

KEHITTYVÄ METSÄENERGIA

Tutkimusta ja aluekehitystä

Toimittajat

Tapani Tasanen

Juha Viirimäki

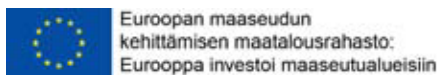
Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu 2010

KEHITTYVÄ METSÄENERGIA

Tutkimusta ja aluekehitystä

Toimittajat

Tapani Tasanen Juha Viirimäki



Tasanen, Tapani ja Viirimäki, Juha (toim.).
Kehittyvä metsäenergia. Tutkimusta ja aluekehitystä.
Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 110 sivua.

Kirjan jakelu: Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu,
maa- ja metsätalouden yksikkö, Tuomarniemi

© Tapani Tasanen, Juha Viirimäki ja muut kirjoittajat

Taitto: Fellows Lumia Oy
Kansien kuvat: pohjakuva Jussi Laurila, henkilökuvat Jussi Laurila,
Tanja Lepistö ja Leena Tasanen

ISBN 978-952-5863-07-9
Painopaikka Tammerprint Oy, Tampere 2010

SISÄLLYSLUETTELO

Alkusanat	4
Metsäenergian käyttö ja metsäenergiatase Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus- alueella	5
Tiina Sauvula-Seppälä	
Metsäenergian tuotantoon ja käyttöön liittyvistä ympäristövaikutuksista	32
Essi Ulander	
Ainespuuvirrat ja niihin kytkeytyvä puuperäinen energia Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella	56
Risto Lauhanen, Jussi Laurila	
Maaseudun energianeuvonta ja maatilojen energiahuolto	70
Juha Viirimäki	
Maatilan energiantuotanto, -hankinta, ja -käyttö	75
Tommi Valli	
Kuusen kantojen kosteus ja kuivuminen	79
Risto Lauhanen, Jussi Laurila	
Taustaa, tuloksia ja tulevaisuudennäkymiä	85
Tapani Tasanen	
Hankkeen kuvasatoa	105

ALKUSANAT

Metsäkeskus Etelä-Pohjanmaan ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun Kehittyvä metsäenergia -hankkeen tavoitteena on ollut tutkimuksen, kehittämisen ja neuvonnan keinoin edistää ja vahvistaa kotimaisen puuenergian käyttöä Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella. Vuosina 2007–2010 toiminutta ylimaakunnallista Manner-Suomen maaseutuohjelman hanketta ovat rahoittaneet EU, Suomen valtio, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan ELY -keskukset sekä tarkastelualueen kunnat ja yritykset.

Hankkeen tutkimusosio toteutettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulussa Ähtärin Tuomarniemellä. Hankkeen tuottamia tutkimustuloksia on esitelty niin kansainvälisissä tieteellisissä julkaisuissa ja konferensseissa kuin alan ammattilehdissä ja oppaisissa. Ennakkotarkastusmenettelyn läpäisseet tutkimukset osoittavat aluetason tulosten luotettavuutta ja korkeaa tasoa niin tutkimuksen kuin käytännön näkökulmasta.

Hankkeen energianeuvojat toimivat Seinäjoella, Lapualla ja Kälviällä metsäkeskuksen toimipaikoissa. Neuvojat välittivät tutkimustietoa alan toimijoille Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla sekä Pohjanmaan maakunnan Kyrönmaan seutukunnassa. Hanke on järjestänyt metsäenergian teemapäiviä ja seminaareja. Hanke julkaisi mm. Laatuhakkeen tuotanto-oppaan sekä poikkitieteellisen Viljankuivausoppaan Ilmajoen maatalousosaajien kanssa. Keväällä 2010 hanke järjesti yli 1 000 vierailijalle metsäenergian korjuupäivän Ähtärissä.

Käsissäsi on joulukuussa 2010 ilmestynyt Kehittyvä metsäenergia -hankkeen loppuraportti, jossa esitellään viimeisimmät metsäkeskusaluetta koskevat tulokset puuperäisen energian käytöstä, raakapuu- ja metsäteollisuuden sivutuotevirroista, metsäenergian tuotannon ja käytön ympäristövaikutuksista, maatalon energiavaihtoehtoista sekä kantopuun kosteuskäyttäytymisestä. Lisäksi raportissa esitellään alan tulevaisuuden näkymiä.

Kiitämme hankkeen rahoittajia sekä kaikkia hankkeen toteutukseen osallistuneita.

Seinäjoella marraskuussa 2010

Jorma Vierula Antti Pasila Tapani Tasanen

Risto Lauhanen Juha Viirimäki

METSÄENERGIAN KÄYTTÖ JA METSÄENERGIATASE ETELÄ-POHJANMAAN METSÄKESKUSALUEELLA

Tiina Sauvula-Seppälä

TIIVISTELMÄ: Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella lämpö- ja voimalaitokset sekä maatilat käyttivät metsäenergiaa 620 GWh/v (0,31 milj. m³/v). Muiden kotitalouksien kuin maatilojen asuinrakennusten energian käyttö ei ole mukana luvussa. Metsäenergiaa viedään metsäkeskusalueen ulkopuolelle, pääasiassa Pietarsaareen ja Kokkolaan, noin 183 GWh vuodessa (0,09 milj. m³/v). Seuraavan viiden vuoden aikana useissa metsäkeskusalueen lämpölaitoksissa aiotaan lisätä energian tuotantoa. Arvion mukaan vuonna 2015 metsähaketta käytetään 641 GWh/v (0,321 milj. m³) ja metsähaketta viedään alueen ulkopuolelle 317 GWh/v (0,16 milj. m³). Metsäenergian käyttöä metsäkeskusalueella voidaan vielä lisätä, mutta on erittäin vaikea arvioida kuinka paljon. Esimerkiksi tämän hetkisten metsäenergiapotentiali laskelmien mukaan metsäkeskusalueen metsäenergiavarat eivät riitä korvaamaan kokonaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella energiantuotannossa käytettävää turvetta. Metsähakkeen riittävyden turvaamiseksi tämän päivän metsänhoitotoimenpiteissä tulisi aktiivisesti edistää toimia, jotka takaavat metsähakkeen riittävyden tulevaisuudessa.

1 JOHDANTO

Euroopan unionin ilmasto- ja energiastrategian mukaan vuoteen 2020 mennessä unionin energiankulutuksesta 20 prosenttia tulee perustua uusiutuviin energianlähteisiin. Lisäksi 10 prosenttia liikenteen polttoaineista tulee korvata biopolttoaineilla (Directive 2009/28/EC 2009). Ilmasto- ja energiastrategian tavoitteiden taustalla on useita pyrkimyksiä, kuten energiaomavaraisuuden parantaminen ja ilmastonmuutoksen hidastaminen korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla energianlähteillä. Suomen odotetaan lisäävän uusiutuvan energian osuutta 28,5 %:sta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä (Directive 2009/28/EC 2009). Veloitteiden täyttäminen edellyttää puuperäisen energian, jättepolttoaineiden, lämpöpumppujen, biokaasun ja tuulienergian voimakasta lisäämistä (Pitkän aikavälin... 2008). Puuperäiset polttoaineet ovat Suomessa merkittävin uusiutuvan energian lähde. Niillä tuotettiin vuonna 2009 lähes 80 % uusiutuvasta energiasta (Tilastokeskus 2010). Puuperäiset polttoaineet jaetaan nestemäisiin, kiinteisiin ja muihin puupolttoaineisiin. Nestemäiset polttoaineet ovat metsäteollisuuden jäteliemiä. Kiinteitä puupolttoaineita ovat pientalojen käyttämä polttopuu sekä lämpö- ja voimalaitosten puupolttoaineet. Energiantuotannossa käytetään myös pieniä määriä muita metsäteollisuuden sivu- ja jätetuotteita. (Ylitalo 2010)

Hallituksen esittämässä pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiassa (2008) todetaan metsäteollisuuden prosessien sivutuotteiden olevan täysimääräisesti hyödynnettyjä. Sen sijaan metsäenergiavaroja ei ole hyödynnetty täysimääräisesti. Suomen metsähakkeen vuotuiset teknis-taloudelliset korjuupotentiaaliarviot vaihtelevat 12–15 milj. m³ välillä (Maidell ym. 2008, Hakkila 2004). Vuonna 2009 metsähakkeen käytettiin voima- ja lämpölaitoksissa sekä kotitalouksissa yhteensä

6,1 milj. m³ (Ylitalo 2010). Pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiassa (2008) esitetään, että metsähakkeen vuotuinen käyttö tulisi olla 12,5 milj. m³ vuoteen 2020 mennessä.

Maidellin ym. (2008) mukaan suurimmat metsäenergiapotentiaalit ovat Itä- ja Keski-Suomessa. Verrattaessa metsäenergian nykykäyttöä teknis-taloudelliseen korjuupotentiaaliin, voidaan suurimmassa osassa Suomea metsäenergian käyttöä vielä lisätä. Ainoastaan Pohjanmaan maakunnassa metsäenergian käyttö on 95 prosenttia teknis-taloudellisesta potentiaalista. Vastaavasti Pohjois-Savossa käyttö on kahdeksan prosenttia teknis-taloudellisesta potentiaalista (Maidell ym. 2008). Vuonna 2008 noin viisi prosenttia koko maassa käytettävästä metsähakkeesta käytettiin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella. Metsähaketta käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 0,18 milj. m³ ja kotitalouksissa 0,11 milj. m³. Arviolta yli puolet alueella käytetystä metsähakkeesta tulee harvennuskohteilta. (Ylitalo 2010)

Metsähakkeen käyttötavoitteiden seurauksena hankintaa joudutaan ulottamaan entistä laajemmalle maantieteelliselle alueelle, jolloin kaukokuljetusmatkat kasvavat ja korjuukustannukset nousevat (Laitila ym. 2004). Metsähakkeen alhaisen tiheyden vuoksi pitkät kuljetusmatkat nostavat metsähakkeen käyttöpaikkakustannuksia nopeasti, jolloin metsäenergiajakeiden kilpailukyky verrattuna muihin laitos-polttoaineisiin kuten turpeeseen heikkenee (Ihalainen 2010). Etenkin irtonaisen latvusmassan ja kantomurskeen kaukokuljetusmatkan kasvaminen heikentää niiden käyttökannattavuutta merkittävästi (Ihalainen 2010). Metsähakkeen käytön kokonaiskustannuksia voidaan alentaa esimerkiksi voimalaitosten ja biopoltto-aineterminaalien huolellisella sijoittelulla. Kokonaiskustannuksia voidaan myös alentaa tiivistämällä alhaisen tiheyden omaavia biomassoja (Ihalainen 2010).

Suomen olosuhteissa metsäbiomassalla on parhaat edellytykset kasvattaa uusiutuvan energian osuutta kokonaisenergiantuotannossa (Laurila ym. 2010). Tämän työn tavoitteena on selvittää kuinka paljon metsähaketta käytetään Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella sekä arvioida kuinka paljon energiantuotannossa käytettävästä turpeesta olisi teoreettisesti mahdollista korvata metsähakkeella. Arviossa ei ole huomioitu voimalaitosten teknisiä eikä taloudellisia rajoitteita. Lisäksi työssä on tarkasteltu metsäenergiaterminaalien sijoituspaikkoja. Tämä selvitystyö kohdistettiin metsähaketta käyttäviin laitoksiin, muiden kiinteiden polttoaineiden käyttömääriä voidaan pitää tässä selvityksessä puutteellisina. Selvityksessä ei ole huomioitu fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 KPA-laitosten yhteystietojen hankinta

Kiinteää polttoainetta (KPA) käyttävien lämpölaitosten lukumäärästä ja niiden polttoaineen kulutuksesta ei ole olemassa tilastoja. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin eri lähteitä apuna käyttäen kaikki mahdolliset alueella toimivat teholtaan vähintään 300 kW:n KPA lämpölaitokset. Kaukolämpölaitosten yhteystiedot saatiin kuntien ja kaupunkien kotisivuilta. Muiden lämpölaitosten yhteystiedot saatiin alueen bioenergianeuvojilta, laitevalmistajien referenssilistoilta, ympäristökeskusten ympäristölupapäätöksistä (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2010) ja energiamarkkinaviraston päästölupahakemuksista (Energiamarkkinavirasto 2010). Mekaanisesti puuta jalostavien yritysten yhteystiedot saatiin Etelä-Pohjanmaan

metsäkeskuksen yritysneuvojalta (Valkama 2009) ja seutukuntien yrityshakemistoista (Kaustisen seutukunnan... 2010). Lämpöyrittäjien yhteystiedot ja heidän hoitamiensa lämpölaitosten perustiedot, kuten pääpolttoaine ja laitoksen teho saatiin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen ylläpitämästä lämpöyrittäjärekisteristä (Energia rekisteri 2008). Tämän työn heikkoutena on, ettei selvityksessä ole mukana kaikkia alueen KPA kattiloita, erityisesti tehoiltaan pienimpiä kattiloita puuttuu tarkastelusta.

2.2 Kiinteää polttoainetta käyttävien lämpölaitosten tiedot

Kaikille tiedossa oleville teholtaan vähintään 300 kW KPA-laitoksille lähetettiin polttoaineen käyttöä koskeva postikysely marraskuussa 2009. Kyselyitä lähetettiin yhteensä 58 kappaletta ja vastauksia saatiin 33 kappaletta. Kyselyssä pyydettiin tietoja lämmön ja sähkön myyntimääristä vuonna 2007 ja 2008 sekä energiantuotannossa käytetyistä polttoaineista. Lisäksi pyydettiin tietoja tulevista investoinneista sekä arviota viiden vuoden kuluttua myytävän energian ja sen tuottamiseen käytettävien polttoaineiden määristä.

Selvitykseen hyväksyttiin kaikki palautetut kyselylomakkeet, vaikka kysely oli täytetty vain osittain. Vastaajista yhdeksän oli täyttänyt lämmön ja sähkön myyntitiedot vain vuoden 2008 osalta. Loput vastaajista eli 24 olivat täyttäneet tiedot vuosien 2007 ja 2008 osalta. Kaikki vastaajat olivat vastanneet tulevaisuutta koskeviin kysymyksiin. Eri lähteitä apuna käyttäen etsittiin tietoja niille lämpölaitoksille, jotka eivät vastanneet kyselyyn. Tietoja etsittiin ympäristölupapäätöksistä (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2010), päästölupahakemuksista (Energiamarkkinavirasto 2010), kuntaliiton ylläpitämästä pienten lämpölaitosten tietokannoista (Kuntaliitto 2010) sekä muista lähteistä kuten lehtijutuista.

Lämpöyrittäjien toiminnan kannattavuutta (Sauvula-Seppälä 2009) selvittäneen tutkimuksen tietoja myydyn lämmön määrästä ja käytetyistä polttoaineista hyödynnettiin myös tässä selvityksessä. Tutkimuksen aineisto kerättiin postikyselyllä tammikuussa vuonna 2009. Postikysely lähetettiin kaikille alueella (N=53) toimivalle lämpöyrittäjälle. Kyselyyn vastasi 22 lämpöyrittäjää, jotka huolehtivat yhteensä 31 lämpölaitoksesta. Tässä selvityksessä huomioitiin kaikki lämpöyrittäjien hoitamat lämpölaitokset.

Kaikkiaan 228 mekaanisesti puuta jalostavalle yrittäjälle Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella lähetettiin postikysely ja vastauksia saatiin 46 yrityksestä. Kyselylomakkeessa pyydettiin tietoja yrityksen omasta energiantuotannosta ja käytettävien polttoaineiden määristä. Kaikkien kyselyyn vastanneiden yritykset tiedot huomioitiin tässä selvityksestä.

Tammikuussa 2010 lähetettiin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen maanviljelijöille postikysely, jonka tavoitteena oli selvittää viljelijöiden metsäenergian käyttöä. Tutkimuksen perusjoukon muodostivat iältään 18–64 vuotta viljelijät. Kaikille (N=142) siipikarjataloutta ja puutarhakasvien viljelyä kasvihuoneissa harjoittaville viljelijöille lähetettiin kysely. Lisäksi tuhat kyselyä lähetettiin viljelijöille suhteutettuna viljelijöiden määrään seuraavissa tuotantosuosunnissa; lypsykarja, muu nautakarjatalous, sikatalous, viljanviljely, erikoiskasvituotanto tai muu kasvituotanto. Kyselyn vastausprosentti oli 29 % (Tolppanen 2010).

2.3 Lämmönmyyntimäärän estimointi

Tieto lämmön myyntimäärästä puuttui 46 lämpölaitoksesta, joiden teho oli alle 0,7 MW. Puuttuvat lämmönmyyntimäärät laskettiin hyödyntäen tiedossa olevien 64 lämpölaitoksen tietoja lämmönmyyntimäärästä ja lämpölaitosten tehoista (kaava 1). Tietojen perustella laskettiin malli kuvaamaan eri kokoluokan lämpölaitosten lämmönmyyntimääriä. Mallissa käytetyt lämpölaitokset olivat teholtaan 0,08-0,75 MW ja niiden lämmönmyyntimäärät olivat 36-2 500 MWh. Käytetyn mallin selityssaste (R²) on 83 %.

$$Y = 103 + 222x + 2902x^2 \quad (\text{Kaava 1})$$

Y = Myyty lämpöenergia, MWh

x = Lämpölaitoksen teho, MW

2.4 Energian tuotannossa käytettyjen raaka-aineiden määrän estimointi

Suurimmasta osasta lämpölaitoksista oli olemassa vain tieto myydyn energian määrästä. Myydyn energian määrä ei kuvaa kuinka paljon lämpölaitoksessa on käytetty raaka-aineita energiantuotantoon. Ainoastaan alueen suurimpien voimalaitosten raaka-aineiden kulutuksesta oli käytössä tarkat tiedot. Koska laitosten raaka-aineen käyttömäärästä ole tarkkoja tietoja vaan käyttömäärät on pääasiassa johdettu myydyn energiamäärän avulla heikentää se tämän työn luetettavuutta. Energiateollisuus ry:n vuoden 2007 kaukolämpötilaston avulla laskettiin kuinka paljon keskimäärin myytyä energiayksikköä kohden tuotettiin energiaa. Laskelmassa käytettiin 52 kaukolämpölaitoksen tietoja, joiden teho vaihteli 1,4-12,0 MW:n välillä (Energiateollisuus ry 2007). Tilaston perusteella myyty energia oli 85 prosenttia tuotetusta energiasta.

2.5 Maanviljelijöiden metsäenergiankäytön estimointi

Maanviljelijöiden metsäenergian käyttömäärät eivät olleet normaalisti jakautuneita ($p < 0,05$), joten metsäenergian keskimääräinen käyttö eri tuotantosuunnille laskettiin mediaanin avulla (kaava 2). Vain yksi puutarhakasvien viljelyä kasvihuoneissa harjoittava maanviljelijä vastasi kyselyyn, joten tässä selvityksessä ei huomioitu tämän tuotantosuunnan metsäenergian käyttöä.

$$MKT_i = Md_i \times VMT_i \quad (\text{Kaava 2})$$

MKT_i = Metsäenergian käyttömäärä tuotantosuunnassa i, m³

Md_i = Mediaani tuotantosuunnassa i

VMT_i = Viljelijöiden määrä tuotantosuunnassa i

2.6 Metsäenergian viennin estimointi

Tässä selvityksessä on oletettu, että alueelta viedään metsähaketta Kokkolaan ja Pietarsaareen. Kokkolassa metsäenergian käyttö on noin 100 GWh/v (Ahokangas 2010). Laskelmassa on oletettu, että Kokkolaan tuodaan metsähaketta tasaisesti

kolmen metsäkeskuksen alueelta (Pohjois-Pohjanmaa, Rannikko ja Etelä-Pohjanmaa). Pietarsaaren voimalaitoksessa metsäenergian käyttö on noin 300 GWh/v (Alholmens Kraft Ab 2010) Laskelmassa on oletettu, että Pietarsaaren voimalaitokselle puolet metsähakkeesta tuodaan Rannikon metsäkeskuksen alueelta ja puolet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueelta.

Metsäenergian käyttö tulee lisääntymään voimakkaasti Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen lähialueilla. Vaasan kivihiihivoimalaitoksessa siirrytään vuonna 2012 korvaamaan osittain kivihiiltä turpeella ja puulla. Oravan (2009) arvion mukaan Vaasassa voidaan käyttää puupolttoaineita 0,2 milj. m³ vuodessa. Tässä selvityksessä on oletettu, että Vaasan voimalaitokselle tuodaan tulevaisuudessa puolet metsähakkeesta Rannikon metsäkeskuksen alueelta ja puolet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueelta.

2.7 Metsäenergiataseen estimointi ja metsäenergian käytön lisäysmahdollisuuksien arviointi

Metsäenergiatase laskettiin metsäkeskusalueelle ja alueen kunnille sekä samalla arvioitiinkuin kapalon energiantuotannossa käytettävistä turpeesta olosuhteista teoreettisesti mahdollista korvata metsähakkeella. Metsäenergiatase ja metsäenergian käytön lisäämismahdollisuudet metsäkeskusalueella laskettiin nykyhetkelle ja vuodelle 2015. Kuntakohtaisessa metsäenergiatase laskelmassa verrattiin metsäenergian nykykäyttöä Laurilan ym. (2010) laskemaan metsäenergiapotentiaaliin. Metsäkeskusalueen metsäenergiatase laskettiin vertaamalla metsäenergian nykykäyttöä kolmeen erilaiseen teknis-taloudelliseen metsäenergiapotentiaaliarvioon. Metsäenergiapotentiaali arvioiden erot johtuvat siitä, ettei ole olemassa vakiintuneita menetelmiä metsäenergiapotentiaalilaskentaan, vaan tekijät voivat käyttää laskelmissa erilaisia rajoitteita (Hakkila 2004).

Metsäenergiataseen laskennassa käytettiin Laurilan ym. (2010), Maidellin ym. (2008) ja Kärhän ym. (2009) metsäenergiapotentiaalien arvioita. Laurilan ym. (2010) arviossa on oletettu, että teknis-taloudellinen potentiaali on 50 % teoreettisesta potentiaalista. Maidellin ym. (2008) arviossa on huomioitu metsänomistajien energiapuunmyyntihalukkuus, jolloin teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali on 29 % teoreettisesta metsäenergiapotentiaalista. Kärhän ym. (2009) teknis-taloudellisen metsäenergiapotentiaali arvio on edellisiä laskelmia moniulotteisempi. Kärhän ym. (2009) laskelma arvio on vuodelle 2020. Arviossa on huomioitu metsäteollisuuden rakennemuutoksen vaikutukset, Energiapuun korjuu -oppaan suositukset, metsänomistajien energiapuun myyntihalukkuus sekä metsähake-erien tuotantokustannukset, joita on verrattu energialaitosten maksukykyyn. Lisäksi arviossa on huomioitu, että metsähakkeen talteen saanto on alle sata prosenttia ja pieni osa kuitupuusta ohjautuu polttoon.

2.8 Metsäenergiaterminaalit

Nykyistä metsäenergian hankintaprosessia ei voida tarkastella ottamatta huomioon metsäteollisuuden ainespuun hankintatapahtumaa, koska ne liittyvät keskeisesti toisiinsa (Ryymin ym. 2008). Tässä työssä verrataan merkittävimpien metsähakkeen

käyttäjien sijaintia ja suurimpia kuntakohtaisia metsäenergiataseita sekä logistisia mahdollisuuksia Uusitalon (2009) esittämiin puutavaran välivarastopaikkoihin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella. Uusitalon (2009) työssä ei ole esitetty puutavaran varastopaikkoja Keski-Pohjanmaan alueelle. Tässä työssä on oletettu, että metsähakkeen kaukokuljetus maanteitse tulisi olla alle sata kilometriä.

3. TULOKSET

3.1 KPA-laitokset ja energiantuotannossa käytetyt polttoaineet

Tässä selvityksessä oli mukana 151 KPA -lämpökeskusta, joiden yhteisteho oli 639 MW. Kattiloiden teho vaihteli 0,08–325 MW ja keskiteho oli 4,3 MW (liite 1). Seinäjoella sijaitsi yli puolet (382 MW) koko metsäkeskusalueen kiinteän polttoaineen kattilatehosta (taulukko 1). Kiinteän polttoaineen kattiloissa käytettiin raaka-ainetta 3 395 GWh vuodessa. Tällä energiamäärällä tuotettiin myyntiin tai omaan käyttöön energiaa yhteensä 2 206 GWh vuodessa. Energiasta tuotettiin turpeella 75 % (2 557 GWh; liite 2), metsähakkeella 13 % (431 GWh; liite 3) ja puunjalostusteollisuuden sivutuotteilla 10 % (353 GWh). Lisäksi ruokohelvellä ja muulla peltobiomassalla tuotettiin 1,4 prosenttia (47 GWh) sekä pelletillä ja briketillä 0,2 prosenttia (8 GWh) energiasta.



