vuonna 2006 yleisin toimintamalli oli yksittäinen yrittäjä. (Motiva 2009.)

Haketus ja murskaus ovat selkeimmin bioenergialiiketoimintaa lämpöyrittäjyyden kanssa. Usein haketus on vain osana yrityksen palveluja muiden joukossa. Suurimmilla haketusyrityksillä toiminta on kuitenkin päätoimista. Haketusyritys hoitaa usein myös kuljetuksen, koska hakkuri ja kuljetusauto ovat riippuvaisia toisistaan. Haketusyritys voi vaikuttaa palan muotoon ja sitä kautta saatavaan energiamäärään. Haketusyrityksen tehokkuuteen vaikuttaa hakkurin koko ja toimivuus sekä toiminnan organisointi. Keskivertohakkuri hakettaa n. 100 i-m³/h. (Pelli 2010, 73.)

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TEHTÄVÄ

5.1 Tarkoitus ja tehtävä

Opinnäytetyössä tutkittiin terminaalivarastointia ja sen tuomia lisäarvoja hakkeen tuotantoketjussa. Työssä selvitettiin lämpöyrittäjien tarvetta parempilaatuiselle hakkeelle sekä polttoainehuoltoon liittyviä käytäntöjä ja ongelmia. Tavoitteena oli ottaa selvää bioterminaalivarastoinnin tarpeesta ja toimintamalleista.

Työssä selvitettiin hakkeen laadun hallintaa terminaalivarastoinnilla sekä varmuutta tuovana ratkaisuna lämpölaitosten polttoainehuoltoon. Lämpöyrittäjien haastatteluilla selvitettiin tarvetta terminaalitoiminnalle. Itävallan vierailulla saatua bioterminaalitoimintamallia esiteltiin haastatteluiden yhteydessä lämpöyrittäjille.

5.2 Hanke ja toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Työ kuuluu Tekesin lähilämpöratkaisut matalaenergiarakentamisessa -hankkeeseen. Hanke kuuluu osana Kestävä yhdyskunta -ohjelmaan. Hankkeen tavoitteena on löytää ja kehittää aluerakentamisessa kustannustehokkaita rakentamiskonsepteja, liiketoimintamalleja sekä näitä tukevia suunnittelumenetelmiä ja -työkaluja matalaenergiarakentamisen ja uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen mahdollisimman kattavasti. Kehitystyön kohdealueina ovat kaavoitusvaiheeseen tulevat uudet asuinalueet kokonaisuuksina Pohjois-Karjalan eri osissa. (Puhakka 2010.)

Ohjelman tarkoituksena on luoda uutta ja uudistuvaa liiketoimintaa kestävien ja energiatehokkaiden rakennusten ja alueiden suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa sekä niiden korjauksessa. Ohjelman kohderyhmiin kuuluu rakennus- ja kiinteistöala, ympäristö- ja energia-ala sekä palvelualojen toimijat. (Puhakka 2010.)

6 OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄLLISET VALINNAT

Tutkimusmenetelmänä työssä käytettiin kvalitatiivista tutkimusta, joka oli kokonaisvaltaista tiedonhankintaa. Työssä tiedonhankinta toteutettiin hyödyntäen tutkimushaastatteluja sekä lähdekirjallisuutta. Tutkimus oli joustavaa ja suunnitelmaa voitiin muuttaa ja tarkentaa olosuhteiden vaatimusten mukaan. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2007, 156 – 162.)

Tutkimukseen käytettiin teemahaastatteluja, jonka kohdejoukko pyrittiin saamaan tarkoitukseen sopivaksi. Haastattelun teemat olivat tiedossa, mutta haastattelun edetessä kysymysten järjestys ja muoto saattoivat muuttua. Haastattelut nauhoitettiin, minkä jälkeen ne litteroitiin ja analysoitiin. (Hirsijärvi & Remes 2009, 23, 181.)

6.1 Luotettavuus ja eettisyys

Tutkimuksessa noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa ei ole sääntöä, montako haastattelua tutkimukseen olisi tehtävä, jotta aineisto olisi luotettava kooltaan ja edustavuudeltaan (Hirsijärvi & Remes 2009, 23, 181).

Tutkimukseen valittuja henkilöitä voidaan pitää asiantuntijoina alallaan. Työssä on tutkijan osalta noudatettu rehellisyyttä ja tarkkuutta jokaisessa työvaiheessa.

6.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus perustuu Itävallan vierailuun sekä lämpöyrittäjien ja hakkeen tuottajan haastatteluihin Suomessa. Haastattelut toteutettiin kevättalvella 2011. Tutkimuksen haastatteluihin valittiin seitsemän yrittäjää, jotka valittiin osin toimeksiantajan avustuksella, lämpöyrityksen koon mukaan sekä sijainnin perusteella. Haastatteluun valittiin kattilateholtaan keskikokoisia lämpöyrityksiä. Haastatellut yritykset sijaitsevat eripuolella Suomea. Tutkimukseen osallistuvien haastattelujen lisäksi haastateltiin myös muita alalla toimivia yrityksiä, jotka paransivat haastattelijan kokonaistietämystä alasta.

6.3 Haastatellut yritykset

Lämpöyrittäjä 1 (L1) lämmittelee kunnan kiinteistöjä n. 120 000 m² Pohjois-Suomessa kahdella 1 MW:n Stoker-kattilalla. Lämpö tuotetaan hakkeen ja palaturpeen seospolttona 5 500 MW hakkeella ja 3 000 MW turpeella. Osakeyhtiön polttoainehuolto on järjestetty ulkopuolisen yrityksen kautta.

Lämpöyrittäjä 2 (L2) tuottaa lämpöä neljällä kattilalla, jotka ovat teholtaan 300 kilowatista 1,5 megawattiin. Kolmella kattilalla lämmitetään kunnan kiinteistöjä ja yhdellä teollisuusrakennuksia. Osakeyhtiö hankkii itse polttoaineensa ja ostaa kuljetus- ja haketuspalvelun. Haketta kuluu vuodessa noin 8 000 i-m³. Yrityksellä on kaksi tuhannen kuution haketerminaalia.

