

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Riku Mutanen

PUU- JA KIERRÄTYSPOLTTOAINEIDEN MARKKINATUTKIMUS
ITÄ-SUOMEN ALUEELLA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A 2
80100 Joensuu
Puh. (013) 260 6900

Tekijä

Riku Mutanen

Nimeke

Puu- ja kierrätyspolttoaineiden markkinatutkimus Itä-Suomen alueella

Toimeksiantaja

Pielisen Karjalan Bioenergiaverkostot ja -virrat

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin puu- ja kierrätyspolttoaineiden markkinoita Itä-Suomen alueella. Tutkimustulosten sekä selvityksen tilanteen yrityksen antamien kustannusarvioiden perusteella suoritettiin lisäksi puupolttoaineen valmistamiseen sekä myymiseen liittyvä kannattavuuslaskelma.

Opinnäytetyöprosessi alkoi Itä-Suomen alueen energiantuotantolaitosten kartoittamisella. Tutkimusaineistoa hankittiin energiantuottajille kohdistetun kyselytutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksella selvitettiin puu- ja kierrätyspolttoaineiden hintataso, niihin kohdistetut laatuvaatimukset, niiden kysyntä eri vuodenaikoina sekä polttoainetoimittajalle asetetut vaatimukset. Kyselytutkimuksen tuloksia analysoitiin sisällönanalyysimenetelmällä, jossa kertynyt materiaali luokiteltiin kunkin tutkimustehtävän perusteella ominaisuuksien mukaisesti, jotta materiaalia oli mahdollista verrata.

Tutkimukseen osallistuneiden yritysten ostamalleen polttoaineelle osoittamat laatuvaatimukset vaihtelevat polttoaineen kosteusprosentin osalta paljon, mutta energiatihedysten sekä palakoon osalta yritysten vaatimuksissa esiintyi huomattavasti vähemmän vaihtelua. Puupolttoaineista maksettavat hinnat ovat lähellä Suomen tilastollisia keskiarvoja ja niiden kysyntä vaihtelee vuoden aikana runsaasti. Tutkimuksessa toteutetulla kannattavuuslaskelmalla osoitettiin, että selvityksen tilanteen yrityksen puupolttoaineen valmistamista sekä myymistä koskevan suunnitelman kannattavuuden edellytyksenä on kustannusten pienentäminen.

Kieli

Sivuja 55

Suomi

Liitteitä 3

Asiasanat

Markkinatutkimus, puuenergia, Lieksa, kierrätys, kannattavuus



THESIS
May 2015
Degree Programme in
Environmental Technology
Sirkkalantie 12 A 2
FIN 80100 Joensuu
Tel. +358 013 260 6900

Author

Riku Mutanen

Title

Market Research of Wood Fuel and Recycled Fuel in Eastern Finland

Commissioned by

Networks and Flows of Bioenergy in Pielinen Karelia

Abstract

The aim of this thesis was to find out the markets of wood fuel and recycled fuel in Eastern Finland. This thesis also includes a profitability calculation of producing and selling wood fuel. The profitability calculation is based on the findings of this survey and cost estimates given by the mandator.

The first step of the process was to find out the energy producers in Eastern Finland. The material was gathered by an inquiry that was sent to the energy producers. The purpose of the inquiry was to find out price level, quality requirements, variations of the demand over a year of wood fuel and recycled fuel and requirements that are pointed out to a fuel supplier. The material that was got from the inquiry was analysed with a content analysis in which the material was classified according to the quality properties to make the comparison possible.

The requirements that energy producers are pointing out to the moisture of wood fuel that they are buying varies a lot between the companies. On the contrary, the variation on the requirements to the energy density and particle size was considerably lower. The prices that are paid for wood fuel are near the statistical averages of Finnish fuel market. The demand of the wood fuel varies significantly between warm and cold periods of the year. The cost estimation that was made about the profitability of producing and selling wood fuel indicated that planned actions are not profitable unless the company can reduce the production costs.

Language

Finnish

Pages 55

Appendices 3

Key words

Market research, wood energy, Lieksa, Recycling, profitability

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Taustaa	6
1.2	Toimeksiantaja	7
2	Puu- ja kierrätyspolttoaineiden laadunhallinta.....	8
2.1	Keskeiset käsitteet	8
2.2	Puupolttoaineiden käyttö Itä-Suomessa	9
2.3	Tuotantomenetelmät.....	9
2.4	Kiinteiden biopolttoaineiden standardit.....	13
2.4.1	SFS-EN 14961	13
2.4.2	SFS-EN ISO 17225	14
2.5	Puupolttoaineiden laatuohjeet	15
2.5.1	Puupolttoaineiden laatuohje 1998	16
2.5.2	Puupolttoaineiden laatuohje 2014	16
2.6	Puupolttoaineiden tärkeimmät laatuominaisuudet	17
2.6.1	Kosteusprosentti.....	17
2.6.2	Palakokojakauma	18
2.6.3	Tehollinen lämpöarvo	19
2.6.4	Energiatiheys.....	20
2.7	Kierrätyspolttoaineiden tuotanto ja käyttö.....	21
2.7.1	Tuotantotapa	21
2.7.2	Käyttökohteet sekä markkinat	21
2.8	Kierrätyspolttoaineita koskeva lainsäädäntö ja politiikka	23
2.8.1	Valtakunnallinen jätesuunnitelma	23
2.8.2	Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta.....	25
2.8.3	Muut säädökset	25
2.9	Kierrätyspolttoaineiden laadun määrittely.....	26
2.9.1	Käytöstä poistetun puun luokituksen soveltaminen käytäntöön...26	
2.9.2	SFS 5875	27
2.9.3	SFS-EN 15359	27
3	Tutkimuksen tarkoitus, tutkimustehtävät sekä alueen rajaus	29
3.1	Tarkoitus ja tavoitteet	29
3.2	Tutkimusalueen rajaus	29
4	Tutkimuksen aineisto ja menetelmät.....	31
4.1	Tutkimusaineisto ja aineiston hankinta	31
4.2	Tutkimusmenetelmät	31
4.3	Analyysimenetelmät	32
5	Tulokset	34
5.1	Puupolttoaineiden laatuvaatimukset	34
5.1.1	Energiatiheys.....	35
5.1.2	Kosteusprosentti.....	36
5.1.3	Palakoko.....	37
5.1.4	Muut laatuvaatimukset.....	39
5.2	Puupolttoaineiden hintataso	39
5.3	Kierrätyspolttoaineiden markkinat	40
5.3.1	Pankaboard	40
5.3.2	Kainuun Voima Oy.....	40
5.3.3	Stora Enso Oy	41
5.4	Polttoaineiden kysynnän vaihtelu	41

5.5	Yritysten edellytykset polttoaineiden toimittajaa kohtaan.....	42
5.6	Taloudellinen tarkastelu.....	43
5.6.1	Kustannuslaskelma	44
5.6.2	Kannattavuuslaskelma	45
6	Pohdinta.....	48
6.1	Tulosten tarkastelu	48
6.2	Tulosten merkitys ja sovellettavuus.....	50
6.3	Tutkimuksen luotettavuus ja virhearviointi	50
6.4	Toimenpidesuositukset.....	51
	Lähteet.....	53

Liitteet

- Liite 1. Sähköpostina lähetetty saatekirje
- Liite 2. Haastattelu puu- ja kierrätyspolttoaineiden käytöstä
- Liite 3. Tutkimukseen osallistuneet yritykset

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on puusta tai jätteestä murskaamalla valmistetun polttoaineen kysyntää sekä ostajien tarpeita kartoittava markkinatutkimus. Tutkimuksella selvitetään metsähakkeen sekä kierrätyspolttoaineiden vastaanottajat, polttoaineille asetetut laatuvaatimukset, eri polttoaineista maksettavat hinnat sekä polttoaineiden kysynnän vaihtelut vuodenaikojen mukaan Itä-Suomen alueen energiantuotantolaitoksissa. Tutkimuksessa selvitetään myös puupolttoaineen valmistamisen ja myymisen kannattavuutta terminaalmurskausmenetelmällä, jossa puu ostetaan ulkopuoliselta taholta, murskataan polttoaineeksi ja myydään energiantuotantolaitosten käyttöön.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy:n sekä Karelia-ammattikorkeakoulun hanke Pielisen Karjalan bioenergiaverkostot ja -virrat, josta tämän markkinatutkimuksen on tilannut lieksalainen Teuvo Lehikoinen Yhtiöt. Koska opinnäytetyön tutkimusmenetelmät ja tutkimusalueen rajaukset on sovittu Teuvo Lehikoinen Yhtiöiden kanssa, viitataan tässä tutkimuksessa termillä toimeksiantaja nimenomaisesti kyseiseen yritykseen.

1.1 Taustaa

Teuvo Lehikoinen Yhtiöt on vuonna 2014 investoinut uuteen murskaimeen, jolla se murskaa vastaanottamaansa muovijätettä kierrätyspolttoaineeksi sekä kierrätyspuuta puupolttoaineeksi energiantuotantoyritysten tarpeisiin. Yrityksen tulevaisuuden suunnitelmissa on suurentaa puupolttoainetuotannon mittakaavaa hankkimalla puuta metsäyrityksiltä ja murskaamalla sitä polttoaineeksi. Murskaimella tuotettavan polttoaineen kysyntä, hinnat, vastaanotto-määrien vaihtelu sekä laatuvaatimukset Itä-Suomen alueella yhdessä toiminnan arvioidun kannattavuuden kanssa vaikuttavat yrityksen toimiin tulevaisuudessa ja nämä asiat tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää.

1.2 Toimeksiantaja

Pielisen Karjalan Bioenergiaverkostot ja -virrat oli vuonna 2011 alkanut kolmivuotinen Karelia-ammattikorkeakoulun sekä Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy:n yhteinen bioenergiahanke. Hankkeen tavoitteena oli energiaomavaraisuuden edistäminen sekä uusiutuviin energiamuotoihin perustuvien yritysten sekä työpaikkojen luominen Pielisen Karjalan alueella. (Huikuri & Okkonen 2012, 3.)

Teuvo Lehikoinen Yhtiöt käsittää kaksi erillistä yritystä, Jätehuolto Teuvo Lehikoinen Ky:n sekä kuljetustyöhön erikoistuneen Teuvo Lehikoinen Oy:n. Yrityksen toiminta alkoi kommandiittiyhtiönä vuonna 1975. Sen toimialaan kuuluvat nykyisin muun muassa yritysten jätehuolto, maanrakennus- sekä kuljetustyöt. Osakeyhtiö Teuvo Lehikoinen Oy perustettiin vuonna 1999, jolloin sen alaisuuteen siirrettiin rahti- sekä erikoiskuljetukset. Yritysten yhteenlaskettu vuosittainen liikevaihto on noin 1,5 miljoonaa euroa, josta Teuvo Lehikoinen Oy:n osuus on noin 20 % ja Jätehuolto Teuvo Lehikoinen Ky:n osuus puolestaan n. 80 %. Yritys työllistää 15 henkilöä. (Lehikoinen 2015a; Perustaminen, historia 2015.)

2 Puu- ja kierrätyspolttoaineiden laadunhallinta

2.1 Keskeiset käsitteet

Arinapolttotekniikka on pienen kokoluokan polttolaitoksissa yleinen tekniikka, jossa polttoaine poltetaan joko kiinteällä tai mekaanisesti liikkuvalla arinalla.

Jätteellä tarkoitetaan sellaista ainetta tai esinettä, jonka haltija poistaa, on poistanut tai on velvollinen poistamaan käytöstä (Jätelaki 646/2011 5. §).

Kierrätyspolttoaine on kiinteistä, kuivista ja lajitelluista yhdyskuntien sekä yritysten polttokelpoisista jätteistä valmistettu polttoaine (Alakangas 2000, 19).

Kierrätyspuulla tarkoitetaan puhdasta puutähdettä sekä käytöstä poistettua halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja sisältämätöntä puhdasta puuta (Puupolttoaineiden laatuohje 2014, 9).

Kosteusprosentti eli kosteus tarkoittaa veden massan osuutta aineen kokonaismassasta (Alakangas 2000, 12).

Leijupetitekniikka on polttotekniikka, jossa kattilaan syötetty kiinteä polttoaine palaa hiekan seassa pedissä, joka leijuu kattilassa alapuolelta puhalletun ilmavirran voimasta.

Metsähake on yleisnimitys rangasta, kokopuusta sekä hakkuutähteestä valmistetulle hakkeelle tai murskeelle (Puupolttoaineen laatuohje 2014, 10).

Murske on tylpillä työkaluilla murskaamalla valmistettu puupolttoaine, jonka muoto ja palakoko vaihtelevat (Puupolttoaineiden laatuohje 2014, 10).

Palakoko tarkoittaa kiinteälle polttoaineelle ominaista palan kokoa, joka voidaan määrittää seulonnan avulla (Alakangas 2000, 13).

Purkupuu on rakennusten sekä vesi- ja tierakennuksen purkutyön yhteydessä syntynyt puu tai puutuote (Puupolttoaineiden laatuohje 2014, 10).

2.2 Puupolttoaineiden käyttö Itä-Suomessa

Puupolttoaineiden osuus Itä-Suomen alueen energian kokonaistuotannosta on muuhun Suomeen verrattuna korkealla tasolla. Itä-Suomen Energiatilaston (2014, 7–16) mukaan vuonna 2012 Pohjois-Karjalan primäärienergiasta puuenergialla tuotettiin 51 %, Etelä-Savossa vastaava lukema oli 34 %, Pohjois-Savossa puuenergian osuus oli 33 % ja Kainuussa puolestaan 32 %. Koko Itä-Suomen alueella, johon lasketaan myös tämän tutkimuksen ulkopuolelle jäävä Etelä-Karjala, puuenergialla katettiin 47 % kokonaisenergiantuotannosta. Tämä on Tilastokeskuksen vuoden 2012 energiatilaston mukaiseen koko Suomen 24 %:n arvoon verrattuna lähes kaksinkertainen.

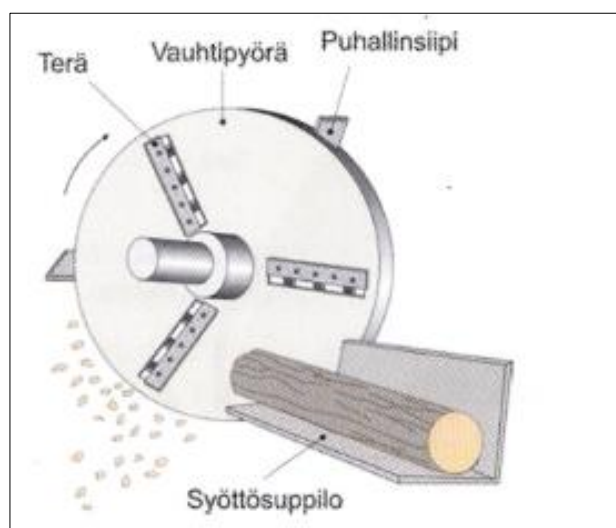
Puuenergiaan panostetaan Itä-Suomessa merkittävästi myös tulevaisuudessa. Uusiutuvan energian osuus Itä-Suomen alueen kokonaisenergiankulutuksesta vuonna 2008 oli 55 %. Itä-Suomen Bioenergiaohjelmassa tavoitteeksi on asetettu nostaa uusiutuvien osuus 78 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Metsähakkeen osuus tavoitteen saavuttamisessa on merkittävä, sillä sen käyttömäärän tavoitteluun nousevan vuoden 2010 tasosta Itä-Suomen alueella lähes kaksikertaiseksi. (Itä-Suomi uusiutuu... 2011, 16–17.)