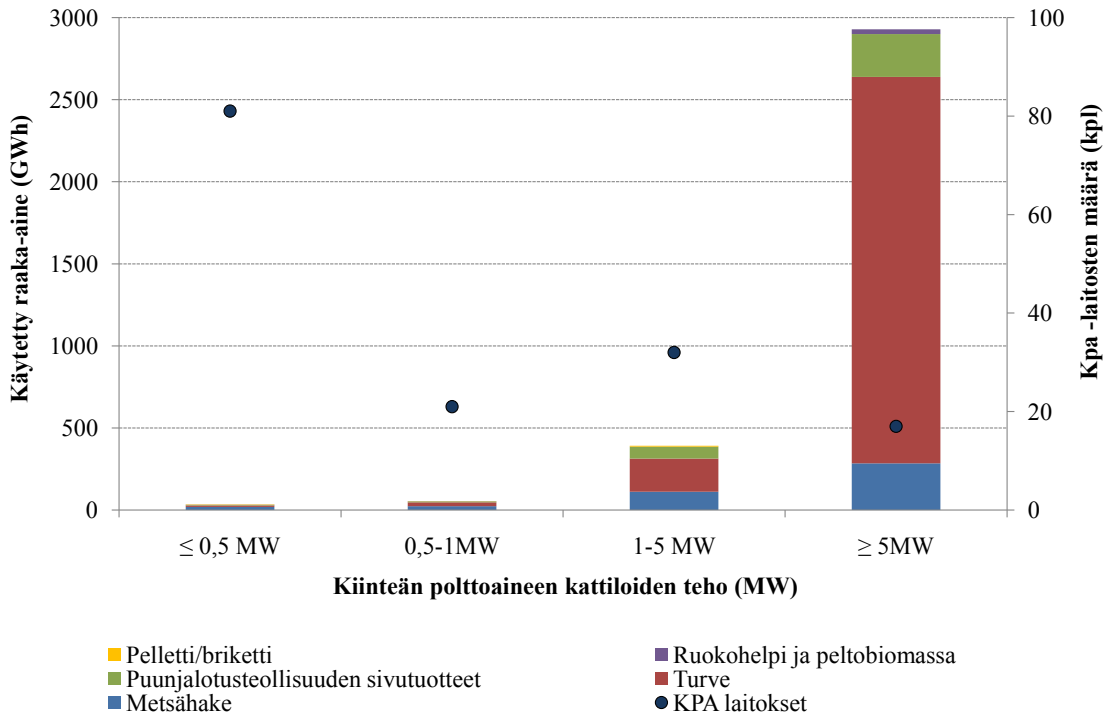
Hakekuormaa puretaan Ähtärin energiaosuuskunnan Tuomarniemen lämpölaitoksella. Kauempana vasemmalla näkyvä rakennus on osuuskunnan terminaalivarasto, josta viedään haketta mm. läheiselle Ähtärin asevarikolle. (Kuva: Jussi Laurila)

Taulukko 1. Taulukossa on esitetty kiinteän polttoaineen kattiloiden yhteisteho (MW) sekä niissä tuotetun energian ja energiantuotantoon käytettyjen kiinteiden polttoaineiden määrät (GWh) vuodessa.

* Kokkola mukana ainoastaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen osalta (Kälviä, Lohtaja ja Ullava)

Kunta	KPA-laitosten yhteisteho, MW	Myyty energia/vuosi, GWh/v	Energiantuotannossa käytettyjen raaka-aineiden energiasäilytys/vuosi, GWh/v
Alajärvi	27,78	64,53	73,06
Alavus	4,32	27,78	31,93
Evijärvi	2,15	4,32	4,97
Halsua	0,70	1,91	2,20
Ilmajoki	25,90	185,92	213,81
Isojoki	18,28	36,86	42,39
Isokyrö	0,92	1,64	1,88
Jalasjärvi	9,50	35,69	41,04
Kannus	14,32	38,92	44,76
Karjajoki	1,59	3,58	4,11
Kauhajoki	19,35	44,16	50,79
Kauhava	23,37	84,61	97,30
Kaustinen	6,08	17,69	20,35
Kokkola*	4,83	9,97	11,50
Kuortane	3,45	10,77	12,38
Kurikka	16,65	54,37	62,52
Laihia	4,42	16,60	19,09
Lappajärvi	2,78	7,25	8,34
Lapua	30,52	65,73	89,82
Lestijärvi	1,30	2,80	3,22
Perho	1,63	5,87	6,76
Seinäjoki	381,89	1339,70	2381,13
Soini	15,78	43,76	54,45
Teuva	7,13	26,59	30,58
Toholampi	3,10	12,81	14,73
Töysä	9,20	25,98	29,88
Veteli	1,50	2,14	2,46
Vimpeli	0,10	0,15	0,18
Ähtäri	13,27	35,19	40,47
Yhteensä	639 MW	2 206 GWh	3 395 GWh

Teholtaan yli 5 MW:n kattiloita oli 17 kappaletta ja ne tuottivat kokonaisenergiasta 86 prosenttia. Pienimmän teholuokan ($\leq 0,5$ MW) kattiloita oli 81 kappaletta, mutta ne tuottivat energiasta vain yhden prosentin (kuva 1). Alle 1 MW:n kattiloissa pääpolttoaineena oli metsähake, jolla tuotettiin yli puolet energiasta. Kattilan tehon kasvaessa turpeen merkitys polttoaineena kasvoi. Yli 1 MW:n laitoksissa turpeella tuotettiin yli puolet energiasta ja suurimman kokoluokan laitoksissa jopa 80 prosenttia energiasta. Pelletin ja briketin osuus energiantuotannossa väheni kattilan tehon kasvaessa. Vastaavasti ruokohelven ja peltobiomassan osuus energiantuotannossa lisääntyi kattilan teho kasvaessa.



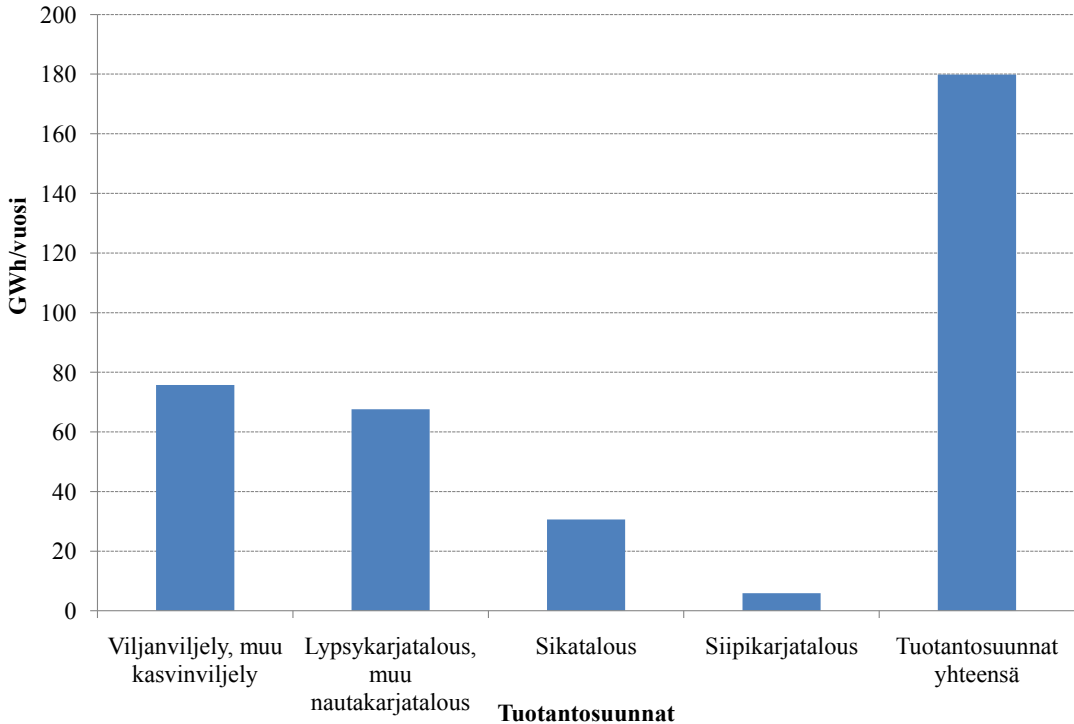
Kuva 1. Pylväinä on esitetty käytettyjen raaka-aine määrät (GWh) ja pisteinä lämpölaiteiden lukumäärä eri kokoluokan lämpölaiteissa.

Taulukko 2. Kiinteän polttoaineen kattiloissa energiantuotantoon käytettyjen raaka-aineiden määrät (MWh) ja niiden suhteelliset osuudet energiantuotannossa (%).

Paikkakunta	Metsäenergia		Turve		Puunjalostusteollisuuden sivutuotteet		Ruokohelpi ja peltobiomassa		Pelletti/briketti	
	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%	MWh	%
Alajärvi	7 912	11	20 577	28	44 527	61			44	
Alavus	4 962	16	26 767	84	197	1				
Evijärvi	2 659	54	1 776	36	5535	11				
Halsua	1 866	85	329	15						
Ilmajoki	2 299	1	177 485	83	17 011	8	17 011	8		
Isojoki	10 697	25	2 895	7	28 262	67	552	1		
Isokyrö	1 414	75	472	25						
Jalasjärvi	1 453	4	34 701	85	4 888	12				
Kannus	13 367	30	9 761	22	21 628	48				
Karjajoki	3 520	86	588	14	7					
Kauhajoki	1 352	3	47 985	94	116				1 392	3
Kauhava	41 377	43	37 519	39	18 404	19				
Kaustinen	5 226	26	14 661	72	479	2				
Kuortane	4 677	38	6 342	51			65	1	1 300	11
Kurikka	4 643	7	44 003	70	12 634	20			1 242	2
Kokkola	11 446	100								
Laihia	8 053	42	9 200	48	1 840	10				
Lappajärvi	3 267	39	5 076	61						
Lapua	24 963	28	60 035	67	3 994	4	595	1	242	
Lestijärvi	3 220	100								
Perho	6 059	90	696	10						
Seinäjoki	248 319	10	1 976 248	83	127 899	5	28 643	1	25	
Soini	1 634	3	11 664	22	40 150	75				
Teuva	10 149	33	12 781	42	4 556	73	15		3 020	10
Toholampi	1 473	10	12 781	88	297	2				
Töysä	140	0	4 781	16	24 955	84				
Veteli	574	23	1 134	46					754	31
Vimpeli	177	100								
Ähtäri	3 740	9	36 306	90	420	1				
Yhteensä	430 617		2 556 743		352 777		46 939		7 951	

3.2 Viljelijöiden metsäenergian käyttö

Viljelijöiden metsäenergian käyttöä koskevan tutkimuksen mukaan energiapuu- ta käytettiin sikataloudessa 72 MWh/v, lypsy- ja muussa nautakarjataloudessa 40 MWh/v, siipikarjataloudessa 52 MWh/v sekä viljanviljelyssä ja muussa kasvinviljelyssä 16 MWh/v (Tolppanen 2010). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella viljelijöiden metsäenergian käyttö on yhteensä noin 180 000 MWh (90 000 m³) vuodessa (kuva 2).



Kuva 2. Viljelijöiden metsäenergian käyttö tuotantosuunnittain Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella (Tolppanen 2010).

3.3 Metsäenergiatase ja metsäenergian käytön lisäysmahdollisuudet

3.3.1 Metsäenergiatase alueen kunnissa

Kuntakohtaiset metsäenergiataseet suhteutettuna kunnan maapinta-alaan (Maanmittauslaitos 2010) on esitetty taulukossa 3. Ainoastaan Seinäjoen vuotuinen metsäenergiatase on negatiivinen. Kaikkien muiden kuntien metsäenergiatase on positiivinen. Korkein metsäenergiatase on Laihialla noin 109 MWh/km² (55 m³/km²).

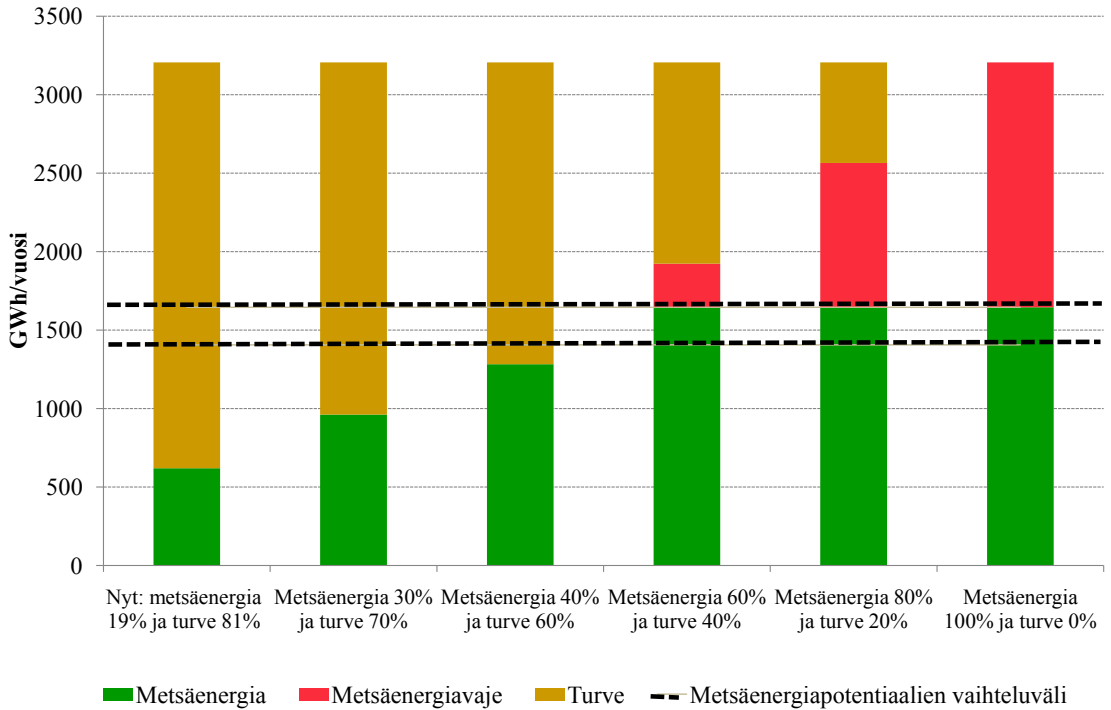
Taulukko 3. Taulukossa on esitetty metsäenergiatase kunnan maapinta-alaa kohden sekä metsäenergiatase, jos energiantuotannossa käytetty turve korvataan osittain tai kokonaan metsähakkeella.

Kunta	Metsä- energian käyttö (MWh)	Metsäenergia- tase (MWh/km ²)	Turpeen käyttö (MWh)	Metsäenergiatase jos energiantuotannossa käytetystä turpeesta korvataan...			
				... 25 % metsä- energialla (MWh)	... 50 % metsä- energialla (MWh)	... 75 % metsä- energialla (MWh)	... kaikki metsä- energialla (MWh)
Alajärvi	7 912	67,5	20 577	61,8	56,5	51,2	45,9
Alavus	4 962	50,6	26 767	32,6	25,6	18,7	11,8
Evijärvi	2 659	91,3	1 776	31,5	31,0	30,6	30,1
Halsua	1 866	58,5	329	23,8	23,7	23,6	23,5
Ilmajoki	2 299	87,9	177 485	4,3	- 41,6	-87,5	-133,4
Isojoki	10 679	87,7	2 895	54,6	53,9	53,1	52,4
Isokyrö	1 414	86,3	472	30,1	30,0	29,9	29,8
Jalasjärvi	1 453	64,2	34 701	43,1	34,1	25,1	16,1
Kannus	13 367	69,7	9 761	29,3	26,7	24,2	21,7
Karjajoki	3 520	99,5	588	18,0	17,9	17,7	17,6
Kauhajoki	1 352	79,0	47 985	89,3	76,9	64,5	52,1
Kauhava	41 377	40,8	37 519	41,7	32,0	22,3	12,6
Kaustinen	5 226	78,5	14 661	23,5	19,7	15,9	12,1
Kokkola	11 446	67,6	0	67,6	67,6	67,6	67,6
Kuortane	4 677	63,5	6 342	27,2	25,6	23,9	22,3
Kurikka	4 643	97,6	44 003	76,0	64,6	53,3	41,9
Laihia	8 053	109,0	9 200	51,7	49,4	47	44,6
Lappajärvi	3 267	84,9	5 076	34,0	32,7	31,3	30,0
Lestijärvi	3 220		0				
Lapua	24 963	46,2	60 035	18,7	3,8	- 11,1	-26,0
Perho	6 059	58,7	696	43,1	42,9	42,8	42,6
Seinäjoki	248 319	-107,8	1 976 248	- 646,5	- 1 137,9	-1 629,4	-2 120,8
Soini	1 634	85,8	11 664	43,9	40,9	37,8	34,8
Teuva	10 149	91,7	12 781	46,7	43,4	40,1	36,8
Toholampi	1 473	74,8	12 963	41,7	38,4	35,0	31,7
Töysä	140	73,4	4 781	20,4	19,2	18,0	16,7
Veteli	574	88,5	1 134	43,7	43,4	43,1	42,8
Vimpeli	177	86,4	0	86,4	86,4	86,4	86,4
Vähäkylä	0	93,5	0	93,5	93,5	93,5	93,5
Ähtäri	3 740	93,5	36 306	65,1	55,7	46,3	36,9

3.3.2 Metsäenergian käyttö ja käytön lisäysmahdollisuudet metsäkeskusalueella

Ilmastotavoitteiden kiristyminen voi vähentää turpeen käyttöä sähkön ja lämmön tuotannossa, samaan aikaan puun ja muun uusituvan polttoaineen käyttö energiantuotannossa todennäköisesti lisääntyy (Pitkän aikavälin ilmasto-...2008). Metsäenergian käyttö lämpö ja voimalaitoksissa sekä maataloudessa oli vuosina 2007 ja 2008 keskimäärin 610 GWh vuodessa (0,31 milj. m³/v). Turpeen käyttö oli vastaavasti 2 586 GWh vuodessa (kuva 3). Tarkasteltaessa vain turpeella ja metsähakkeella tuotetun energian suhdetta toisiinsa, tuotettiin energiasta metsähakkeella 19 prosenttia ja turpeella 81 prosenttia.

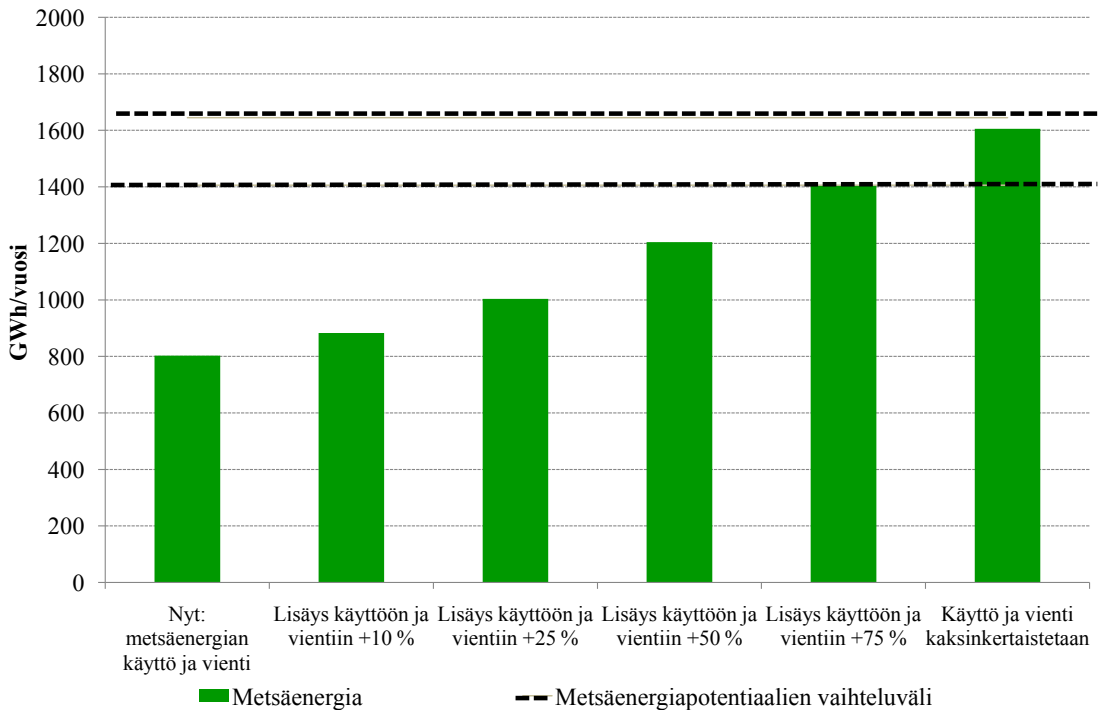
Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali on Laurilan ym. (2010) mukaan 1 612 GWh vuodessa (0,81 milj. m³/v). Metsäenergian käyttöä on mahdollista lisätä 1 035 GWh vuodessa (0,52 milj. m³/v), kun verrataan metsäenergian nykyistä käyttöä Laurilan ym. (2010) laskemaan potentiaaliin. Tämän suuruisella metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata 40 prosenttia alueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta. Maidellin ym. (2008) arvion mukaan teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali on Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella 1 406 GWh vuodessa (0,7 milj. m³/v). Tämän potentiaalilaskelman mukaan metsäenergian käyttöä olisi mahdollista lisätä 796 GWh vuodessa (0,40 milj. m³/v). Tämän suuruisella metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata 31 prosenttia alueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta.



Kuva 3. Kuvassa on esitetty Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen energiantuotannossa käytettävän metsäenergian ja turpeen käyttömäärät (vasemman puoleinen pylväs) sekä erilaisia teoreettisia vaihtoehtoja metsähakkeen ja turpeen käyttömäärästä. Lisäksi kuvassa on esitetty metsäenergiapotentiali arvioiden vaihteluväli. Metsäenergiapotentialin ylittävästä metsäenergian osuudesta syntyy metsäenergian vaje (punainen), joka joudutaan korvaamaan metsäkeskusalueen ulkopuolelta tuotavalla metsäenergialla.

3.3.3 Metsäenergian käyttö, vienti ja käytön lisäysmahdollisuudet

Metsäenergiaa viedään Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen ulkopuolelle, pääasiassa Pietarsaaren ja Kokkolaan, noin 183 GWh vuodessa (0,09 milj. m³/v). Yhteensä metsäenergian käyttö ja vienti on 794 GWh vuodessa (0,40 milj. m³/v). Metsäenergian käyttöä ja vientiä on mahdollista lisätä 851 GWh vuodessa (0,43 milj. m³/v), kun käyttöä ja vientiä verrataan Laurilan ym. (2010) laskemaan potentiaaliin (kuva 4). Metsäenergian vientimäärän pysyessä 183 GWh:ssa, voitaisiin metsäenergian käytön lisäyksellä korvata metsäkeskusalueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta 33 prosenttia. Metsäenergian käyttöä ja vientiä voitaisiin lisätä 612 GWh vuodessa (0,31 milj. m³/v), kun metsäenergian käyttö ja vienti määriä verrataan Maidellin ym. (2008) metsäenergiapotentialia arviioon. Tällöin metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata 24 prosenttia alueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta.

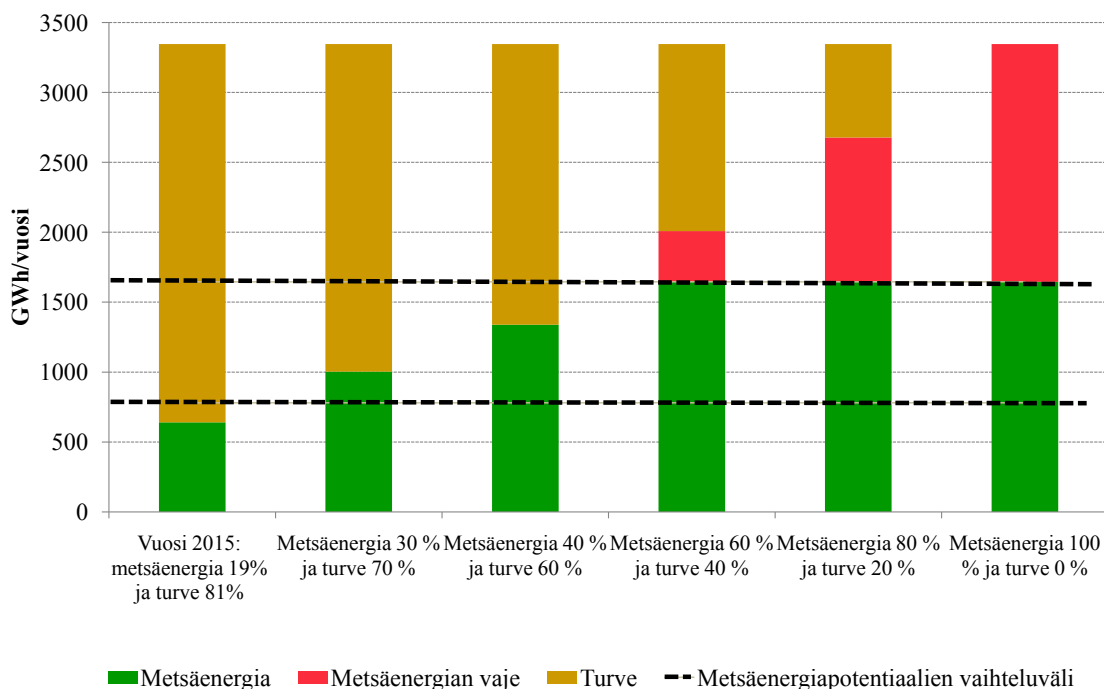


Kuva 4. Kuvassa on esitetty metsäenergian käyttö ja vienti Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelta sekä metsäenergian käytön ja viennin lisäysmahdollisuudet. Metsäenergian käytön lisäysmahdollisuuksia voi verrata metsäenergiapotentiaali arvioiden vaihteluväliin.