Lämpöyrittäjä 3 (L3) on 65 osakkaan osuuskunta, jonka liikevaihto on noin 650 000 €. Lämmöntuotanto tapahtuu kahdella kahden megawatin kattilalla. Lämmityskohteina on kunnan liikehuoneistoja sekä teollisuuskiinteistöjä. Vuodessa kuluu 14 000 i-m³ haketta, joka pystytään hankkimaan osakkailta. Yritys polttaa myös turvetta kovimmilla pakkasilla. Haketus ja kuljetus hoituvat osakkaiden kalustolla.

Lämpöyrittäjä 4 (L4) on 11 osakkaan osuuskunta. Yritys tuottaa lämpöä 6 000 MW kahdella megawatin kattilalla. Lämmityskohteet ovat kunnan rakennuksia ja omakotitaloja. Raaka-aineesta kolmannes saadaan osakkailta, loput ostetaan ulkopuolisilta. Haketta poltetaan vuodessa 8 500 i-m³. Haketus ja kuljetus hoituvat osakkaiden koneilla.

Lämpöyrittäjä 5 (L5) tuottaa kaukolämpöä viidellä kattilalla, jotka ovat kooltaan 200 kilowatista 2,5 megawattiin. Lämmityskohteita ovat teollisuusrakennukset ja omakotitalot. Haketta laitoksilla kuluu vuodessa 6 000 m³. Puu hankitaan pystykaupalla kemera-kohteista. Haketus ja kuljetus hoidetaan ostopalveluna.

Lämpöyrittäjä 6 (L6) tuottaa lämpöä 13 000 MWh vuodessa. Osakeyhtiö vastaa viiden lämpölaitoksen toiminnasta. Yrityksen toimintaan kuuluu kaukolämmön

tuoton ohella myös hakkeen tuotanto ja myynti. Haketta yritys käyttää ja myy vuodessa yhteensä noin 35 000 i-m³ ja liikevaihtoa kertyy noin 400 000 euroa.

Haketusyritys 7 (H7) vastaa yhdentoista lämpölaitoksen polttoainehuollosta. Yritys ostaa puuta, haketta ja kuljettaa asiakkaalle. Yrityksen toimintaan kuuluu bioterminaalitoiminta, jonka kautta kulkee vuodessa 20 000 i-m³ haketta. Asiakkaisiin kuuluu omakotitaloasukkaita, lämpöyrittäjiä sekä voimalaitos.

6.4 Haastattelujen aihealueet

Haastattelu koostuu neljästä aihealueesta. Ensimmäisessä osiossa käsitellään yrityksen perustiedot. Toinen osiossa selvitetään hakkeen hankintavarmuutta ja laatuun liittyviä ongelmia ja ratkaisuja. Kolmas osio käsittelee varastointia ja sen tuomia lisäarvoja polttoainehuollolle. Neljännessä osiossa keskityttiin terminaalitoiminnan tarpeeseen ja markkinoihin parempilaatuiselle hakkeelle.

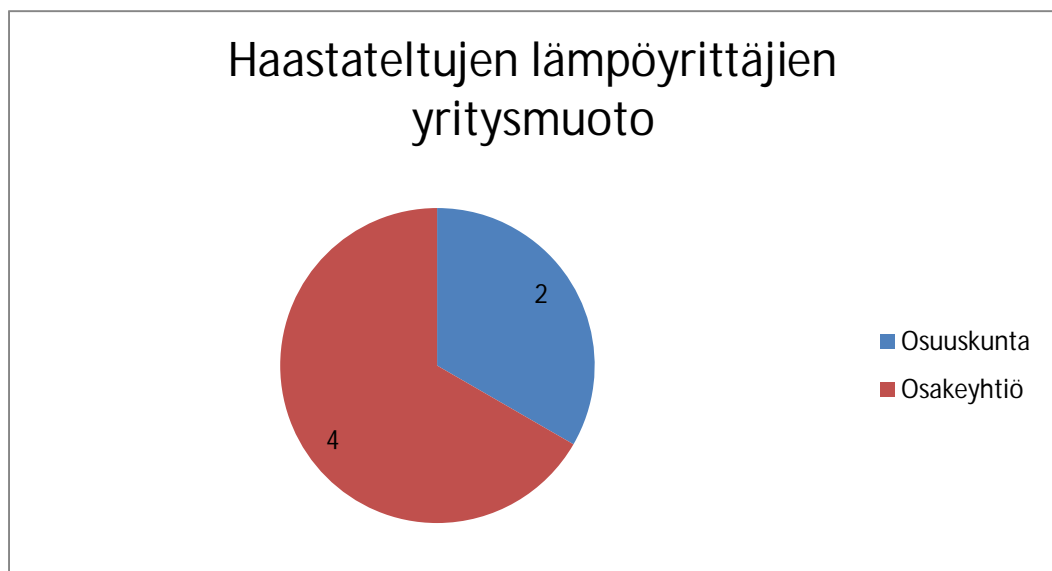
Perustiedoissa selvitettiin yrityksen lämmitysjärjestelmien kapasiteettia sekä yritysmuoto. Yrityksiltä kysyttiin vuotuista lämmöntuotantoa ja kohteita, joihin lämpöä myydään. Toisessa osiossa keskityttiin raaka-aineen hankintaan ja sen laatuun. Yrityksiltä kysyttiin hakkeen hankintatavasta ja siihen liittyvistä ongelmista. Hakkeen laatuun liittyen kysyttiin laadullisista ongelmista ja tyytyväisyydestä saatavaan hakkeeseen.