2.3 Tuotantomenetelmät

Metsähaketta tuotetaan kokopuusta, runkopuusta, hakkuutähteistä sekä kannoista. Termi hakkuutähde käsittää nimensä mukaisesti hakkuiden tähteiksi jäänyttä puuta, kuten oksia sekä latvoja. Lisäksi metsäteollisuuden käyttöön liian ohutta rankaa hyödynnetään energiapuuna. Saurasen (2003, 70) mukaan metsähakkeen valmistusmenetelmiä ovat haketus laikka-, rumpu- tai kartioruuvihakkurilla sekä murskaus. Näistä menetelmistä yleisin on laikkahakkuri edullisuu-

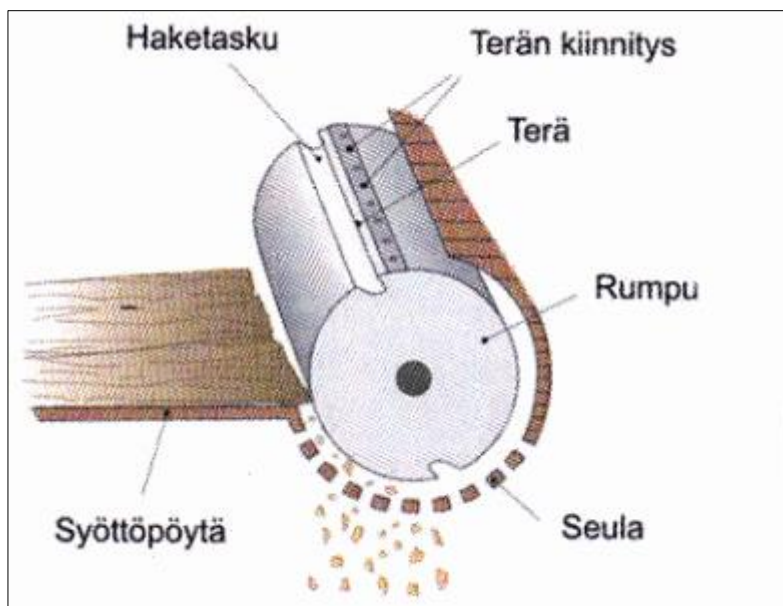
tensa ansiosta. Rumpuhakkurit ovat hinnaltaan kalliimpia, mutta toisaalta käyttömahdollisuuksiltaan monipuolisia, sillä ne soveltuvat kaikkien puuperäisten materiaalien hakettamiseen.

Laikkahakkurin (kuva 1) terät sijaitsevat vauhtipyörässä säteen suuntaisesti. Pienessä kokoluokassa haketusterät vetävät puuta vinosti syöttösuppiloa pitkin hakkurin sisään kohti vauhtipyörää. Suuremmissa laikkahakkureissa käytetään hydraulisia syöttölaitteita, jotka myös parantavat tuotetun hakkeen laatua. Palakokoa voidaan säätää terien etäisyyksiä muuttamalla. Laikkahakkuri soveltuu parhaiten karsitulle rangalle sekä kokopuulle, joka ei sisällä kiviä tai maa-ainesta. (Sauranen 2003, 71.)



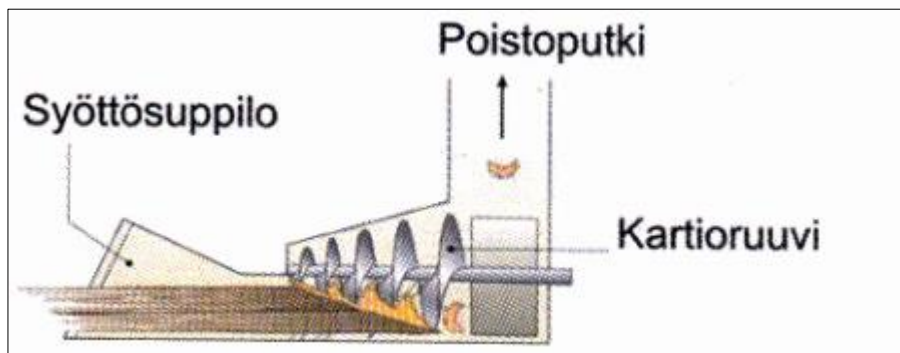
Kuva 1. Laikkahakkurin toimintaperiaate (Kuva: Sauranen 2003, 71).

Rumpuhakkureita (kuva 2) käytetään pääsääntöisesti suuren mittapuun, kuten voimalaitosten tai suuren kokoluokan lämpölaitosten, haketustoiminnassa. Ne kestävät muihin hakkurityyppeihin verrattuna paremmin epäpuhtauksia. Rumpuhakkurin terät sijaitsevat lieriömäisen terärummun ulkokehällä, jota vasten joko piikkirulla tai ketjukuljetin työntää haketettavan puun. Rumpuhakkurissa palakokoon voidaan vaikuttaa seulojen käytöllä. Riittävän pieni hake läpäisee seulan, kun taas palakooltaan isompi hake ohjautuu uudelleen rummulle. (Lepistö 2010, 28–29.)



Kuva 2. Rumpuhakkurin toimintaperiaate (Kuva: Sauranen 2003, 72).

Kartioruuvihakkurissa (kuva 3) puun haketus tapahtuu vaakatasossa sijaitsevan kartion muotoisen ruuvin toimesta. Syöttölaitteelle ei välttämättä ole tarvetta, sillä ruuvi vetää puun hakkuriin, mutta syöttölaitteen käyttö nostaa hakkurin tuottavuutta. Kartioruuvihakkurilla haketetaan pääasiassa karsittua rankaa sekä sahauspintoja. (Sauranen 2003, 72.)



Kuva 3. Kartioruuvihakkurin toimintaperiaate (Kuva: Sauranen 2003, 72).

Murskaimen toimintaperiaate poikkeaa hakkureista suuresti sen toimintatavan suhteen. Ne jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan vasaramurskaimiin ja levy-murskaimiin. Murskaimeen syötettävä puuainees hienonnetaan repimällä, kun hakkurit leikkaavat puu hakkeeksi. Siksi tehontarve murskaimilla on hakkureita korkeampi. Murskaimen tuottama polttoaine on yleensä laadultaan hakkureiden

vastaavaa heikompi, sillä murskeen sekaan jää usein pitkiä tikkuja, jotka aiheuttavat ongelmia pienten lämpölaitosten polttoaineensyöttöön. Toisaalta murskaimet soveltuvat myös huonompilaatuisen, maa-ainesta sisältävän puun murskaamiseen. (Sauranen 2003, 72.)

Teuvo Lehikoinen Yhtiöiden omistama murskain on CBI Magnum Force 6400 -mallinen telaketjuilla varustettu mobiilimurskain. CBI-murskaimia maahantuovan Allan Bruks Oy:n maajohtajan mukaan se soveltuu muun muassa runkopuun, kantojen, kierrätyspuun sekä teollisuusjätteen murskaamiseen. Murskaimen murskauskapasiteetti on 150 tonnia tunnissa. Sitä ohjataan kauko-ohjaimen välityksellä. Murskauksen hoitaa alaspäin iskevä roottori, jonka läpimitta on 1 000 mm ja pituus 1 500 mm. Murskaimen malli mahdollistaa roottorin vaihtamisen murskattavan materiaalin mukaan kaikkiaan viiden roottorivaihtoehdon joukosta. (Österroos 2015.)

Tutkimuksen toimeksiantajalla on käytössään yksi roottori, joka on valittu niin, että sillä voi murskata sekä puuta että jätettä. Tuotettavan murskeen palakokoa voi säätää vaihtamalla seulan kokoa. Lehikoisen käytössä on kolme erikokoista seulaa, joista pienimmällä voi tuottaa palakooltaan 50–80 mm:n kokoista polttoainetta. Metallien poiston hoitaa kaksi voimakasta magneettia. Lisäksi murskain tunnistaa suuret metalliosat sekä kivet murskattavan aineen joukosta jo ennen murskausta ja pysäyttää laitteen toiminnan. (Lehikoinen 2015b.)



Kuva 4. CBI Magnum Force 6400 -murskain (Kuva: Österroos 2015).

2.4 Kiinteiden biopolttoaineiden standardit

Energiapuun kaupanteossa toimittajan sekä vastaanottajan välillä sovitaan toimittavan polttoaineen hintojen, toimitusaikojen ja -määrien lisäksi myös polttoaineen laatuun liittyvistä asioista. Polttoaineen laatuun vaikuttavat useat eri ominaisuudet, ja niiden tärkeys kaupanteossa vaihtelee riippuen polttolaitoksen koosta sekä laitoksen polttotekniikasta. Kansallisen biopolttoainekaupan lisäksi myös kansainväliseen kaupantekoon on Euroopassa luotu yhteiset standardit, joissa määritetään yksiselitteisesti tavat polttoaineiden näytteenottoon ja mittaus-ten tekemiseen sekä laatuluokitukset laadun määrittelyä varten.

2.4.1 SFS-EN 14961

Vuonna 2010 julkaistiin CEN:n teknisen komitean laatima SFS-EN 14961 - Kiinteät biopolttoaineet - Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat -standardi, joka vahvistettiin Suomen standardoimisliitto SFS:n toimesta suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. Standardi korvaa aiemman CEN/TS 14961-standardin. Kyseinen standardi koostuu kuudesta osasta, joista tämän tutkimuksen kannalta

oleellinen on sen ensimmäinen, Yleiset vaatimukset -niminen osa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2010a, 1, 4.)

Standardi ohjeistaa määrittelemään polttoaineen alkuperän ja raaka-ainelähteen mukaan sekä kaupanimikkeen ja ominaisuuksien mukaan. Alkuperän ja raaka-aineen mukainen määrittely tehdään standardin sisältämän taulukon mukaisesti. Taulukko sisältää neljä luokittelutasoa, joista kaksi ensimmäistä määrittävät polttoaineen alkuperän ja sen, onko polttoaine alkuperäismateriaalia vai teollisuuden sivutuotetta. Kolmas luokittelutaso määrittää puupolttoaineen osalta, että onko se peräisin esimerkiksi kokopuusta, runkopuusta vai kannoista. Neljäs luokittelutaso tarkoittaa alkuperää edelleen kertoen, onko polttoaine peräisin esimerkiksi havu- vai lehtipuusta. (Suomen Standardoimisliitto ry 2010a, 12, 16.)

Kaupanimike kuvaa sitä, missä muodossa polttoaine toimitetaan, eli puupolttoaineen osalta kaupanimike voi olla esimerkiksi kokopuu, puuhake, puumurske tai pelletti. Standardin mukaisella polttoaineen ominaisuuksien määrittelyllä tarkoitetaan erilaisten laatuominaisuuksien mukaista laatuluokitusten ilmoittamista. Näistä laatuominaisuuksista velvoittavia, eli niitä jotka tulee eritellä, ovat puuhakkeen osalta palakoko, kosteusprosentti sekä tuhkapitoisuus. Puumurskeelle pätevät samat velvoittavat ominaisuudet sillä poikkeuksella, että myös hienoainespitoisuuden luokka sekä tehollinen lämpöarvo tai energiasisältö tulee ilmoittaa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2010a, 24, 36.)

Opastavia, eli vapaaehtoisesti ilmoitettavia ominaisuuksia puuhakkeelle ovat typpi- sekä klooripitoisuudet, tehollinen lämpöarvo tai energiasisältö, irtotiheys sekä tuhkansulamiskäyttäytyminen. Puumurskeen osalta vapaaehtoisesti ilmoitettavat ominaisuudet ovat velvoittavaa tehollista lämpöarvoa tai energiasisältöä lukuun ottamatta samat. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2010a, 36–38.)

2.4.2 SFS-EN ISO 17225

Tällä hetkellä voimassa oleva puupolttoaineiden luokittelua määrittelemä standardi on ISO:n sekä CEN:n teknisten komiteoiden yhteistyössä laatima kiinteiden

biopolttoaineiden standardi EN ISO 17225, joka vahvistettiin Suomen standardoimisliitto SFS:n toimesta suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. Standardi korvasi aiemman EN-14961-standardisarjan. Suuria muutoksia ei näiden kahden välillä puupolttoaineiden osalta ole. Uusi standardi koostuu seitsemästä osasta, joista tämän tutkimuksen kannalta olennainen on ensimmäinen, biopolttoaineiden yleisiä vaatimuksia käsittelevä osa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2014, 1, 6.)

Standardi ohjeistaa edellisen tavoin määrittelemään polttoaineen sen alkuperän ja raaka-ainelähteen mukaan sekä kauppanimikkeen ja ominaisuuksien mukaan. Alkuperän, raaka-ainelähteen sekä kauppanimikkeen mukaisessa määrittelyssä ei puupolttoaineiden osalta ole eroa kumottuun standardiin verrattuna (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2014, 20.) Nykyisessä standardissa puuhakkeen ja -murskeen laatuvaatimukset on määritelty samoihin luokituksiin. Velvoittavia ominaisuuksia ovat edelleen palakoko, kosteus ja tuhkapitoisuus. Nykyisen standardin mukaan myös puuhakkeelle täytyy ilmoittaa myös hienoainespitoisuus. Opastaviin ominaisuuksiin typpi- ja klooripitoisuuksien, tehollisen lämpöarvon tai energiatihedysten, irtotiheyden sekä tuhkansulamiskäyttötymisen rinnalle uuteen standardiin on lisätty myös rikkipitoisuus. Standardien määrittelyluokitukset velvoittaville sekä opastaville ovat säilyneet pääpiirteittäin kumotun standardin mukaisina, tosin palakoon, typpipitoisuuden, klooripitoisuuden sekä irtotiheyden määrittelyluokituksia on tarkennettu. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2014, 44–46.)

2.5 Puupolttoaineiden laatuohjeet

Puupolttoaineiden kauppaa helpottamaan on laadittu puupolttoaineen laatuohjeita. Niiden tarkoituksena on luoda yksiselitteiset periaatteet polttoaineen laadun mittaamiselle ja sen määrittelylle. Puupolttoaineiden käytön lisääntymisen johdosta Suomessa käynnistettiin laatuluokitustyö 1990-luvulla. (Impola 2003, 47). Työn tuloksena syntynyt ensimmäinen laatuohje julkaistiin Suomessa vuonna 1998. Se korvattiin vuonna 2013 julkaistulla uudella laatuohjeella, jonka vuonna 2014 julkaistu päivitetty versio on nykyisin voimassa.

2.5.1 Puupolttoaineiden laatuohje 1998

Vuonna 1998 julkaistun Puupolttoaineiden laatuohjeen valmistelusta vastasi metsäteollisuuden alalta, puupolttoaineiden käyttäjistä ja ostajista sekä VTT Energian edustajista koostunut työryhmä. Laatuohjeen keskeisin sisältö on laatutaulukko polttoaineen laatuluokituksien määrittelyä varten. Ohje sisältää polttoaineiden laatuluokitteluohjeiden lisäksi myös ohjeet polttoaine-erästä tehtävään näytteenottoon, näytteen käsittelyyn ja mittausten tekemiseen sekä tulosten määrittelyyn polttoaineen laadun mittaamiseksi. Lisäksi se sisältää muun muassa polttoaineiden, niiden raaka-aineiden sekä ominaisuuksien määritelmät.

Laatuohjeen mukainen laadunmäärittely tapahtuu sen sisältämän laatutaulukon perusteella, jossa on määritelty sekä energiatihedelle, kosteuspitoisuudelle että partikkelikoolle neljä laatuluokkaa kullekin. Polttoaineen laatuominaisuudet mitataan laatuohjeen sisältämien käytäntöjen mukaisesti, minkä jälkeen taulukosta valitaan kunkin laatuominaisuuden mukainen laatuluokitus. Metsähakkeen lisäksi taulukossa määritellään laatuluokitukset myös purulle sekä kuorelle.

2.5.2 Puupolttoaineiden laatuohje 2014

Vuonna 2013 julkaistiin uusi Puupolttoaineiden laatuohje VTT-M-07608-13, joka korvasi vuonna 1998 julkaistun laatuohjeen. Uuden laatuohjeen laatijoina ovat toimineet Eija Alakangas sekä Risto Impola valtion teknologian tutkimuskeskus VTT:stä yhdessä useiden energia-alan toimijoiden kanssa. Laatuohjeesta julkaistiin päivitetty versio vuonna 2014. Ohjetta sovelletaan metsästä saataviin polttoaineisiin sekä teollisuuden puutähteisiin.

Voimassa oleva puupolttoaineen laatuohje sisältää ensimmäisen laatuohjeen tavoin ohjeet näytteenottoon, näytteen käsittelyyn sekä mittausten tekemiseen. Laatuohjeessa polttoaineiden laatuluokittelu tehdään SFS-EN ISO 17225-standardin mukaisesti, joten sitä voidaan hyödyntää myös kansainvälisessä polttoainekaupassa. Samoin polttoaineiden laatuluokitusten määrittelemiseksi tehtävät polttoaineanalyysit tehdään SFS-standardien mukaisin menetelmin.