3.3.4 Metsäenergian käyttö ja käytön lisäysmahdollisuudet metsäkeskusalueella vuonna 2015

Kyselyyn vastanneista lämpölaitoksista 19 lisää energian tuotantoaan seuraavien viiden vuoden aikana. Kahdeksan vastaajaa aikoi rakennuttaa uuden lämpölaitoksen ja seitsemän aikoi lisätä nykyisten laitteiden käyttöastetta. Seuraavien viiden vuoden aikana 11 vastaajaa ilmoitti myyvänsä energiaa yhteensä 139 GWh vuodessa (0,07 m³/v) enemmän kuin nyt. Tämän myyntiin menevän energianmäärän tuottamiseen käytetään raaka-ainetta 160 GWh vuodessa (0,08 m³/v). Yhdeksän vastaajaa ilmoitti lisäenergiantuotannossa tärkeimmäksi polttoaineeksi turpeen, kolme puunjalostuksen sivutuotteet ja yksi metsähakkeen. Jos energiantuotannossa käytettyjen polttoaineiden suhde pysyy samana kuin vuosina 2007 ja 2008, käytetään vuonna 2015 lämpö- ja voimalaitosten energiantuotannossa turvetta 2 677 GWh/v, metsähaketta 451 GWh/v (0,23 m³/v), puunjalostusteollisuuden sivutuotteita 379 GWh/v, peltobio-massaa 50 GWh/v ja pellettiä sekä brikettiä 8 GWh/v.

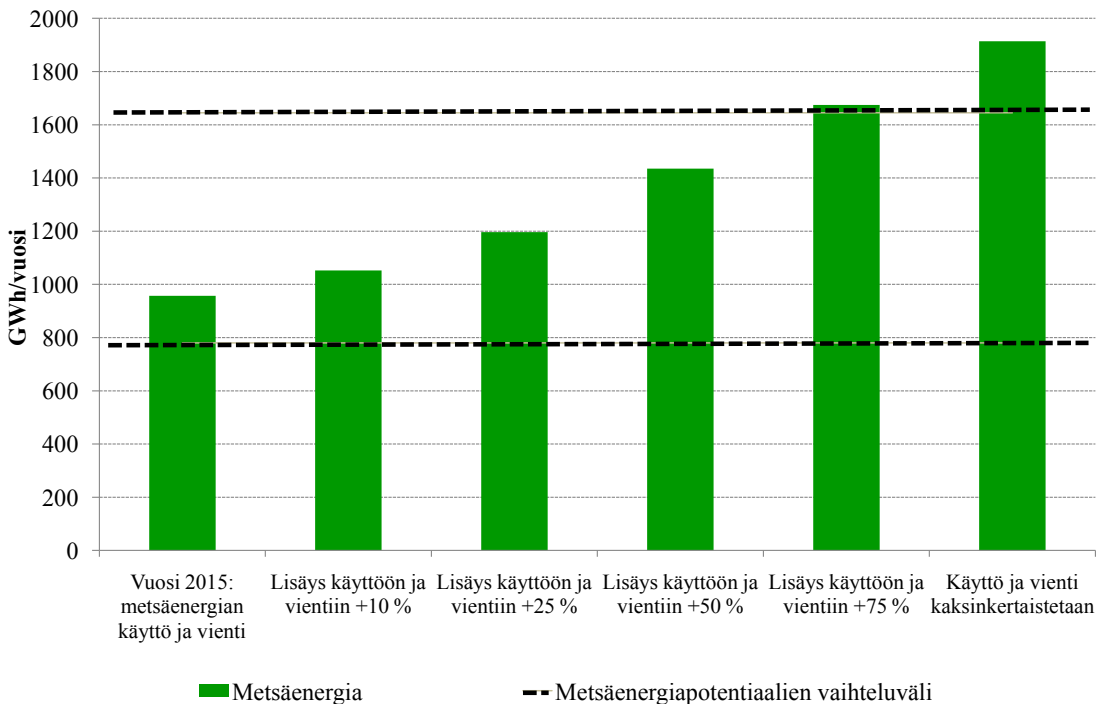
Vuonna 2015 metsäenergian käyttö alueen lämpö- ja voimalaitoksissa sekä maataloudessa on yhteensä 631 GWh vuodessa (0,32 milj. m³/v). Metsäenergian käyttöä olisi vuoden 2015 jälkeen mahdollista lisätä 1 014 GWh vuodessa (0,51 milj. m³/v), kun verrataan tulevaa metsäenergian käyttöä Laurilan ym. (2010) laskemaan potentiaaliin. Tämän suuruisella metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata 38 prosenttia alueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta (kuva 5). Maidellin ym. (2008) metsäenergia potentiaaliarvioon verrattuna metsäenergian käyttöä voitaisiin lisätä vuoden 2015 jälkeen 774 GWh vuodessa (0,39 milj. m³/v), jolloin metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata 29 prosenttia alueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta. Kärhän ym. (2009) arvion mukaan vuonna 2020 teknis-taloudellinen metsäenergiapotentiaali on Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella 780 GWh (0,04 milj. m³). Jos metsäenergian käyttö pysyy vuodesta 2015 vuoteen 2020 samalla tasolla, voitaisiin metsäenergian käyttöä lisätä vuoden 2020 jälkeen enää 149 GWh vuodessa (0,07 milj. m³/v). Tämän suuruisella metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata vain kuusi prosenttia metsäkeskusalueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta.



Kuva 5. Kuvassa on esitetty Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen energiantuotannossa käytettävän metsäenergian ja turpeen käyttömäärät vuonna 2015 (vasemman puoleinen pylväs) sekä erilaisia teoreettisia vaihtoehtoja metsähakkeen ja turpeen käyttömääristä. Lisäksi kuvassa on esitetty metsäenergiapotentiaali arvioiden vaihteluväli. Metsäenergiapotentiaalin ylittävästä metsäenergian osuudesta syntyy metsäenergian vaje (punainen), joka joudutaan korvaamaan metsäkeskusalueen ulkopuolelta tuotavalla metsäenergialla.

3.3.5 Metsäenergian käyttö ja vienti metsäkeskusalueella vuonna 2015 sekä metsäenergian käytön lisäismahdollisuudet

Vuonna 2015 metsäenergiaa viedään Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelta 317 GWh vuodessa (0,16 milj. m³/v). Metsäenergian käyttö ja vienti on tuolloin yhteensä 948 GWh vuodessa (0,47 milj. m³/v). Metsäenergian käyttöä ja vientiä on mahdollista lisätä vuoden 2015 jälkeen 697 GWh vuodessa (0,35 milj. m³), kun verrataan metsäenergian käyttöä ja vientiä Laurilan ym. (2010) laskemaan potentiaaliin. Metsäenergian vientimäärän pysyessä 317 GWh vuodessa, voitaisiin metsäenergian käytön lisäyksellä korvata metsäkeskusalueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta 26 prosenttia. Myös Maidellin ym. (2008) metsäenergiapotentiaali mukaan metsäenergian käyttöä ja vientiä voitaisiin vuoden 2015 jälkeen vielä lisätä 458 GWh vuodessa (0,23 milj. m³/v). Tämän suuruisella metsäenergian käytön lisäyksellä voitaisiin korvata 17 prosenttia alueen energiantuotannossa käytettävästä turpeesta. Jos metsäenergian käyttö ja vienti pysyvät vuodesta 2015 vuoteen 2020 samalla tasolla, ylittää metsäenergian käyttö ja vienti silloin jopa 168 GWh:lla (0,08 milj. m³) Kärhän ym. (2009) teknis-taloudellisen metsäenergiapotentiaaliarvion (kuva 6).



Kuva 6. Kuvassa on esitetty metsäenergian käyttö ja vienti vuonna 2015 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelta sekä metsäenergian käytön ja viennin lisäismahdollisuudet. Metsäenergian käytön lisäismahdollisuuksia voi verrata metsäenergiapotentiaali arvioiden vaihteluväliin.

3.3.6 Metsähaketerminaalien sijoittaminen

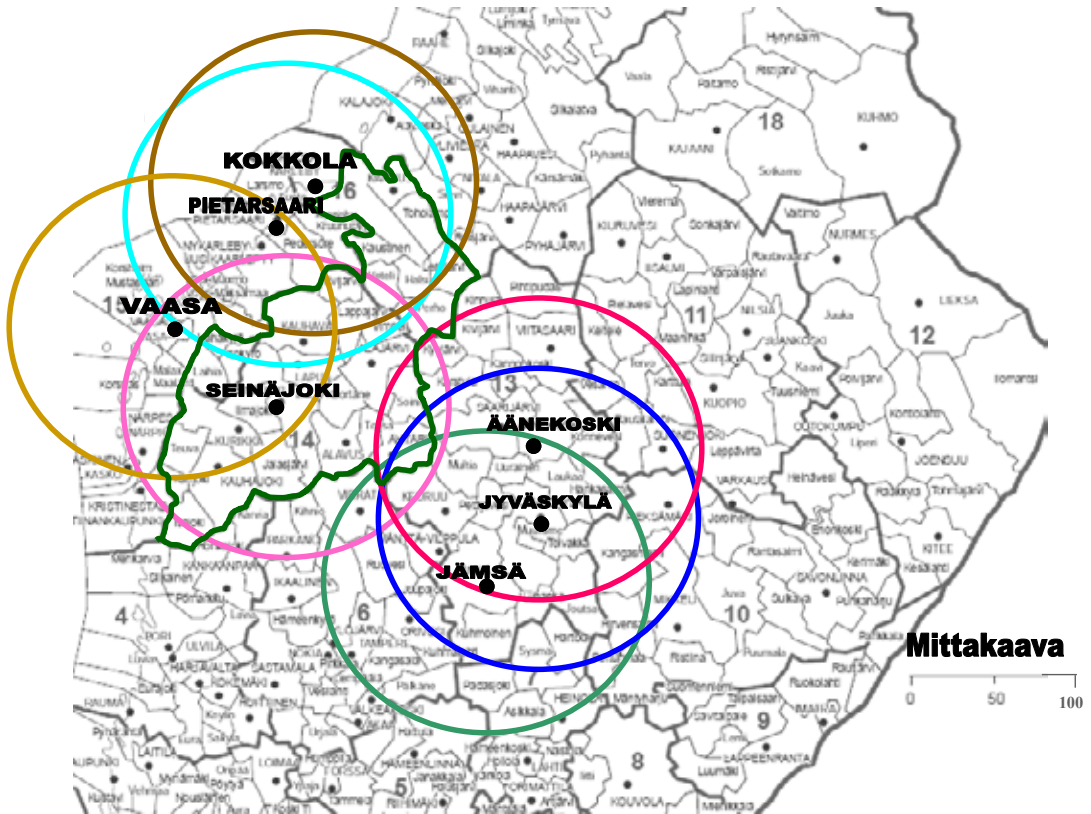
Tämän selvityksen potentiaaliset metsäenergiaterminaalien sijaintipaikat perustuvat oletukseen, että terminaalista on alle sata kilometriä kuljetusmatkaa maanteitse merkittävimpien metsähakkeen käyttäjien luokse. Terminaali tulisi sijaita sellaisella alueella, jossa metsäenergiatase on korkea. Lisäksi terminaalista tulisi olla hyvät kuljetusyhteydet käyttöpaikalle.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen merkittävin metsähakkeen käyttäjä sijaitsee Seinäjoella. Siellä on metsäkeskusalueen suurin metsähakkeen kulutus ja sinne tuodaan metsähaketta muiden kuntien alueelta. Metsäkeskusalueen ulkopuolella sijaitsevat Pietarsaaren ja Kokkolan voimalaitokset ovat lähialueen merkittävimpiä metsähakkeen käyttäjiä. Vuoden 2013 jälkeen myös Vaasan voimalaitoksesta tulee merkittävä metsähakkeen käyttäjä. Myös Keski-Suomessa sijaitsee suuria metsähakkeen käyttäjiä, mutta niiden hankinta-alue rajautuu lähes kokonaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen ulkopuolelle, jos hankinta-alueen säde on enintään sata kilometriä (kuva 7).

Metsäkeskusalueen pohjoisosissa metsäenergiatase kunnan maapinta-alaan suhteutettuna on suuri Vetelin, Evijärven, Vimpelin ja Lappajärven alueella. Terminaalien sijoittaminen Evijärven kunnan alueelle olisi logistisesti perusteltua. Evijärveltä on Kokkolan ja Pietarsaaren voimalaitokselle kaukokuljetusmatkaa maanteitse alle sata kilometriä ja suurimman metsäenergiataseen kunnista on hyvät maantieteytydet Evijärvelle. Metsäenergiajakeiden jatkokäsittelyn mahdollisuuksia terminaalissa tulisi selvittää, koska kaukokuljetusmatkat terminaalista voimalaitoksille ovat suhteellisen pitkät.

Lähellä Seinäjoen ja Vaasan voimalaitoksia suurimmat metsäenergiataseet kunnan maapinta-alaan suhteutettuna ovat Vähä- ja Isokyrössä, Ilmajoella, Laihialla, Kurikas- ja Teuvalla. Uusitalon mukaan paras paikka uudelle puutavaran puskurivarastolle olisi Kyrönmaalla Laihian aseman lähetyvillä. Puskurivarasto sopisi myös metsähakkeen varastointiin, koska se mahdollistaisi metsähakkeen kaukokuljetuksen niin rautateitse kuin maanteitse, myös kuljetusmatkat voimalaitoksille jäivät alle sataan kilometriin. Toistaiseksi rautatiekuljetukset eivät ole mahdollisia Vaasan eivätkä Seinäjoen laitokselle. Laihialle on myös hyvät maantieteytydet lähialueen kunnista, joissa metsäenergiatase on korkea.

Metsäkeskusalueen itäisissä osissa Ähtärin ja Soinin kuntien alueella metsäenergiatase suhteutettuna kunnan maapinta-alaan on suurin. Metsäkeskusalueen itäosista on Keski-Suomen suurille voimalaitoksille maanteitse matkaa yli 100 km, joten metsähaketta ei kannata toistaiseksi kuljettaa maanteitse Keski-Suomeen. Jos metsähaketta kuljetetaan rekoilla Seinäjoen voimalaitoksille, voisivat puunkuormausalueet Ähtärissä (18-tien varressa ja Vääräkoskella 68-tien varrella) toimia myös energiapuun varastoalueina. Myös osittain puutavaran varastoalueena toimiva Töysän kunnan omistama Kitulanmäen sahan tontti voisi toimia myös metsähakkeen varastoalueena. Jos metsähakkeen kuljetus rautateitse yleistyy, mahdollinen terminaalien sijoituspaikka voisi olla Ähtärissä, joko Inhan tai Myllymäen asemalla.



Kuva 7. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen ja lähialueiden suurimmat metsähakkeen käyttäjät ja näiden hankinta-alueet.

3.3.7 Metsäenergiamarkkinoiden kehittämistarpeet

Kyselyyn vastanneiden lämpölaitosten hoitajien mielestä metsäenergiamarkkinoita pitäisi kehittää metsähakkeen saatavuuden ja laadun osalta. Suurin kehittämisen tarve on metsähakkeen saatavuuden varmistaminen. Heidän mielestään metsäenergia-alalla on tällä hetkellä liian paljon pieniä ja hajallaan toimivia metsäenergian toimittajia. Hieman ristiriitaisesti vastaajat ovat kuitenkin sitä mieltä, että metsäenergian saatavuutta voidaan parantaa lisäämällä urakoitsijoita, koulutusta, houkuttelemalla uusia toimijoita markkinoille sekä lisäämällä tarjontaa ja kilpailua. Myös metsäenergian toimitusta ja logistiikkaa tulisi kehittää. Vastaajat kokivat myös tarvetta parantaa metsävaratietojen saatavuutta. Useamman vastaajat mielestä myös varastoterminaaleja tarvitaan. Terminaalit voisivat toimia myös puskurivarastoina poikkeusolosuhteiden varalle. Metsähakkeen laatuun tuli vastaajien mielestä kiinnittää erityistä huomiota. Merkittävimmäksi laatua heikentäväksi tekijäksi nousi hakkeen kosteus.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Metsäenergian riittävyys

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella lämpö- ja voimalaitokset sekä maatilat käyttivät yhteensä metsäenergiaa 620 GWh vuodessa (0,31 milj. m³/v). Laskelmassa ei ole mukana kotitalouksien metsäenergian käyttöä. Metsäenergiaa viedään Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen ulkopuolelle, pääasiassa Pietarsaareen ja Kokkolaan, noin 183 GWh vuodessa (0,09 milj. m³/v). Tämän selvityksen perusteella metsäenergian vienti metsäkeskusalueen ulkopuolelle vastaa noin kolmannesta alueella käytetystä metsäenergiasta. Metsäenergian käyttöä Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella voidaan vielä lisätä, mutta on erittäin vaikea arvioida kuinka paljon. Tässä selvityksessä oli mukana kolme metsäenergiapotentialiarviota. Suurimman arvion perusteella metsäenergiaa olisi teknisesti ja taloudellisesti hyödynnettävissä alueella 1 645 GWh vuodessa (0,82 milj. m³/v) (Laurila ym. 2010), kun Kärhän ym. (2009) laskelmien mukaan metsäenergiaa olisi saatavilla vain 780 GWh vuodessa (0,04 milj. m³/v) vuonna 2020.

Turpeen asema uusiutuvana raaka-aineena on pysynyt kiistelyn aiheena. Tällä hetkellä turve luokitellaan hitaasti uusiutuvaksi raaka-aineeksi (Tilastokeskus 2007). Useissa puheenvuoroissa vaaditaan turpeen korvaamista kokonaan metsäenergialla. Tässä selvityksessä mukana olevissa laitoksissa käytettiin turvetta yhteensä noin 2 586 GWh vuodessa. Selvityksen perusteella metsäenergian käyttöä voidaan vielä lisätä, mutta metsäenergiavarat eivät riitä korvaamaan kokonaan Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella energiantuotannossa käytettävää turvetta. Riippuen metsäenergiapotentialin arviosta, voidaan metsäenergian käytön lisäyksellä korvata energiantuotannossa käytetystä turpeesta 31–40 prosenttia, jos ei huomioida metsäenergian vientiä metsäkeskusalueen ulkopuolelle. Huomioidessa metsäenergian vienti alueen ulkopuolelle sekä alueen oma käyttö voidaan metsäenergiapotentialin arviosta riippuen korvata energiantuotannossa käytetystä turpeesta metsähakkeella 24–33 prosenttia. Toisaalta metsäenergian nykyinen käyttö ja vienti ylittävät jo nyt 14 GWh:lla vuodessa Kärhän ym. (2009) vuodelle 2020 laskeman metsäenergiapotentialin.

Seuraavan viiden vuoden aikana useissa metsäkeskusalueen lämpölaitoksissa aiotaan lisätä energian tuotantoa. Tärkein raaka-aine lisäenergiantuotannossa on turve. Arvion mukaan vuonna 2015 metsäkeskusalueella käytetään vuosittain turvetta 2 706 GWh ja metsähaketta 641 GWh (0,321 milj. m³). Arvion mukaan metsäenergiaa viedään tuolloin alueen ulkopuolelle 317 GWh vuodessa (0,16 milj. m³). Metsäenergian vienti on silloin jo lähes puolet alueella käytetystä metsäenergian määrästä. Jos ei huomioida metsäenergian vientiä metsäkeskusalueen ulkopuolelle, voidaan metsäenergiapotentiali arviosta riippuen metsäenergian käytön lisäyksellä korvata vuonna 2015 energiantuotannossa käytettävästä turpeesta 29–38 prosenttia. Huomioidessa metsäenergian käytön lisäksi vienti, voidaan metsäenergiapotentialiarviosta riippuen korvata energiantuotannossa käytetystä turpeesta 17–26 prosenttia. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsäenergian käyttö ja vienti vuonna 2015 ylittää 168 GWh:lla vuodessa Kärhän ym. (2009) laskeman metsäenergiapotentialin.

4.2 Metsäenergian riittävyyden turvaaminen

Metsähaketta saadaan pääasiassa kuusen uudistusalojen hakkuutähteestä ja kannoista sekä nuorten metsien harvennuksilta. Uusien energiapuun korjuusuositus-

ten (Äijälä ym. 2010) mukaan hakkuutähteitä voidaan korjata vanhoihin suosituksiin (Koistinen 2006) nähden karummilta kasvupaikoilta. Vanhojen suositusten mukaan (Koistinen 2006) hakkuutähteitä suositeltiin korjattavan vain tuoreilta kankailta ja sitä viljavimmilta kasvupaikoilta, kun uusien suositusten (Äijälä ym. 2010) mukaan hakkuutähteitä voidaan korjata kuivahkoilta kankailta ja sitä rehevimmiltä kasvupaikoilta. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella 35 prosenttia kivennäismaan kasvupaikoista on kuivahkoja kankaita (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Uudet suositukset tuovat erityisesti Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelle uusia hakkuutähteiden ja kantojen korjuukohteita. Kuivahkot kankaat ovat tyypillisesti männyn kasvupaikkoja, joten männyn latvusmassan keruu ja kantojen nosto tulee uusien suositusten myötä lisääntymään. Jos energiapuun korjuusuosituksia ja kasvupaikkarajoitteita ei huomioida olisi Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kivennäis- ja turvemailta mahdollista nostaa yhteensä kantoja 1327 GWh vuodessa (Laurila ym. 2010).

Toistaiseksi Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella käytetystä metsähakkeesta saadaan 68 prosenttia harvennuskohteilta (Ylitalo 2009). Harvennuksilta saadun energiapuun suuri osuus selittyy osittain sillä, että alueella on paljon nuoria metsä (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI9) mukaan varttuneita taimikoita ja nuoria kasvatusmetsiä on puuntuotannollisen metsämaan pinta-alasta 47 prosenttia (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Nuorten metsien harvennuksilta tuotetun metsähakkeen käyttöpaikkahinta on noin 50 % korkeampi kuin hakkuutähteestä tuotetun hakkeen hinta (Asikainen 2008). Erityisen kallista metsäenergian hankinta on hoitamattomista nuorista metsistä. Metsien hoitamattomuus ei ole voimalliseksi, korjuuyrittäjälle eikä metsänomistajalle ihanteellinen tilanne eikä metsien varhaishoitoa tulisikaan jättää tekemättä energiapuukertymän kasvatamiseksi.

Uusien ja vanhojen voimalaitosten metsähakkeen saatavuuden turvaamiseksi pitää metsäenergian hankintaa edelleen tehostaa ja pohtia metsänhoitotoimenpiteitä, joilla voidaan tuottaa metsäenergiaa yhä enemmän. Uusissa energiapuun korjuun suosituksissa (Äijälä 2010) esitellään yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusmalli, jonka tavoitteena on tuottaa korkealaatuisen tukkipuun ohella aiempaa enemmän myös energiapuuta. Yhdistetyssä kasvatuksessa metsikköä kasvatetaan nuoruusvaiheessa tiheämpänä kuin perinteissä kasvatusmalleilla on suositeltu. Kasvatusmalli sopii ravinneisuudeltaan tuoreita ja kuivahkoja kankaita vastaaviin männiköihin. Yhdistetty kasvatusmalli mahdollistaa paremmat korjuuolosuhteet energiapuuharvennukseen kuin hoitamattomissa kohteissa (Heikkilä ym. 2006). Korjuuolot vaikuttavat suoraan korjuukustannuksiin ja käyttöpaikkahintaan. Luomalla paremmat korjuuolosuhteet energiapuuharvennuksille, voidaan päätehakkailta korjattavan hakkuutähteen ja harvennuksilta korjattavan energiapuun käyttöpaikkahintaeroja pienentää. Lisäksi puuston tiheämpi kasvatusasento sitoo enemmän hiiltä kuin perinteisessä kasvatuksessa. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella pitäisi huomioida jo ennakkoidusti metsäenergian kysynnän lisääntyminen ja saatavuuden heikkeneminen. Alueella on rakenteilla ja suunnitteilla lämpö- ja voimalaitoksia, joiden pääpolttoaine on tulevaisuudessa metsähake. Yhdistetty aines- ja energiapuun kasvatusmalli olisi eräs keino, millä voidaan turvata energiapuun saatavuus myös tulevaisuudessa. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella kivennäismaiden pinta-alasta 85 prosenttia on tuoreita ja kuivahkoja kankaita (Metsätilastollinen vuosikirja 2009), joten metsäkeskusalueen metsät sopisivat erittäin hyvin yhdistettyyn aines- ja energiapuun kasvatukseen.