Kolmannessa osiossa kysyttiin nykyistä varmuusvarastointia ja sen vaikutusta laatuun. Neljännessä osiossa keskityttiin terminaalitoimintaan. Yrittäjiltä kysyttiin markkinoita ja tarvetta parempilaatuiselle hakkeelle. Terminaalitoimintaa pohdittiin yrittäjien kanssa mahdollisesti kannattavana liiketoimintana sekä sen tuomia lisäarvoja lähinnä laatuun ja toimitusvarmuuteen liittyen.

7 TUTKIMUKSEN TULOKSET

7.1 Haastateltujen yritysmuoto

Haastateltujen osuuskuntien ja osakeyhtiöiden toimintatavoissa on suuria eroja. Osuuskunnan toiminta perustuu osakaslähtöiseen toimintaan, jossa lämmöntuotanto sekä polttoaineen hankinta hoidetaan osakkaiden toimesta. Haastateltujen osuuskuntien osakasmäärä oli 11–65. Osakeyhtiöissä toiminta perustuu liikevaihdon kasvattamiseen. Osakeyhtiöiden polttoaine hankitaan ulkopuolisilta ja osassa yrityksistä lämmöntuotantokin on hoidettu ostopalveluna. Haastateltu haketusyritys on osakeyhtiö.



Kuvio 6. Yritysmuodon jakauma.

7.2 Hakkeen hankinta

Lämpöyrittäjien hankintatavoissa on suuriaeroja yrityksen koosta ja yritysmuodosta riippuen. Suurissa osuuskunnissa saadaan tarpeeksi puuta osuuskunnan omilta jäseniltä kattamaan koko polttoainetarve. Keskisuurissa osuuskunnissa

osa puusta saadaan jäseniltä ja osa hankitaan ulkopuolisilta metsänomistajilta. Korjuu, haketus sekä kuljetus hoituvat yleensä osakkaiden omilla koneilla. Osa-
keyhtiöissä polttoaine hankitaan lähes yksinomaan ulkopuolisilta metsänomista-
jilta, jolloin hankintajärjestelmä on oltava kunnossa. Usein polttoainehuolto on
sovittu hakkeen tuottajan kanssa siiloon asti toimitettuna.

Raaka-aineesta suurin osa saadaan energiapuuharvennuksilta eli kemera-
kohteilta saatavasta kokopuusta sekä jonkin verran hakkuutähdealoilta. Hak-
keeksi menee myös ainespuuksi kelpaavaa kuitupuuta ja lahotukkia. L2 on
käyttänyt aikaisemmin hakkeen raaka-aineena lähes yksinomaan lahotukkia,
josta saadaan laadukasta polttoainetta. Saatavuus on kuitenkin alkanut hanka-
loitua, joten yritys on joutunut siirtymään pienpuun käyttöön. Lämpöyrittäjän on
oltava nykyään yhä aktiivisempi puunhankinnassa. Hankinta on muuttunut
haastavammaksi 90 -luvun lopun jälkeen, jolloin energiapuuta pikemminkin tar-
jottiin kuin hankittiin.

Energiapuukauppa perustuu kuutioihin tai saatavaan energiamäärään. Kuutioi-
den mukaan maksettaessa puutavara mitataan tienvarsipinossa, ajokoneen
kuormainvaakaa käyttäen tai hakekuutioina, mikä arvioidaan kuljetuskaluston
kuormatilan perusteella. Ainoastaan L3 maksaa polttoaineen saatavien mega-
vattien mukaan. Loput perustavat kaupan kuutioihin, jolloin laadun vaihtelu ei
vaikuta hintaan. Kaikki haastatellut yrittäjät pitäisivät kannattavimpana ratkaisu-
na energiamääräistä hinnoittelua. Energiapuun pinosta mittausta pidettiin jok-
seenkin haastavana. Mittaustulokset voivat heittää jopa puolet oikeasta kuutio-
määrästä. L3 ottaa jokaisesta hake-erästä näytteen, josta mitataan lämpöarvo.

Hakkeen tuottaja H7 sanoo nopean maksun sekä pinojen mahdollisimman no-
pea häviäminen metsäteiden varsilta olevan tärkeä asia metsänomistajille. Yri-
tys maksaa metsänomistajalle energiapuusta kuutioiden mukaan ja myy hak-
keen energian mukaan. Kuutiot on mitattu pinomitalla, joka on yleensä mitattu
keskimäärin 20 prosenttia yläkanttiin. Myös ajokoneen kuormainvaakamittauk-
sissa on todettu suuriakin heittoja. Oikeudenmukaisin hinnoittelu saadaan ha-

keauton kuormatilasta todetusta hakkeen määrästä. L6 hankkii puun ja myy hakkeen kuutioissa, joka todetaan kuormatilan mukaan.

Lämpöyrittäjien energiapuusta maksamat hinnat vaihtelevat muutamasta eurosta kuutiolta kuitupuun hintaan. Vaikuttavia tekijöitä ovat kaupan koko sekä sijainti ja kysyntä. Osuuskunnissa yleensä maksetaan osakkaille puusta hieman korkeampaa hintaa kuin ulkopuoliselta ostettaessa. Osakkaille pyritään saamaan puusta mahdollisimman hyvä tuotto. L5 maksaa energiapuusta 7 euroa kiintokuutiolta ja käyttöpaikkahinnaksi tulee 14 euroa. L2:n osakkaille maksama hinta alkaa olla jo kuitupuun hinnan tasolla. Valmiista tienvarsipinosta haettuna energiapuusta maksetaan lähemmäs 30 €/m³. Kuljetuksesta osuuskunta maksaa 2,5 euroa ja haketuksesta 3,6 euroa irtokuutiolle, mitkä saadaan palveluna osuuskunnan jäseniltä.