2.6 Puupolttoaineiden tärkeimmät laatuominaisuudet

2.6.1 Kosteusprosentti

Metsähakkeen laatuominaisuuksista kosteusprosentti on kaikista tärkein. Mitä alhaisempi kosteusprosentti on, sitä parempilaatuista hake on energiantuotannon kannalta. Kosteus vaikuttaa hakkeen teholliseen lämpöarvoon, sillä veden haihduttaminen ennen polttoaineen syttymistä vie sitä enemmän energiaa, mitä suurempi vesipitoisuus on. Kosteus vaikuttaa myös polton hyötysuhteeseen. Hyötysuhde laskee puun kosteuden ollessa korkea, sillä tällöin palaminen voi jäädä epätäydelliseksi. Epätäydellinen palaminen johtaa hiilimonoksidi-, hiilivety- ja hiukkaspäästöjen kasvamiseen. Kosteus vaikuttaa polttoon liittyvien seikkojen lisäksi myös polttoaineen kuljetuskustannuksiin, jotka nousevat sitä suuremmiksi, mitä suurempi on kosteusprosentti. (Puuenergian teknologiaohjelma... 2004, 68.) Metsähakkeen kosteudella on vaikutuksensa myös varastointiin, sillä pidempiaikaisessa kostean hakkeen varastoinnissa hake alkaa lämpenemään ja hajomaan. Se pienentää hakkeen energiasisältöä ja voi myös johtaa hakekasan syttymiseen. Talvisin kostea hake jäätyy, mikä aiheuttaa ongelmia hakkeen syötössä polttokattilaan. (Lepistö 2010, 7.)

Yleisesti suurissa energiantuotantolaitoksissa pyritään metsähakkeen osalta alle 50 %:n kosteuteen, kun taas pienillä laitoksilla tavoitteena on alle 40 %:n kosteus. Suuret laitokset eivät ole pieniin laitoksiin verrattuna yhtä tarkkoja metsähakkeen kosteuden suhteen, sillä ne polttavat sitä tyypillisesti tasalaatuiseen jrsinturpeeseen sekoitettuna leijukerrostekniikkaa hyödyntävässä kattilassa. (Puuenergian teknologiaohjelma... 2004, 68.) Pienemmillä laitoksilla poltossa hyödynnetään yleisesti arinapolttotekniikkaa. Kyseisessä tekniikassa polttoaineen kosteus on merkittävä tekijä arinan mitoituksessa, sillä suurin osa arinan pinnasta on varattava polttoaineen kuivattamiseen. Tästä syystä pienemmät laitokset pyrkivät alhaisempaan ja tasaisempaan kosteuteen. (Maskuniitty 2002, 467–469.)

Energiapuuksi tuotettavan puun kuivattamisella on suuri merkitys hakkeen laadun kannalta. Sekä kokopuu että hakkuutähde kannattaa varastoida vähintään

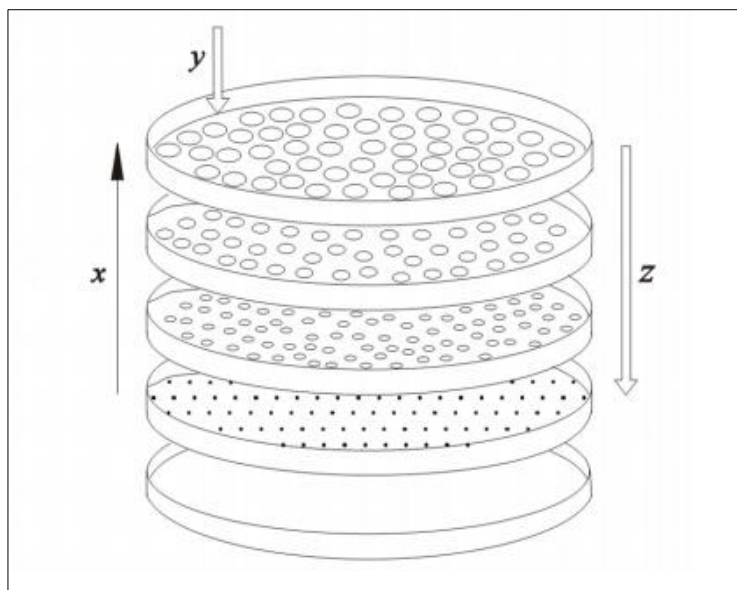
yhden kesän ajan oikeaoppisesti kasattuna ja peiteltynä joko palstalle tai välivarastoon. Rannan (2003, 76) mukaan hakkuutähteen kosteusprosentti voi yhden kesän aikana tippua 50–60 %:n tuorekosteuspitoisuudesta jopa 20–30 %:iin.

Kosteusprosentti määritetään SFS-EN 14774-2 -standardin mukaisesti kuivamalla polttoaine-erästä otettu näyte 105 °C (± 2) lämpötilassa niin kauan, että vesi on haihtunut. Kosteusprosentti lasketaan jakamalla näytteestä haihtuneen kosteuden massa alkuperäisen näytteen massalla. Määrityksessä tulee huomioida myös näytteen pakkaukseen sitoutuneen kosteuden määrä. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2010b, 8.) Puupolttoaineiden vuoden 2014 laatuohjeen mukaan kosteuden mittaamiseen voidaan käyttää myös pikakosteusmittareita, mikäli niiden antamat tulokset vastaavat standardimenetelmiä. Laatuohjeessa suositellaan mittaamaan kosteusprosentti jokaisesta toimituserästä.

2.6.2 Palakokojakauma

Hakkeen keskimääräisellä palakoolla ja sen tasaisuudella on merkitystä erityisesti pienille energiantuotantolaitoksille niiden kuljetinteknikoiden takia. Pitkät tikut ja runsas hienoaineksen määrä voivat aiheuttaa ongelmia polttoaineen kuljettimissa. Tavallisesti metsähaketta valmistettaessa pyritään noin 30–40 mm:n palakokoon. (Alakangas 2003, 31.) Palakokoon ja sen tasaisuuteen voidaan haketus- tai murskausvaiheessa vaikuttaa seulojen kokoa muuttamalla sekä hakureiden ja murskaimien terien kunnosta huolehtimalla. Myös puun laatu vaikuttaa palakokoon. Rankahake on tasalaatuisempaa kuin hakkuutähdehake.

Palakokojakauma määritetään standardin SFS-EN 15149-1 mukaan seulomalla polttoaine-erästä otettu näyte vaakasuorasti tärytettävien seulojen läpi 15 minuutin ajan. Kyseinen seulomisperiaate on esitetty kuvassa 5. Seulat ovat päällekkäin ja ylimmän seulan reikien läpimitta on suurin. Seulojen reiät pienenevät sitä mukaa, mitä alempana seula on. Seulojen alla sijaitsee keräysastia, johon jokaisen seulan läpäissyt aine jää. Seulottavan näytteen kosteuspitoisuus tulee olla alle 20 %. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2011a, 10.)



Kuva 5. Mekaanisen seulontalaitteen toimintaperiaate (Kuva: Suomen standardoimisliitto SFS ry 2011a, 10).

2.6.3 Tehollinen lämpöarvo

Tehollinen lämpöarvo kuvaa täydellisessä palamisessa vapautuvan lämpöenergian määrän. Sen laskemisessa otetaan huomioon polttoaineen sisältämän veden haihduttamiseen kuluva energia, joten se kuvaa käyttökosteudessa olevan polttoaineen energiamäärää paremmin, kuin ylempi, eli kalorimetrinen lämpöarvo. (Moilanen, Nieminen & Alen 2002, 123).

Puupolttoaineen laatuohjeen mukaan tehollisen lämpöarvon mittaaminen ei ole välttämätöntä jokaisesta toimituserästä. Mittaukset voidaan suorittaa esimerkiksi kerran kuukaudessa, ellei ole erityistä syytä lyhempään mittausväliin. Polttoaineen tehollinen lämpöarvo määritetään standardin EN 14918 (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2010c, 28) mukaisesti seuraavaa kaavaa käyttäen:

$$Q_{p,net,m} = Q_{p,net,d} \times (1 - 0,01M) - 24,43 \times M \quad (1.)$$

Missä

$Q_{p,net,d}$ = Polttoaineen tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa (J/g)

M = Kosteusprosentti.

2.6.4 Energiatiheys

Polttoaineen energiatiheys kuvaa lämpösisältöä tilavuusyksikköä kohden. Metsähakkeen kohdalla energiatiheys voidaan ilmoittaa joko kiintotilavuusyksikköä tai irtotilavuusyksikköä kohden. Usein energiatiheys ilmoitetaan irtotilavuusyksikköä kohden eli muodossa kWh/i-m³. (Hakkila 2003, 29.) Polttoaineen energiatiheys vaikuttaa polttoainekuormien kokoihin, hankinta-alueeseen sekä edellä mainittujen kautta myös kuljetuskustannuksiin. Lisäksi energiatiheys vaikuttaa varastojen kokoihin sekä laitoksen purkulaitteiden sekä kuljettimien kapasiteetteihin. (Puuenergian teknologiaohjelma... 2004, 70.)

Polttoaineen energiatiheyteen vaikuttavia tekijöitä ovat tehollisen lämpöarvon ja kosteusprosentin lisäksi sen kuivatuoretiheys sekä hakkeen tiiviyys. Kuivatuoretiheydellä tarkoitetaan kuivamassan ja tuoreena mitatun tiheyden suhdetta. Metsähakkeen tiiviyteen vaikuttavia ominaisuuksia ovat palan muoto, palakokoja-kauma, oksien määrä, puulaji, vuodenaika ja kuormaustekniikka. (Hakkila 2003, 29–30; Alakangas 2000, 14.)

Energiatiheys saapumistilassa lasketaan voimassa olevan Puupolttoaineiden laatuohjeen (2014, 23) mukaan seuraavalla kaavalla:

$$E_{ar} = \frac{1}{3600} \times q_{p,net,ar} \times BD_{ar} \quad (2.)$$

Missä

E_{ar} = Polttoaineen energiatiheys saapumistilassa (MWh/i-m³)

$q_{p,net,ar}$ = Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)

BD_{ar} = Irtotiheys saapumistilassa (kg/i-m³).

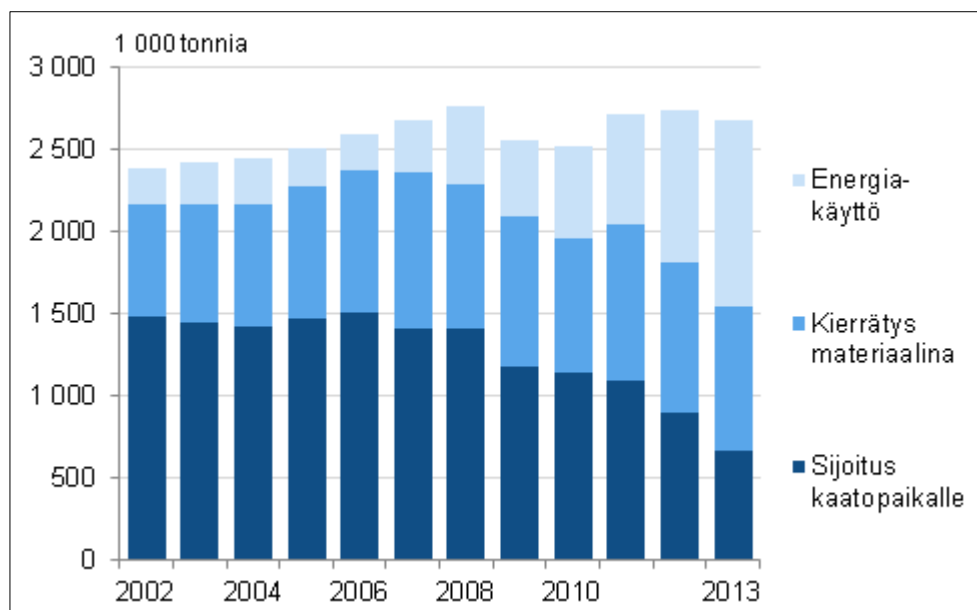
2.7 Kierrätyspolttoaineiden tuotanto ja käyttö

2.7.1 Tuotantotapa

Kierrätyspolttoaineen valmistukseen käytetään polttokelpoista ja kuivaa jätettä, jota ei pystytä hyödyntämään materiaalina eli pääasiassa rakennusjätettä, muovia, pahvia, kartonkia sekä paperia (Kierrätyspolttoaineiden lähteet 2014). Polttoaineeksi jäte valmistetaan murskaamalla se haluttuun palakokoon ja poistamalla siitä polttoprosessin syöttö- ja tuhkanpoistolaitteita haittaavia metalleja magneetin avulla. Suuren mittaluokan polttoainevalmistuksessa jätteestä voidaan magneettisten metallien lisäksi erotella ei-magneettisia metalleja, biohajotettavaa ainesta, pienikokoista mineraaliainesta sekä painavaa palamatonta ainesta. (Jätepolttoaineet 2015.)

2.7.2 Käyttökohteet sekä markkinat

Kierrätyspolttoaineita hyödynnetään rinnakkaispolttolaitoksissa polttamalla niitä tavanomaisen polttoaineen seassa sekä nimenomaan jätteenpolttoa varten suunnitelluissa jätevoimaloissa. Suomen jätevoimalaitosten määrä ja kapasiteetti sekä jätteiden hyödyntäminen energiantuotannossa on 2000-luvun aikana kasvanut merkittävästi. Jätelaitosyhdistyksen mukaan (Energiahöydyntäminen Suomessa 2015) jätteenpolttolaitosten polttokapasiteetti yli kymmenkertaistui vuosien 2002 ja 2013 välillä. Yhdyskuntajätteen hyödyntäminen energiana tehostui samalla aikavälillä merkittävästi (kuvio 1). Tilastokeskuksen Suomen virallisten jätetilastojen (Tilastokeskus 2002; 2013a) mukaan vuonna 2002 yhdyskuntajätteestä hyödynnettiin energiana 5,9 %, kun vuonna 2013 vastaava osuus oli 42,4 %.



Kuvio 1. Yhdyskuntajätteen määrä käsittelytavoittain 2002–2013 (Kuvio: Tilastokeskus 2013b).

Jätteenpolttolaitoksia on Jätelaitosyhdistyksen tilaston (Energiahyödyntäminen Suomessa 2015) mukaan tällä hetkellä toiminnassa kuusi ja niiden yhteenlaskettu polttokapasiteetti on noin miljoona tonnia jätettä vuodessa. Laitospaikkakuntia ovat Kotka, Mustasaari, Oulu, Vantaa sekä Riihimäki, jossa sijaitsee kaksi voimalaa. Lisäksi tällä hetkellä on rakenteilla jätteenpolttolaitokset Tampereelle ja Leppävirralle. Saloon jätteenpolttolaitos on suunnitteilla. (Energiahyödyntäminen Suomessa 2015.)

Itä-Suomen alueella ei siis vielä ole toiminnassa olevaa jätteenpolttolaitosta, mutta Leppävirralle rakennettavan Riikinvoima Oy:n omistaman laitoksen on tarkoitus valmistua joulukuussa 2016. Riikinvoima Oy on kahdeksan kunnallisen jätehuoltoyhtiön sekä Varkauden Aluelämpö Oy:n omistama yhtiö. Toimeksiantajan mukaan Riikinvoima Oy:n jätteenpolttolaitos ottaa polttoainetta vastaan ensisijaisesti kunnallisilta jätehuoltoyhtiöiltä, joiden kautta kierrätyspolttoainetta ei ole kannattavaa kierrättää (Lehikoinen 2015a).

Rinnakkaispolton osuus on 2000-luvun aikana vähentynyt ja kierrätyspolttoaineiden hyödyntäminen on painottunut jätteenpolttolaitoksiin. Syynä muutokseen on EU:n jätteenpolttodirektiivin mukainen jätteenpolttoasetus. (Vesanto, Hiltunen, Moilanen, Kaartinen, Laine-Ylijoki, Sipilä & Wilen 2007, 3.) Edellisen, vuoteen

2002 voimassa olleen jätteenpolttoasetuksen asettamia päästörajoja ei sovellettu laitoksiin, joiden polttokattilaan syöttämästä energiasta enintään 30 % oli jätettä (Koskinen 2006, 9).