3.1 Metsäenergiaterminaali

Merkittävimmät Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsähaketta hyödyntävät voimalaitokset sijaitsevat Seinäjoella, Kokkolassa ja Pietarsaassa sekä tulevaisuudessa Vaasassa. Metsähakkeen varastoterminaalit nähdään tarpeelliseksi metsäkeskusalueella. Terminaalit voisivat toimia puskurivarastoina kelirikkoaikana ja poikkeusolosuhteissa. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kunnat, joissa on korkein metsäenergiatase sijaitsevat verraten kaukana suurimmista metsähakkeen käyttäjistä. Alhaisen tiheyden vuoksi käsittelemättömien energiapuujakeiden kaukokuljetuskustannukset ovat korkeammat kuin hakettujen energiapuujakeiden. Tulevaisuudessa tulisikin harkita energiapuun hakettamista terminaaleissa, jolloin kaukokuljetuskustannuksia voitaisiin pienentää. Toistaiseksi terminaalihaketusketjut ovat kuitenkin kalleimpia toimitusketjuja kaikilla metsäenergiajakeilla (Ihalainen 2010, Laitila 2008). Eräs syy tähän on raaka-aineen edestakainen lastaaminen ja purkaminen. Toistaiseksi väliavarastohaketus ja käyttöpaikkahaketus ovat kustannustehokkuuden näkökulmasta kannattavimpia vaihtoehtoja (Ihalainen 2010, Laitila 2008). Tässä selvityksessä esitetyjä metsäenergiaterminaalien sijaintipaikkoja sekä erityisesti kuntakohtaisia metsäenergiataseita voidaan hyödyntää harkittaessa terminaalien sijoituspaikkoja.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kansallista tavoitetta lisätä metsäenergian käyttöä 12,5 milj. m³ vuodessa tullaan hyvin todennäköisesti jyvittämään maakunnallisiksi tavoitteiksi (Alm 2010). Ennen jyvitystä tulisi huolehtia, että metsäenergiapotentiaali arviot on tehty jokaiseen maakuntaan samoin kriteerein. Tällä hetkellä metsäenergiapotentiaali arvioissa ja niiden laskenta-perusteissa on erittäin suuria eroja, joten on vaikea arvioida mitkä potentiaaliarviot ovat lähinnä totuutta. Luotettavien metsäenergiapotentiaalien arvioiden tekeminen on erittäin haastavaa, koska arvioinnin tekemiseen liittyy useita muuttuvia tekijöitä. Arvioidessa kansallisen metsäenergian käyttömäärän toteutumista pitäisi kehittää luotettava menetelmä metsäenergian käyttömäärien arvioimiseksi. Eräs keino tähän voisi olla laitosten omistajien ilmoitusvelvollisuus käytetyn metsäenergian määrästä. Metsähakkeen riittävyyden turvaamiseksi tämän päivän metsänhoitotoimenpiteissä tulisi aktiivisesti edistää toimia, jotka takaavat metsäenergian riittävyyden tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Alholmens Kraft Ab. 2010. Tuotannon esittely. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.alholmenskraft.com/fi/production/index.htm> [Viitattu 10.1.2010].

Alm, M. 2010. Ajankohtaiskatsaus ilmasto- ja energiatavoitteet, syöttötariffi. Bioenergia-alan toimialapäivät 25.3.2010, Lapua Vanha Paukku.

Asikainen, A. 2008. Puuenergia nyt ja käyttöpotentiaali. Bioenergiapäivät 2008 seminaarijulkaisu. Finbio. Julkaisu 41/2006. 47 s.

Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.

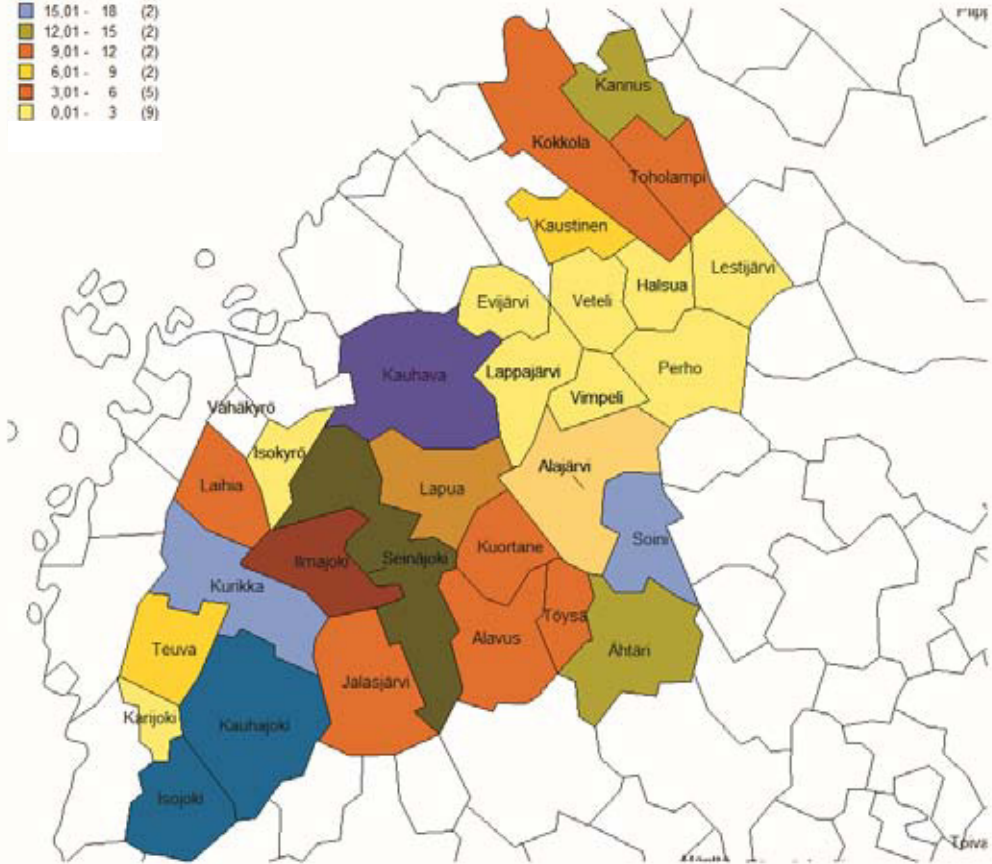
- Energiamarkkinavirasto. 2010. Päästöluvat. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.paastolupa.fi/listemissionpermits>. [Viitattu 5.5.2010].
- Energiarekisteri. 2008. Lähde Juha Viirimäki Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus.
- Energiateollisuus ry. 2008. Kaukolämpötilasto 2007. ET-Kaukolämpökansio 7/1. 78 s.
- Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999 - 2003. Metsähakkeen tuotantoteknologia. Loppuraportti. Tekes. Teknologiaohjelmaraportti 5/2004. 135 s.
- Heikkilä, J., Sirén, M., Hynynen, J., & Sauvula, T. 2006. Energiapuuta ainespuusta tinkimättä. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 15 s.
- Ihalainen, T., & Niskanen, A. 2010. Kustannustekijöiden vaikutukset bioenergian tuotannon arvoketjussa. Metlan työraportteja 166. 54 s.
- Kaustisen seutukunnan yritysportaali. 2010. [Internetsivu]. Saatavissa: <http://yritysportaali.kase.fi/>. [Viitattu 4.4.2010].
- Koistinen, A. & Äijälä, O. 2006. Energiapuun korjuu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 40 s.
- Kuntaliitto. 2010. Kaukolämpö. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.kunnat.net/k_peruslistasivu.asp?path=1;29;356;165748;38099;38139. [Viitattu 4.4.2010].
- Kärhä, K., Elo, J., Lahtinen, P., Räsänen, T., Keskinen, S., Saijonmaa, P. & Strandström, M. 2009. Kiinteiden puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. [Käsikirjoitus].
- Laitila, J. 2008. Harvesting technology and the cost of the fuel chips from early thinning. *Silva Fennica* 42(2):267-283.
- Laitila, J., Asikainen, A., Sikanen, L., Korhonen, K-T., & Nuutila, Y. 2004. Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Metlan työraportteja 3. 58 s.
- Laurila, J., Tasanen, T. & Lauhanen, R. 2010. Metsäenergiapotentiaali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Toistaiseksi julkaisematon käsikirjoitus.
- Länsi-Suomen ympäristökeskus. 2010. Ympäristöluvat. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=271517&lan=fi&clan=fi>. [Viitattu 5.5.2010].
- Maanmittauslaitos. 2010. Kuntien pinta-ala 1.1.2010. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/pinta_alat_kunnittain_01012010.pdf. [Viitattu 28.4.2010].
- Maidell, M., Pyykkönen, P. & Toivonen, R. 2008. Metsäenergiapotentiaalit Suomen maakunnissa. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita. Nro. 106 (helmikuu 2008). 42 s.

- Metsätilastollinen vuosikirja. 2009. SVT. Maa-, metsä-, ja kalatalous 2009. Metsäntutkimuslaitos. 452 s.
- Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf. [Viitattu 25.10.2010]. 130 s.
- Ryymin, R., Pohto, P., Laitila, J., Humala, I., Rajahonka, M., Kallio, J., Selosmaa, J., Anttila, P. & Lehtoranta, T. Metsäenergian hankinnan uudistaminen. Loppuraportti 12/2008. [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: http://www.hse.fi/files/1388_JEME-raportti.pdf. [Viitattu 2.4.2010]
- Sauvula-Seppälä, T. 2010. Lämpöyrittäjyyden kannattavuus lämmönostajan ja -myyjän sekä metsänomistajan näkökulmasta. [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/001.pdf>. [Viitattu 3.3.2010]
- Tilastokeskus. 2007. Turve on hitaasti uusiutuva biomassapolttoaine (18.07.2007). [Intranetsivu]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehkh/2009/04/ehkh_2009_04_2010-03-24_tie_001.html. [Viitattu 5.5.2010]
- Tilastokeskus. 2010. Energiaennakko 2009 -taulukko (24.3.2010). [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.stat.fi/artikkelit/2007/art_2007-04-18_004.html?s=2. [Viitattu 28.10.2010]
- Tolppanen, M. 2010. Metsäenergian hankinta ja käyttö Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen maatiloilla. Toistaiseksi julkaisematon käsikirjoitus.
- Uusitalo, J. 2009. Puutavaran välivarastosuunnitelma Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueella. Julkaisematon. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus. 14 s.
- Ylitalo, E. 2010. Puun energiakäyttö 2009. Metsätilastotiedote 16/2010. Metsäntutkimuslaitos. 7s.
- Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.). 2010 Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 31 s.
- Suulliset lähteet
- Ahokangas, P. 2010. Kokkolan voima tuotannon esittely. 12.4.2010
- Orava, T. 2009. Puuenergian käytön tavoitteet ja haasteet. Kehittyvä metsäenergia seminaari 18.11.2009. Seinäjoki.
- Valkama, A. 2009. Mekaanista puunjalostusta harjoittavat pienet yritykset Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella. 14.12.2009

Liite 1 Kiinteän polttoaineen kattiloiden yhteisteho Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kunnissa. Suluissa on esitetty luokkaan kuuluvien kuntien määrä.

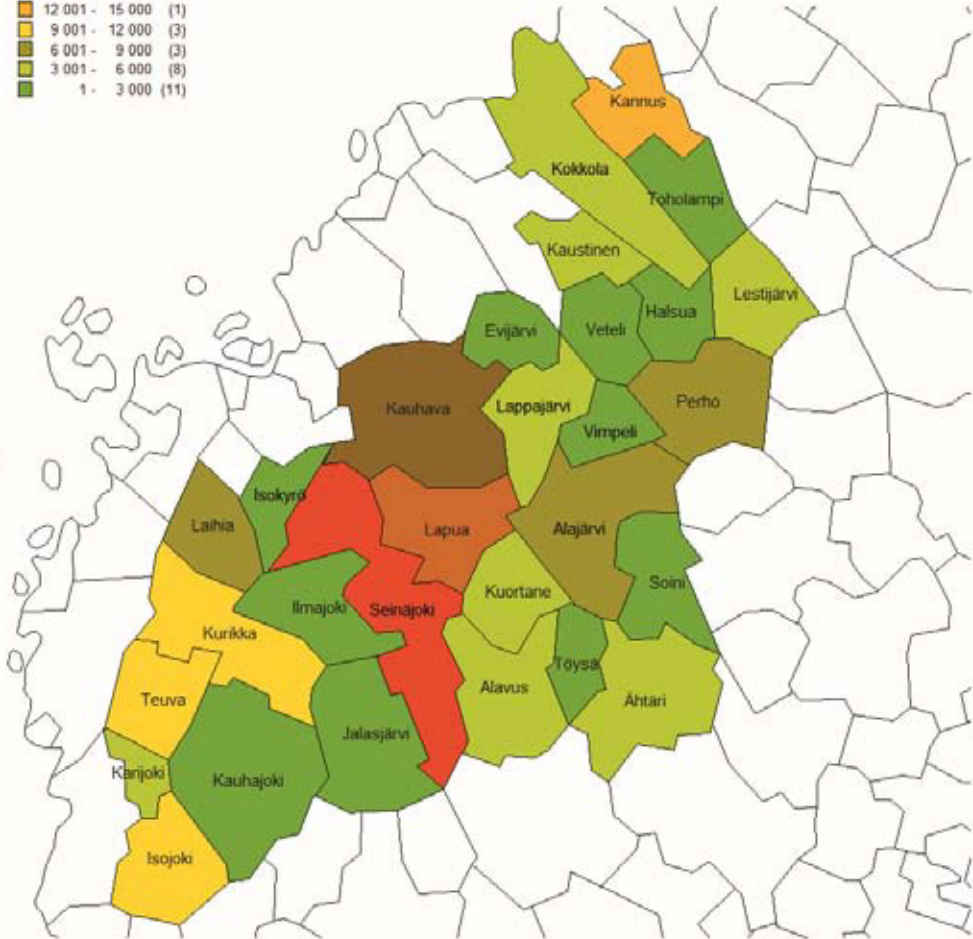
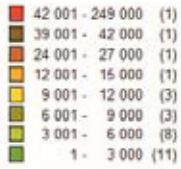
Kiinteän polttoaineen kattiloiden yhteisteho (MW)

42,01 - 382	(1)
30,01 - 33	(1)
27,01 - 30	(1)
24,01 - 27	(1)
21,01 - 24	(1)
18,01 - 21	(2)
15,01 - 18	(2)
12,01 - 15	(2)
9,01 - 12	(2)
6,01 - 9	(2)
3,01 - 6	(5)
0,01 - 3	(9)



Liite 3 Metsäenergian käyttö Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kunnissa (MWh). Suluissa on esitetty luokkaan kuuluvien kuntien määrä.

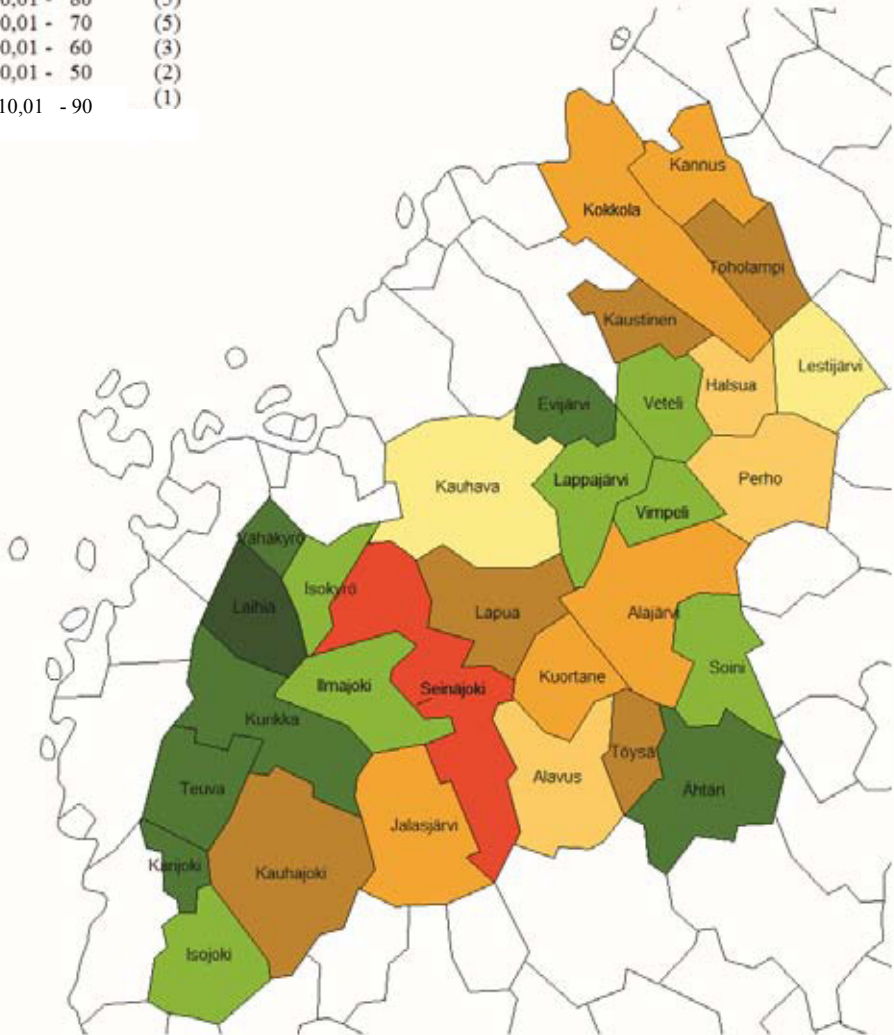
Metsähakkeen käyttö



Liite 4 Metsäenergiatase Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kunnissa (MWh/km²). Suluissa on esitetty luokkaan kuuluvien kuntien määrä.

Metsäenergiatase MWh/km²

100,01 - 110	(1)
90,01 - 100	(6)
80,01 - 90	(7)
70,01 - 80	(5)
60,01 - 70	(5)
50,01 - 60	(3)
40,01 - 50	(2)
- 110,01 - 90	(1)



METSÄENERGIAN TUOTANTOON JA KÄYTTÖÖN LIITTYVISTÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Essi Ulander

1 JOHDANTO

Uusiutuvan energian käytöllä on tärkeä merkitys ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvista lähteistä olevilla polttoaineilla voidaan alentaa kasvihuonekaasupäästöjä. Myös metsistä voidaan korjata uusiutuvia luonnonvaroja energiantuotantoon ja metsät ovat Suomen oloissa merkittävin uusiutuvan energian lähde. Uusiutuvuus ei kuitenkaan takaa, että luonnonvarojen käyttö on ympäristöystävällistä tai kestävä (Lindholm ym. 2010).

Energiapuun korjuu muuttaa metsänhoitoa intensiivisemmäksi (Walmsley ja Godbold 2009) sekä vaikuttaa esimerkiksi metsänuudistamisen toimintaympäristöön (Saarinen 2006). Kansallisessa metsäohjelmassa metsähakkeen teknis-taloudelliseksi tuotantomahdollisuudeksi arvioidaan 12–15 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Kansallinen metsäohjelma 2015). Nykyiseen tasoon verrattuna tuotantopotentiaalın hyödyntäminen tarkoittaisi valtakunnallisesti metsähakkeen käytön kaksinkertaistamista. Metsäenergian käytön ympäristövaikutuksista on edelleen saatavilla rajallisesti tietoa. Erityinen ongelma on se, että pitkää aikaväliä vaativat tutkimukset eivät pysy metsähakkeen kasvavan käytön mukana. Ollakseen kestävä metsähakkeen käyttö ei saa vahingoittaa metsän monimuotoisuutta eikä muuta ympäristöä tai vaarantaa metsäekosysteemin tarjoamia ekosysteemipalveluja. Energiapuun korjuu ei saa myöskään vahingoittaa metsätalouden toimintaympäristöä. Metsäenergian käytön ympäristövaikutusten arvioinnin tason tulee olla yksittäisiä metsiköitä laajempaa ja aikajänteen yltää metsän kiertoajan yli. Toisaalta metsähakkeen käytön lisävaikutuksia metsäekosysteemissä tulee verrata tavanomaisen metsänhoidon vaikutuksiin.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsämaasta noin 40 % on soita ja turvekankaita (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Tämä tuo metsätaloudelle, ja energiapuun korjuulle, alueellisia ominaispiirteitä. Alueen metsistä merkittävä osa on lisäksi nuoria kasvatusmetsiä. Nuoria kasvatusmetsiköitä on lähes 35 % puuntuotannon metsämaan metsistä (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Uudistuskypsiä metsiä puuntuotannon metsämaalla on noin 15 % (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsiä kuvaa myös karuus ja mäntyvaltaisuus (Metsätilastollinen vuosikirja 2009). Tiina Sauvula-Seppälä esittelee tässä julkaisussa metsähakkeen käyttöä Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella sekä esittää arvion alueen metsäenergiataseesta. Lisäksi esimerkiksi Laurila ym. (2010) ovat laskeneet arvion alueellisesta metsäenergiapotentiaalista. Arvioitaessa energiapuun korjuun ja metsäenergian tuotannon ja käytön ympäristövaikutuksia Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella tulee huomioida alueen metsävarojen erityispiirteet sekä energiapuun korjuumäärät nyt ja tulevaisuudessa eri metsäekosysteemeistä.

Viime vuosina on kertynyt uusia tutkimustuloksia energiapuun korjuun myötä tehostuvan metsänhoidon vaikutuksista muun muassa metsämaan ravinnetaseisiin (esim. Hope 2007, Palviainen ym. 2009, Palviainen ym. 2010, Zabowski ym. 2008) sekä laho-puun määrään metsissä (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa, 2010). Myös metsä-

energian tuotannon ja käytön suorista ja epäsuorista päästöistä on valmistunut uusia tutkimuksia (esim. Lindholm ym. 2010, Repo ym. 2010). Tässä kirjoituksessa esitellään uusia tutkimustuloksia metsäenergian tuotantoon ja käyttöön liittyvistä ympäristövaikutuksista. Myös vanhempia tutkimuksia esitellään kokonaiskuvan muodostamiseksi. Tarkastelussa edetään vaikutuksista metsäekosysteemeissä metsähakkeen tuotantoketjujen päästöihin sekä lämpölaitosten ympäristövaikutuksiin. Lähtökohtana on pidetty eteläpohjalaista metsäenergian tuotannon toimintaympäristöä metsävarojen erityispiirteineen sekä esimerkiksi pienen kokoluokan lämpölaitosten suurine määrineen. Tarkastelu ei ole kattava, eihän ympäristövaikutuksia koskeva tutkimukseen sitä vielä ole, ja tarkoituksena onkin esitellä tutkimusta niiltä osin kun sitä on valmistunut tiettyihin pääteemoihin keskittyen. Toisaalta tarkastelu myös paljastaa puutteita ympäristövaikutuksia koskevassa tiedossa. Sekä tuore tutkimustieto että sen puute ovat tukena energiapuun korjuuta ja metsähakkeen tuotantoa koskevassa suunnittelussa ja päätöksenteossa.

2 ENERGIAPUUN KORJUU PÄÄTEHAKKUILTA SEKÄ HARVENNUSKOHTEILTA

2.1 Hakkuutähteiden ja kokopuun korjuun sekä kantojen noston vaikutukset maaperään

2.1.1 Hakkuutähteiden ja kokopuun korjuu sekä maaperän ravinteet

PäättehakkUILTA korjattavalla energiapuulla tarkoitetaan latvusmassaa, kantoja sekä hukkarunkopuuta. HarvennushakkUILTA voidaan korjata pieniläpimittaista puuta kokopuuna tai rankana energiapuuksi. Pääasiallisesti harvennushakkuiden energiapuun korjuukohteet ovat nuoren metsän kunnostuskohteita (Saksa 2008), joilla taimikonhoito on jäänyt tekemättä tai taimikko on jäänyt liian tiheäksi. Energiapuuta voidaan korjata myös ensiharvennuksilta.