Suurimmat ongelmat hankinnassa on L1:llä Pohjois-Suomessa. Hehtaarikohtaiset kertymät jäävät harvennuksissa muutamaa kuution, joka on kymmenesosa Etelä-Suomessa saatavaan kertymään. Vähäinen kertymä tekee korjuun kannattamattomaksi, kun hehtaarikohtainen kertymä ei täytä kemera-tuen vaatimaa alarajaa. Kuljetusmatkojen pidentyessä tuotot häviävät tienpäälle. L3 sanoo joutuvansa muuttamaan kauppatapaa kun kemera -tuen yläraja hehtaaria kohden laskee. Tällöin ei pystykauppa kannata, kun kaikelle korjatulle puulle ei saa tukea. Kaikki yritykset pitivät oleellisena kuljetusmatkojen pitämistä mahdollisimman lyhyenä.

7.3 Hakkeen laatu

Tienvarsipinossa kuivatun energiapuun laadun kannalta tärkein tekijä on pinojen mahdollisimman suuri korkeus ja peittäminen pahvilla. Myös pinojen sijainti mahdollisimman aukealla ja tuulisella paikalla pudottaa kosteutta. Haketuksen ajankohta tulisi ajoittaa kuivalle ajanjaksolle kosteuden hillitsemiseksi. Nuoska-keleillä lumi kulkee puun mukana hakkurin läpi. Myös hakkurin syöttöpöydän koolla on merkitystä lumen kulkeutumiseen hakkeen sekaan.

Suurin laadullinen tekijä hakepolttoaineelle on kosteus. Se vaihtelee huomattavasti sääolojen vaihdellessa. Lämpölaitosten käyttämän hakkeen kosteus vaihtelee 20 prosentista lähes 50 prosenttiin. Kosteuden noustessa yli 40 prosentin, katoaa lämmöntuottajan kannattavuus veden höyrystämiseen. Kosteusprosentin ollessa 45 tarvitaan megawatin tuottamiseen 2 kuutiota haketta. Myös laikkahakkurilla tehtyä haketta muutamat yritykset pitivät parempana kuin rumpuhakkurilla tuotettua haketta. Palan muodostuminen on tasaisempaa, eikä hakkeesta tule sahanpurua.

Palaturpeen erinomaisuudesta seospolttoaineena oltiin yhtä mieltä. Ainoastaan yksi yritys ei polttanut turvetta hakkeen seassa. Turpeen seospoltolla voidaan vaikuttaa polttoaineen kosteuteen ja parantaa laitoksen tehokkuutta. Turpeen käytöllä saatiin varmuutta polttoainehuoltoon. Palaturpeen ongelma on siitä poltossa rikastuva malmi, joka tukkii arinat ja niitä joutuu säännöllisin väliajoin puhdistamaan. Jäätyessään palaturve aiheuttaa häiriöitä syöttimissä.

Halutun hakkeen kosteus vaihtelee laitosten koon mukaan. Yhden megawatin ja siitä suuremmilla laitoksilla parhaimmaksi kosteudeksi on osoittautunut 30 %. Syytä tälle ei oikein osattu kertoa, mutta palamiseen sillä oli vaikutusta. Yksi veikkaus tähän oli poltossa syntyvä parempi kaasuuntuminen, joka parantaa lämpöarvoa. Kosteus ei kuitenkaan saisi ylittää 30 prosentin kosteutta kovinkaan paljon. Pienemmillä laitoksilla hake tulisi olla lähempänä 20 prosentin kosteutta. Myös palakoko ja haketustapa vaikuttavat enemmän pienemmillä laitoksilla.

Hakkeen tuottaja H7 on vuosien varrella oppinut asiakkaiden vaatimukset laadun suhteen. Haketta varastoidaan kosteusprosentin, palakoon ja hakkeen raaka-aineen mukaan. Kuivin, palakooltaan pienin ja tasalaatuisin hake menee omakotitaloasiakkaille sekä pienille lämpöyrittäjien kohteille. Suurimmille laitoksille hake ajetaan suoraan metsästä. Haketta saa 30 ja 20 prosenttia kosteana, sekä palakooltaan kolmea eri kokoa. Asiakkaan halutessa myös turvetta sekoitetaan hakkeen sekaan.

Suurin osa lämpöyrittäjistä pyrkii vähentämään karsimattoman kokopuun käyttöä ja lisäämään karsitun pienpuun käyttöä. Karsitusta puutavarasta saadaan parempilaatuista haketta, eikä seassa ole tikkuja ja oksanpätkiä tukkimassa polttoaineen syöttöjärjestelmiä.

7.4 Hakkeen varastointi

Lähes kaikki haastateltavat yritykset varastoivat haketta erillisissä varastoissa. Syitä varastoinnille oli monia. Yritykset, joilla laitoksia oli useita ja hajallaan, oli terminaalivarastointi ainoa ratkaisu toimivalle polttoainehuollolle. Tärkein lisäarvon tuoja on toimitusvarmuus kelirikkoaikana ja konerikkojen sattuessa. Laatuun voitiin vaikuttaa terminaalilla hakkeen kosteuden vaihdellessa sekoittamalla erilaatuisia eriä keskenään.

Lämpöyrittäjien varastoihin mahtuu haketta 600 – 1 500 m³, mihin varastoitiin ylivuotisesta puusta tehtyä kuivaa haketta. Erillisiä kuivausjärjestelmiä ei haastatelluilla yrityksillä ollut. Kaikilla yrittäjillä on suunnitteilla varastokokojen kasvattaminen. Varsinkin useat kylmät peräkkäiset talvet ovat saaneet yrittäjät miettimään varmuutta tuovia ratkaisuja polttoainehuoltoon.