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen asiantuntijoilta saatujen tietojen mukaan tutkimusalueella kolmella laitoksella on ympäristölupa rinnakkaispoltoon. Pohjois-Savossa rinnakkaispolttolupa on myönnetty Stora Ensolle Varkauden voimalaitokselle. Kainuussa rinnakkaispolttolupa on myönnetty Kainuun Voima Oy:n voimalaitokselle Kajaanissa ja Pohjois-Karjalassa Pankaboardin tehtaalle Lieksassa. Etelä-Savon maakunnassa rinnakkaispolttoa ei hyödynnetä. (Koistinen 2015; Ritvanen 2015; Angervuori 2015; Ottoila 2015.)

2.8 Kierrätyspolttoaineita koskeva lainsäädäntö ja politiikka

Yleisellä tasolla jätteenkäsittelystä sekä -poltosta säädetään Jätelaissa (646/2011). Lain keskeisenä ajatuksena on etusijajärjestys, jolla pyritään vähentämään jätteen määrää sekä sen haitallisuutta. Jätelaki sisältää muun muassa jätteen luovuttamiseen, vastaanottamiseen sekä kuljettamiseen liittyvät vaatimukset. Ympäristöluvista, joita jätteen ammattimainen käsittely, kuten sen polttaminen jätteenpolttolaitoksissa sekä rinnakkaispolttolaitoksissa edellyttää, säädetään puolestaan Ympäristönsuojelulaissa (527/2014). Jätelakia sekä Ympäristönsuojelulakia on täydennetty Valtioneuvoston asetuksilla.

2.8.1 Valtakunnallinen jätesuunnitelma

Suomen jätepoliittiset tavoitteet on linjattu valtioneuvoston vuonna 2008 hyväksymässä valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa Kohti kierrätysyhteiskuntaa: Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. Suunnitelmassa esitetään tavoitteet, joihin Suomi pyrkii vuoteen 2016 mennessä. Lisäksi suunnitelmassa esitetään keinot, joilla nämä tavoitteet saavutetaan sekä tahot, jotka ovat kunkin tavoitteen täyttymisestä vastuussa. Suunnitelma noudattaa Euroopan unionin jäte-direktiivin mukaista viisiportaista jätehierarkiaa, josta jätelaissa käytetään termiä

etusijajärjestys. Kyseisessä hierarkiassa tavoitteet ensisijaisuusjärjestyksessään ovat jätteen synnyn ehkäisy, jätteen valmistelu uudelleenkäyttöön, jätteen kierrätys, muu hyödyntäminen (esimerkiksi energiana) sekä viimeisenä jätteen loppukäsittely.

Suomen jätepolitiikan päämäärinä suunnitelman mukaan ovat jätteiden synnyn ehkäisy materiaalitehokkuutta parantamalla, kierrätyksen tehostaminen, vaarallisten aineiden hallinnan edistäminen, jätehuollon haitallisten ilmastovaikutusten vähentäminen, jätehuollon terveys- ja ympäristöhaittojen vähentäminen, jätehuollon organisoinnin kehittäminen ja selkeyttäminen, jätealan osaamisen kehittäminen sekä jätteiden kansainvälisten siirtojen tekeminen hallitusti ja turvallisesti. Konkreettisenä tavoitteena jätesuunnitelmassa on ensin jätemäärän vakiinnuttaminen vuoden 2000 tasolle eli n. 2,3–2,5 miljoonaa tonniin vuodessa ja sen jälkeen kääntää lukema laskuun vuoteen 2016 mennessä. Syntyneestä yhdyskuntajätteestä tulee vuonna 2016 kierrättää 50 % sekä hyödyntää energiana 30 %. Kaatopaikoille tulee päätyä vain 20 % yhdyskuntajätteestä.

Tämän tutkimuksen kannalta oleellinen tavoite jätesuunnitelmassa on jätehuollon haitallisten ilmastovaikutusten vähentäminen, jonka yhdeksi osa-alueeksi on eritelty kierrätykseen soveltumattoman jätteen polttoainekäytön lisääminen. Tavoitteen saavuttamiseksi tarkoituksena on tarvittavien jätteenpolttokapasiteettien arviointi alueittain sekä jätteenpolttolaitosten riittävän energiatehokkuuden varmistaminen. Lisäksi suunnitelmassa esitetään jätteenkäsittelyn lupa- ja valituskäsittelyiden nopeuttamista. Toimia, joita suunnitelmassa suositellaan toteutettaviksi, ovat muun muassa jätteen energiakäyttöä ja jätepolttoaineiden riittävyttä ja soveltuvuutta kehittävän työryhmän perustaminen, teollisuuden ja rakentamisen jätteiden ohjaaminen energiakäyttöön sekä erityisesti rinnakkaispolton edistäminen.

2.8.2 Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta

Helmikuussa 2013 tuli voimaan Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (151/2013), jolla Euroopan parlamentin ja neuvoston jätteenpolttodirektiivi pantiin Suomessa täytäntöön. Asetus korvasi edellisen, vuonna 2003 julkaistun samannimisen asetuksen.

Asetusta sovelletaan kiinteää tai nestemäistä jätettä polttaviin jätteenpolttolaitoksiin sekä rinnakkaispolttolaitoksiin. Tämän tutkimuksen kannalta huomionarvoista kuitenkin on, että kyseistä asetusta ei sovelleta sellaisen puujätteen polttoon, joka ei sisällä halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja. Asetuksen mukaan jätteen toimittaminen, vastaanotto sekä varastointi tulee hoitaa niin, että ympäristölle ei aiheudu haittaa, tai sille koitua haitta minimoidaan. Lisäksi asetus sisältää vaatimukset muun muassa poltto-olosuhteiden ja poltosta aiheutuvien päästöjen määrän sekä päästöjen mittausmenetelmien osalta.

2.8.3 Muut säädökset

Toukokuussa 2012 voimaantullut Valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012) sisältää jätehuollon järjestämiseen liittyviä vaatimuksia, esimerkiksi jätteen pakkaamiseen, keräykseen, kuljetukseen sekä lajitteluun liittyen. Säädöksessä asetetaan Valtakunnallisen jätesuunnitelman mukaisesti tavoitteeksi kierrättää 50 % yhdyskuntajätteestä viimeistään vuoden 2016 alusta alkaen.

Valtioneuvoston asetuksessa kaatopaikoista (331/2013) säädetään vaatimuksista kaatopaikalle ja sen sijainnille sekä jätteelle, joka hyväksytään kaatopaikalle Suomessa. Jätteenkäsittelyn, sen kierrätyksen sekä jätteenpolton kannalta merkittävä asetuksen sisältämä muutos on biohajoavan jätteen kaatopaikkauskielto. Säädöksen mukaan kaatopaikoille hyväksytään vain sellaista jätettä, jonka orgaanisen aineksen pitoisuus on enintään 10 % vuoden 2016 alusta alkaen. Näin ollen jätteen kierrätystä tulee tehostaa, mutta myös jätteenpolton osuus tulee huomattavasti kasvamaan tulevaisuudessa.

2.9 Kierrätyspolttoaineiden laadun määrittely

Kierrätyspolttoaineiden laadun määrittelyä varten on biopolttoaineiden tavoin voimassa laatustandardi, jossa esitetään luokitusjärjestelmä sekä mallipohja polttoaineen laatua kuvaavien ominaisuuksien esittämiseen. Tällä hetkellä voimassa oleva standardi on standardoimisliitto SFS:n vuonna 2011 julkaisema SFS-EN 15359. Tätä tutkimusta tehdessä selvisi, että myös jo kumotun SFS 5875 -standardin mukaista luokitusta hyödynnetään kaupankäynnissä edelleen. Käytöstä poistetun puun luokittelun selkeyttämiseksi on julkaistu erillinen laatuluokitus.

2.9.1 Käytöstä poistetun puun luokituksen soveltaminen käytäntöön

Vuonna 2014 julkaistiin energiantuottajien, teollisuuden sekä puujätettä prosessoivien yritysten käyttöön tarkoitettu laatuluokitus Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön (VTT-M-01931-14). Laatuluokituksessa kuvataan kriteerit, joilla voidaan erotella biopolttoaineeksi luokiteltava kierrätyspuu haitallisia määriä epäpuhtauksia sisältävästä kierrätyspolttoaineeksi luokiteltavasta puusta sekä vaaralliseksi jätteeksi luokiteltavasta puunkyllästysaineita sisältävästä puusta.

Luokittelun mukaan käytöstä poistettu puu jaetaan neljään luokkaan, joista A- sekä B-luokkien puuhun ei sovelleta jätteenpolttoasetusta, vaan niiden laadunmäärittely tapahtuu SFS-EN 17225-1-standardin perusteella. Niitä voidaan siis hyödyntää normaalina biopolttoaineena. A-luokkaan kuuluu kemiallisesti käsittelemätön puu, kun taas kemiallisesti käsitelty puu kuuluu B-luokkaan. Näiden luokitusten mukaisen puun ominaisuuksien ilmoittamiseen käytetään standardin tai laatuohjeen mukaista luokitustaulukkoa. A-luokan puuta voidaan polttaa kaikissa polttolaitoksissa koosta riippumatta. B-luokan puun poltto vaatii hyvän polttotekniikan sekä varustelutason laitoksella. Laatuluokituksessa sitä suositellaan poltettavan vähintään 20 MW:n tehoisissa laitoksissa.

Kierrätyspolttoaineeksi luokiteltavan C-luokan puun laadunmäärittely tapahtuu kierrätyspolttoainestandardi SFS-EN 15359:n mukaisesti, ja sen poltto tapahtuu

jätteenpolttolaitoksessa tai rinnakkaispolttolaitoksessa. C-luokka on kierrätyspolttoaineluokka, johon luokiteltu puu sisältää orgaanisia halogeeniyhdisteitä tai sen alkuperän toteaminen on hankalaa. Puunkyllästysaineita sisältävä puu kuuluu luokkaan D, eli vaarallisiin jätteisiin.

2.9.2 SFS 5875

SFS 5875 on Suomen Standardoimisliitto SFS ry:n vuonna 2000 julkaisema standardi, joka määrittää menettelytavat sekä vaatimukset, joiden perusteella kierrätyspolttoaineen laatu voidaan ilmoittaa yksiselitteisesti. Käytössä olevia REF-laatuluokkia on kolme, REF I, REF II sekä REF III. Näistä luokituksista REF I on polttoainelaadultaan paras ja vastaavasti REF III huonolaatuisin. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2000, 10.)

Standardinmukainen jättopolttoaineen REF-luokitus määräytyy kloorin, rikin, typen, kaliumin ja natriumin, alumiinin, elohopean sekä kadmiumin kuiva-ainepitoisuuksien perusteella. Kyseisille pitoisuuksille on määritelty raja-arvot, joiden perusteella polttoaine luokitellaan. Luokituksen määrittävien raja-arvojen tulee toteutua samanaikaisesti. Kierrätyspolttoaineen laatu voidaan määrittellä joko ilmoittamalla ainoastaan sen laatuluokitus tai ilmoittamalla laatuluokan lisäksi myös muut erikseen sovitut ominaisuudet sekä raja-arvot tuoteselosteessa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2000, 10–12.) Vesannon ym. (2007, 15) mukaan polttoainekaupassa yleisin laatuluokitus on REF II. Usein heidän mukaansa käytetään myös merkintää REF I/II, joka tarkoittaa, että tällaisen polttoaineen laatu vaihtelee luokissa I ja II.

2.9.3 SFS-EN 15359

Uudempi käytössä oleva kiinteiden kierrätyspolttoaineiden vaatimukset ja luokat määrittävä luokitusstandardi on SFS-EN 15359. Standardin vaatimuksien mukainen kierrätyspolttoaine täytyy luokitella sen sisältämän luokitusjärjestelmän mukaisesti, sen täytyy täyttää standardinmukaiset vaatimustenmukaisuussäännöt

sekä sen pakolliset määriteltävät ominaisuudet tulee ilmoittaa. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2011b, 14.)

Luokitusjärjestelmä perustuu kolmen ominaisuuden raja-arvoihin. Niitä ovat tehollinen lämpöarvo, klooripitoisuus sekä elohopeapitoisuus. Kullekin ominaisuudelle on määritelty viisi eri raja-arvoa, joiden perusteella ominaisuuden luokkanumero määräytyy. Luokkanumeroiden yhdistelmä muodostaa luokkakoodin, joka kertoo kyseessä olevan kierrätyspolttoaineen laatuluokituksen. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2011b, 14.)

Vaatimustenmukaisuussäännöillä tarkoitetaan niitä ehtoja, jotka liittyvät polttoaineen laadun mittaamiseen sekä määrittämiseen ja joilla varmistetaan polttoaineen ominaisuuksien olevan määritettyjen raja-arvojen puitteissa. Ehtoina ovat esimerkiksi maksimipaino luokittelussa käytettävälle polttoaine-erälle sekä polttoaineista otettujen näytteiden riittävä määrä. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2011b, 32.)

Kiinteä kierrätyspolttoaine tulee määritellä standardissa määritellyn mallipohjan mukaisesti. Ominaisuuksia, jotka tulee mallipohjassa ilmoittaa, ovat luokkakoodi, polttoaineen alkuperä, partikkelimuoto, partikkelikoko, tuhkapitoisuus, kosteuspiitoisuus sekä kemialliset ominaisuudet. Kemiallisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan klooripitoisuutta sekä jätteenpolttodirektiivissä mainittujen raskasmetallien pitoisuuksia sekä niiden yhteissummaa. Vapaaehtoisesti määriteltäviä ominaisuuksia ovat biomassaosuus, pääjakeiden painoprosenttiosuudet, valmistusmenetelmä, fysikaaliset ominaisuudet sekä kemialliset ominaisuudet. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2011b, 22.)

3 Tutkimuksen tarkoitus, tutkimustehtävät sekä alueen rajaus

3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää puu- ja kierrätyspolttoainetta hyödyntävät energiantuotantoyritykset, jotka sopisivat Teuvo Lehikoinen Yhtiöiden asiakkaiksi. Näiltä yrityksiltä selvitetään niiden vastaanottamat polttoainelaadut, kullekin polttoaineille osoitetut laatuvaatimukset ja yritysten polttoaineista maksamat hinnat. Lisäksi tutkimuksella selvitetään yritysten vastaanottamien polttoainemäärien kausiluontoiset vaihtelut vuodenaikojen välillä. Tutkimuksessa suoritetaan myös kustannuslaskelma, jolla tutkitaan puupolttoaineiden toimittamisen kannattavuutta. Laskelma perustuu yritysten ilmoittamiin hintatietoihin sekä toimeksiantajan arvioon puun hankkimiseen, polttoaineen valmistamiseen sekä sen kuljettamiseen liittyvistä kuluista.

Lehikoinen Yhtiöt on investoimassa murskauslinjastoon Lieksassa. Lisäksi yrityksen suunnitelmissa on laajentaa murskaustoimintaa muillekin paikkakunnille. Yrityksen tulee tietää puu- ja kierrätyspolttoaineen kysynnän määrä ja laatu, jotta he voivat suunnitella toimintaansa jatkossa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää Teuvo Lehikoinen Yhtiöille mahdollisimman kattavasti Itä-Suomen alueen puu- ja kierrätyspolttoaineiden tämänhetkinen markkinatilanne sekä tutkia polttoaineen kaupan kannattavuuden suhdetta toimitusmatkoihin sekä polttoaineesta maksettavaan hintaan.

3.2 Tutkimusalueen rajaus

Tutkimuksessa haastatellaan energiantuotantoyritysten polttoainehankinnasta vastaavia henkilöitä Kainuun, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon sekä Etelä-Savon alueelta. Alueellinen rajauksen perusteena oli, että polttoaineen toimitusmatka Lieksasta käyttökohteeseen olisi maksimissaan noin 200 kilometriä. Toimeksian-

tajan kanssa käydyissä keskusteluissa päädyttiin rajaamaan haastateltavan laitoksen minimitehoksi 1 MW, millä varmistettiin tutkimukseen osallistuvien yritysten käyttävän riittävän suuria määriä polttoainetta.