Tavanomaisen metsänhoidon yhteydessä energiapuujakeet jäävät metsään, missä ne kartuttavat muun muassa maaperän orgaanisen aineksen varastoja. Arvioitaessa energiapuun korjuusta aiheutuvia ympäristövaikutuksia tulee ne suhteuttaa tavanomaisesta metsänhoidosta aiheutuviin ympäristövaikutuksiin. Esimerkiksi päättehakkuu merkitsee metsäekosysteemin kannalta merkittävää häiriötä. Sulkeutuneen metsän lajisto muuttuu lisääntyneen valon määrän sekä muuttuneiden ilmasto-olojen myötä sukkession alkuvaiheen lajistoksi (Siitonen 2008) ja metsän kierto alkaa metsänuudistumisen myötä uudestaan. Hakkuun ja metsäkuljetuksen yhteydessä metsässä työskentelevät koneet ja päättehakkUILLA maanmuokkaus aiheuttavat painetta maaperälle ja muuttavat sen fysikaalisia ominaisuuksia. Myös perinteisessä ainespuun korjuussa metsästä poistuu merkittävä määrä biomassaa sekä tietty määrä ravinteita runkopuun mukana (Olsson ym. 1996b). Esimerkiksi ainespuuna kerättävän runkopuun ja energiapuuna kerättävän latvusmassan ravinnepitoisuuksissa on kuitenkin merkittäviä eroja.

Runkopuuhun verrattuna latvusmassa sisältää moninkertaisen määrän ravinteita, etenkin puiden kasvua rajoittavaa tyyppiä (Helmisaari ym. 2009) (kuva 1). Eniten ravinteita on neulasissa ja neulaset myös hajoavat ja vapauttavat ravinteita runkopuuta nopeammin (Palviainen ym. 2004a, Palviainen ym. 2004b). Vihreissä neulasissa tyyppi on lisäksi helposti hajoavina valkuaisaineina, joiden aminohappoja kasvit

voivat käyttää sellaisenaan (Helmisaari ym. 2009). Tavanomaisessa päätehakuussa hakkuutähteet jäävät metsään kasoihin, jotka peittävät yleensä noin 40–60 % hakkuuaukon pinta-alasta (Nurmi 1994). Neulasista ja oksista vapautuu muun muassa tyypeä hakkuuta seuraavien vuosien aikana; neulasista suurin osa helposti hajoavasta tyypeä vapautuu kymmenen vuoden kuluessa, oksista hakkuuta seuraavien noin kahdenkymmenen vuoden aikana (Helmisaari ym. 2008, Hyvönen ym. 2000). Latvusmassan sisältämä kalium vapautuu huomattavasti tyypeä nopeammin ja suurin osa hakkuutähteiden sisältämästä kaliumista vapautuu ensimmäisten kolmen vuoden kuluttua hakkuusta (Palviainen ym. 2004a). Hakkuutähteen fosforista noin puolet vapautuu hakkuuta seuraavien kolmen vuoden aikana (Palviainen ym. 2004b). Tämän lisäksi hakkuutähdekasoista vapautuu myös kalsiumia ja magnesiumia kasan alla olevaan maaperään (Wall 2008, Hyvönen ym. 2000). Epäorgaanista tyypeä myös pidättyy hakkuutähdekasoihin (Palviainen ym. 2004a, Wall 2008), erityisesti etenkin oksiin ja vähemmän neulasiin (Hyvönen ym. 2000). Vapautuvien ravinteiden lisäksi hakkuutähdekasat myös muuttavat maaperän lämpötilaa ja kosteusoloja ja lisäävät näin hajotustoimintaan maaperässä (Wall 2008). Hakkuutähteestä vapautuvat ravinteet ovat seuraavan puusukupolven ja muun kasvillisuuden käytettävissä. Häiriön seurauksena ravinteita sitovan kasvillisuuden vielä puuttuessa voivat hakkuutähteistä ja maaperästä vapautuvat ravinteet myös huuhtoutua metsästä lisäten vesistöihin kohdistuvaa ravinnekuormitusta (Laurén ja Palviainen 2007, Palviainen ym. 2007).



Kuva 1. Nuoren metsän hoitokohteelta voidaan korjata energiapuuta rankana tai kokopuuna. Kokopuun korjuun mukana poistuu myös latvusmassan sisältämiä ravinteita, kuten tyypeä, fosforia ja kaliumia sekä maaperään tulevaa orgaanista ainesta. Näiden pitkäaikaisia vaikutuksia maaperän ominaisuuksiin ei vielä tunneta. (Kuva: Tiina Sauvula-Seppälä)

Hakkuutähteistä saadaan talteen noin 60–80 % energiapuuta korjattaessa (Nurmi 1994). Korjattavan latvusmassan mukana poistuvien ravinteiden on epäilty aiheuttavan mahdollisia puuston kasvutappioita (esim. Hyvönen ym. 2000). Lyhyellä aikavälillä hakkuutähteiden korjuun vaikutuksia maaperän ravinnepitoisuuksiin on seurattu useissa tutkimuksissa. Hakkuutähteiden poistolla havaittiin olevan merkittävä vaikutus kaliumin määrään maaperässä, mutta maaperän orgaanisen aineksen määrään sekä typen, fosforin, kalsiumin ja magnesiumin varastoihin kivennäismaan pintakerroksessa hakkuutähteiden keruulla ei havaittu olevan vaikutusta (Wall 2008). Kyseisessä tutkimuksessa seurattiin ravinnepitoisuuksia hakkuun jälkeen neljän kasvukauden ajan Keski-Suomessa (Wall 2008). Kalium ei ole kasvua rajoittava tekijä kivennäismailla. Hakkuutähteiden poistolla ei havaittu olevan vaikutusta kivennäismaan pintakerroksen typen ja hiilen pitoisuuksiin myöskään 1970-luvulla Ruotsissa käynnistetyssä kokeessa, jossa ravinteiden pitoisuuksia seurattiin 15–16 vuotta hakkuutähteiden korjuun jälkeen päätehakuilla (Olsson ym. 1996b).

Humuskerroksessa hakkuutähteiden korjuu oli puolestaan johtanut merkittävään pitoisuuden alenemiseen sekä typen että hiilen osalta 15–16 vuoden kuluttua korjuusta (Olsson ym. 1996b). Tätä havaintoa tukee myös Hyvönen ym. (2000) arvio siitä, että kuudentoista vuoden kuluttua hakkuusta hakkuutähteet ovat lisänneet humuskerroksen hiilipitoisuutta 50 prosentilla kuusivaltaisilla ja 100 prosentilla mäntyvaltaisilla kohteilla. Vastaavasti Hyvönen ym. (2000) arvioivat hakkuutähteen lisäävän humuskerroksen typpipitoisuutta 30–70 prosentilla kohteesta riippuen. Maaperän eri kerrosten hiilipitoisuudessa ei kuitenkaan havaittu merkittävää lisäystä 15–16 vuoden päästä hakkuusta kokeissa, joissa hakkuutähteitä ei korjattu kohteilta (Olsson ym. 1996b). On syytä huomata, että hakkuutähteen järeämpien osien lahoaminen kestää tutkimusten tarkastelujaksoja kauemmin, eikä kokonaisvaikutusta voida näin ollen vielä arvioida. Hiljattain julkaistussa tutkimuksessa hiilen ja typen mineralisaation havaittiin olevan hitaampaan humuskerroksessa kymmenen vuoden kuluttua kokopuun korjuusta harvennushakkuulla tavanomaiseen harvennukseen verrattuna (Smolander ym. 2008). Hiilen mineralisaation kohdalla ero oli tilastollisesti merkitsevä (Smolander ym. 2008). Myös mikrobieliöstön biomassassa havaittiin olevan jonkin verran vähemmän hiiltä ja typpeä kokopuun korjuun jälkeen (Smolander ym. 2008). Hakkuutähteiden havaittiin hajoavan hitaammin kokopuun korjuun jälkeen tavanomaiseen harvennukseen verrattuna (Smolander ym. 2008) (kuva 2). Kokonaistypen määrässä ei kuitenkaan havaittu merkittäviä muutoksia hakkuutähteiden korjuun seurauksena (Smolander ym. 2008).



Kuva 2. Hakkuutähdekatat muuttavat maaperän lämpötilaa sekä kosteusoloja ja lisäävät hajotusta maaperässä. Hakkuutähteiden on havaittu hajoavan hitaammin kokopuun korjuun jälkeen tavanomaiseen harvennukseen verrattuna. Hakkuutähteiden hajoamista voidaan tutkia kuvan karikepussin avulla. (Kuva: Tiina Sauvula-Seppälä)

Vaikka hakkuutähteiden poistolla ei havaittu olevan vaikutusta lyhyellä aikavälillä maaperän typen varastoihin (Olsson ym. 1996b, Wall 2008), ei pitkän aikavälin vaikutuksia voida varmasti arvioida nykyisen tiedon perusteella maaperän prosessien monimutkaisen luonteen takia. Vaikutusten arvioimisen kannalta on tärkeää tietää tarkemmin, kuinka kauan hakkuutähdekatat pidättävät epäorgaanista typpeä ja vastaavasti milloin hakkuutähdekatasoista alkaa vapautua merkittäviä määriä epäorgaanista typpeä (Wall 2008). Hakkuutähteiden korjuussa poistuvien ravinteiden määriä ei tulisi myöskään verrata vain maaperän orgaanisen aineksen ravinteiden kokonaispitoisuuksiin, vaan helposti käytettävissä olevien yhdisteiden pitoisuuksiin (Helmisaari ym. 2009). Lisäksi vaikutusten arvioinnissa tulee huomioida, että pitkällä aikavälillä maaperän ravinnepitoisuudet voivat muuttua hakkuutähteiden korjuun seurauksena myös epäsuorasti maaperän mikrobitoiminnan muutosten kautta (Helmisaari ym. 2009). Kohteiden välillä voi esiintyä suurta vaihtelua hakkuutähteiden korjuun vaikutuksissa, mikä tulee ottaa huomioon energiapuun korjuuta suunniteltaessa (Olsson ym. 1996b, Wall 2008).

Ravinteisuuden, etenkin typen pitoisuuden lisäksi, metsän tuotoskykyä kuvaavat boreaalisissa metsissä maaperän pH sekä emäskationien pitoisuudet maaperässä. Maaperän happamuus vaikuttaa kasvillisuuden ravinteiden saantiin (Helmisaari ym. 2008). Happamuus myös rajoittaa typen mineralisaatiota (Helmisaari ym. 2008). Energiapuujakeiden sisältämillä emäskationeilla onkin tärkeä merkitys maan puskurikyvyn kannalta (Helmisaari ym. 2008). Hakkuutähteiden korjuun havaittiin vähentävän kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin vaihtuvia varastoja 15–16 vuotta päätehakkuun

jälkeen tehdyissä mittauksissa (Olsson ym. 1996a). Näiden emäskationien poistuminen voi happamoittaa maaperää. Olssonin ym. (1996a) tutkimuksessa maaperän pH:ssa ei havaittu kuitenkaan muutoksia. pH:n ei havaittu muuttuneen myöskään tutkimuksessa, jossa kokopuuta korjattiin harvennuskohteelta toisen kerran saman kiertoajan aikana (Rosenberg ja Jacobson 2004) eikä tutkimuksessa, jossa kokopuuta korjattiin 40-vuotiaasta metsiköstä ensimmäisen kerran (Smolander ym. 2008).

Hakkuutähteiden korjuusta on havaittu seuraavan puuston kasvutappioita lyhyellä aikavälillä (Helmisaari ym. 2008). Kasvun taantumisen alkaminen on tutkimuksissa ajoittunut ajankohtaan, jolloin hakkuutähteestä alkaisi vapautua typpeä (Helmisaari ym. 2008). Esimerkiksi Jacobson ym. (2000) havaitsivat männyn kasvun taantuneen keskimäärin viisi prosenttia ja kuusen kasvun keskimäärin kuusi prosenttia kokopuuta seuranneen ensimmäisen kymmen vuoden aikana harvennuskohteella. Kuusikossa hakkuutähteiden korjuu johtaa kaksinkertaiseen ravinnemenetykseen männiköihin verrattuna (Helmisaari ym. 2009). Kasvun taantumisen havaittiin alkavan neljän vuoden päästä käsittelystä (Jacobson ym. 2000). Kokopuun korjuun vaikutukset kasvuun vaihtelivat suuresti eri kohteiden välillä (Jacobson ym. 2000). Egnell ja Leijon (1997) eivät havainneet tutkimuksessaan merkittäviä kasvutappioita harvennuskohteella ensimmäisen kymmenen vuoden aikana kokopuun korjuun jälkeen. Pohjapinta-alan kasvu oli kuitenkin jonkin verran alhaisempaa kokopuun korjuun jälkeen verrattuna tavanomaiseen harvennukseen (Egnell ja Leijon 1997). Pitkältä aikavälillä tutkimustulokset kasvuvaikutuksista puuttuvat. Hakkuutähteiden korjuu aiheuttaa maaperässä tuotoskykyä kuvaaviin tunnuksiin negatiivisia muutoksia (Helmisaari ym. 2008), ja onkin tarpeen seurata pitkällä aikavälillä energiapuun korjuun vaikutuksia puuston kasvuun.

2.1.2 Kantojen noston vaikutukset maaperän ravinteisiin

Kantojen osuus ravinteiden kierrossa tunnetaan huonosti (Palviainen ym. 2009). Kannot hajoavat latvussmassaa hitaammin (Laurén ja Palviainen 2007, Palviainen ym. 2004b) ja kattavat talousmetsien avohakkuilla suurimman osan lahoppuusta (Palviainen ym. 2009). Viimeaikaisissa tutkimustuloksissa on ilmennyt, että kannot toimivat pitkäaikaisina hiilen ja typen varastoina ja lisäksi kannot sitovat typpeä (Palviainen ym. 2009). Koivun kannoista tyyppi ja hiili vapautuvat kuusen ja männyn kantoja nopeammin (Palviainen ym. 2009). Neljäkymmenen vuoden kuluttua avohakkuusta koivun kantojen alkuperäisestä hiilestä on jäljellä noin 10 % ja havupuiden kantojen alkuperäisestä hiilestä hieman yli 20 % (Palviainen ym. 2009). Koivun kannoista typen vapautuminen alkaa muutaman vuosikymmenen kuluttua hakkuusta (Palviainen ym. 2009). Neljäkymmenen vuoden aikajänteellä typen määrä havupuiden kannoissa kasvoi 1,7–2,7 -kertaiseksi (Palviainen ym. 2009). Verrattuna latvussmassan ympäristöstään sitomaan typen määrään on kantojen sitoman typen määrä merkittävästi suurempi (Hyvönen ym. 2000, Palviainen ym. 2004b, Palviainen ym. 2009). Näin ollen kantojen korjuu vähentää ekosysteemin tulevan typen määrää avohakkuilla (Palviainen ym. 2009).

Edelleen hiljattain julkaistussa tutkimuksessa on selvinnyt, että lahotessaan havupuiden kannot sitovat fosforia ja magnesiumia (Palviainen ym. 2010). Koivun kantojen alkuperäisestä fosforista oli vapautunut keskimäärin 64 % ja magnesiumista keskimäärin 75 % 40 vuoden kuluttua hakkuusta (Palviainen ym. 2010). Kalsium ja kalium sidontaa ei tapahtunut (Palviainen ym. 2010). Ravinteiden alkuperäiset määrät eri puulajien kannoissa vaihtelevat (Palviainen ym. 2010). Ravinteiden, kuten typen ja fosforin sitoutuminen kantoihin ehkäisee ravinteiden huuhtoutumista avohakkuilta (Palviainen ym. 2009, Palviainen ym. 2010). Tutkittaessa maaperän ravinnepitoisuuksia kantojen välittömässä ympäristössä havaittiin kantojen myös lisäävän maaperän ominaisuuksien heterogeenisyyttä (Sucre ja Fox 2009). Hiilen ja typen pitoisuudet kantoja välittömästi ympäröivässä maaperässä olivat merkittävästi muuta ympäristöä korkeammat (Sucre ja Fox 2009).

Kantojen noston havaittiin johtaneen alentuneisiin typen ja hiilen pitoisuuksiin maaperässä 22–29 vuotta kannonnoston jälkeen Pohjois-Amerikassa tehdyssä tutkimuksessa (Zabowski ym. 2008). Verrattuna aloihin, joilta kantoja ei ollut nostettu, kivennäismaan typpipitoisuus oli 20 % alhaisempi ja hiilipitoisuus 24 % alhaisempi kannonnostokohteilla (Zabowski ym. 2008). Lehtien typpipitoisuuden havaittiin myös pienentyneen, mutta ero ei ollut merkittävä (Zabowski ym. 2008). Myös humuskerroksen havaittiin ohentuneen kannonnostokohteilla ja sen kokonaishiilen määrän alentuneen kuudella prosentilla (Zabowski ym. 2008). Kannonnostokohteilla humuskerroksen havaittiin ohentuneen kymmenen vuoden kuluttua käsittelystä myös Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa (Hope 2007). Rönkön ym. (2010) tutkimuksessa havaittu ero kannonnostokohteiden ja tavanomaisesti uudistettujen kohteiden humuskerroksen paksuudessa oli lähes merkittävä vuoden kuluttua kannonnostosta. Humuskerroksen paksuuden muutoksia pidemmällä aikavälillä tulee seurata edelleen (Rönkkö ym. 2010). Vuoden kuluttua kannonnoston jälkeen havaitut humuskerroksen ravinteiden pitoisuuksien muutokset eivät olleet havaittavissa enää kymmenen vuoden kuluttua käsittelystä (Hope 2007). Kivennäismaan hiilipitoisuuden havaittiin nousseen kymmenentenä vuotena kannonnoston jälkeen verrattuna tilanteeseen vuosi kannonnoston jälkeen (Hope 2007).

2.1.3 Orgaanisen aineksen määrä maaperässä

Maaperän orgaanisella aineksella on tärkeä merkitys maaperän vedenpidätyskyvyn kannalta sekä maaperäeliöstölle suotuisien olosuhteiden ylläpitäjänä (Zabowski ym. 2008). Orgaanisen aineen hiili on hajottajaeliöstön pääasiallinen ravinnon lähde (Nave ym. 2010), ja muutokset orgaanisen aineksen määrässä voivat vaikuttaa typen kierron kautta metsän tuottavuuteen (Smolander ym. 2008). Hakkuutähteet sekä kannot kartuttavat hajotessaan maaperän orgaanista ainesta ja toisaalta niiden korjuu energiapuuksi vaikuttaa negatiivisesti maaperään tulevan orgaanisen aineksen määrään. Kannot toimivat hiilen pitkäaikaisena varastona (Palviainen ym. 2009). Hakkuutähteen alkuperäisestä hiilestä on jäljellä sadan vuoden kuluttua hakkuusta muutama prosenti (Hyvönen ym. 2000). Maaperän orgaaninen aines osallistuu monien metsän ekosysteemipalvelujen tuottamiseen vesivarojen hallinnasta hiilen kiertoon (Nave ym. 2010).

Hakkuu vaikuttaa humuskerroksen ja kivennäismaan hiilen varastoihin (Nave ym. 2010). Vaikutukset maaperän eri kerroksissa ovat suhteelliselta suuruudeltaan erilaisia johtuen eroista maakerrosten hiilivarastoissa (Nave ym. 2010). Humuskerroksen suhteellisen pienestä hiilivarastosta suuri osa voi hajota hakkuun jälkeen (Nave ym.

2010). Kivennäismaan hiilivarasto on tähän verrattuna suuri. Energiapuun korjuun lisävaikutusta maaperän orgaanisen aineksen muutokseen voi olla vaikea erottaa hakkuun vaikutuksista (Wall 2010). Energiapuun korjuulla voi olla tulevaisuudessa merkittävä vaikutus metsien hiilitaseisiin, koska energiapuun korjuu vaikuttaa maaperän varastoon tulevan orgaanisen aineksen määrään (Kareinen ym. 2008). Valtaosassa kenttäkokeita energiapuun korjuun ei ole havaittu vaikuttaneen maaperän orgaanisen hiilen määrään (Wall 2010). Hakkuumahdollisuusarvioihin perustuvassa metsien kasvihuonekaasulaskelmassa energiapuun korjuun ei arvioitu uhkaavan metsien asemaa hiilen nieluna tarkastelujaksolla 2005–2034 (Sievänen ym. 2007). Tässä arviossa ei ole kuitenkaan huomioitu energiapuun korjuun mahdollisia vaikutuksia karikkeen hajoamiseen ja metsän kasvuun (Sievänen ym. 2007). Energiapuun korjuun vaikutuksia maaperän orgaaniseen ainekseen tarkastellaan myös tämän kirjoituksen kappaleessa 4.

2.1.4 Maaperän fysikaaliset muutokset

Energiapuun korjuun myötä maaperään kohdistuu suurempi paine kuin tavanomaisen ainespuun korjuun yhteydessä. Tähän johtaa lisääntyneiden ajokertojen määrä, kun energiapuun korjuu vaatii ylimääräisen työvaiheen, tai useammankin ylimääräisen työvaiheen kantojen korjuun tapauksessa (Helmisaari ym. 2008). Myös hakkuutähteiden käyttö ajourien vahvistamisessa estyy, jos hakkuutähteet kerätään energiantuotantoa varten (Lattimore ym. 2009). Etenkin kantojen nosto muokkaa voimakkaasti maaperää ja tämän vaikutukset voivat olla merkittävämpiä kuin kantojen korjuussa poistuva, hakkuutähteisiin verrattuna suhteellisen pieni ravinnemäärä (Helmisaari ym. 2008). Myös hakkuutähteiden korjuulla ja hakkuutähdekasojen poistumisella voi olla suurempi merkitys maaperän fysikaalisten olojen muutoksen kuin ravinnetasapainon kannalta boreaalisen vyöhykkeen metsissä (Wall 2008).

Ylimääräiset ajokerrat voivat johtaa maaperän tiivistymiseen. Tiivistynyt maa haittaa juurten kasvua sekä vähentää maaperän hapen määrää (Helmisaari ym. 2008). Toisaalta kantojen nosto voi myös alentaa maan tiheyttä. Kantojen korjuun vaikutuksia maaperään fysikaalisiin ominaisuuksiin lisää se, että kannot on korjattava sulan maan aikaan (Helmisaari ym. 2008). Maaperän havaittiin tiivistyneen kannonostokohteella vuoden kuluttua käsittelystä, mutta kymmenen vuoden kuluttua kannonnostosta tiivistymistä ei ollut enää havaittavissa (Hope ym. 2007). Toisessa tutkimuksessa kannonostokohteilla ei havaittu maaperän tiivistymistä tavanomaisiin uudistusaloihin verrattuna vuoden päästä käsittelystä (Ulander 2010).

Kannonnoston yhteydessä syntyy muodoltaan ja syvyydeltään vaihtelevia kuoppia. Rönkkön ym. (2010) tutkimuksessa syviä kuoppia havaittiin kaikilta tutkimuksen kannonostokohteilta, mutta verrattuna tavanomaisesti uudistettuihin kohteisiin ei kuoppien määrässä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kannonnosto paljastaa myös kivennäismaata, rikkoo humuskerrosta sekä johtaa maakerrosten sekoittumiseen (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010). Kannonnoston havaittiin paljastavan merkittävästi enemmän kivennäismaata tavanomaiseen metsänuudistamiseen verrattuna (Rönkkö ym. 2010) (kuva 3). Kannonostokohteilla paljastuneen kivennäismaan osuus oli 48 % ja tavanomaisilla uudistuskohteilla 34 % (Rönkkö ym. 2010). Strandström (2006) raportoi kannonnoston rikkoneen 65–90 % kannonostokohteen pinta-alasta. Vastaavasti Oksa (2005) raportoi kannonnoston ja maanmuokkauksen rikkoneen 51 % maanpinnasta. Rönkkö ym. (2010) havaitsivat myös eron humuskerroksen paksuudessa kannonostokohteiden ja tavanomaisten uudistusalojen välillä olevan tilastollisesti lähes merkitsevä, ja humuskerroksen muutoksia on syytä seurata pidem-

mällä aikavälillä. Vesistökuormituksen on havaittu kasvavan päätehakkuita seuraavan maanmuokkauksen voimakkuuden kasvaessa (Koivusalo ym. 2007). Kantojen noston aiheuttama maanpinnan rikkoutuminen ja sen seurannaisvaikutukset voivat johtaa vesistökuormituksen kasvuun, mutta toisaalta kantojen nostoa edeltävä hakkuutähteiden keruu voi vähentää vapautuvien ravinteiden määrää. Kantojen nostotekniikan kehittyessä maaperään kohdistuva paine voi vähentyä (Zabowski ym. 2008).