L6 on etsinyt paikkaa asfaltoidulle kentälle, jonne voitaisiin ottaa vastaan suuriakin eriä. Tällä hetkellä ongelmana on tilojen puute. Asfalttikentälle pystytettiin ottamaan yllättäen tarjottavia hake-eriä, joita tulee silloin tällöin. Lämpöyrittäjällä L2 on kaksi yli tuhannen kuution vetävää haketerminaalia. Varastointi on välttämätöntä usean pienen laitoksen polttoainejakelun järjestämiseksi. Laitoksen siilot ovat pieniä, joten suora metsästä kuljetus ei kannata. Kuivausjärjestelmää terminaaliin oli mietitty, mutta ainakaan vielä ei ollut löydetty sopivaa ratkaisua. L3 on varautunut seuraavaa talvea varten hankkimalla käytöstä poistetun tuhat kuutiota vetävän varastotilan hakkeelle ja turpeelle.

Terminaalitoiminta tasoittaa hakkeen tuotantoa ympärivuotiseksi. Haketta voidaan tuottaa varastoon, eikä tuotanto painotu kulutushuippukuukausille. Tämä vähentää hakkurin ja työvoiman vajaakäyttöä Terminaalihaketus lisää kalliin hakkurin vuosisuoritetta, kun hakkurin siirtely vähentyy. Hakkeena varastointi ei onnistu paljonkaan yli 20 prosentin kosteudessa. Kostea hake homehtuu ja lämpöarvo alenee. Kuivurilla varustettu haketerminaaliin hake voidaan varastoida tuoreena, jolloin metsässä aikaa vievä kuivatus jää pois. Kuivatus voi tapahtua myös puuna terminaalin pihalla, josta se haketetaan kuljetuskalustoon tai varastoon. Hakkeen toimitus terminaalin kautta aiheuttaa kustannuksia kaksi euroa irtokuutiolle.

7.5 Bioterminaalitoiminta

Bioterminaalitoiminta taloudellisesti kannattavana liiketoimintana edellyttää asiakkaita, tarvetta ja maksuhalukkuutta parempilaatuiselle hakkeelle. Toiminnalla on saatava tuottoa sekä katettava investoinnit. Bioterminaalitoiminta kiinnostaa osakeyhtiömuotoisia lämpöyrittäjiä, jotka hankkivat polttoaineensa ulkopuoliselta tuottajalta. Kysyntä syntyy tarjonnalla sen tietoisuudesta. Bioterminaalilla voitaisiin parantaa myös osuuskunnan omaa polttoainehuoltoa ja ylimääräinen hake voitaisiin myydä asiakkaille.

Bioterminaalitoiminnan ajatus on parantaa polttoaineen logistiikkaa, laatua ja saatavuutta. Bioterminaalitoiminta toimii hakkeen ”huoltoasemana”, josta asiakkaat tai osakkaat saavat polttoainetta vaaditun laatusena ympäri vuoden. Sen avulla hakkeesta saadaan laadukkaampaa kuivattamalla ja sekoittamalla erilaatuisia eriä keskenään. Bioterminaalilla voidaan palvella usean kokoisia lämpölaitoksia ja yksityisiä omakotitaloasukkaita.

Haketusritys H7 on perustanut bioterminaalitoimintaan pienempiä laitoksia ja yksityisiä lämmittäjiä. Terminaalitoiminnan kautta kulkee vuodessa 20 000 i-m³ haketta. Markkinat parempilaatuiselle hakkeelle ovat alkaneet kehittyä asiakkaiden tietoisuuden myötä. Asiakasmäärät ovat lähteneet kasvuun bioterminaalitoiminnan pe-

rustamisen jälkeen ja luoneet uusia investointeja hakelämmityslaitteistoihin. Asiakasrekisterissä on 280 asiakasta ja määrä nousee koko ajan.

Terminaalissa on kuivausjärjestelmä, joka nopeuttaa puun kiertoa toimitusketjussa. Metsänomistajat ovat tyytyväisiä, kun energiapuukasat voidaan kuljettaa pois tuoreena, eivätkä ne jää vuodeksi metsäautoteiden varsille. Kuivatus tuoreella hakkeella vaadittuun kuivuuteen kestää 4–5 päivää, jonka jälkeen hake kuljetetaan asiakkaalle tai varastoidaan laadun mukaan. Yritys ajaa isommat kasat metsästä suoraan asiakkaalle ja pienemmät erät menevät terminaalin kautta.

Kannattavuus on vuosien varrella saatu kannattavaksi toiminnaksi kysynnän noustessa. Hake hinnoitellaan laadun mukaan. Myynti tapahtuu energiasisällön mukaan, mikä mitataan yrityksen toimesta. Terminaalin tuomat lisäkustannukset lisätään hintaan. Asiakkaat ovat valmiita maksamaan laadukkaasta hakkeesta syntyvät kustannukset, mikä on myös asiakkaan etu energiasisältöön perustuvassa kaupassa. Asiakas tietää tarkkaan hakkeen laadun ja siitä saatavan energiamäärän. Terminaalin kylmäilmakuivuria ei voida käyttää kosteilla ja lauhoilla keleillä. Keinokuivaus onnistuu ulkoilman ollessa alle -15 ja yli +10 asteen.



Kuva 1. Biotermiinaali.

Kuvassa 1 on Itävallassa toimiva biotermiinaali. Sen on perustanut 55 jäseninen osuuskunta. Kaikki osakkaat ovat metsätalallisia, joiden metsistä hakkeeksi menevä energiapuu pääosin saadaan. Jokaisen osakkaan on myytävä puuta osuuskunnalle vähintään 10 kuutiota vuodessa. Näin saadaan varmistettua puun saanti. Puun hinta osakkaalta ostettuna on 29 euroa ja ulkopuoliselta 26 euroa kiintokuutiolta.

Haketta kulkee terminaalin kautta noin 25 000 i-m³ vuodessa. Haketus tapahtuu suoraan terminaalihaketuksena, jonka kustannukset on 1,8 €/i-m³. Hake myydään 20–25 prosentin kosteudessa 31 €/i-m³. Investointikustannukset olivat 180 000 € ja vuokra hehtaarin tontista 5 000 €/v. Valtiolta saatu investointituki on 25 %. Itävallassa ei ole käytössä korjuu tai haketustukia, vaan energiapuun korjuu on saatu kannattavaksi ilman tukipolitiikkaa. Suomessa kannattavaan energiapuukorjuuseen ei ole mahdollisuuksia ainakaan toistaiseksi ilman tukia.