4 Tutkimuksen aineisto ja menetelmät

4.1 Tutkimusaineisto ja aineiston hankinta

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe oli energiantuotantolaitosten kartoittaminen tutkimusalueelta. Puupolttoaineita käyttävien yritysten osalta työ aloitettiin erittelemällä Energiateollisuus ry:n vuoden 2012 kaukolämpötilastoon vastanneiden kaukolämpöyritysten joukosta ne, jotka sijoittuvat tutkimusalueelle. Täydennystä listaan saatiin metsäkeskuksen puuenergia-asiantuntijoilta kustakin maakunnasta sekä hakemalla eri kuntien lämpöyrittäjiä internetistä. Lisäksi joidenkin yritysten nimet selvisivät tutkimuksen aikana puhelinkeskusteluissa yritysten polttoaineista vastuussa olevien henkilöiden kanssa.

Kierrätyspolttoaineita käyttäviä yrityksiä Itä-Suomen alueella oli huomattavasti puupolttoaineiden polttajia vähemmän. Kierrätyspolttoaineiden polton luvanvaraisuus helpotti yritysten kartoittamista, sillä ympäristölupien valvovana viranomaisena toimivan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kautta saatiin tietää yritykset, joilla on voimassa olevat luvat ympäristöluvat jätteenpoltoon sekä jätteen rinnakkaispoltoon.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö on survey-tutkimukseen kuuluva kvantitatiivinen markkinatutkimus. Survey-tutkimuksella tarkoitetaan kysely- tai haastattelumenetelmällä suoritettua ei-kokeellista tutkimusta suurikokoiselle tutkimusjoukolla (Tilastokeskus 2015a). Ropen (2005, 430) mukaan markkinatutkimuksella tutkitaan markkinoihin liittyvää tietoa, jota hankitaan muun muassa kyselytutkimuksen avulla. Markkinatutkimuksen peruskohteina on hänen mukaansa markkinapotentiaalin selvittäminen sekä asiakaspotentiaalin tai kohderyhmän kartoitus.

Tutkimuksessa aineiston hankkimisen menetelminä käytettiin sähköpostikyselyä, haastattelua itse kohteessa sekä puhelinhaastattelua. Jokaiseen yritykseen otettiin ensin yhteyttä puhelimitse. Tällä tavoin varmistuttiin siitä, että tavoitettiin henkilö, joka vastaa yrityksen polttoaineiden hankinnasta tai tietää siitä riittävästi vastataksaan kysymyksiin. Puhelimitse oli mahdollista kertoa tutkimuksen taustasta sekä vastata yritysten vastuuhenkilöiden kysymyksiin esimerkiksi tutkimuksen syihin tai julkisuuteen liittyen. Puheluiden kautta oli myös mahdollista rajata tutkimuksen ulkopuolelle sellaiset yritykset, jotka hankkivat polttoaineensa jossain muussa, kun toimeksiantajan toimittamassa muodossa. Puhelinkeskusteluiden arvioitiin myös parantavan vastausprosenttia, sillä näin pienennettiin sitä riskiä, että yritykseen lähetetty sähköpostiviesti jäisi lukematta.

Varsinainen kysely tapahtui toimeksiantajan toiveiden mukaisesti suunnitellulla kymmenen kysymystä sisältävällä kyselylomakkeella (liite 2), joka lähetettiin yrityksiin sähköpostin liitteenä. Sähköposti sisälsi saatekirjeen (liite 1), jossa esiteltiin tutkimuksen tekijä, tutkimuksen tarkoitus ja toimeksiantajatahot sekä kerrottiin tutkimuksen julkaisutapa. Saatekirjeen sisältö vaihteli hieman vastaanottajasta riippuen, esimerkiksi suurimmilta, monta laitosta omistavilta yrityksiltä pyydettiin selvitystä siitä, vaihtelevatko muuan muassa laatuvaatimukset ja hintatasot eri laitosten välillä. Yhden yrityksen kohdalla tutkimustieto hankittiin puhelinhaastattelulla, sillä mahdollisuutta sähköpostikyselyn vastaanottamiseen ei ollut. Tarvittaessa kyselyn vastauksia täydennettiin puhelinsoitoilla tai sähköposteilla, joissa pyydettiin täsmennyksiä joidenkin vastausten osalta.

4.3 Analyysimenetelmät

Sähköpostikyselyillä sekä puhelinhaastatteluilla kertyneen materiaalin analysointiin käytettiin sisällönanalyysimenetelmää, jossa kertynyttä materiaalia luokiteltiin sen ominaisuuksien perusteella, jotta sen tulkitseminen sekä siitä kirjoittaminen onnistuisi. Puupolttoaineiden laatuominaisuuksia analysoidessa materiaali eriteltiin aluksi sen mukaan, mitä laatuluokitustapaa yritys käytti laatuvaatimuksensa ilmoittamiseen. Erittelyn jälkeen vastauksissa ilmoitetut laatuluokitukset tulkittiin, jotta niitä kyettiin vertaamaan toisiinsa. Lopuksi materiaali koostettiin niin, että

ensin tutkimuksessa esitettiin parasta laatua polttoaineelta vaativat yritykset. Polttoaineiden hintatason osalta erittely tapahtui suoraan yrityksen ilmoittaman lukeman perusteella ja näin tiedon koostaminen tekstimuotoon oli yksinkertaista. Yritysten kosteusprosentille asettamien vaatimusten havainnollistamiseen sekä kannattavuuslaskelmien laatimiseen ja havainnollistamiseen käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa.

5 Tulokset

Tässä luvussa esitellään kerätyn aineiston perusteella saadut tulokset puu- ja kierrätyspolttoainemarkkinoista Itä-Suomessa. Liite 3 sisältää luettelon tutkimukseen osallistuneista yrityksistä. Fortum Oy:llä viitataan tuloksissa ainoastaan Fortum Oy:n Joensuun voimalaitokseen ja Stora Ensolla yhtiön Varkaudessa sijaitsevaan voimalaitokseen. Savon Voima Oyj:n vastaukset puolestaan kattavat yhtiön suurimmat yksiköt eli Pieksämäen sekä Iisalmen voimalaitokset. Vapo Oy:ltä vastaukset saatiin Pohjois-Karjalan neljän lämpölaitoksen osalta. Laitokset sijaitsevat Joensuun Hammaslahdessa, Liperissä, Rääkkylässä sekä Tohmajärvellä.

5.1 Puupolttoaineiden laatuvaatimukset

Vuoden 1998 puupolttoaineiden laatuluokituksen mukaan ostamansa puupolttoaineen luokittelevat tutkimukseen vastanneista yrityksistä Kiteen Lämpö Oy, Outokummun Energia Oy, Vapo Oy sekä Nurmeksen Lämpö Oy. Vuonna 2013 julkaistua Puupolttoaineiden laatuohjetta ostamansa hakkeen luokitteluun vähintään yhden ominaisuuden osalta käyttävät Kuopion Energia Oy, Etelä-Savon Energia Oy, Tervon kunta, Joroisten voimalaitos, Kainuun Voima Oy sekä Fortum Oy. Savon Voima Oyj hyödyntää laatuluokittelussa standardia SFS-EN 14961 palakokovaatimuksensa osalta. Muiden yritysten osalta vaatimukset koskivat lähinnä hakkeen kosteutta sekä palakokoa.

Tutkimukseen osallistuneista yrityksistä kaikkiaan 13 vastasi käyttävänsä energiantuotantoon metsähakkeen lisäksi myös teollisuuden puutähdettä, eli esimerkiksi sahoilta tähteeksi jäänyttä sahanpurua ja kuorta. Lisäksi kierrätyspuuta eli biopolttoaineeksi luokiteltavaa käytöstä poistettua puuta, kuten purettuja kuormalavoja tai puulaatikoita hyödyntää kolme yritystä. Teollisuuden puutähdettä sekä kierrätyspuuta polttavat yritykset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Teollisuuden puutähdettä sekä kierrätyspuuta hyödyntävät yritykset.

Yritys	Teollisuuden puutähteet	Kierrätyspuu
Etelä-Savon Energia Oy	X	
Fortum Oy	X	
Kainuun Voima Oy	X	
Kuhmon Lämpö Oy	X	
Kulunnan puutarha	X	
Kuopion Energia Oy	X	X
Nurmeksen Lämpö Oy	X	
Outokummun Energia Oy	X	X
Pankaboard	X	
Savon Sellu Oy	X	
Savon Voima Oyj	X	
Stora Enso Oy	X	
Vesi-Mega Oy	X	
Vieremän Lämpö ja Vesi Oy		X

5.1.1 Energiatiheys

Energiatiheyden osalta suurimmalla osalla tutkimukseen osallistuneista yrityksistä ei ollut lainkaan vaatimuksia. Ne, joiden vaatimukset pohjautuivat vuoden 1998 puupolttoaineiden laatuluokitukseen, ilmoittivat vaatimansa energiatiheyden. Muista vastanneista energiatiheyden ilmoitti Kainuun Lämpöhuolto Oy, Jo-roisten energialaitos sekä Stora Enso Oy. Fortumin Joensuun voimalaitoksella energiatiheys on velvoittava ominaisuus, eli sille määritellään sopimuksessa raja-arvo, joka sen tulee täyttää, mutta yritys ei vastauksessaan kerro vaatimustaan.

Puupolttoaineiden laatuluokituksen mukaisen luokituksen E2, eli vähintään 0,8 MWh/i-m³ hakkeelta vaativat Kiteen Lämpö Oy sekä Outokummun Energia Oy. Samaa 0,8 megawattitunnin energiasisältöä irtokuutiometrille edellyttää myös Jo-roisten energialaitos. Vapo Oy sekä Nurmeksen Lämpö Oy puolestaan edellyttä-

vät vuoden 1998 puupolttoaineen laatuluokituksen mukaista luokitusta E3, eli vähintään 0,7 MWh/i-m³. Kainuun Lämpöhuolto Oy ilmoitti vaatimukseen vaihteluväliksi 0,7–0,9 MWh/i-m³, kun taas Stora Enson Varkauden voimalaitoksen vaihteluväli on 0,75–0,9 MWh/i-m³. Kainuun Lämpöhuolto Oy sekä Joroisten energialaitos ilmoittivat vastauksessaan omat ehtonsa energiasisällölle myös tehollisen lämpöarvon muodossa. Kummankin yrityksen vaatima arvo on 18,5–20 MJ/kg.

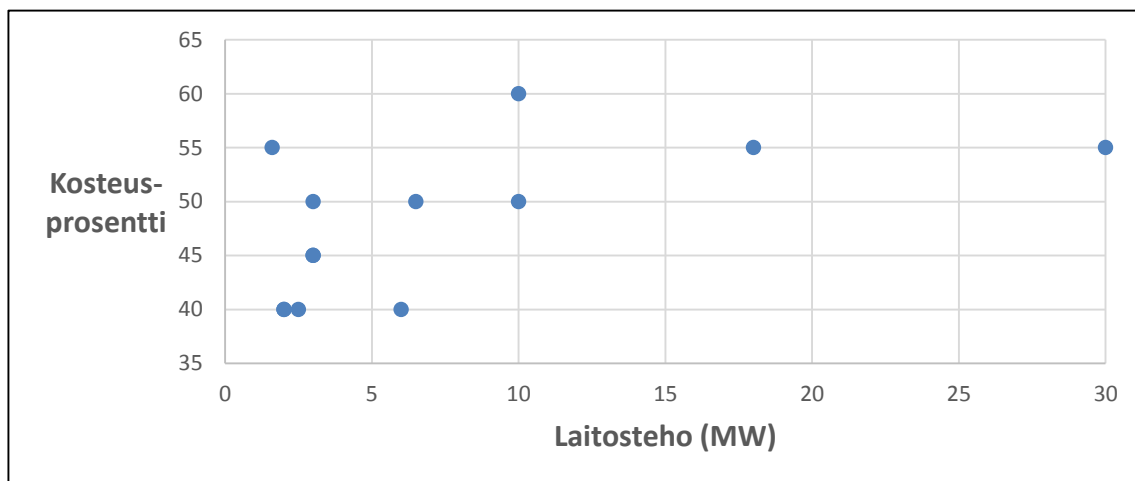
5.1.2 Kosteusprosentti

Polttoaineen kosteuden suhteen tarkimmat vaatimukset tutkimukseen osallistuneista yrityksistä on Rautavaaran Lämpöosuuskunnalla, joka edellyttää hakkeen kosteusprosentin olevan korkeintaan 40. Tervon kunta sekä Kaavin Biolämpö Oy eivät ole yhtä ehdottomalla kannalla, mutta heidänkin toiveena on pyrkiminen alle 40 %:n kosteuteen. Kiteen Lämpö Oy vastasi vaativansa joko korkeintaan 40 %:n tai 50 %:n kosteutta, hyrynsalmelainen Vesi-Mega Oy puolestaan ilmoitti maksimikosteusprosentiksi 45, ja samaa vaatimusta käyttää myös Joroisten energialaitos.

Alle 50 %:n kosteutta tutkimukseen osallistuneista vaativat Vieremän Lämpö ja Vesi Oy, Outokummun Energia Oy, Stora Enso Oy sekä Vapo Oy. Alle 55 %:n kosteutta vaativat Kuhmon Lämpö Oy, Kainuun Lämpöhuolto Oy ja Savon Voima Oyj. Fortum Oy, Etelä-Savon Energia Oy sekä Nurmeksen Lämpö Oy ovat asettaneet vaatimuksensa 60 %:iin, kun taas Kainuun Voima Oy:n maksimikosteus on 70 %.

Kulunnan puutarha ei vastauksensa mukaan edellytä polttoaineeltaan mitään maksimikosteusprosenttia. Tarkkaa vastausta vaadittavista kosteusprosentteista eivät antaneet Savon Sellu Oy, Kuopion Energia Oy sekä Suur-Savon Sähkö Oy. Savon Sellu Oy tosin edellyttää haketettavan puun olevan ”ylivuoteista”. Pankboard vastasi, että kuori ja metsähake eivät saa olla lumisia. Kuopion Energia Oy ja Suur-Savon Sähkö Oy vastasivat hyödyntävänsä puupolttoaineiden laatuohjeita, mutta eivät täsmentäneet vaatimiaan luokituksia.

Kaiken kaikkiaan tarkimmat vaatimukset kosteusprosentin suhteen ostamaltaan polttoaineelta vaativat pienimmän kokoluokan laitokset. Vastaavasti kosteinta polttoainetta hyväksyvät laitokset olivat pääsääntöisesti suuresta kokoluokasta. Teholtaan alle 30 MW:n laitosten kosteusprosenttivaatimukset laitostehon mukaan on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Kosteusprosenttivaatimukset alle 30 MW:n energiantuotantolaitoksissa.

5.1.3 Palakoko

Palakoon suhteen pienintä arvoa vastaanottamaltaan hakkeelta tutkimukseen osallistuneista yrityksistä edellyttää Rautavaaran lämpöosuuskunta, joka vastasi hakkeen palakooksi 2–3 cm. Vieremän Lämpö ja Vesi Oy puolestaan toivoo 30–60 mm:n kokoista haketta. Kainuun Lämpöhuolto Oy vastasi, että heidän maksimipalakokonsa pienissä laitoksissa on 50 x 50 mm ja suuremmissa laitoksissa 250 x 250 mm. Stora Enson vaatima palakoko puolestaan on 5 cm x 5 cm x 5 cm.

Nurmeksen Lämpö Oy, Vapo Oy, Outokummun Energia Oy sekä Kiteen Lämpö Oy luokittelevat ostamansa hakkeen vuonna 1998 julkaistun puupolttoaineiden laatuluokituksen mukaan. Heistä jokainen ilmoitti vaatimukseen arvoksi P3, joka tarkoittaa, että vähintään 95 % hakkeesta on palakooltaan alle 60 mm.