Kuva 3. Kannonnostokohteilla havaittiin paljastuvan kivennäismaata merkittävästi tavanomaisia uudistuskohteita enemmän. (Kuva: Jussi Laurila)

2.2 Energiapuun korjuun vaikutukset biodiversiteettiin

2.2.1 Lahopuu ja siitä riippuvaiset lajit

Arvioitaessa energiapuun korjuun vaikutuksia biodiversiteettiin, tulee tarkastella erityisesti vaikutuksia uhanalaisiin lajeihin sekä lajien taantumista ja sukupuuttoon kuolemista (Jonsell 2007). Lahopuun vähäinen määrä talousmetsissä on monimuotoisuuden säilymisen kannalta yksi ongelmallisimmista tekijöistä. Suomen metsien lajeista viidennes on riippuvainen lahopuusta ja uhatuista lajeista suurelle osalle taantumisen syyksi on arvioitu lahopuun väheneminen (Siitonen 2008). Puuntuotannossa olevissa metsissä lahopuuta on keskimäärin hieman alle 5 m³ hehtaarilla, kun suojelluissa metsissä lahopuuta on lähes 13 m³ hehtaarilla (Ihalainen ja Mäkelä 2009). Energiapuun korjuu päätehakkuilta vähentää lahopuuta entisestään, kun sekä pieniläpimittainen hakkuutähde että kannot ja mahdollisesti järeää hukkarunkopuuta korjataan energiantuotantoon (kuva 4). Lisäksi ajokertojen lisääntynyt määrä voi johtaa järeän lahopuun tuhoutumiseen energiapuun korjuukohteilla.



Kuva 4. Kannoilla ja hakkuutähteellä on tärkeä merkitys talousmetsissä lahoppuuna. Korjaamalla kannot ja hakkuutähteet energiantuotantoon vähennetään talousmetsien lahoppuun määrää entisestään. (Kuva: Essi Ulander)

Kannoilla ja hakkuutähteellä on talousmetsissä tärkeä merkitys lahoppuuna (Caruso ym. 2008). Erityisesti lehtipuun kannoilla voi olla suuri merkitys lahoppuusta riippuvaisten lajien kannalta (Jonsell 2007). Kannonnoston havaittiin vähentävän merkittävästi myös järeän lahoppuun ja erityisesti pitkälle lahonneiden kappaleiden määrää (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010). Puolestaan tavanomaisella maanmuokkauksella ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta lahoppuun määrään (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010).

Hakkuutähteiden korjuun on havaittu vaikuttavan liikkuvaisten, ylempällä trofiatasolla olevien eläinten, kuten punkkien ja hämähäkkien esiintymiseen (Bengtsson ym. 1998). Maaperän ravintoverkossa havaitut kokopuun korjuuta seuranneet muutokset eivät johtaneet minkään lajiryhmän häviämiseen, mutta muuttivat lajien yksilömääriä (Bengtsson ym. 1998). Havaitut vaikutukset olivat pitkäaikaisia (Bengtsson ym. 1998). Maaperässä hajotustoimintaan osallistuvien sienien ja bakteerien biomassassa ei havaittu muutoksia hakkuutähteiden korjuun jälkeen (Bengtsson ym. 1998). Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että useat lahoppuusta riippuvaiset kovakuoriaiset, joiden mukana oli myös uhattuja lajeja, hyödyntävät hakkuutähdettä elinympäristönään (Jonsell ym. 2007). Puulajilla oli suuri merkitys hakkuutähteessä esiintyvien suojeltavien lajien määrään, ja esimerkiksi kuusella uhattuja lajeja viihtyi vähemmän kuin lehtipuilla (Jonsell ym. 2007). Kannot ovat puolestaan tärkeitä jäkälälajien selviytymisen kannalta (Caruso ym. 2008).

2.2.2 Energiapuun korjuun vaikutukset kasvillisuuteen

Kasvillisuuden palautuminen avohakkuun tai energiapuun korjuun jälkeen on tärkeässä asemassa ravinteiden pidättymisen kannalta (Palviainen ym. 2005a). Ravinteiden pidättyminen nopeasti palautuvaan kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuuteen edistää metsän tuotoskyvyn säilymistä ravinteiden pysyessä häiriön jälkeen kyseisessä ekosysteemissä (Palviainen ym. 2005b). Myös metsänhoidon vesistövaikutusten kannalta kasvillisuuden ravinteiden pidätyskyky, ja myöhemmin taimien ravinteiden sidonta, ovat tärkeitä (Palviainen ym. 2005a, Palviainen ym. 2007, Piirainen 2007). Avohakkuu ja maanmuokkaus muuttavat oleellisesti kasvillisuutta ja useiden vuosien ajan avohakkuun jälkeen kasvillisuuden biomassa on alhaisemmalla tasolla kuin ennen avohakkuuta (Laurén ja Palviainen 2007, Palviainen ym. 2007). Eri kasviryhmittä reagoivat eri tavalla häiriöihin ja lisäksi kenttäkerroksen kasvillisuus ja pohjakasvillisuus kehittyvät eri tavoin maanmuokkauksen jäljiltä syntyneissä kivennäismaalakuissa, mättäillä sekä maanpinnan rikkoutumattomissa osissa (Palviainen ym. 2007). Ravinteiden kierron lisäksi kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuudella on tärkeä merkitys myös ravinnonlähteenä sekä monien lajien suojana ja elinympäristönä (Craig ja Macdonald 2009).

Kantojen noston vaikutuksista kasvillisuuteen on tehty tutkimuksia Pohjois-Amerikassa (Kaye ym. 2008). Energiakäyttöön kantoja nostetaan laajemmassa mittakaavassa Suomessa (Walmsley ja Godbold 2009), Pohjois-Amerikan kokeissa on tutkittu kannonoston mahdollisuuksia juurikäävän torjumisessa (Kaye ym. 2008). Tutkimuksessa 24–28 vuotta kantojen noston jälkeen tehdyt mittaukset osoittivat kantojen noston vaikuttavan merkittävästi pitkällä aikavälillä kasvillisuuteen, mutta vaikutukset vaihtelivat kasviryhmittäin (Kaye ym. 2008). Heinä- ja ruohovartisten kasvien sekä tulo- ja kaslajien diversiteetti kasvoi, kun taas varpujen diversiteetti pieneni kannonostokohteilla (Kaye ym. 2008). Kokonaisuudessaan kasvillisuuden peittävyys oli merkittävästi alhaisempi kannonostokohteilla verrattuna kohteisiin, joilta kantoja ei ollut nostettu (Kaye ym. 2008). Kasvillisuuden muutokset voivat olla seurausta kivennäismaan paljastumisesta ja maakerrosten sekoittumisesta, siementen sekoittumisesta maaperään sekä ravinteiden saatavuuden ja kosteusolojen muutoksista (Kaye ym. 2008). Kantojen noston yhteydessä humuskerros rikkoontuu laajemmalla alueella tavanomaiseen maanmuokkaukseen verrattuna (Rönkkö ym. 2010). Kasvillisuuden kehitys voi säilyä kauan erilaisena kivennäismaan ja orgaanisen aineksen laikuissa (Palviainen ym. 2007). Kasvillisuuden muutokset ja kehitys häiriön jälkeen ovatkin riippuvaisia eri pintojen suhteellisista osuuksista metsikössä (Palviainen ym. 2007). Kantojen nostomenetelmien kehittyminen todennäköisesti vähentää kasvillisuuteen kohdistuvaa painetta.

Hakkuutähteen poiston vaikutukset kasvillisuuteen ovat vähäisiä ja lähellä kasvillisuuden luontaista vaihtelua (Siitonen 2008). Sammallajit voivat kärsiä muita lajeja herkemmin (Siitonen 2008). Korjattavan energiapuun mukana poistuvat ravinteet voivat myös muuttaa palautuvan kasvillisuuden rakennetta. Esimerkiksi tyyppiä suosivat lajit, kuten maitohorsma ja vadelma, voivat vähentyä (Siitonen 2008). Energiapuun korjuun vaikutukset kohdistunevat kuitenkin lähinnä yleisiin metsäkasvilajeihin harvinaisten lajien kasvaessa suojelluissa elinympäristöissä, joista energiapuuta ei korjata (Siitonen 2008). Päätehakkuulla hakkuutähteen korjuu vähensi ruoho- ja heinäkasvien peittävyttä ja lisäsi esimerkiksi mustikan peittävyttä 8–16 vuotta käsittelyjen jälkeen (Olsson ja Staaf 1995). Havaitut erot olivat pieniä ja muistuttivat kasvillisuuden luontaista vaihtelua (Olsson ja Staaf 1995). Tarkasteltaessa toisen kerran saman kiertoajan aikana tapahtuvaa kokopuun korjuuta harvennuskohteella, ei kenttäkerroksen kasvillisuudessa tai sammalissa havaittu merkittäviä muutoksia (Ro-

senberg ja Jacobson 2004). Kasvillisuuden peittävyys oli tutkimuksessa jonkin verran alhaisempi tavanomaiseen harvennukseen verrattuna, mutta ero ei ollut merkittävä (Rosenberg ja Jacobson 2004). Toisessa tutkimuksessa sammallajeissa havaittiin merkittäviä muutoksia hakkuutähteen korjuun jälkeen päätehakkuulla (Åström ym. 2005). Sammallaajien lajimäärä pieneni ja putkilokasvien lajimäärä kasvoi hieman (Åström ym. 2005). Maaperän happamuus stimuloi sammalten leviämistä ja näin ollen onkin arvioitu, että energiapuun korjuusta seuraavat mahdollisesti muutokset maan happamuudessa voivat vaikuttaa myös sammaliin (Åström ym. 2005). Hakkuutähteen ja kantojen korjuu voi lisätä luonnontaimien määrää uudistusalueilla. Etenkin lehtipuuden taimia arvellaan syntyvän lisää. Tämän vaikutuksia metsän lajistoon pidemmällä aikavälillä ei kuitenkaan tunneta.

3 SUOMETSÄT ENERGIAPUUN KORJUUKOhteina

3.1 Vaillinaista tietoa energiapuun korjuun vaikutuksista suometsissä

Turvemaiden energiapuun korjuun vaikutuksista esimerkiksi ravinnetaseisiin ei ole juurikaan julkaistua tutkimustietoa (Helmisaari ym. 2008, Hytönen ym. 2010), mikä vaikeuttaa kokonaiskäsityksen muodostamista energiapuun korjuun ympäristövaikutuksista suometsissä. Energiapuun korjuusuosituksissa kokopuun ja hakkuutähteen korjuuta sekä kantojen nostoa ei ole suositeltu puolukaturvekankailta ja sitä karumilta turvemailta (Koistinen ja Äijälä 2005). Uusissa, kesällä 2010 ilmestyneissä energiapuun korjuusuosituksissa turvemaiden energiapuun korjuuta ei ole kuitenkaan esitetty rajoitettavaksi puolukaturvekankailta ja tätä viljavammilta kasvupaikoilta (Äijälä ym. 2010). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsämaasta 40 % on soita ja turvekankaita (Metsätalastollinen vuosikirja 2009). Valtakunnallisesti suuressa osassa turvemaiden metsistä on suuri harvennustarve (Helmisaari ym. 2008). Turvemaiden energiapuunarvot ovat olleet lähes hyödyntämättöminä ja energiapuun korjuu turvemailta yleistynee tulevaisuudessa.

Kokopuun korjuuta turvemailta, etenkin paksuturpeisilta kohteilta, on rajoittanut huoli ravinnetasapainosta kokopuun mukana poistuvia ravinteita korvaavan kivennäismaakerroksen puuttuessa näiltä kohteilta (Hytönen ym. 2010). Erityisen ongelmallista tämä on päätehakkuiden energiapuun korjuun yhteydessä (Helmisaari ym. 2008). Kivennäismaiden metsistä poiketen ojitettujen turvemaiden puuston kasvua rajoittavat ravinteet ovat fosfori, boori sekä kalium (Helmisaari ym. 2008). Turvemailta jo ainespuun korjuussa voidaan poistaa merkittävä osa metsän boorin ja kaliumin varastoista (Helmisaari ym. 2008), sillä näiden ravinteiden pitoisuudet puustossa ja pintaturpeessa ovat lähellä toisiaan (Hytönen ym. 2010). Hakkuutähteen korjuun on havaittu vähentävän maaperän kaliumpitoisuutta, ja turvemailta tämä voi johtaa tuotoskyvyn alenemiseen (Wall 2008) sekä aiheuttaa puuston ravinnepuutoksia ja epätasapainotiloja (Hytönen ym. 2010). Juurikerroksen ravinnemääriin verrattuna hakkuutähteen korjuussa poistuvat typen ja fosforin määrät ovat pieniä (Helmisaari ym. 2008). Jos kuitenkin myös kannot kerätään turvemaiden kohteilta, voi myös fosforia poistua tuotoskyvylle haitallisissa määrin (Helmisaari ym. 2008). Häiriöiden jälkeen turvemailta voi myös huuhtoutua kivennäismaita enemmän fosforia turvemaiden huonon fosforin pidätyskyvyn vuoksi, mikä lisää puunkorjuun vesistökuormitusta (Piirainen 2007). Turvemaiden puunkorjuuta hankaloittaa myös maan heikko kantavuus (Hytönen ym. 2010). Esimerkiksi kantojen nosto voi heikentää maan kantavuutta entisestään sekä johtaa maan tiivistymiseen (Helmisaari ym. 2008).

Turvemaiden ensiharvennuksella selvitettiin kokopuun korjuun vaikutuksia ravinnetalouteen ja havaittiin kokopuun korjuun vähentävän metsään jäävän kaliumin määrää noin 30–60 prosentilla ainespuun korjuuseen verrattuna (Hytönen ym. 2010). Tietoa kokopuun korjuun vaikutuksista puustoon saadaan kuitenkin vasta pidempi-ikäisten seurantajaksojen jälkeen.

Suometsien energiapuun korjuun ympäristövaikutuksiin liittyviä avoimia kysymyksiä ovat muun muassa vaikutukset kasvillisuuteen, maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä esimerkiksi maaperän kasvihuonekaasutaseisiin, jotka poikkeavat kivennäismaiden kasvihuonekaasutaseista. Suometsien energiapuun korjuuta koskevia kenttäkoesarjoja on käynnistetty viime vuosina. Kestää kuitenkin vielä jonkin aikaa, ennen kuin alustavia tuloksia näistä tutkimuksista saadaan. Lisäksi pitkän aikavälin vaikutuksia arvioitaessa joudutaan tukeutumaan lyhyen aikavälin tuloksiin koesarjojen ollessa vielä suhteellisen nuoria. Näin ollen riittävän kattavia tuloksia suometsien energiapuun korjuun ympäristövaikutuksista ei ole vielä saatavilla. Tällä on erityisesti alueellista merkitystä suunniteltaessa energiapuun korjuuta Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueella.

4 METSÄENERGIAN TUOTANTOKETJUN JA KÄYTÖN PÄÄSTÖT

4.1.1 Metsähakkeen tuotantoketjujen suorat päästöt

Metsäenergian, kuten muidenkin uusiutuvan energian muotojen käytöllä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita ja näin hillitä ilmastonmuutosta. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta etu saavutetaan hiilidioksidipäästöjä pienentämällä. Puun polton ajatellaan olevan hiilineutraalia koska metsän uusiutuva biomassa sitoo poltossa ilmakehään vapautuneen hiilidioksidin uudelleen (Lattimore ym. 2009, Wihersaari 2005b). Laskentateknisesti puun polton päästöjä ei huomioida kasvihuonekaasutaselaskelmissa, koska vaikutus huomioidaan jo puustopääoman muutosta laskettaessa (Kareinen ym. 2008). Energiapuun polton lisäksi metsäenergian tuotannosta syntyy suoria päästöjä tuotantoketjun eri vaiheissa hakkuusta haketukseen ja kaukokuljetukseen. Eri tuotantoketjut aiheuttavat vaihtelevia määriä kasvihuonekaasupäästöjä sekä käyttävät eri määrän fossiilisia polttoaineita tuotettua energiayksikköä kohti (Näslund Eriksson ja Gustavsson 2008). Myös metsähakkeen ja energiapuun varastoinnin aikana syntyy päästöjä (Ulander ja Sauvula-Seppälä 2010, Wihersaari 2005a). Näin ollen metsäenergian tuotantoketjut vaihtelevat ympäristövaikutuksiltaan (kuva 5).



Kuva 5. Myös energiapuun varastoinnin aikana syntyy päästöjä, jotka tulee ottaa huomioon arvioitaessa metsähakkeen tuotantoketjujen ympäristövaikutuksia. (Kuva: Jussi Laurila)

Metsäenergian tuotantoketjujen päästöjä sekä primaarienergian kulutusta on arvioitu useissa tutkimuksissa. Wihersaari (2005b) arvioi päätehakkuilta korjattavan metsäenergian eri tuotantoketjujen primaarienergiankulutuksen olevan 2–3 % tuotetusta energiasta. Vastaavasti energiapuun korjuun, haketuksen ja kaukokuljetuksen kasvihuonekaasupäästöt olivat 4–7 kg CO₂-ekvivalenttia tuotettua energiayksikköä kohden (Wihersaari 2005b). Vaihtelu aiheutui käytetyistä hakkuu- ja haketusmenetelmistä sekä kaukokuljetusmatkasta (Wihersaari 2005b). Tämän laskelman mukaan 75–98 % kasvihuonekaasupäästöistä voitaisiin korvata metsäenergian käytöllä verrattuna saman energiamäärän tuottamiseen fossiilisilla polttoaineilla (Wihersaari 2005b). Kantojen nosto vaatii suhteellisen paljon primaarienergiaa, mutta suuri saanto alentaa primaarienergian käyttöä per tuotettu bioenergiayksikkö (Näslund Eriksson ja Gustavsson 2008). Hiilidioksidipäästöt kantojen nostosta, murskauksesta ja kuljetuksesta olivat noin 1,8 kg C MWh⁻¹ (Näslund Eriksson ja Gustavsson 2008). Hakkuutähteiden korjuuseen, kuljetukseen ja haketukseen sekä koneiden siirtoihin tarvittava primaarienergia oli Mälkin ja Virtasen (2003) tutkimuksessa 2,8–3,7 % tuotetusta energiasta. CO₂-päästöt vaihtelivat välillä 7–9 kg CO₂ MWh⁻¹ (Mälkki ja Virtanen 2003). Lindholm ym. (2010) laskivat hakkuutähteiden ja kantojen tuotantoketjujen päästöjen vaihtelevan välillä 5,4–12,6 kg CO₂-ekvivalenttia MWh⁻¹. Lindholm ym. (2010) arvioivat tutkimuksessaan myös metsäenergian tuotantoketjujen rehevöittäviä ja happamoittavia päästöjä. Rehevöittävät päästöt vaihtelivat fosfaattiekvivalenteina ilmaistuna välillä 4,3–10,0 g PO₄³⁻-ekvivalenttia MWh⁻¹ ja happamoittavat päästöt rikkidioksidiekvivalenteina ilmaistuna välillä 24–58 g SO₂-ekvivalenttia MWh⁻¹. Tuotantoketjujen kehittyminen voi alentaa tuotantoketjun päästöjä tuotettua energiayksikköä kohden, mutta toisaalta metsäenergian käytön lisääntyessä joudutaan

siirtymään huonommille hankintakohteille pidempien matkojen päähän, mikä lisää sekä tuotannon kustannuksia että tuotannosta aiheutuvia päästöjä.

Metsähakkeen varastoinninaikaisista kasvihuonekaasupäästöistä suurin osa on metaania ja dityppioksidia (Wihersaari 2005a). Hiilidioksidiin verrattuna nämä ovat huomattavasti voimakkaampia kasvihuonekaasuja. Varastoinninaikaiset kasvihuonekaasupäästöt riippuvat muun muassa hakekasan lämpötilasta, joka vaikuttaa hakkeen hajoamiseen (Wihersaari 2005a). Arvion mukaan varastoinninaikaiset päästöt voivat olla merkittävästi suuremmat kuin tuotanto- ja kuljetusketjun päästöt (Wihersaari 2005a). Kuuden kuukauden varastoinnin aikana hakkeesta voi vapautua 58–144 kg CO₂-ekvivalenttia tuotettua energiayksikköä kohden (Wihersaari 2005a), kun päästöt tuotantoketjussa ovat yhden arvion mukaan luokkaa 4–7 kg CO₂-ekvivalenttia tuotettua energiayksikköä kohti (Wihersaari 2005b). Varastoinninaikaiset kasvihuonekaasupäästöt tulee ottaa huomioon, jotta metsäenergian tuotannon päästöistä voidaan muodostaa luotettava kuva. Kuortaneella Etelä-Pohjanmaalla puolestaan mitattiin pienimuotoisessa tapaustutkimuksessa energiapuukasalta korkeita typen ja fosforin pitoisuuksia kasan läpi valuneesta sadevedestä tausta-arvoihin verrattuna (Ulander ja Sauvula-Seppälä 2010). Kasasta varisee varastointipaikalle myös kariketta. Energiapuun korjuusuosituksissa suositellaan välttämään varastointikasojen sijoittamista toimivien ojien päälle (Koistinen ja Äijälä 2005, Äijälä ym. 2010). Ravinteiden ja kiintoaineiden huuhtoutumisen sekä vesiensuojelun kannalta suositusta on syytä noudattaa (Ulander ja Sauvula-Seppälä 2010).

4.1.2 Metsäenergian käytön epäsuorat päästöt

Metsäenergian käytön epäsuorat päästöt syntyvät metsän orgaanisen aineksen määrässä sekä orgaanisen aineksen hajoamisessa tapahtuvien muutosten kautta. Energiapuun korjuuta seuraavat mahdolliset muutokset maaperän hiilivarastossa on tärkeä ottaa huomioon metsäenergian käytön kasvihuonekaasupäästöjä arvioitaessa (Wihersaari 2005b). Valtaosassa lyhytaikaisia tutkimuksia ei energiapuun korjuun ole havaittu aiheuttaneen merkittäviä muutoksia maaperän hiilivarastossa (Wall 2010), kuten edellä kappaleessa 2 on esitelty. Maaperässä tapahtuvia muutoksia ei kuitenkaan tunneta vielä riittävän hyvin ja maaperän prosesseihin liittyvät epävarmuustekijät tulee huomioida energiapuun käyttöä koskevassa päätöksenteossa.

Repo ym. (2010) arvioivat metsäenergian käytöstä aiheutuvaa epäsuoraa päästöä, joka syntyy kun hakkuutähteiden hiili vapautuu polton aikana välittömästi hitaasti metsässä tapahtuvan hajoamisen sijaan. Poltossa vapautuvat hiilidioksidipäästöt ovat verrattavissa fossiilisten polttoaineiden päästöihin, mutta toisaalta hakkuutähte vapauttaisi sisältämänsä hiilen myös hajotessaan metsässä. Vertaamalla hakkuutähteiden hajoamisnopeutta metsässä ja poltossa välittömästi vapautuvaa hiilidioksidia Repo ym. (2010) päättelevät, että pitkällä aikajänteellä bioenergian käytöllä voidaan alentaa ilmakehään tulevia hiilidioksidipäästöjä, mutta lyhyellä aikajänteellä energian tuottaminen hakkuutähteistä ei alenna hiilidioksidipäästöjä. Aikajänne sekä maankäytön muutoksiin liittyvät epäsuorat päästöt tulisi huomioida päätöksenteossa (Repo ym. 2010).

Myös muut prosessit vaikuttavat orgaanisen aineksen hajoamiseen metsässä. Karhun ym. (2010) tutkimuksessa selvitettiin lämpenevän ilmaston vaikutuksia maaperän orgaanisen hiilen hajoamiseen. Tutkimuksen tulosten perusteella arvioitiin, että lämpenevän ilmaston aiheuttaman nykyistä nopeamman maaperän orgaanisen hiilen

hajoamisen kompensointi vaatisi yli 100 prosentin kasvua maaperään tulevassa hiilisyötteessä (Karhu ym. 2010). Energiapuu korjuu pienentää tätä syötettä. Maaperän prosessit on tunnettava nykyistä paremmin, jotta voidaan arvioida riittävän tarkasti energiapuun korjuun vaikutuksia maaperän hiilitaseisiin. Metsäenergian käytön keskeytyksen kannalta tämä on avainasemassa.