Itävallassa metsäorganisaatiot ovat vahvasti mukana kehittämässä metsänomistajien kanssa terminaalitoimintaa. Perustetuilla ja perustettavilla bioterminaaleilla lisätään puuenergian käyttöä ja näin lisätään uusiutuvien energiamuotojen osuutta. Bioenergian käyttöä on saatu lisättyä bioterminaaleilla merkittävästi. Toiminnalla on tiukat laatua koskevat standardit, joten asiakkaat tietävät mitä ostavat.

Toimivalla polttoainehuollolla on vaikutettu asukkaiden lämmitysjärjestelmien vaihtohalukkuuteen ja luotu lämpörittäjille parempia toimintamahdollisuuksia. Terminaalien sijoittelulla on haettu näkyvyyttä, jolla luodaan uskottavuutta hakkeen saatavuudesta. Toiminnasta on pyritty tekemään mahdollisimman asiakasystävällistä. Tilaukset voidaan tehdä sähköisesti ja polttoainetoimitukset onnistuvat asiakkaalle lyhyellä varoitusaajalla.



kuva 2. Hakkeen jakeluauto.

Kuvassa 2 on hakkeen jakelussa toimiva pumppuauto, jolla toimitetaan haketta pienille lämpölaitoksille ja omakotitaloasiakkaille. Hake puhalletaan letkua pitkin asiakkaan varastoon. Kehittyneen jakelutekniikan ansiosta asiakas ei tarvitse suuria siiloja tai kuormanpurkualuetta. Hakelämmitysjärjestelmän polttoaineva-

rasto voidaan sijoittaa huomiota herättämättömäksi vaikkapa maan alle. Hakevaraston täyttö sujuu samaan tapaan kuin polttoöljyn jakelu.

7.6 Markkinat ja tarve parempilaatuiselle hakkeelle

Haastatelluista lämpöyrityksistä osakeyhtiömuotoiset yritykset, jotka hankkivat polttoaineensa ulkopuoliselta toimittajalta, uskoivat parempilaatuisen hakkeen markkinoihin. Yritykset olisivat valmiita maksamaan hiukan enemmän tasalaatuisesta ja paremmin toimivasta hakkeesta. Myös yhteistyömahdollisuuksia lämpöyrittäjien kesken polttoainehuollossa voitaisiin parantaa terminaalien avulla.

Hinta hakkeelle tulisi perustua lämpöyrittäjien mukaan energiasisältöön, jolloin terminaalilla saatavasta korkealaatuisemmasta hakkeesta olisi taloudellista hyötyä myös lämpöyrittäjälle. Osa yrityksistä sanoo laadukkaan hakkeen hinnan voivan olla lähempänä pelletin hintaa. Energian mukaan myytävästä hakkeesta asiakas tietää polttoaineen laadun ja toimivuuden. Kuutioperusteista hinnoittelua käytettäessä ei laadusta voi olla varma, ennen kuin hake poltetaan laitoksessa.

8 POHDINTA

8.1 Tuloksien pohdinta

Metsähakkeen tulevaisuuden käyttötavoitteiden saavuttaminen edellyttää toimivaa logistiikkaa. Laadullisiin tekijöihin tulee kiinnittää huomiota entistä enemmän. Kuivemman hakkeen käyttö vaikuttaa suoraan puun poltosta aiheutuviin päästöihin, joiden pienentäminen on koko uusiutuvan energiakäytön lisäämisen tavoite.

Toimivalla ja uskottavalla hakepolttoaineen huollolla kasvatetaan uusiutuvien energialähteiden käyttöä lämmityslaitteinvestointien lisääntyessä. Uudet lämmityslaitteinvestoinnit kasvavat vasta varman polttoainehuollon myötä. Haastatellut yritykset lämmittivät pääasiassa kunnan kiinteistöjä sekä teollisuusalueita. Kasvupotentiaalia hakkeen käyttäjiksi ovat lämmitysjärjestelmän vaihtajat sekä uudiskohteet ja kokonaiset asuinalueet, jotka jäävät kaukolämpöverkon ulkopuolelle. Uusien asuinalueiden lämmitysmuodoksi valitaan usein sähkölämmitys.

Tasaisen välimatkoin perustettavilla terminaaleilla saataisiin hakkeen jakelu tehokkaaksi ja uutta ”potkua” käytön kasvulle. Terminaalitoiminta synnyttäisi uusia yrityksiä ja työpaikkoja hakkeen toimitusketjuun tuoden siihen lisäarvoa. Tärkeimmät lisäarvot on laadun parantaminen sekä tehokas logistiikka. Terminaaleilla saadaan nopeutettua puun kiertonopeutta keinokuivaamalla haketta. Kuidatettaessa energiapuuta metsäautoteiden varsilla aiheuttaa käytön kasvu metsäautoteiden varsien täyttymistä energiapuukasoista.

Metsähake on hinnaltaan huomattavasti halvempi kuin fossiiliset polttoaineet tai sähkö, joiden kanssa se kilpailee. Bioterminaalikäsitteily nostaa hakkeen käyttöpaikkahintaa jonkin verran, mutta käyttäjä hyötyy paranevista ominaisuuksista. Asiakkaalle kustannukset voivat olla joissakin tapauksissa jopa edullisemmat verrattuna suoraan metsästä toimitettuun huonolaatuiseen hakkeeseen.