Vuonna 2013 julkaistua puupolttoaineiden laatuohjetta ostamansa hakkeen luokittelussa hyödyntävät Tervon kunnan lämpölaite, Joroisten voimalaitos, Etelä-Savon Energia Oy sekä Fortum Oy. Näistä kaksi ensin mainittua luokittelevat kyseisen ohjeen mukaan ainoastaan hakkeen palakoon. Joroisten energialaitos vaatii luokan P 45 palakokoa. Fortum Oy vastasi edellyttävänsä luokkaa P 63, kun taas Tervon kunnan vaatima luokitus on P 100. Kyseiset luokat perustuvat standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaisiin luokituksiin ja ne on esitetty taulukossa 2. Pääfraktio tarkoittaa vaihteluväliä, johon 60 % polttoaineesta tulee palakokonsa mukaisesti kuulua. Karkea fraktio ilmoittaa mitan, jonka polttoaineesta maksimissaan 10 % saa ylittää. Maksimipituus puolestaan määrittää suurimman ylisuurten kappaleiden suurimman palakoon.

Taulukko 2. Palakokoluokat standardin SFS-EN ISO 17225-1 mukaisesti.

Luokka	Pääfraktio (mm)	Karkea fraktio (mm)	Maksimipituus (mm)
P 45	$3,15 \leq P \leq 45$	10 % > 63	≤ 350
P 63	$3,15 \leq P \leq 63$	10 % > 100	≤ 350
P 100	$3,15 \leq P \leq 100$	10 % > 150	≤ 350

Vuonna 2013 julkaistua laatuohjetta vastasi käyttävänsä myös Etelä-Savon Energia Oy, mutta ei määritellyt vastauksessaan käyttämäänsä luokitusta, vaan ilmoitti, että polttoainejakeen tulee olla sopimuksen mukaista. Myöskään Kuopion Energia Oy sekä Suur-Savon Sähkö Oy eivät tarkentaneet vastauksissaan käyttämiään luokituksia. Savon Voima Oyj vastasi käyttävänsä SF-EN 14961-1 standardin luokitusta P 63, jossa pääfraktion kooksi on määritelty 8–63 millimetriä. Pääfraktioon tulee kuulua 75 % polttoaineesta. Hienoaineksen, eli alle 3,15 mm kokoisen aineksen määrä tulee luokituksen mukaan olla alle 6 %. Karkean fraktion raja-arvo on 100 mm ja sen osuuden tulee olla alle 10 %. Ylisuurten kappaleiden maksimimita puolestaan on 350 mm. Kulunnan puutarha ilmoitti vastauksessaan, ettei heidän vastaanottamassaan hakkeessa saa olla pitkiä tikkuja. Pankaboard ei määritellyt palakoolle vaadittavia mittoja, mutta ilmoitti, etteivät muutamat isommat partikkelit haittaa. Loput vastanneista eivät määritelleet palakoolle vaatimuksia.

5.1.4 Muut laatuvaatimukset

Energiatiheyden, palakoon ja kosteuden ohella vastauksissa sekä puhelinkeskusteluissa usean yrityksen kohdalla nousivat esiin erityisesti maininnat siitä, ettei hake saa sisältää maa-ainesta tai muita epäpuhtauksia. Lisäksi Fortum Oy:n, Joroisten energialaitoksen sekä Kainuun Lämpöhuolto Oy ilmoittivat myös omaavansa vaatimuksia tehollisen lämpöarvon sekä tuhkapitoisuuden suhteen.

5.2 Puupolttoaineiden hintataso

Hakkeesta maksettu hinta on tutkimuksen perusteella melko samassa suuruusluokassa kaikkien laitosten välillä. Yrityksistä Kuopion Energia Oy, Fortum Oy, Savon Voima Oyj, Etelä-Savon Energia Oy, Suur-Savon Sähkö Oy sekä Kiteen Lämpö Oy kieltäytyivät paljastamasta maksamiaan polttoainehintoja, mutta neuvoivat tutustumaan puupolttoaineiden hintatilastoihin. Myös Outokummun Energia Oy kieltäytyi paljastamasta maksamiaan hintoja. Tilastokeskuksen polttoaineiden käyttäjähintatilaston (Tilastokeskus 2015b) mukaan metsähakkeen hinta Suomessa oli vuoden 2014 toisella vuosineljänneksellä 21,35 €/MWh, joten näiden yritysten maksamat hinnat hakkeesta lienevät ainakin lähellä kyseistä lukemaa.

Myös muiden tutkimukseen osallistuneiden yritysten hinnat ovat melko lähellä tilastokeskuksen markkinahintaa. Korkeimmat esiin nousseet yritysten mainitsemat hintojen vaihteluvälit ovat Rautavaaran Lämpösuuskunnan ilmoittama 23–24 €/MWh sekä Joroisten Energialaitoksen 18–25 €/MWh. Tervon kunnan laitokselle ostettavasta polttoaineesta maksetaan vastauksen perusteella 22,79 €/MWh. Kainuun Lämpöhuolto Oy vastasi maksavansa hyvälaatuisesta polttoaineesta 22,5 €/MWh, mutta heidän kokonaisvaihteluväli hakkeesta maksettavalle hinnalle on 17–22,5 €/MWh, josta hinta määräytyy polttoaineen laadun mukaan.

Noin 22 euron hintaa megawattituntia kohden maksavat sekä Vieremän Lämpö ja Vesi Oy, Vesi-Mega Oy että Kaavin Biolämpö Oy. Vapon maksama hinta Pohjois-Karjalan alueella on 21 €/MWh. Nurmeksen Lämpö Oy puolestaan vastasi

maksavansa hieman yli 20 €/MWh. Alhaisimmat hinnat ilmoittivat kyselyihin vastanneista Kainuun Voima Oy, joka maksaa 11–18,5 €/MWh laadusta riippuen, Pankaboard myöskin laadusta riippuvalla hinnallaan 14–20 €/MWh sekä Kuhmon Lämpö Oy, jonka maksama hinta on n. 17 €/MWh. Yrityksen kohdalla pitää kuitenkin ottaa huomioon se, että polttoaine tulee suurimmalta osin läheiseltä sahalta sahanpuruna.

5.3 Kierrätyspolttoaineiden markkinat

5.3.1 Pankaboard

Lieksassa sijaitseva Pankaboardin kartonkitehtaalla on käytössään 33 MW:n leijupetikattila, jossa poltetaan puupolttoaineita, REF-kierrätyspolttoaineita, jotka on valmistettu kaupan ja teollisuuden pakkausjätteestä, sekä joskus myös turvetta. Tuotettu energia hyödynnetään tehtaalla eikä sitä myydä ulkopuolisille.

Pankaboard edellyttää kierrätyspolttoaineen oleva REF I- tai REF II -luokitusten mukaista. Yritys maksaa polttoaineesta laadusta riippuen 2,5–7 €/MWh. Hinta maksetaan siitä saatavan energiamäärän perusteella, mutta maksu voidaan suorittaa myös painon ja tilavuuden perusteella. Esimerkiksi lämpölaitoksiin verrattuna polttoaineiden käytön kausivaihteluissa tapahtuu vähän muutoksia. Vuoden lämpimänä aikana polttoaineiden käyttömäärät vähenevät 20–30 %, mutta muuten määrät säilyvät tasaisina. Polttoainetoimittajan edellytyksiksi Pankaboard ilmoittaa toimitusvarmuuden, hinnan sekä hyvän laadun.

5.3.2 Kainuun Voima Oy

Kainuun Voima Oy on Kajaanissa toimiva kaukolämpöyritys, joka polttaa rinnakkaispolttomenetelmällä REF II -luokan kierrätyspolttoainetta. Yrityksen maksama hinta kierrätyspolttoaineesta on noin 2 €/MWh. Yritys ilmoittaa vuosittaiseksi

energiantuotantomääräksi noin 900 GWh, josta kierrätyspolttoaineella tuotetaan prosentin suuruinen osuus eli noin 9 GWh.

5.3.3 Stora Enso Oy

Stora Enso Oy:n Varkauden sellu- ja paperitehtaan voimalaitoksella hyödynnetään energiantuotannossa muovijätteitä sekä muovi-alumiinijakeita. Yritys muuttaa tuotantosuuntaansa kuluvan vuoden aikana, kun paperin sijasta aletaan valmistamaan kartonkia. Kierrätyspolttoaineiden laatuvaatimukset ovat yrityksen vastauksen mukaan tapauskohtaisia, mutta yrityksen antamassa esimerkissä kuiva-ainepitoisuuden tulee olla yli 50 %. Polttoaine ei saa sisältää kaatopaikkajätettä, isoja kappaleita metallia tai kiviä, raskasmetalleja eikä suuria määriä kuitua. Alumiinipitoisuuden yläraja on 2 %.

Tehtaalla kuluvan vuoden aikana suoritettavan tuotantosuunnan muutoksen jälkeen kierrätyspolttoaineiden osuus tulee olemaan noin 10 % koko energiantuotannosta eli n. 200 GWh/vuosi. Yritys maksaa polttoaineestaan lähtökohtaisesti siitä saatavan energiamääränperusteella, jos se vain on mahdollista. Maksamiin hintoja yritys ei paljasta, mutta huomauttaa, että kierrätyspolttoaineiden käyttö aiheuttaa yritykselle lisäkustannuksia polttoaineiden käsittelyyn, varastointiin sekä kattilan kunnossapitoon.

Muovijakeita voimalaitoksella poltetaan suhteellisen tasaisesti läpi koko vuoden. Yritys ilmoittaa hankkivansa niitä miltä tahansa luotettavaksi kokemaltaan yritykseltä. Aiemmin laitokselle on hankittu koe-eriä erilaisista polttoainelajeista, mutta tuotantosuunnan muutosvaiheen aikana koe-erien määrä vähenee, kunnes toiminta on saatu vakiintumaan.

5.4 Polttoaineiden kysynnän vaihtelu

Polttoaineiden kysyntä kaukolämpölaitoksissa vaihtelee suuresti vuoden aikana. Useat yritykset vastasivat kysymykseen vaihtelusta, että polttoaineen kulutus

määräytyy ulkolämpötilojen mukaan, mistä johtuen erot kesän ja talven välillä ovat suuria. Niiden yritysten, jotka kertoivat vastauksessaan lukemia polttoaineiden kulutuksista, kylmimmän talvikuukauden kulutus oli noin viidestä kahdeksaan kertaa suurempaa verrattuna lämpimimpään kesäkuukauteen. Polttoaineiden määrän lisäksi myös poltettavan polttoaineen laatu vaihtelee vuoden aikana. Useat yritykset painottivat vastauksissaan käyttävänsä talvella parempilaatuista puuta suhteessa enemmän ja näin ollen esimerkiksi teollisuuden puutähteen osuus kokonaismäärästä pienenee talvisin.

Pankaboard, Stora Enso sekä Savon Sellu poikkeavat muista yrityksistä polttoainemäärien vaihtelun osalta. Kyseiset yritykset hyödyntävät polttolaitoksen tuottamaa energiaa omassa käytössään, joten vaihtelut ovat vähäisempiä. Pankaboard käyttää lämpimänä aikana 20–30 % vähemmän polttoaineita, kun taas Savon Sellun osalta määrät eivät vaihtelee, mutta polttoainejakeiden suhteissa tapahtuu muutoksia niiden lämpöarvon perusteella. Stora Enso vastasi käyttävänsä biopolttoaineita sekä muovijakeita suhteellisen tasaisesti ympäri vuoden, mutta otavansa lämmityskaudella muovi-alumiinijakeet käyttöön lisääntyneen lämmöntarpeen takia.

5.5 Yritysten edellytykset polttoaineiden toimittajaa kohtaan

Tutkimuksen perusteella energian tuottajilla on polttoainetoimittajalle melko samankaltaisia edellytyksiä. Tärkeimpinä vaatimuksina nousivat yrityksen vakavaisuus, luotettavuus sekä toimitusvarmuus. Tarkimpia polttoainetoimittajan suhteen ovat tutkimuksen mukaan pääosin suuret yritykset.

Fortum Oy selvittää ennen sopimuksen tekoa toimittajan taloustilanteen, laadunhallinnan sekä kestävä kehityksen mukaan toimimisen erillisellä kyselylomakkeella. Myös Kuopion Energia Oy ilmoitti omaavansa lukuisan määrän edellytyksiä, jotka määritellään sopimuksissa, asiakirjoissa sekä toimintaohjeissa. Savon Voima Oyj tarkistaa yrityksen taloustiedot ja arvioi luotettavuutta toimitusvarmuuden takia. Etelä-Savon Energia Oy puolestaan määrittää vuosittaisen 20 000

MWh:n minimimäärän toimituksille ja painottaa joustavuutta sekä mahdollisuutta vastata kovempaankin kysyntään.

Lämpölaitosten vastauksissa toistuivat hyvin pitkälti samat edellytykset, eli luotettavuus, vakavaraisuus, polttoaineen hyvä ja tasainen laatu sekä toimintavarmuus. Vieremän Lämpö ja vesi edellyttää toimittajayritykseltä laitoksen koko vuoden tarpeen toimittamista, Nurmeksen Lämpö Oy puolestaan vaatii vuosittain yhteensä 25 000 MWh:n minimitoimitusta. Tervon kunta edellyttää polttoaineen toimittajaa vastaamaan itse polttoainesilojen täyttämisestä tarpeen mukaan sekä lämpölaitoksen siilopuolen kunnossa- ja puhtaanapidosta. Kulunnan puutarha edellyttää polttoainetta toimittavan yrityksen olevan valmis toimittamaan polttoainetta noin vuorokauden kuluttua tilauksesta.

Vähiten ehtoja tutkimuksen mukaan toimittajalle määrittivät Kuhmon Lämpö Oy, Kaavin Biolämpö Oy sekä Rautavaaran lämpöosuuskunta, joiden vaatimukset perustuvat nimenomaan itse polttoaineen laatutekijöihin ilman varsinaisia edellytyksiä itse yritystä kohtaan.

5.6 Taloudellinen tarkastelu

Teuvo Lehikoinen Yhtiöt on tähän mennessä tuottanut biopolttoaineiksi luokiteltavan puupolttoaineensa vastaanottamastaan rakennusten käsittelemättömästä purkupuusta, joka voidaan murskauksen jälkeen myydä biopolttoaineena. Yrityksen suunnitelmissa on myös ollut puun ostaminen metsäyhtiöiltä murskaustarkoitukseen, sen tuottaminen polttoaineeksi ja myyminen polttolaitoksille. Seuraavissa luvuissa on tehty kannattavuuslaskelma edellä mainittua toimintaa koskien. Laskelmassa hyödynnetään toimeksiantajan antamia kustannusarvioita kuhunkin työvaiheeseen liittyen.

5.6.1 Kustannuslaskelma

Toimeksiantajan arvio puun hankkimisen, puupolttoaineen valmistamisen sekä sen toimittamisen kustannuksista on esitetty taulukossa 3. Kantohinnalla tarkoitetaan metsässä pystyssä olevan puun hintaa. Korjuuhinta käsittää puun kaatamisen sekä sen kasauksen tienvarsivarastoon. Kuljetuskulu terminaaliin sisältää kuorman tekemisen, sen purkamisen sekä kuljetuskulut. Murskauskululla tarkoitetaan keskimääräistä murskaimen käytöstä aiheutunutta kulua tuotettua irtokuutiometriä kohden. Lastaus rekkaan käsittää terminaalissa tapahtuvat lastauksen. Polttoainekuorman purkamisesta aiheutuvat kulut on sisällytetty kuljetukseen käyttöpaikalle.

Taulukko 3. Teuvo Lehikoinen yhtiöiden arvio toiminnan kustannuksista.