4.2 Päästöjä energiapuuta käyttäviltä polttolaitoksilta

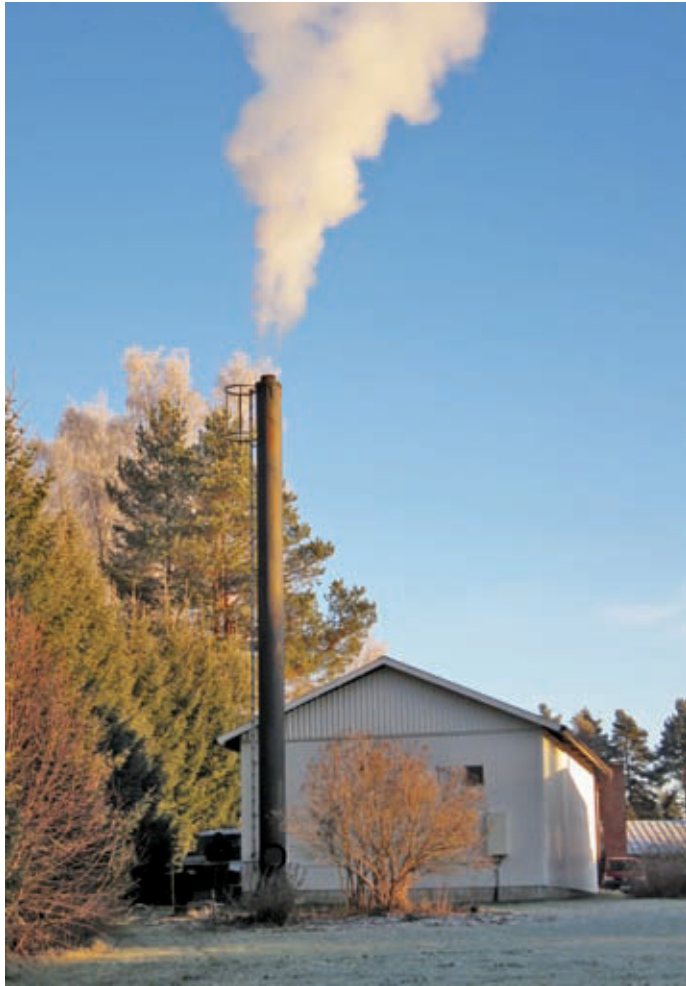
Metsäenergian käytöllä voi olla negatiivisia vaikutuksia ilmanlaatuun (Jonsson ja Hillring 2006). Biomassan poltto lisää pienhiukkasten, typenoksidien ja hiilivetyjen määrää ilmassa (Nussbaumer 2003). Lisäksi nämä osallistuvat ilmakehässä sekundääristen partikkelien, kuten alailmakehän otsonin ja happamoittavien päästöjen muodostamiseen (Winter ym. 1999). Ihmisten terveydelle haitalliset pienhiukkaset ovat yksi suurimmista ilmansuojelun haasteista, ja paikallisesti puun poltto on merkittävästi pienhiukkasten määrää ilmassa lisäävä tekijä (Karvosenoja ja Johansson 2003). Pienhiukkaset on yhdistetty muun muassa hengityselinten sairauksiin (Kennedy 2007). Lisäksi biomassojen polttaminen voi tuottaa dityppioksidia ja metaania (Johansson ym. 2004, Winter ym. 1999), jotka ovat hiilidioksidia kymmeniä kertoja voimakkaampia kasvihuonekaasuja. Hiukkasten vaikutus ilmastonmuutokseen tunnetaan puolestaan vielä huonosti. Pienhiukkaset voivat joko absorboida tai heijastaa auringon säteilyä (Sippula 2010). Metsäenergian poltossa syntyy päästöjä joko epätäydellisen palamisen seurauksena (häkä, noki, polysykliset aromaattiset hiilivedyt) tai polttoaineen kemiallisen koostumuksen takia (esim. typen oksidit) (Nussbaumer 2003).

Korkeat päästöt ovat erityisesti pienempien polttolaitosten ongelma. Näissä kuormitus on usein vaihtelevan lämmöntarpeen vuoksi epätasaista (Pagels ym. 2003) ja lisäksi pienet laitokset on harvoin varustettu tehokkailla hiukkassuodattimilla (Sippula 2010). Pienen kokoluokan laitoksissa myös savupiiput ovat matalia ja päästökorkeus näin ollen alhainen (Tissari 2008), mikä lisää päästöjen haitallisuutta. Pienten lämpölaitosten koko vaihtelee tyypillisesti välillä 0,5–10 MW (Lillieblad ym. 2004, Nussbaumer 2003). Myös kotitalousluokassa puun poltto on yleistä (Tissari ym. 2009). Pienen kokoluokan lämpölaitoksissa arinakattilat ovat tyypillisesti käytetty polttotekniikka (Sippula 2010). Puun lisäksi turve ja esimerkiksi ruokohelpi ovat sopivia polttoaineita (kuva 6). Polttoaineen laadussa voi olla suuria eroja esimerkiksi kosteuspitoisuuden vaihdellessa, mikä voi vaikeuttaa edelleen poltto-prosessin hallintaa.



Kuva 6. Pienen kokoluokan lämpölaitoksilla käytetään tyypillisesti puuta ja turvetta. Polttoaineen laadussa voi olla suuria eroja muun muassa polttoaineen kosteuspitoisuuden vaihtelujen takia. (Kuva: Essi Ulander)

Biomassan polton päästöjä voidaan alentaa muun muassa palamisen optimoinnilla (Nussbaumer 2003, Ulander ja Laurila 2010) sekä sopivilla polttoainevalinnoilla (Ulander ja Laurila 2010) (kuva 7). Pienihiukkaspäästöjä voidaan alentaa sopivilla, tehokkailla hiukkassuodattimilla. Ympäristölle ja ihmisille haitallisten päästöjen alentamiseksi on myös tärkeää varmistaa, että riittävien teknologisten ratkaisujen lisäksi lämpölaitosten käyttäjillä on riittävä tietotaso esimerkiksi polttoprosessin säätämiseksi (Ulander ja Laurila 2010). Tällä hetkellä pienen kokoluokan laitosten päästöjä ei säädellä tiukasti, mutta on oletettavaa, että niidenkin päästörajat tiukentuvat tulevaisuudessa (Sippula ym. 2009).



Kuva 7. Biomassan poltto voi lisätä pienhiukkasten, typen oksidien ja hiilivetyjen määrää ilmassa. Päästöjä voidaan alentaa palamisen optimoinnilla, sopivilla polttoainevalinnoilla sekä hiukkassuodattimilla. (Kuva: Essi Ulander)

5 METSÄENERGIAA KESTÄVÄSTI

Edellä on esitelty metsäenergian tuotantoon ja käyttöön liittyviä ympäristökysymyksiä tarkastellen ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia kaikissa tuotantoketjun osissa hankintakohteista hakkuu- ja kuljetusketjuihin sekä käyttöpaikoille. Kaikkien tarkasteltujen osa-alueiden kohdalla on jouduttu toteamaan, että tieto on edelleen vaillinaista tai perustuu lyhyisiin tutkimuksiin, jolloin pidempiaikaisia vaikutuksia ei voida nykytiedon pohjalta arvioida. Luotettavien arvioiden tueksi tarvitaan myös useammille kasvupaikoille ulottuvia seurantoja, koska joltakin tietyltä kasvupaikalta havaittuja muutoksia ei voida yleistää muille kasvupaikoille. Alueellisen päätöksenteon kannalta on tärkeää tuntea energiapuun korjuun vaikutukset tarkemmin erilaisissa metsiköissä. Metsäenergian tuotannon ekologisen kestävyysarvioimisen kannalta on taas kyettävä muodostamaan kuva laajan mittakaavan vaikutuksista pitkällä aikavälillä, jolloin metsikkökohtainen tarkastelu ei ole riittävä taso.

Energiapuun korjuun ympäristövaikutuksia koskevan tiedon ollessa riittämätöntä, on energiapuun korjuusuosituksissa tukeuduttu varovaisuusperiaatteeseen (Koistinen ja Äijälä 2005, Äijälä ym. 2010). Varovaisuusperiaatteen mukaisesti esimerkiksi tietty määrä hakkuutähteestä ja kannoista suositellaan jätettäväksi korjaamatta. Tutkimuskohteilla korjataan usein hakkuutähteet ja kannot tarkemmin kuin käytännössä korjattaisiin ja näin ollen tutkimustulokset kuvaavat tietynlaista ääritilannetta. Todellisilla korjuukohteilla tehdyissä tutkimuksissa on puolestaan todettu, että esimerkiksi kantoja jätetään korjaamatta selvästi suosituksia enemmän (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010, Rönkkö ym. 2010). Tämä voi pienentää energiapuun korjuun mahdollisia haitallisia vaikutuksia. Toisaalta korjuumenetelmien kehittyminen voi mahdollistaa energiapuun entistä tarkemman korjuun. Saannon kasvattamisen kannalta tämä voi olla tavoiteltavaa, mutta esimerkiksi lahopuusta riippuvaisten lajien kannalta arveluttavaa. Maaperän hiilivaraston ja puuston kasvun kannalta energiapuun korjuun vaikutukset tunnetaan huonosti. Varovaisuusperiaatteen noudattaminen on tärkeää, jotta energiapuun korjuu ei johda kestävästi metsien ilmastomuutosta hillitsevän hiilinielun pienenemiseen maaperän hiilivaraston tai puuston kasvun muutosten kautta.

Energiapuun korjuusuosituksia tulee muuttaa tutkimustulosten osoittaessa siihen olevan tarvetta (Lattimore ym. 2009). Tutkimuksia on syytä edelleen jatkaa. Lisäksi tiettyjen vaatelioiden lajien selviytyminen on turvattava riittäväillä käsittelemättä jätettävillä alueilla (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010). Ja edelleen, energiapuun korjuuta koskevassa päätöksenteossa tulee ottaa ympäristönäkökohdat huomioon, jotta bioenergiaa tuotetaan kestäväällä tavalla.

LÄHTEET

Bengtsson, J., Lundkvist, H., Saetre, P., Sohlenius, B. & Solbreck, B. 1998. Effects of organic matter removal on the soil food web: Forestry practices meet ecological theory. *Applied Soil Ecology* 9: 137–143.

Caruso, A., Rudolphi, J. & Thor, G. 2008. Lichen species diversity and substrate amounts in young planted boreal forests: A comparison between slash and stumps of *Picea abies*. *Biological Conservation* 141: 47–55.

Craig, A. & Macdonald, S. E. 2009. Threshold effects of variable retention harvesting on understory plant communities in the boreal mixedwood forest. *Forest Ecology and Management* 258: 2619–2627.

Egnell, G. & Leijon, B. 1997. Effects of different levels of biomass removal in thinning on short-term production of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 17–26.

Helmisaari, H.-S., Finér, L., Kukkola, M., Lindroos, A.-J., LUIRO, J., Piirainen, S., Saarsalmi, A., Smolander, A. & Tamminen, P. 2008. '3. Energiapuun korjuu ja metsän ravinnetase' Ss. 18-29 julkaisussa Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Verkkodokumentti]. Saatavissa osoitteesta: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti. (Viimeksi käyty: 4.1.2010).

Helmisaari, H.-S., Kukkola, M., LUIRO, J., Saarsalmi, A., Smolander, A. & Tamminen, P. 2009.

Hakkuutähteen korjuu – muuttuuko typen saatavuus? Metsätieteen aikakauskirja 1/2009: 57-62.

Hope, G. 2007. Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of 10 years after stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia. *Forest Ecology and Management* 242: 625–635.

Hytönen, J., Moilanen, M., Kohal, O. & Lokasaari, A. 2010. 'Hakkuutähteen määrä ja ravinnesisältö aines- ja energiapuukorjuun jälkeen ojitettujen turvemaiden ensiharvennuskäytössä' Ss. 71–80 julkaisussa Sauvula-Seppälä, T., Ulander, E. & Tasanen, T. (toim.) 2010. Kehittyvä metsäenergia, Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa 18.11.2009. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 46. 105 s.

Hyvönen, R., Olsson, B., Lundkvist, H. & Staaf, H. 2000. Decomposition and nutrient release from *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. logging residues. *Forest Ecology and Management* 126: 97–112.

Ihalainen, A. & Mäkelä, H. 2009. Kuolleen puuston määrä Etelä- ja Pohjois-Suomessa 2004–2007. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1009: 35-56.

Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management* 129: 41–51.

Johansson, L. S., Leckner, B., Gustavsson, L., Cooper, D., Tullin, C. & Potter, A. 2004. Emission characteristics of modern and old-type residential boilers fired with wood logs and wood pellets. *Atmospheric Environment* 38: 4183–4195.

Jonsell, M. 2007. Effects on biodiversity of forest fuel extraction, governed by processes working on a large scale. *Biomass and Bioenergy* 31: 726–732.

Jonsell, M., Hansson, J. & Wedmo, L. 2007. Diversity of saproxylic beetle species in logging residues in Sweden – Comparisons between tree species and diameters. *Biological Conservation* 138: 89–99.

Jonsson, A. & Hillring, B. 2006. Planning for increased bioenergy use – Evaluating the impact on local air quality. *Biomass and Bioenergy* 30: 543-554.

Kansallinen metsäohjelma 2015. Metsäneuvoston esitys 14.9.2010. 50 s. Saatavissa osoitteesta: http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5tH91OQmm/KMO_2015_b_28_9_2010.pdf. (Viimeksi käyty: 29.10.2010).

Kareinen, T., Hirvelä, H., Sievänen, R. & Ilvesniemi, H. 2008. '2. Metsien kasvihuonekaasutaseet ja energiapuun käyttö' Ss. 13–17 julkaisussa Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. [Verkkodokumentti]. Saatavissa osoitteesta: www.metsavastaa.net/energiapuun/raportti. (Viimeksi käyty: 4.1.2010).

Karhu, K., Fritze, H., Hämäläinen, H., Vanhala, P., Jungner, H., Oinonen, M., Sonninen, E., Tuomi, M., Spetz, P., Kitunen, V. & Liski, J. 2010. Temperature sensitivity of soil carbon fractions in boreal forest soil. *Ecology* 91: 370–376.

- Karvosenoja, N. & Johansson, M. 2003. Primary particulate matter emissions and the Finnish climate strategy. *Boreal Environmental Research* 8: 125–133.
- Kaye, T. N., Blakeley-Smith, M. & Thies, W. G. 2008. Long-term effects of post-harvest stump removal and N-fertilization on understory vegetation in Western USA forests. *Forest Ecology and Management* 256: 732–740.
- Kennedy, I. M. 2007. The health effects of combustion-generated aerosols. *Proceedings of the Combustion Institute* 31: 2757–2770.
- Koistinen, A. & Äijälä, O. 2005. Energiapuun korjuu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.
- Koivusalo, H., Starr, M., Laurén, A. & Finér, L. 2007. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen vaikutus veden kiertoon ja ravinnekuormitukseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2007: 296–301.
- Lattimore, B., Smith, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. & Egnell, G. 2009. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy* 33: 1321–1342.
- Laurén, A. & Palviainen, M. 2007. Päätehakkuu ja orgaanisen aineksen hajotus. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2007: 283–286.
- Laurila, J., Tasanen, T. & Lauhanen, R. 2010. Metsäenergiapotentiaali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. [Toistaiseksi julkaisematon käsikirjoitus].
- Lillieblad, L., Szpila, A., Strand, M., Pagels, J., Rupar-Gadd, K., Gudmundsson, A., Swietlicki, E., Bohgard, M. & Sanati, M. 2004. Boiler operation influence on the emissions of submicrometer-sized particles and polycyclic aromatic hydrocarbons from biomass-fired grate boilers. *Energy & Fuels* 18: 410–417.
- Lindholm, E.-L., Berg, S. & Hansson, P.-A. 2010. Energy efficiency and the environmental impact of harvesting stumps and logging residues. *European Journal of Forest Research* (2010).
- Metsätilastollinen vuosikirja. 2009. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 2009. Metsäntutkimuslaitos: 450 s
- Mälkki, H. & Virtanen, Y. 2003. Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues. *Biomass and Bioenergy* 24: 321–327.
- Nave, L. E., Vance, E. D., Swanston, C. W. & Curtis, P. S. 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management* 259: 857–866.
- Nurmi, J. 1994. Työtavan vaikutus hakkuukoneen tuotokseen ja hakkuutähteen kautumiseen. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2: 113–122.
- Nussbaumer, T. 2003. Combustion and co-combustion of biomass: Fundamentals, technologies, and primary measures for emission reduction. *Energy & Fuels* 17: 1510–1521.

- Näslund Eriksson, L. & Gustavsson, L. 2008. Biofuels from stumps and small roundwood – Costs and CO₂ benefits. *Biomass and Bioenergy* 32: 897–902.
- Oksa, S. 2005. Kannoönnotto-metsänviljelyketjun puuntuotannollinen laatu. Helsinki: Helsingin yliopisto. Metsänarvioimistiede. Pro gradu –tutkielma.
- Olsson, B. A., Bengtsson, J. & Lundkvist, H. 1996a. Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. *Forest Ecology and Management* 84: 135–147.
- Olsson, B. A. & Staaf, H. 1995. Influence of harvesting intensity of logging residues on ground vegetation in coniferous forests. *Journal of Applied Ecology* 32: 640–654.
- Olsson, B. A., Staaf, H., Lundkvist, H., Bengtsson, J. & Rosén, K. 1996b. Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvest of different intensity. *Forest Ecology and Management* 82: 19–32.
- Pagels, J., Strand, M., Rissler, J., Szpila, A., Gudmundsson, A., Bohgard, M., Lillieblad, L., Sanati, M. & Swietlicki, E. 2003. Characteristics of aerosol particles formed during grate combustion of moist forest residue. *Aerosol Science* 34: 1043–1059.
- Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A.-M., Mannerkoski, M., Piirainen, S. & Starr, M. 2004a. Release of potassium, calcium, iron and aluminum from Norway spruce, Scots pine and silver birch logging residues. *Plant and Soil* 259: 123–136.
- Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A.-M., Mannerkoski, M., Piirainen, S. & Starr, M. 2004b. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and Soil* 263: 53–67.
- Palviainen, M., Finér, L., Laiho, R., Shorohova, E., Kapitsa, E. & Vanha-Majamaa, I. 2010. Phosphorus and base cation accumulation and release patterns in decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management* 260: 1478–1489.
- Palviainen, M., Finér, L., Laiho, R., Shorohova, E., Kapitsa, E. & Vanha-Majamaa, I. 2009. Carbon and nitrogen release from decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps. *Forest Ecology and Management* 259: 390–398.
- Palviainen, M., Finér, L., Laurén, A., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2007. Development of ground vegetation biomass and nutrient pools in a clear-cut disc-plowed boreal forest. *Plant Soil* 297: 43–52.
- Palviainen, M., Finér, L., Mannerkoski, M., Piirainen, S. & Starr, M. 2005a. Changes in the above- and below-ground biomass and nutrient pools of ground vegetation after clear-cutting of a mixed boreal forest. *Plant and Soil* 275: 157–167.
- Palviainen, M., Finér, L., Mannerkoski, M., Piirainen, S. & Starr, M. 2005b. Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research* 20: 652:660.
- Piirainen, S. 2007. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen vaikutus metsän vesi- ja ravinnevirtoihin. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2007: 302–306.

Rabinowitsch-Jokinen, R. & Vanha-Majamaa, I. 2010. Immediate effects of logging, mounding and removal of logging residues and stumps on coarse woody debris in managed boreal Norway spruce stands. *Silva Fennica* 44: 51–62.

Repo, A., Tuomi, M. & Liski, J. 2010. Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues. *Global Change Biology Bioenergy* 2010.

Rosenberg, O. & Jacobson, S. 2004. Effects of repeated slash removal in thinned stands on soil chemistry and understorey vegetation. *Silva Fennica* 38: 133–142.

Rönkkö, R., Ulander, E. & Sauvula-Seppälä, T. 2010. Quality of stump wood harvesting and forest regeneration on stump harvesting sites. *Forest Bioenergy Conference. Book of Proceedings. 1.-2.9.2010 Tampere, Finland. Ss. 207–218.*

Saarinen, V.-M. 2006. The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations – preliminary results. *Biomass and Bioenergy* 30: 349–356.

Saksa, T. 2008. '5. Energiapuunkorjuu osana metsänhoitoa ja puuntuotantoa' Ss. 36–41 julkaisussa Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisu. [Verkkodokumentti]. Saatavissa osoitteesta: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti. (Viimeksi käyty: 4.1.2010).

Sievänen, R., Kareinen, T., Hirvelä, H. & Ilvesniemi, H. 2007. Hakkuumahdollisuusarviointiin perustuvat metsien kasvihuonekaasutaseet. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2007: 329–339.

Siitonen, J. 2008. '4. Energiapuun korjuun vaikutukset metsälajiston monimuotoisuuden' Ss. 30–35 julkaisussa Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisu. [Verkkodokumentti]. Saatavissa osoitteesta: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti. (Viimeksi käyty: 4.1.2010).

Sippula, O. 2010. Fine particle formation and emissions in biomass combustion. Report Series in Aerosol Science N:o 108. Academic dissertation. 68 p.

Sippula, O., Hokkinen, J., Puustinen, H., Yli-Pirilä, P. & Jokiniemi, J. 2009. Particle emissions from small wood-fired district heating units. *Energy & Fuels* 23: 2974–2982.

Smolander, A., Levula, T. & Kitunen, V. 2008. Response of litter decomposition and soil C and N transformations in a Norway spruce thinning stand to removal of logging residue. *Forest Ecology and Management* 256: 1080–1086.

Strandström, M. 2006. Effect of stump lifting on sprouting at the regeneration site. NSFP-seminar. Vantaa. Available at: http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/metsanuudistaminen/Strandstrom_Markus-2006-12-15.pdf. (Viimeksi käyty: 8.6.2010).

Sucre, E. B. & Fox, T. R. 2009. Decomposing stumps influence carbon and nitrogen pools and fine-root distribution in soils. *Forest Ecology and Management* 258: 2242–2248.

Tissari, J. 2008. Fine particle emissions from residential wood combustion. Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sciences 237: 1–63. Doctoral dissertation.

Tissari, J., Hytönen K, Sippula O, Jokiniemi J. 2009. The effects of operating conditions on emissions from masonry heaters and sauna stoves. *Biomass and Bioenergy* 33: 513–520.

Ulander, E. 2010. Immediate effects of stump harvesting and soil preparation on forest floor vegetation and soil characteristics: a comparison to the effects of clear-cutting and soil preparation only. [Julkaisematon käsikirjoitus].

Ulander, E. & Laurila, J. 2010. Combustion gas and particle emissions from a small scale heating plant operating on four biomass fuels and under different operation conditions. [Julkaisematon käsikirjoitus].

Ulander, E. & Sauvula-Seppälä, T. 2010. Energiapuukasasta ravinteita pistekuormitukseksi. *BioEnergia* 3/2010: 28–29.

Wall, A. 2010. Energiapuun korjuu ja metsämaan puuntuotoskyky' Ss. 64-70 julkaisussa Sauvula-Seppälä, T., Ulander, E. & Tasanen, T. (toim.) 2010. Kehittyvä metsäenergia, Tutkimusseminaari Seinäjoen Framissa 18.11.2009. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 46. 105 s.

Wall, A. 2008. Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management* 256: 1372–1383.

Walmsley, J. D. & Godbold, D. L. 2009. Stump harvesting for bioenergy – A review of the environmental impacts. *Forestry* 83: 17–38.

Wihersaari, M. 2005a. Evaluation of greenhouse gas emission risks from storage of wood residue. *Biomass and Bioenergy* 28: 444–453.

Wihersaari, M. 2005b. Greenhouse gas emissions from final harvest fuel chips production in Finland. *Biomass and Bioenergy* 28: 435–443.

Winter, F., Wartha, C. & Hofbauer, H. 1999. NO and N₂O formation during the combustion of wood, straw, malt waste and peat. *Bioresource Technology* 70: 39–49.

Zabowski, D., Chambreau, D., Rotramel, N. & Thies, W. G. 2008. Long-term effects of stump removal to control root rot on forest soil bulk density, soil carbon and nitrogen content. *Forest Ecology and Management* 255: 720–727.

Åström, M., Dynesius, M., Hylander, K. & Nilsson, C. 2005. Effects of slash harvest on bryophytes and vascular plants in southern boreal forest clear-cuts. *Journal of Applied Ecology* 42: 1194–1202.

Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisu.

AINESPUUVIRRAT JA NIIHIN KYTKEYTYVÄ PUUPERÄINEN ENERGIA ETELÄ-POHJANMAAN METSÄKESKUSALUEELLA

Risto Lauhanen & Jussi Laurila

TIIVISTELMÄ: Selvityksen tavoitteena oli määrittää Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen raakapuuvirrat sekä niihin kytkeytyvän puuperäisen energian määrä. Vuonna 2008 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen markkinahakkuut ja raakapuun tuonti olivat noin 4,1 miljoonaa kuutiometriä. Tästä energiajakeen osuus metsäkeskusalueella oli noin 400 GWh/a. Metsäkeskusalueelta ohjautui puuperäistä energiaa noin 1 600 GWh/a muiden maakuntien tuotantolaitoksille. Selvityksen tulokset olivat suuntaa antavia arvioita tarkastelualueen tilanteesta. Laskelmat ja raakapuuvirrat olivat pääosin samansuuntaisia kuin vuosina 2006–2007 metsäkeskusalueen itä- ja eteläosissa. Suurin muutos oli Kaskisten sellutehtaan koivukuitupuun uudelleen kohdentumisessa muille tehtaille, sekä Teuvan Kaskisten sahan lakkauttamisen vaikutukset havutukkitoimituksiin. Kuitupuuta toimitetaan nykyisin myös Oulun seudulle ja Itä-Suomeen tehtaille. Raakapuun ja puuperäisen energian kulkuvirrat muuttuvat koko ajan, koska metsäteollisuustuotteiden maailmanmarkkinat vaikuttavat tuotantolaitosten vuotuisen ainespuun käyttöön. Samoin toisiaan korvaavien energialähteiden hinnat, suurten laitosten päästöoikeuksien hintamuutokset sekä laitosinvestoinnit muuttavat metsä- ja puuenergiavirtoja. Markkinataloudessa yksityismetsänomistajilla on keskeinen merkitys sekä raakapuun että energiapuun tarjonnassa, mikä näkyy puuvirtojen vuosittaisena määrävaihteluna. Tuloksia voidaan käyttää puuperäisen energian hankintaa koskevan ja käyttöä edistävän päätöksenteon tukena. Jalosteiden, kuten puupelletti- tai pilkevirtoja ei ollut mahdollista selvittää.