Lisääntyvä käyttö sekä laadun hallinta parantaisivat edellytyksiä kattilatekniikan kehitykselle Suomessa, mikä edelleen parantaisi hakkeen kilpailukykyä lämmitysmuotona. Kattilatekniikka paranisi pienessä kokoluokassa, mitkä tarvitsevat toimiakseen parempilaatuista haketta. Pienten kattiloiden polttoainehuolto osoitautui haastatteluissakin haasteelliseksi.

Bioterminaalitoiminta on suuressa osassa tulevaisuuden polttoainehuoltoa. Bioterminaaliryrittäjiä voisivat olla osuuskunnat, joiden osakkaat koostuvat metsänomistajista Itävallan malliin. Puun saanti turvattaisiin ja investointikustannukset jakautuvat eikä näin ollen olisi kynnyksikysymys. Myös osakeyhtiömuotoinen yritysmuoto on toimiva, kuten haastateltu hakkeen toimittaja, jonka puun hankinta

tapahtuu metsänhoitoyhdistyksen kautta. Metsänhoitoyhdistysten sekä metsäkeskuksen tulee olla kehityksessä mukana ja luoda toimiva ympäristö bioterminaalitoiminnalle neuvonantajana sekä yhteistyöllä paikallisten yritysten kanssa.

Energiapuun korjuuseen vaikuttavat tuet ja maksuperusteet tulevat muuttumaan kahden vuoden sisällä. Metsäenergia-alalla ollaan odottavissa tunnelmissa. Suuret energiantuottajat odottavat päätöksiä energiatuista sähköntuotantoon, mitkä poistuivat käytöstä vuodenvaihteessa vaikuttaen suurten sähköä tuottavien laitosten metsähakkeen käyttöön. Haastateltavista lämpöyrityksistä yksi mainitsi uusiutuvan energian syöttötariffit, joiden tulisi koskea myös pieniä laitoksia. Poistettaessa syöttötariffeista laitokseen, voisivat pienetkin laitokset tuottaa sähköä kannattavasti.

8.2 Lisätutkimuksen tarve

Tulevaisuudessa kehittyneemmän kattilatekniikan ansiosta hakkeen käyttö lisääntyy myös pienessä kokoluokassa, mikä on potentiaalinen asiakaskunta bioterminaalille. Asiakkaita bioterminaalirytykselle tulevaisuudessa ovat omakotitalot sekä kokonaiset asuinalueet, jotka vaativat laadukasta haketta sekä varman polttoainehuollon. Tarvetta ja mahdollisuuksia bioterminaalitoiminnalle tulisi selvittää omakotitaloasukkaiden sekä uusien asuinalueiden hakkeen käytön kasvupotentiaali. Hakelämmitys olisi vaihtoehtona vasta uskottavalla polttoainehuollolla.

8.3 Oman työn arviointi

Opinnäytetyön tekeminen on ollut mielenkiintoista. Työ on opettanut tekijäänsä työn edetessä ja herättänyt mielenkiintoa aiheeseen. Tekijä on saanut paljon oppia etenkin työhön liittyviä haastatteluja tehdessä ja vierailu Itävaltaan toi uusia ajatuksia bioenergia-alasta. Myös syvä tutustuminen alan kirjallisuuteen on kehittänyt tietoutta. Työstä on varmasti ollut hyötyä työelämää ajatellen. Bio-

energia-ala on merkittävä tekijä metsäsektorilla tätä nykyä ja kehittyy nopeasti totutun metsätalouden rinnalla.

Erityinen kiitos opinnäytetyön toimeksiantajalle, ohjaavalle opettajalle sekä haastatelluille henkilöille ja yrityksille. Haastatteluista opinnäytetyön tekijä sai hyvän kuvan lämpörittämisestä ja sen haasteista.

LÄHTEET

- Airaksinen, L & Puhakka, P. 2001. Teoksessa hakelämmitysopas. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Motiva. Joensuu 2001.
- Alakangas, E., Erkkilä, A., Flyktman, M. & Helynen, S. 2007 puupolttoaineiden pienkäyttö. Tekes. Helsinki.
- Alakangas, E. & Alanen, V-M. 2005. Hakelämmöstä yritystoimintaa. Toimittaneet Kokkonen, A. & I Lappalainen, I. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, Motiva Oy, Työtehoseura.
- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Energia. Espoo 2000.
- Föhr, J. 2009. Energiapuun toimitusketjujen kannattavuus. Energiapuun toimitusketjujen kannattavuus-laskuri. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Mikkelin yksikkö.
- Gumse, S-I. 2003. Puuenergia. Metsähakkeen pientuotanto. Jyväskylän Teknologikeskus Oy BENET Bioenergiaverkosto. Jyväskylä 2003.
- Hakkila, P. 1998. Metsänuudistusalojen hakkuutähde energialähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613.
- Hakkila, P. 2001. Metsähakkeen energiatiheys. Puuenergia I/2000. Puuenergia ry, Helsinki.
- Hakkila, P. 2003.. Jyväskylän Teknologikeskus Oy. BENET Bioenergiaverkosto. Toimittanut Nuutila, K. Jyväskylä 2003.
- Hakkila, P. 2004. Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Tekes.
- HE 174/2004. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain muuttamisesta ja väliaikaisesta muuttamisesta.
- HE 270/2010. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi kestävän metsätalouden rahoituslain muuttamisesta ja laiksi pienpuun energiatueksi.
- Hirsijärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- Hirsijärvi, S. & Remes, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki : Tammi.
- Kainulainen, S. 2001. Hakelämmitysopas. Teoksessa myös Puhakka, A., Alakangas, E., Alanen, V-M., Airaksinen, L., Risto, S., Siponen, T. Motiva. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