Toimenpide	Kustannus
Kantohinta	7 €/m ³
Korjuuhinta	12 €/m ³
Kuljetus terminaaliin	12 €/m ³
Murskauskulu	4 €/i-m ³
Lastaus rekkaan	100 €/kuorma
Kuljetus käyttöpaikalle	2 €/km

Kustannukset puun ostosta, korjuusta, varastoinnista sekä kuljetuksesta terminaaliin yhtä kiintokuutiometriä kohden muodostuu kantohinnan, korjuuhinnan sekä terminaalikuljetuksen summasta:

$$7 \text{ €/km}^3 + 12 \text{ €/m}^3 + 12 \text{ €/m}^3 = 31 \text{ €/m}^3 \quad (3.)$$

Perävaunullisen rekan kuljetuskapasiteetti kuutiometreinä on 130 m³. Yksi kiintokuutiometri puuta vastaa keskimäärin 2,5 i-m³ metsähaketta. Yhden polttoainekuorman sisältö kiintokuutiometreinä sekä sen murskauskustannukset lasketaan seuraavasti:

$$\frac{130 \text{ i-m}^3}{2,5} = 52 \text{ m}^3 \quad (4.)$$

$$130 \text{ i-m}^3 \times 4 \text{ €/i-m}^3 = 520 \text{ €} \quad (5.)$$

Yhden rekkakuorman sisältämän puupolttoainemäärän tuottamisen kokonaiskustannus muodostuu puun hankinta- ja kuljetuskustannuksien sekä murskauskustannuksien summasta. Lisäämällä summaan rekkalastauksen aiheuttama 100 euron kustannus saadaan selville toimitusvalmiin polttoaine-erän kokonaiskustannus.

$$52 \text{ m}^3 \times 31 \text{ €/m}^3 + 520 \text{ €} = 2 \text{ 132 €} \quad (6.)$$

$$2 \text{ 132 €} + 100 \text{ €} = 2 \text{ 232 €} \quad (7.)$$

5.6.2 Kannattavuuslaskelma

Kustannuksia puun hankinnasta, kuljetuksesta terminaaliin, murskauksesta sekä polttoaineen lastauksesta rekkaan syntyi yhtä polttoainekuormaa kohden yhteensä 2 232 €. Summaan lisätään vielä kuljetuskustannukset, joiden määrä yhtä kuljetuskilometriä kohden on 2 €. Kuljetuskustannuksiin sisältyy purkutyöt käyttöpaikalla. Esimerkiksi 50 kilometrin päässä terminaalista sijaitsevaan käyttökohteeseen kuljetettavan polttoaineen kokonaiskustannus lasketaan seuraavasti:

$$2 \text{ 232 €} + 50 \text{ km} \times 2 \text{ €/km} \times 2 = 2 \text{ 432 €} \quad (8.)$$

Kokonaiskustannusten vaihtelu eri kilometrimatkoilla havaitaan taulukosta 4. Kulut kasvavat tasaisesti etäisyyden kasvaessa. Kun etäisyys toimituskohteeseen kasvaa 20 kilometrillä, kasvavat kokonaiskustannukset 80 eurolla.

Taulukko 4. Kuljetusmatkan vaikutus kustannuksiin.

Etäisyys	20 km	40 km	60 km	80 km	100 km	120 km
Kustannukset	2 312 €	2 392 €	2 472 €	2 552 €	2 632 €	2 712 €

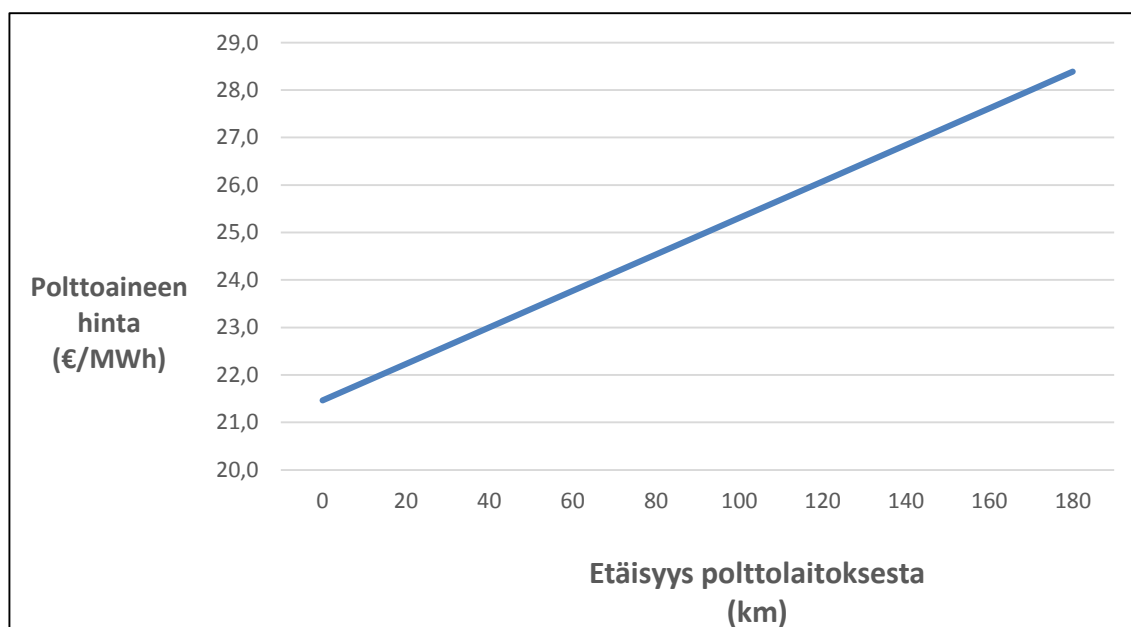
Niiden tutkimukseen osallistuneiden yritysten, jotka vastasivat hintaan koskevaan kysymykseen, metsähakkeesta maksamat hinnat asettuvat välille 17–25 €/MWh.

Tarkkaa keskihintaa on hankala määrittää, sillä useilla laitoksilla polttoaineesta maksettava hinta määräytyy sen laatuominaisuuksien perusteella yrityksen määrittämien raja-arvojen väliltä. Metsähakkeen keskimääräinen energiasisältö on 0,8 MWh/i-m³, mikä on kiintokuutiometreiksi muutettuna 2 MWh/m³. Yhden rekkakuorman sisältämä energiamäärä ja siitä esimerkkihinnalla 22 €/MWh saatava tuotto lasketaan seuraavasti:

$$130 \text{ i-m}^3 \times 0,8 \text{ MWh/i-m}^3 = 104 \text{ MWh} \quad (9.)$$

$$104 \text{ MWh} \times 22 \text{ €/MWh} = 2\,288 \text{ €} \quad (10.)$$

Kustannuksia yhden rekkakuorman sisältämän metsähake-erän tuottamisesta syntyy 2 232 €, mihin lisätään kuljetuskustannukset. Jotta toiminta olisi taloudellisesti kannattavaa, tulisi myytävästä polttoaineesta saada riittävän suuri tuotto kulujen kattamiseksi. Kuviossa 3 on esitetty polttoaineen minimihinnat erilaisilla kuljetusmatkoilla, jotka toimeksiantajan tulisi polttoaineesta saada, jotta se pysyisi myynnillä kattamaan toiminnan aiheuttamat kustannukset. Mikäli hinta on tätä minimihintaa suurempi, on toiminta voitollista.



Kuvio 3. Polttoaineen minimihinta kannattavuuden takaamiseksi eri välimatkoilla.

Kun syntyviä kustannuksia verrataan yhdestä polttoainekuormasta saatavaan tuloon, on selvää, että toimeksiantajan antamalla kustannusarvioilla toimintaa ei voi saada voitolliseksi. Tutkimukseen osallistuneista yrityksistä lyhyin kuljetusmatka on Lieksassa sijaitsevat Pankaboardin tehtaalle, jossa korkein puupolttoaineesta maksettava hinta on 20 €/MWh, ei tee toimintaa kannattavaksi. Seuraavaksi lähimpänä sijaitseva Nurmeksen Lämpö Oy:n laitos maksaa suunnilleen samansuuruisia hintaa. Korkeinta hintaa tutkimukseen vastanneista yrityksistä maksanut Rautavaaran Lämpöosuuskunta sijaitsee yli 100 kilometrin päässä Lieksasta, joten sen maksama 22–23 euron megawattituntihinta ei myöskään riitä edes toimeksiantajalle aiheutuneiden kulujen kattamiseen.

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimustuloksista käy selväksi, että puupolttoaineiden osalta yritykset käyttävät useita eri luokitusmenetelmiä laadunmäärittelyssä. Esimerkiksi uusin Puupolttoaineiden laatuohje ei ole muodostunut yhtenäiseksi laadunmäärittelytavaksi, vaan useat yritykset käyttävät yhä vuodelta 1998 peräisin olevaan laatuohjetta. Lisäksi moni yritys ilmoitti vain raja-arvot valitsemilleen ominaisuuksille. Polttoainetoimittajan kannalta kaikista selkein vaihtoehto olisi, että yrityksillä olisi yhteinen käytäntö laadunmäärittelyn sekä laatuluokitusten suhteen ja kukin yritys valitsisi kullekin laatuominaisuudelle luokituksen laitoksensa vaatimusten mukaisesti.

Yritysten esittämät laatuvaatimukset ostamiensa polttoaineiden palakoon ja energiasällön osalta vaikuttivat olevan pitkälti samankaltaisia. Palakoon osalta pääosa yrityksistä edellytti maksimissaan noin 60 mm:n palakokoa riippuen hieman yritysten käyttämistä laatuluokittelumenetelmistä. Kuitenkaan tutkimuksessa ei saatu ennakoitua Alakankaan (2003, 31) mukaista tulosta, jossa palakoko oli tärkeä ominaisuus ensisijaisesti pienissä laitoksissa ja jossa tavoitekoko oli yleensä 30–40 mm. Tutkimuksen mukainen keskimääräinen palakokovaatimus asettui pääosin noin 60 mm:n maksimikokoluokkaan laitostehosta riippumatta. Energiatiheyden osalta vaatimuksia ilmeni huomattavasti vähemmän, eikä niiden osalta eroja ollut kovinkaan merkittävästi. Kosteusprosentti vaikuttaa polttoaineen energiatiheyteen, joten yritykset eivät välttämättä koe tarpeelliseksi määritellä erikseen raja-arvoa molemmille.

Kosteusprosentin osalta hajontaa vastauksissa löytyi enemmän kuin palakoon ja energiatiheyden osalta, sillä alhaisin vaatimus oli 40 % ja suurin 70 %. Kosteusprosentin kohdalla tutkimuksessa toteutui Maskuniityn (2002, 467–469) sekä Puuenergian teknologiaohjelman (2004, 68) mukainen ennako-odotus, jonka mukaan suuret laitokset eivät aseta kosteusprosentille yhtä tiukkoja vaatimuksia kuin pienemmät laitokset.

Polttoaineiden hintatasojen selvittämistä hankaloitti se, että useat yritykset kieltäytyivät vastaamasta hintaan koskevaan kysymykseen. Nämä yritykset olivat pääosin suuria voimalaitoksia ja useat niistä viittasivat tilastokeskuksen tilastoista löytyvään metsähakkeen keskihintaan. Tutkimuksen mukaan metsähakkeesta maksettava hinta määräytyy usein sen laadun mukaisesti, mutta pääosin hintataso oli korkeampi pienillä lämpölaitoksilla, kuin suuremmilla voimalaitoksilla. Huolimatta siitä, että kaikkien tutkimukseen osallistuneiden yritysten maksamat hinnat eivät tutkimuksesta käy ilmi, pystyy tutkimuksen tuloksien perusteella päättämään polttoainemarkkinoiden suuntaa antavan hintatason.

Puupolttoaineiden kysynnän vaihtelun osalta vastaukset olivat sellaisia, kuin tutkimusta aloitettaessa sopi odottaakin, eli kylmimpinä aikoina kulutus on pääsääntöisesti selkeästi suurimmillaan. Mielenkiintoinen tulos tutkimuksessa on se, että kierrätyspolttoaineiden kysyntä sen sijaan säilyy melko tasaisena läpi vuoden, joten niiden kysyntä ei juurikaan vaihtelee vuoden aikana.

Kierrätyspolttoaineiden osalta hintataso on tutkimuksen perusteella merkittävästi metsähakkeen vastaavaa alempi, mutta lienee toimeksiantajalle siitä huolimatta kannattava vaihtoehto, sillä esimerkiksi muovijätteen energiatiheys on puuta suurempi, eikä kuljetuskustannuksia näin ollen aiheudu yhtä megawattituntia kohden niin paljon. Lisäksi yritys perii vastaanottamastaan jätteestä jätehuoltomaksun.

Merkittävin huomio tutkimuksessa on kannattavuuslaskelman tulos. Laskelmassa käy selkeästi ilmi, että toiminnan käynnistäminen suunnitellulla menetelmällä ei ole kannattavaa liiketoimintaa. Arvion mukaiset kulut ovat niin suuret, että toimeksiantajan tulisi saada polttoaineesta selkeästi markkinoiden nykytasoa korkeampaa hintaa, jotta edes toiminnasta syntyvät kulut tulisi katettua. Toisaalta huomionarvoista on se, että laskelman perustana toimivat kustannusarviot puun kuljetuksen osalta ovat tilastoihin verrattuna varsin suuret. Sandströmin tutkimuksen (2014, 31) mukaan autokuljetuksen keskihinta vuonna 2013 oli 7,31 €/m³, kun keskikuljetusmatka oli 94 kilometriä, mikä on merkittävästi toimeksiantajan ilmoittamaa arviota halvempi hinta. Myös kantohinta on Metlan Metsätalastiedotteen mukaisiin arvojen perusteella vähintäänkin energiapuusta maksettavan hintaskaalan yläpäässä, sillä tilaston mukaan rangan kantohinta Savo-Karjalassa

oli 7,31 €/m³, mikä on kyseisen tilaston mukaan korkein hinta Suomessa koko maan keskiarvon ollessa rankapuun osalta 3,71 €/m³ ja esimerkiksi latvusmassan ja kokopuun osalta huomattavasti sitä halvempi (Torvelainen 2014, 4). Toisaalta korjuuhinnaksi toimeksiantajan määrittämä 12 €/m³ on ainakin kuitupuun osalta hieman alakanttiin. Korjuuhinnat kylläkin vaihtelevat hakkuutapojen välillä reilustikin, joten epärealistinen hinta ei kuitenkaan ole. (Sandström 2014, 20–21.)

6.2 Tulosten merkitys ja sovellettavuus

Tämä opinnäytetyö antaa toimeksiantajalle kattavan kuvan Itä-Suomen alueen polttoainemarkkinoista. Mikäli yritys tulevaisuudessa käynnistää puumurskeen tuotantoa laajemmassa mittakaavassa, on sillä käytettävissään laaja määrä ennakkotietoa polttoaineiden hintatasosta, laatuun liittyvistä edellytyksistä sekä toimittajalle asetettavista ehdoista. Näiden seikkojen lisäksi myös tutkimuksen sisältämästä kustannuslaskelmasta on hyötyä tulevaisuutta ajatellen. Mikäli kustannukset todella ovat tähän tutkimukseen annettujen arvioiden mukaiset, ei toimintaa kannata aloittaa suunnitellulla tavalla. Toisaalta laskelman perusteella toimeksiantaja voi laskea maksimikustannukset, jotka puupolttoaineen tuottamisesta saa syntyä, jotta toiminta on riittävässä määrin voitollista.

Toimeksiantajan lisäksi markkinatutkimus voi tarjota hyödyllistä tietoa myös muille puu- ja kierrätyspolttoainealan toimijoille. Polttoaineille ja niiden toimittajille asetetut vaatimukset voivat olla useille yrityksille arvokasta tietoa, kun ne suunnittelevat mahdollisia toimituskohteita ja pohtivat esimerkiksi polttoaineesta vaatimaansa hintaa. Myös energiantuottajayritykset voivat hyödyntää tutkimukset sisältämää tietoa esimerkiksi hinnoittelussaan.

6.3 Tutkimuksen luotettavuus ja virhearviointi

Tutkimukseen osallistui suuri joukko energia-alan yrityksiä pienistä lämpölaitoksista suuriin voimalaitoksiin eri puolilta Itä-Suomea. Joiltakin puhelimitse tavoite-

tuilta yrityksiltä haastatteluvastaukset jäivät saamatta, mutta kaiken kaikkiaan tutkimukseen osallistuneiden yritysten kirjo oli monipuolinen ja laaja. Näin ollen tämän opinnäytetyön tulosten voidaan olettaa antavan varsin totuudenmukaisen kuvan polttoaineiden kaupankäynnistä Itä-Suomessa.

Puhelimitse yhteyttä otettaessa varmistettiin, että tavoitettuna oli henkilö, joka tietää yrityksen polttoainehankinnoista eniten ja kykenee näin parhaiten antamaan totuudenmukaiset vastaukset. Tutkimuksen julkiseminen sen valmistuttua tuotiin usein esille jo puhelinkeskusteluissa, mutta viimeistään asia kävi ilmi sähköpostikyselyn mukana lähetetyssä saatekirjeessä. Haastattelukysymykset laadittiin niin, että ne olivat mahdollisimman yksiselitteisiä ja asiantuntevan henkilön oli niihin helppo vastata. Vastaukset olivatkin pääosin asiantuntevasti ja huolellisesti kirjoitettuja. Epäselvyyksiä ja puutteita vastauksissa täydennettiin tarkentavilla kysymyksillä puhelimitse sekä sähköpostitse.

Vastauksissa käytetyt laatuluokitukset selvitettiin huolellisesti Suomen Standardoimisliiton standardeista sekä puupolttoaineiden laatuohjeista. Luokitukset olivat varsin yksiselitteisiä ja helppoja tulkita. Näin ollen laatuvaatimusten vertailu ei huolellisesti tehtynä jätä juurikaan sijaa erehdyksille. Sama pätee myös hintatietoihin. Ne hinnat, jotka yritysten vastauksista saatiin tietää, olivat yksiselitteisesti esitettyjä ja mikäli vastauksena oli vaihteluväli maksettavalle hinnalle, oli mukana usein maininta hinnan määräytymisestä laadun perusteella.

Kustannuslaskelmissa on hyödynnetty toimeksiantajan määrittämiä kustannusarvioita, joiden perusteella laskelma tehtiin. Laskelmissa käytetty muuntokerroin kiintokuutiometrin sekä irtokuutiometrin välillä sekä arvo yhden kiintokuutiometrin energiasisällöstä perustuvat tilastollisiin keskiarvoihin.

6.4 Toimenpidesuosituks

Tutkimuksen perusteella polttoainemarkkinat Itä-Suomessa on suurelta osin tiedossa ja toimeksiantaja tietää minkälaista polttoainetta sen tulee tuottaa, jotta sille olisi ostajia. Kosteuden suhteen erityisesti pienille laitoksille toimitettaessa

on tärkeää huolehtia riittävästä puun kuivatusajasta, jotta polttoaineen laatuvaatimukset täyttyvät. Tuotetun puumurskeen kosteuden ohella myös palakoko on avainasemassa polttoainetta myytäessä. Toimeksiantajan omistamaan murskaimeen asennetun 50–80 mm seulan tuottamaa polttoainetta tulee arvioida ennen sen markkinointia, ja tarvittaessa tulee investoida uuteen pienemmällä silmäkoolla varustettuun seulaan, jotta yleisesti vaadittuun alle 60 mm:n palakokoon voidaan yltää.

Kannattavuuslaskelmien tulos osoitti kiistattomasti, että toimeksiantajan antamalla kustannusarvioilla ei toimintaa pysty saamaan kannattavaksi. Jotta polttoainekauppa olisi mahdollista saada voittoa tuottavaksi, täytyisi hinta-arvioista tinkiä reilusti, etenkin jos kuljetusmatkat ovat pitkiä. Toisaalta Tulosten tarkastelu -alaluvussa esitetyt kustannuskeskiarvot puun kantohinnan ja kuljetuskustannusten osalta osoittavat, että toimeksiantajan arvioita on aiheellista tarkastella kriittisesti. Metsäyrityksien kanssa on syytä käydä keskustelua puukaupoista, jotta kustannusten todellinen kokoluokka selviää.

Kierrätyspolttoaineiden osalta mahdollisia toimituskohteita on huomattavasti puupolttoaineiden vastaavia vähemmän, mutta toisaalta tutkimustulokset osoittavat, että kysyntää riittää suhteellisen tasaisesti ympäri vuoden. Kaikkien tutkimukseen osallistuneiden kierrätyspolttoaineiden ostajien kanssa kannattaa keskustella ja pyrkiä niiden kanssa kaupantekoon.

Lähteet

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>. 8.4.2015.
- Alakangas, E. 2003. Keskimääräisiä ominaisuuksia. Teoksessa Knuuttila, K. (toim.) Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän teknologiakeskus Oy. 30–34.
- Alakangas, E., Kurkisuonio, K., Tikka, T. & Fredriksson, T. 2014. Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön – VTT-M-01931-14. Bioenergia ry. Energiateollisuus ry. Metsäteollisuus ry. Jyväskylä.
- Angervuori, P. 2015. Ympäristösuunnittelija. ELY-keskus. Puhelinhaastattelu 8.4.2015.
- Energiahyödyntäminen Suomessa. 2015. <http://www.jly.fi/energia5.php?treeviewid=tree3&nodeid=5>. 8.4.2015.
- Hakkila, P. 2003. Metsähakkeen energiatiheys. Teoksessa Knuuttila, K. (toim.) Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän teknologiakeskus Oy. 29–30.
- Huikuri, N. & Okkonen, L. 2012. Bioenergiaa Pielisen Karjalaan. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulu Oy.
- Impola, R. 2003. Puupolttoaineiden laatuluokitus. Teoksessa Knuuttila, K. (toim.) Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän teknologiakeskus Oy. 47–52.
- Itä-Suomi uusiutuu. Itä-Suomen bioenergiaohjelma 2020. 2011. Itä-Suomen maakuntien liitot. Joensuu: Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. <http://pohjois-karjala.fi/documents/557926/1445797/It%C3%A4-Suomi+uusiutuu/68217489-ea8d-4436-9554-c6513a2452c1>. 3.3.2015.
- Itä-Suomen energiatilasto. 2014. Itä-Suomen maakuntien liitot. <http://pohjois-karjala.fi/documents/557926/1445797/It%C3%A4-Suomen+energiatilasto+2012.pdf/397ed977-d331-46ff-aaad-176a168a294a>. 3.3.2015.
- Jätelaki 646/2011.
- Jätepolttoaineet. 2015. <http://www.jly.fi/energia22.php?treeviewid=tree3&nodeid=22>. 7.4.2015.
- Kierrätyspolttoaineiden lähteet. 2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/muita_biopolttoaineita/kierratyspolttoaineet/kierratyspolttoaineiden_lahteet. 7.4.2015.
- Koistinen, K. 2015. Ympäristösuojelun erityisasiantuntija. ELY-keskus. Puhelinhaastattelu 8.4.2015.
- Koskinen, J. 2006. Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymp.fi/download/noname/%7B3855E4EA-0668-459F-AC9F-8D5D056D80E1%7D/30370>. 17.4.2015.
- Lehikoinen, T. 2015a. Toimitusjohtaja. Teuvo Lehikoinen yhtiöt. Haastattelu 6.3.2015.
- Lehikoinen, T. 2015b. Toimitusjohtaja. Teuvo Lehikoinen yhtiöt. Henkilökohtainen tiedonanto 16.4.2015.
- Lepistö, T. (toim.) 2010. Laatuhakkeen tuotanto -opas. Metsäkeskukset, 6–35.

- Maskuniitty, H. 2002. Arinapoltto. Teoksessa Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. & Kurki-Suonio, I., (toim.) Poltto ja palaminen. Helsinki: Teknillistieteelliset akatemit, 466–489.
- Moilanen, A., Nieminen M. & Alèn, R. 2002. Polttoaineiden ominaisuudet ja luokittelu. Teoksessa Raiko, R., Saastamoinen, J., Hupa, M. & Kurki-Suonio, I., (toim.) Poltto ja palaminen. Helsinki: Teknillistieteelliset akatemit, 117–140.
- Ottoila, E. 2015. Ylitarkastaja. ELY-keskus. Puhelinhaastattelu 12.5.2015.
- Perustaminen, historia. 2015. <http://www.lehikoinen.fi/liikkeet.php?cat=yritys>. 14.5.2015.
- Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. 2004. Teknologiaohjelmaraaportti 5/2004. Loppuraportti. Tekes. http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/puuenergian_teknologiaohjelma.pdf. 2.5.2015.
- Puupolttoaineiden laatuohje. 1998. Laatuluokitusryhmä. Suomen bioenergiayhdistys ry., VTT Energian Seos- ja monipolttoaineiden käsittelyteknikan teknologiaohjelma. Jyväskylä.
- Puupolttoaineiden laatuohje. 2014. http://energia.fi/sites/default/files/paivitetty_puunpolttoaineidenlaatuohje2014_lisays_0.pdf. 2.5.2015.
- Ranta, T. 2003. Varastointi. Teoksessa Knuutila, K. (toim.) Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän teknologiakeskus Oy. 75–78.
- Ritvanen, U. 2015. Ylitarkastaja. ELY-keskus. Puhelinhaastattelu 7.4.2015.
- Rope, T. 2005. Suuri markkinointikirja. Helsinki: Talentum.
- Sandström, M. 2014. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2013. Metsäteho. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2014_03a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2013_ms.pdf. 11.5.2015.
- Sauranen, T. 2003. Haketus- ja murskaustekniikat. Teoksessa Knuutila, K. (toim.) Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän teknologiakeskus Oy. 70–72.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2000. SFS 5875. Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2010a. SFS-EN 14961-1. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 1: Yleiset vaatimukset.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2010b. SFS-EN 14774-2. Kiinteät biopolttoaineet. Kosteuspitoisuuden määrittäminen. Uunikuivausmenetelmä. Osa 2: Kokonaiskosteus. Yksinkertaistettu menetelmä.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2010c. SFS-EN 14918:en. Solid biofuels. Determination of calorific value.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2011a. SFS-EN 15149-1. Kiinteät biopolttoaineet. Palakokojakauman määrittäminen. Osa 1: Täryseulamenetelmä (Oskilloiva) Käyttäen 1 mm ja sen yli meneviä seulan aukkoja.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2011b. SFS-EN 15359. Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Vaatimukset ja luokat.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2014. SFS-EN ISO 17225-1. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 1: Yleiset vaatimukset.
- Tilastokeskus. 2002. Yhdyskuntajätteet vuonna 2002. Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/jate/2002/jate_2002_2004-12-21_tau_001.html. 8.4.2015.

- Tilastokeskus. 2012. Liitekuvio 1. Energiankokonaiskulutus 2012. Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/ehk/2012/ehk_2012_2013-12-12_kuv_001_fi.html. 26.3.2015.
- Tilastokeskus. 2013a. Liitetaulukko 1. Yhdyskuntajätteet 2013, tonnia. Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/jate/2013/jate_2013_2014-11-27_tau_001_fi.html. 8.4.2015.
- Tilastokeskus. 2013b. Kaatopaikkajäte hupenee vauhdilla. Helsinki: Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/jate/2013/jate_2013_2014-11-27_tie_001_fi.html. 7.4.2015.
- Tilastokeskus. 2015a. Survey-tutkimus. http://www.stat.fi/meta/kas/survey_tutkimus.html. 14.5.2015.
- Tilastokeskus. 2015b. Kotimaisten polttoaineiden käyttäjähinnat lämmöntuotannossa. <http://pxweb2.stat.fi/Dialog/Saveshow.asp>. 1.4.2015.
- Torvelainen, J. 2014. Metsätilastotiedote. Energiapuun kauppa huhti-kesäkuu 2014. Vantaa: Metsätutkimuslaitos. http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2014/energiapuu2014_4-6.pdf.
- Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013.
- Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.
- Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013.
- Vesanto, P., Hiltunen M., Moilanen, A., Kaartinen, T., Laine-Ylijoki, J., Sipilä, K. & Wilén, C. 2007. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. Espoo: VTT. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2416.pdf>. 1.4.2015.
- Ympäristöministeriö. 2008. Kohti kierrätysyhteiskuntaa. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. Helsinki. Ympäristöministeriö. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38363/SY_32_2008.pdf?sequence=3. 3.3.2015.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014.
- Österroos, U. 2015. CBI-murskain. Riku.T.Mutanen@edu.karelia.fi. 14.4.2015.

Sähköpostina lähetetty saatekirje

Hei,

Otin teihin yhteyttä tiedustellen halukkuuttanne vastailta opinnäytetyöhöni liittyviin kysymyksiin. Opiskelen siis Karelia-ammattikorkeakoulussa ympäristötekniikan koulutusohjelmassa. Syksyllä alkaa opintojeni neljäs vuosi. Opinnäytetyöni aiheena on selvittää puu- ja kierrätyspolttoaineiden markkinoita Itä-Suomen alueella. Työn toimeksiantaja on Pielisen Karjalan Kehittämiskeskuksen, eli PIKES Oy:n sekä Karelia-ammattikorkeakoulun yhteinen hanke Pielisen Karjalan bioenergiaverkostot ja -virrat. Kyseisestä hankkeesta selvityksen on alunperin tilannut lieksalainen yritys nimeltä Lehikoinen Yhtiöt. Tekemäni selvitys julkaistaan hankkeen sivuilla sekä ammattikorkeakoulujen Theseus-julkaisuarkistossa.

Haastattelu on tämän sähköpostin liitteenä. Kysymykset liittyvät polttoaineen hankkimiseen ja sen laatuvaatimuksiin. Polttoaineista minua siis kiinnostavat kaikki puupolttoaineet sekä kierrätyspolttoaineet, joita te käytätte energiantuotannossa. Kysymykseen hinnasta toivoisin saavani jonkun suuntaa antavan luke-
man, sillä tarkkaa hintaa on varmasti hankala sanoa ilman tietoa itse polttoaineen laadusta. Erityisen hyödyllisiä tietoja minulle olisivat yrityksen määrittämät laatuvaatimukset kullekin polttoaineelle. Mikäli haastattelukysymyksissä on jotain epäselvää tai tarkennettavaa, voi minua tavoitella puhelimitse tai sähköpostilla.

Ystävällisin terveisin,

Riku Mutanen

Puh.

Haastattelu puu- ja kierrätyspolttoaineiden käytöstä

1. Minkälainen energiantuotantolaitos on kyseessä (teho ja polttotekniikka)?
2. Minkälaisiin kohteisiin yritys toimittaa lämpöä?
3. Mitä polttoaineita energiantuotantoon käytetään?
4. Minkälaisilta toimittajilta yritys tällä hetkellä hankkii polttoaineensa?
5. Millaisia laatuvaatimuksia yritys asettaa kullekin polttoaineelle (esim. palakoko, kosteus, laatuluokitus yms.)?
6. Maksaako yritys polttoaineesta sen tilavuuden vai siitä saatavan energiamäärän perusteella?
7. Minkälaista hintaa yritys maksaa kustakin polttoaineesta?
8. Miten paljon kutakin polttoainetta keskimäärin kuluu vuodessa?
9. Minkälaisia kausivaihteluita polttoaineen käytössä tapahtuu vuodenaikojen välillä?
10. Mitä polttoainetoimittajalta edellytetään, eli asettaako yritys jotain ehtoja tai vaatimuksia polttoaineen toimittajalle?

Tutkimukseen osallistuneet yritykset

Yritys	Laitosteho
Kiteen Lämpö Oy	6 MW, 5 MW
Vapo Oy (Pohjois-Karjalan alue)	2 MW; 2,5 MW; 2,5 MW, 3 MW
Savon Voima Oyj	20 MW, 26 MW, 30 MW, 15 MW
Kaavin Biolämpö Oy	2 MW
Rautavaaran Lämpöosuuskunta	2,5 MW
Vieremän Lämpö ja Vesi Oy	6,5 MW; 2,5 MW
Joroisten Energialaitos	3 MW
Kuhmon Lämpö Oy	18 MW, 12 MW, 10 MW
Vesi-Mega Oy	3 MW
Pankaboard	33 MW
Stora Enso (Varkaus)	120 MW, 160 MW, 68 MW
Outokummun Energia Oy	10 MW, 7 MW
Fortum Oy (Joensuun voimalaitos)	199 MW, 35 MW
Nurmeksen Lämpö Oy	10 MW, 4 MW, 4 MW
Kuopion Energia Oy	240 MW, 160 MW
Kulunnan Puutarha	700 MW; 1,5 MW
Tervon kunta	2 MW, 1,6 MW
Suur-Savon Sähkö Oy	81 MW
Etelä-Savon Energia Oy	100 MW, 100 MW, 20 MW
Kainuun Lämpöhuolto Oy	1,6 MW, 1 MW, 1 MW; 0,4 MW
Kainuun Voima Oy	240 MW
Savon sellu	94 MW