- Laitila, J. 2005. Rankahakkeen kustannuslaskentaohjelma. Metsäntutkimuslaitos. Joensuun tutkimuskeskus.
- Laitila, J. 2008. Metsäenergia nyt ja tulevaisuudessa. [http://www.forest.fi/smy/Materiaalitdeve.nsf/allbyid-PMA/328BC41F2DEE2F8DC225745700281CBF/\\$file/PMA24-JuhaLaitila.pdf](http://www.forest.fi/smy/Materiaalitdeve.nsf/allbyid-PMA/328BC41F2DEE2F8DC225745700281CBF/$file/PMA24-JuhaLaitila.pdf). 19.4.2011.
- Laitila, J., Asikainen, A. & Anttila, P. 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. <http://www.metla.fi/julkaisut/muut/energiapuu/energiapuun-korjuu-raportti.pdf>. 28.4.2011.
- Lappalainen, I. 2007. Puupolttoaineiden pienkäyttö. Tekes.
- Loibnegger, T. & Metschina, C. 2007. Biomass logistic & Trade centres. 3 steps for a successful project realization. Julkaisija AIEL Italian Agriforestry Energy Association. Italy.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2006. Metsäenergian tuotannon, korjuun ja käytön kustannustehokkuus sekä tukijärjestelmien vaikuttavuus päästökaupan olosuhteissa. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5iOShijmp/52A07161_Loppuraportti_090806.pdf. 23.2.2011.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2006. Metsähakkeen tuotannon tuet. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5iOShijmp/52A07161_Loppuraportti_090806.pdf. 20.3.2011.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2011. Kansallinen metsäohjelma 2015. Metsäalasta biotalouden vastuullinen edelläkävijä. Valtioneuvoston periaatepäätös.
- Metla. 2006. Hakkuutähteen talteenotto osana metsätaloutta. 3291. <http://www.metla.fi/hanke/3291/index.htm>. 18.4.2011.
- Metsäkeskus. 2009. Hake. http://www.metsakeskus.fi/web/fin/palvelut/puuenergia/puupolttoaineet/hake_lisiasie.htm. 3.2.2011.
- Metsäkeskus. 2010. Laatuhaakkeen tuotanto-opas. Anja Lepistö. <http://www.puulakeus.net/docs/109-FsT-laatuhaakeopas.pdf>. 3.5.2011.
- Metsäntutkimuslaitos. 2010. Metsätilastotiedote16/2010 <http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2010/puupolttoaine2009.htm>. 15.2.2011.
- Metsäteho. 2009. Puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa 2020 http://www.bioenergia.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=2790&name=file. 15.2.2011.

- Motiva. 2009. Lämpöyrittäjäyys. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampoyrittajyys. 16.2.2011.
- Pelli, P. 2010. Kiinteisiin biomassapolttoaineisiin liittyvä liiketoiminta Keski-Suomessa. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 59/2010.
- PKAMK. 2010. Pienpuun tuotanto. <http://www.ncp.fi/bioenergia/pienpuuntuotanto/2/2.3.1.htm>. 12.3.2011.
- Puhakka, A. 2010. Kestävä yhdyskunta –ohjelma 2007 – 2012. Julkisen tutkimuksen aihehakemus moniste. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu/ Asko Puhakka.
- Ranta, T. 2003. Puuenergia. Jyväskylän Teknologiateollisuus Oy. Jyväskylä.
- Ranta, T., Halonen, P., Frilander, P., Asikainen, A., Lehikoinen, M., Väättäinen, K. 2002. Metsähakkeen autokuljetuksen logistiikka. Loppuraportti.
- Tekes. 2004. Nuoret metsät energiapuuvarantona. Puuenergian teknologiaohjelman tuloksia I/2004.
- Tilastokeskus. 2008. Energiatilasto, Vuosikirja 2007. Helsinki.
- Tilastokeskus. 2009 .http://www.stat.fi/til/khki/2009/khki_2009_2010-12-10_tie_001_fi.html.12.2.2010.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. toimialaraportti 5/2009. Pk-bioenergia. Tem:n ja TE-keskuksen julkaisu.
- Vesisenaho, T. 2003. Puuenergia. Puuperäiset polttoaineet. Jyväskylän teknologiateollisuus Oy.
- VNS. 2009. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöisempää Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009.
- Ympäristöministeriö. 2006. Pientaloille avustusta lämmitysjärjestelmän muutokseen.<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=181846&lan=fi> 13.3.2010

Kyselylomake

Yrityksen tiedot

Haastateltava henkilö
Yrityksen nimi/yritysmuoto
Yrityksen liikevaihto ja henkilöstö
Lämmitysjärjestelmän koko
Varajärjestelmä
Vuotuinen lämmöntuotanto
Lämmitettävät kohteet

Raaka-aine

Paljonko haketta kuluu vuodessa?
Miten hankinta on järjestetty?
Onko hankinnassa ongelmia?
Tyydyttääkö saatavan hakkeen laatu?
Käytettävän hakkeen kosteusprosentti?
Hakkeen laadun merkitys?

Varastointi tällä hetkellä

Miten hakkeen varastointi on toteutettu?
Varaston koko?
Varastointiaika?
Onko kuivausjärjestelmää?
Vaikutus laatuun?
Varastoinnista aiheutuvat kustannukset?

Tarve ja kiinnostus laadun parantamiseen haketerminaalilla

Voisiko hakkeen hankinnassa ja varastoinnissa kehittää yhteistyötä?
Olisiko ideaa perustaa bioterminaaliliiketoiminnallisessa mielessä?
Löytyykö hakkeen käyttäjien keskuudessa tarvetta kuivemmalle ja parempilaatuiselle hakkeelle?
Olisiko yritys itse valmis maksamaan parempilaatuisesta hakkeesta hieman enemmän?
Olisiko tarvetta terminaalille hakkeen saamisen turvaamiseksi?
Voisitko kuvitella terminaalin kannattavana liiketoimintana tai osana sitä?
Uskoisitko että terminaalilla saataisiin riittävän hyvä tuotto?
Lisäisikö parempi raaka-aineen saatavuus ja tietoisuus käyttöä lämmitysmuotona?
Onko kiinnostusta ja resursseja investoida terminaalisiin?