Asiasanat: energiasisältö, Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus, hankintalogistiikka, kuori, kuitupuun, puuperäinen energia, purilaat, puru, sahatukit, vaneritukit.

1 JOHDANTO

Bioenergian käytön lisäämistarpeet on tiedostettu laajalti ilmaston muutoksen torjunnan osana. Lisäksi fossiilisten polttoaineiden hintojen nousu on lisännyt kiinnostusta biopolttoaineiden käyttöä kohtaan. Viimeisimmän Kansallisen metsäohjelman päivityksen yhteydessä metsähakkeen vuotuiseksi käyttötavoitteeksi on asetettu 8–12 miljoonaa kuutiometriä vuositasolla vuoteen 2015 mennessä (Kansallinen metsäohjelma 2008). Keväällä 2010 Suomen hallitus esitti uusiutuvan energian velvoitepaketin, jonka tavoitteena on kolminkertaistaa metsähakkeen käyttö vuoteen 2020 mennessä noin 13,5 miljoonaan kiintokuutiometriin noin 5 milj. m³:n nykytasosta (Pekkarinen 2010).

Viime vuosiin asti metsä- ja puuvaratietoja on perinteisesti kerätty ja laskettu metsäteollisuuden tarvitseman ainespuun osalta (Hakkila 2004). Viimeisin Metsäntutkimuslaitoksen raakapuun kulkuvirtatutkimus on julkaistu vuoden 1997 tuotantolaitostietojen ja hankintamäärätietojen perusteella (Peltola & Västilä 2001). Sittemmin on ollut tarpeen laatia valtakunnallisia, maakunnallisia ja seutukunnallisia arvioita

metsäenergiapotentiaaleista ja energiapuun kulkuvirroista (Ranta 2003, Hakkila 2004, Maa- ja metsätalousministeriö 2006, Lauhanen & Laurila 2007).

Energiapotentiaalilaskelmien ongelmana ovat vaihtelevat potentiaalimääritelmät sekä tarkastelualueet muuttuvine aluehallinto-, seutukunta- ja kuntarajoineen. Metsäenergian käytön tilastointi on kuitenkin viime vuosina tarkentunut. Metsäntutkimuslaitoksen mukaan metsähaketta käytettiin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen lämpö- ja voimalaitoksilla 125 000 kiintokuutiometriä vuonna 2007. Vuotta myöhemmin vastaava luku oli 201 000 kiintokuutiometriä. Vuonna 2008 metsäkeskusalueella käytettiin karsittua rankaa 25 000 m³, karsimatonta pienpuuta 80 000 m³, hakkuutähteitä 57 000 m³, järeää, ainespuuksi epäkuranttia runkopuuta 7 000 m³ sekä kantoja ja juurakoita 32 000 m³ (1. Metsätilastollinen 2008, 2009). Metsäkeskusalueen luvut eivät kuitenkaan kuvaa seutukuntakohtaisia tietoja riittäväällä tarkkuudella.

Manner-Suomen maaseutuohjelman, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten, alueen yritysten sekä kuntien rahoittaman Kehittyvä metsäenergia -hankkeen toimeksiannon mukaisesti tämän selvityksen tavoitteena oli arvioida Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen raakapuuvirtoja ja niihin liittyvän puuperäisen energian hankintamahdollisuuksia. Tarkoituksena oli arvioida raakapuuvirroista saha- ja vaneriteollisuuden sivutuotevirrat kuoren, purun sekä vaneriviulun sorvauksessa syntyvien tähteiden osalta. Tavoitteena oli määrittää myös kuitupuun kuoren sekä selluteollisuuden mustalipeän ja jäteliemien määrät. Harvenushakkuissa kertyviä latvuksia ei sisällytetty laskelmiin eikä kotitarvepolttopuuta. Samoin jalosteet, kuten pilkkeet ja pelletit jätettiin selvityksen ulkopuolelle liikesalaisuutta koskevien syiden perusteella.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Metsäkeskusalueelta hakattua raakapuuta käyttävät keskeiset tuotantolaitokset

Laskenta-aineisto ja -menetelmät perustuvat taustatietoineen pääosin Lauhasen ja Laurilan (2007) laatimaan vastaavankaltaiseen pienemmälle alueelle tehtyyn selvitykseen. Lauhasen ja Laurilan (2007) kuvaamissa haastatteluissa ei haluttu kysyä liikesalaisuuksia eikä tarkkoja puumääriä. Pieniä ja keskisuuria sahoja koskevat tiedot saatiin sahojen edustajia haastatteleamalla (ks. Lauhanen & Laurila 2007) sekä Suomen Sahat ry:n Internet -sivuilta (Suomen Sahat ry 2010). Tuotantolaitostietoja tarkennettiin vuosien 2009–2010 tilannetta vastaaviksi (Heikki Sippola, Metsäliitto, 13.3.2009, Tiina Löytömäki, UPM Metsä 7.4.2009, Metsäteollisuus ry 2010). Aiemman selvityksen (Lauhanen & Laurila 2007) jälkeen Stora Enso on tullut alueelle puunhankkijaksi, vaikka sillä ei ole tuotantolaitoksia metsäkeskusalueella. Lisäksi L&T Biowatti on käynnistänyt puuperäisen energiaraaka-aineen hankinnan alueella.

2.2 Metsäkeskusalueen hakkuukertymät ja markkinahakkuut

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen hakkuukertymät saatiin selville Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemista Metsätilastollisista vuosikirjoista (1. Metsätilastollinen 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009). Hakkuukertymät sisältävät markkinahakkuiden lisäksi polttopuuhakkuut. Kunta- ja seutukuntakohtaiset keskimääräiset vuosien 2000–

2004 puutavaralajikohtaiset yksityismetsien markkinahakkuumäärät saatiin Etelä- ja Keski-Pohjanmaan alueellisesta metsäohjelmasta (Mäki-Hakola 2006). Metsäohjelmassa tilastoidut kuntakohtaiset markkinahakkuumäärät perustuivat Metsäntutkimuslaitoksen Metinfo-palveluun sekä metsäkeskuksen omiin alueellisiin metsäsuunnitelmätietoihin (Mäki-Hakola 2006). Tässä tutkimuksessa puuvirtoja tarkasteltiin nykyisellä vuoden 2010 seutukuntajaotuksella. Yksityismetsien markkinahakkuut sekä yksityismetsien, valtion ja yhtiöiden metsien muodostamat kokonaismarkkinahakkuumäärät olivat 2000-luvulla lähellä toisiaan vuosivaihtelut huomioon ottaen.

2.3 Tarkastelualueen raakapuuvirrat

Tarkastelualueelta hakattua raakapuuta käyttävien keskeisten tuotantolaitosten puuvirtojen (tukit ja kuitupuu) pääsuunnat selvitettiin haastattelemalla (ks. Lauhanen & Laurila 2007). Lisäksi haastateltiin Osuuskunta Metsäliiton ja UPM:n metsän Seinäjoen piirien asiantuntijoita (Heikki Sippola, Metsäliitto, 19.3.2009, ostoiesimies Tiina Löytömäki, UPM Metsä 7.4.2009). Haastattelussa ei haluttu mennä yksityiskohtiin eikä vaarantaa yritysten liikesalaisuuksia.

Mäki-Hakolan (2006) esittämien keskimääräisten markkinahakkuumäärien sekä Metsäntutkimuslaitoksen julkaiseman Metsätilastollisen vuosikirjan (2009) perusteella määritettiin arviot puutavaralajikohtaisista raakapuuvirroista seutukunnittain vuoden 2008 puunkäyttölukujen avulla. Lisäksi Suomen sahat ry:n sekä metsäkeskusalueen tunnettujen mekaanisen puunjalostuksen tuotantolaitosten Internet-sivujen perusteella arvioitiin pienten ja keskisuurten sahojen puuntuonti metsäkeskusalueelle sahatavaran tuotantomäärien ja hankinta-alue tietojen perusteella (Jet-Puu 2010; Metsäliitto 2010; Suomen Sahat ry 2010). Apuna käytettiin myös aikanaan pieniltä ja keskisuurilta sahoilta tutkimuskäyttöä varten puhelimitse saatuja arvioita tuotanto- ja puunkäyttömääristä ilman liikesalaisuustietoja (Lauhanen & Laurila 2007).

Stora Enson ostamien tukkien arvioitiin päätyvän metsäkeskusalueen pienille ja keskisuurille sahaille. Stora Enso Metsän markkinaosuudeksi kuitupuuvirroista arvioitiin 400 000 m³/a (10%) Stora Enson ostoiesimiesten alueellisen lukumäärän (yleinen ostotavoite 50 000 m³/ostoiesimies) sekä mahdollisten metsänhoitoyhdistysten välityspuumäärät tiedostaen. Stora Enson mäntykuitupuut toimitetaan arvion mukaan Oulun ja Kemin seuduille. Yhtiön kuusi- ja koivukuitupuut toimitetaan Itä- ja Kaakkois-Suomen tuotantolaitoksille. Kuitupuumarkkinoista 45 % arvioitiin olevan UPM:n sekä 45 % Metsäliiton hallussa.

Suomen Sahat ry:n Internet-sivuilla mainittujen sahakohtaisten ostoiesimiesalueiden perusteella määritettiin muualta tulevat puuvirrat. Laskelmissa sahatukkien hankinta jyvitetiin kuntatasolle. Esimerkiksi, jos saha hankkisi 50 000 kuutiometriä mäntytukkia 10 kunnan alueelta, olisi kuntakohtainen laskennallinen hankintakiintiö siten 5 000 kuutiometriä. Näin laskettiin myös metsäkeskusalueelle naapurimaakunnista tuotavien mänty- ja kuusitukkien sekä pikkutukkien arviomäärät. (Lauhanen & Laurila 2007).

Puuvirtojen perusteella laskettiin metsäenergiaksi kelpaavan kuoren määräksi 12 % (Hakkila 2004) ja purun määräksi 10 % (Verkasalo 2006: suullinen tieto 13.11.2006) kunkin puutavaralajin kuorellisesta kiintotilavuudesta. Kuoren ja purun energiasisällöksi oletettiin 2,0 MWh kiintokuutiometriä kohti (Alakangas 2000, Hakkila 2004). Kuoren hävikiksi arvioitiin 15 % ja purun 5 % Hakkilan (2004) esittämien tietojen pe-

rusteella. Laskelmissa vanerikuutiometrin valmistukseen arvioitiin tarvittavan kolme kuutiometriä koivutukkia (Lauhanen & Laurila 2007).

2.4 Mustalipeän energiasisältö

Mänty- ja lehtikuitupuusta valmistettavan kemiallisen sellun keiton yhteydessä syntyy mustalipeää, jota polttamalla saadaan energiaa. Mekaaniseen massanvalmistukseen kelpaamaton kuusikuitupuun tilastoidaan havukuitupuuksi mäntykuitupuun sekaan. Metsäkeskusalueella lähinnä sijaitsevat sellutehtaat sijaitsevat Pietarsaareissa (UPM Wisaforest) sekä Raumalla ja Äänekoskella (Botnia). Kaskisten 1977 perustettu pääosin koivukuitupuuta käyttävä sellutehdas lakkautettiin vuonna 2009. Kaskisiin jäi kuitenkin 2005 vuoden lokakuussa käynnistetty kemihierretehdas, joka käyttää koivua, kuusta ja haapaa. Tämä tehdas ei tuota mustalipeää eikä energiaa. Lisäksi tarkastelualueen pieniltä ja keskisuurilta sahoilta toimitetaan haketta sellutehtaille.

Mustalipeän määräksi arvioitiin puolet kemiallisen sellun valmistukseen toimitettavan mänty- ja koivukuitupuun kuivamassasta. Jos kiintokuutiometri tuoretta, kuorellista havupuuta painaa 850 kg (koivupuun 900 kg/m³), ja tästä vähennetään veden massa (50 %) ja kuoren osuus (12 %) pois, niin silloin jäljelle jäävästä kuivamassasta noin puolet päätyy selluksi. Toinen puoli päätyy tärpätiksi, mäntyöljyksi, mäntysuovaksi, mutta suurimmaksi osaksi mustalipeäksi, jäteliemiksi ja edelleen energiaksi. Alakangas (2000) on ilmoittanut mustalipeän energiasisällöksi 12 MJ/kg.

Tarkastelualueen mäntytukeista oletettiin selluhakkeeksi päätyvän 28 %. Käytännössä kuutiometrissä havutukkia saadaan noin 50 % sahatavaraa, 12 % kuorta, 10 % purua ja loput sellunvalmistukseen sopivaa haketta. Mäntytukeista arvioitiin selluhakkeen, mustalipeän ja jäteliemien määrät. Mekaaniseen massanvalmistukseen toimitettavasta kuusisahahakkeesta ei mustalipeää kerry eikä energiaa saada talteen.

2.5 Laskentamenetelmät

Tarkastelualueelta pois suuntautuvat raakapuuvirrat eriteltiin puutavaralajeittain mäntytukin, mäntykuitupuun, kuusitukin, kuusikuitupuun, koivutukin sekä lehtikuitupuun osalta. Puumääristä laskettiin energiaksi päätyvien kuoren, purun sekä selluteollisuuden jäteliemien määrät. Puuperäisten polttoaineiden käyttömäärät saatiin Metsätilastollisesta vuosikirjasta (2009). Selvityksen päätulokset esitettiin taulukkoina ja karttoina.

3 TULOKSET

3.1 Metsäkeskusalueen markkinahakkuut, puun tuonti, puunkäyttö ja puun vienti

Vuosina 2000–2004 metsäkeskusalueen yksityismetsien markkinahakkuut olivat keskimäärin noin 3,5 miljoonaa kiintokuutiometriä vuositasolla (Taulukko 1). Vuosina 2006–2008 yksityismetsien, valtion metsien ja yhtiöiden metsien vuotuiset markkinahakkuut olivat 3,1–3,7 miljoonaa kuutiometriä. Kun vuoden 2008 noin 3,4 miljoonan kuutiometrin markkinahakkuihin lisätään polttopuun hakkuut, oli metsäkeskusalueen kokonaishakkuukertymä 4,1 miljoonaa kuutiometriä.

Taulukko 1. Metsäkeskusalueen keskimääräiset markkinahakkuut 2000–2004 (Mäki-Hakola 2006), sekä arvioitu vuoden 2008 raakapuun tuonti naapurimaakunnista ja vuoden 2008 tilastoitu puunkäyttö (1000 m³/a) (1. Metsätilastollinen 2009). Selitykset: MÄT = mäntytukki, KUT = kuusitukki, KOT = koivutukki, MÄK = mäntykuitupuu, KUK = kuusikuitupuu mekaaniseen massanvalmistukseen ja LEK = lehtikuitupuu. Metsäntutkimuslaitoksen tilastoissa ns. pikkutukki tilastoidaan kuitupuuna.

	MÄT	KUT	KOT	MÄK	KUK	LEK	Yhteensä
Markkinahakkuut	824	772	23	1038	476	457	3540
Raakapuun tuonti	234	186	0	129	27	0	576
Raakapuun käyttö	459	236	4	258	53	1	1011
Raakapuun vienti	599	672	19	909	450	456	3105

Vuonna 2004 metsäkeskusalueen puunkäyttö oli noin 1,3 miljoonaa kiintokuutiometriä. Ainespuun käyttö on vähentynyt viime vuosina, ja vuonna 2008 se oli noin 1,0 miljoonaa kiintokuutiometriä (Taulukko 1). Puunkäytöstä mäntytukin (MÄT) ja männyn pikkutukin (MÄK) osuus oli noin 71 %, sekä kuusitukin (KUT) ja kuusen pikkutukin (KUK) noin 29 %. Puuta käytettiin eniten metsäkeskusalueen pienillä ja keskisuurilla sahoilla.

Metsäkeskusalueen sahoille toimitettiin havutukkia noin 0,6 miljoonaa kiintokuutiometriä vuonna 2008 (Taulukko 1, Kuva 1). Kun markkinahakkuut, alueen puun käyttö ja puun tuonti naapurimaakunnista lasketaan yhteen, metsäkeskusalueelta toimitettiin vuonna 2008 raakapuuta noin 3,1 miljoonaa kiintokuutiometriä muiden metsäkeskusten alueille (Taulukko 1). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen tuotantolaitoksilla ei käytetty ulkomaista tuontiraakapuuta eikä tuontihaketta vuonna 2008 (1. Metsätilastollinen 2009).

3.2 Raakapuuvirrat ja raakapuuta käyttävät tuotantolaitokset

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella ei ole omaa kemiallista metsäteollisuutta. Metsäkeskusalueelta hankitaan mänty- ja koivukuitupuuta pääosin Pietarsaaren ja Äänekosken tuotantolaitoksille kemiallisen massan- ja paperinvalmistukseen (Kuva 2, Kuva 4). Mäntykuitupuuta kuljetetaan myös Kemiin, Ouluun ja Raumalle. Kuusikuitupuun toimituskohteet sijaitsevat Jämsänkoskella, Kaskisissa, Hämeenkyrössä ja Lohjalla (Kuva 3). Näillä paikkakunnilla valmistetaan mekaanista massaa, jota käytetään mm. sanomalehtipaperin valmistuksessa. Stora Enson hankkima kuusikuitupuu kuljetetaan Itä- ja Kaakkois-Suomen tehtaille. Kaskisten vanhan sellutehtaan lakkauttamisen jälkeen metsäkeskusalueen lehtikuitupuuvirrat ovat vuodesta 2009 lukien ohjautuneet aiempaa enemmän Äänekosken ja Pietarsaaren tehtaille.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen koivutukit toimitetaan Visuveden, Suolahden ja Jyväskylän vaneritehtaille (Kuva 4). UPM metsän hankkimat mänty- ja kuusitukit päätyvät pääosin konsernin Pietarsaaren sahalle (Kuva 2, Kuva 3). Metsäliiton ostamat mäntytukit käytetään pääosin Merikarvian sahalla (Kuva 1, Kuva 2), ja kuusitukit pääosin Vilppulan sahalla (Kuva 3). Metsäkeskusalueen pohjoisosista havutukkeja toimitetaan Kalajoelle ja Haapajärvelle. Stora Enson hankkimien havutukkien oletetaan jäävän tarkastelualueen pienille ja keskisuurille sahoille, koska Stora Enson Länsi-Suomeen tulo perustui lisääntyneeseen kuitupuun hankintatarpeeseen Venäjän puutulliriskin myötä (ks. Lauhanen 2009).

Tarkastelualueen merkittävimmät tuotantolaitokset toimivat Alajärvellä (Myllyahon saha, tukin käyttö noin 300 000 m³/a) ja Isojoella (Isojoen saha, tukin käyttö noin 250 000 m³/a). Soinissa toimiva Kohiwood on Suomen ainoita liimalevyn valmistajia, joka sahaa pienpuuaihioita (pikkutukin käyttö noin 255 000 m³/a). Merkittäviä työllistäjiä ovat myös Akonkosken saha Töysässä (tukin käyttö noin 60 000 m³/a), Luopajarven saha Jalasjärvellä (noin 50 000 m³/a tukin käyttö) sekä Viitalan saha Peräseinäjoella (noin 50 000 m³/a tukin käyttö). Eskolan parruveistämö (noin 300 000 m³/a pikkutukkia) sekä Jet-Puu Perhossa (40 000 m³/a) ovat myös merkittäviä havutukkien käyttäjiä.

Järviseudulle tuotiin sahatukkia Keski-Suomesta noin 50 000 m³/a (Kuva 1). Kuusiokuntien alueelle Soiniin Kohiwoodille toimitettiin pikkutukkia Keski-Suomesta noin 150 000 m³/a sekä Töysään Akonkosken sahalle tukkia noin 25 000 m³/a. Peräseinäjoelle Viitalan sahalle toimitettiin 10 000 m³/a tukkia etelän suunnasta metsäkeskusalueen ulkopuolelta. Isojoen sahalle tuotiin rannikolta, Satakunnasta ja Pirkanmaalta tukkia noin 190 000 m³/a. Perhoon Jet-Puulle toimitettiin tukkia arviolta 20 000 m³/a Keski-Suomesta, ja Metsäliiton Eskolan tuotantolaitokselle arviolta noin 150 000 m³/a naapurimaakunnista. Kaikkiaan metsäkeskusalueelle toimitettiin muualta sahatukkia yhteensä noin 600 000 m³/a, josta mäntytukin osuus oli noin 360 000 m³/a (Kuva 1, Taulukko 1).

3.3 Sivutuotevirrat puuperäisen energian tuotannossa

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalue on merkittävä puuperäisen energian viejä, kun tarkastellaan raakapuuvirtoja ja metsäteollisuuden sivutuotevirtoja. Maakunnan omien sahojen selluhake sekä kemialliseen massan valmistukseen päätyvä mäntykuitupuun ja lehtikuitupuun ovat keskeisiä vientituotteita naapurimaakuntiin (Taulukko 2). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen oman puunkäytön perusteella kuorta ja purua oli mahdollista käyttää maakunnan omassa energiantuotannossa 199 000 m³/a (Taulukko 2). Sahojen omat lämpölaitokset polttavat kuorta, ja saadulla lämpöenergialla sahatavara kuivataan. Laskennallinen sahatukkien kuoren ja purun käyttö oli tilastoitua energiakäyttöä suurempaa, koska kuorta voidaan käyttää esimerkiksi viherrakentamisessa. Purua voidaan käyttää sellunvalmistuksessa tai maataloilla kuivikkeena.

Taulukko 2. Raakapuun sisältämän kuoren ja purun määrät sekä selluhakkeen ja jäteliemiksi päätyvän kuitupuun määrä (1000 m³/a). Sellukattilaan päätyvä kuitupuun ei sisällä kuorta. Hakkilan (2004) esittämän perusteella kuorihävikki on noin 15 % ja purun 5 %. Selitykset: Oma käyttö = tämän selvityksen laskelmat, Tilastokäyttö 2008 = Metsäntutkimuslaitoksen tilaston mukainen käyttö.

	Oma käyttö	Tilastokäyttö 2008	Vienti
Havutukkien kuori	102	93	130
Havutukkien puru	96	84	121
Havutukeista selluhaketta	0	0	637
Vaneritukkien tuohet, purut ja purilaat	0	0	13
Koivusahatukkien tuohi ja puru	1	---	---
Havukuitupuun kuori	0	0	138
Lehtikuitupuun kuori	0	0	46
Mäntykuitupuuta jäteliemiksi	0	0	200
Lehtikuitupuuta jäteliemiksi	0	0	100
Yhteensä	199	177	1 385

Maakunnan laskennallinen oma energiankäyttö oli noin 400 GWh/a, kun tilastoitu käyttö oli 354 GWh/a vuonna 2008 (Taulukko 3). Selluhakkeen ja kemiallisessa massanvalmistuksessa käytettävän kuitupuun sekä tukkien vientimäärä merkitsi 1 600 GWh:n luovutusta naapurimaakuntiin.

Etelä-Pohjanmaa on merkittävä puuperäisen energian luovuttaja lähimaakuntien selutehtaille. Metsäntutkimuslaitoksen mukaan kiinteiden puupolttoaineiden käyttö oli Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella 1 044 000 kiintokuutiometriä vuonna 2008, kun se Suomessa oli noin 20 miljoonaa kuutiometriä. Kun tästä vähennetään pientalojen polttopuut ja jätepuu (614 000 kiintokuutiometriä) sekä metsähakkeen käyttö (201 000 kiintokuutiometriä), jää ainespuuperäiseksi puuperäisen energiaraaka-aineen määräksi 229 000 kiintokuutiometriä. Tämän polttoainemäärän energiasisältö oli 458 GWh/a vuonna 2008. Teollisuuden puutähdehakkeet ja muut puuenergian lähteet mukaan lukien (52 000 m³/v eli 103 GWh/a) päästiin taulukon 3 tilastolukuihin metsäkeskusalueen oman käytön osalta.

Taulukko 3. Raakapuun sisältämästä kuoresta ja purusta sekä selluteollisuuden jäteliemiksi päätyvästä selluhakkeen ja kuitupuun määrästä saatava energia (GWh/a) taulukon 2 perusteella. Havupuun kuoren lämpöarvo on 2,0 MWh/m³ ja koivun 2,42 MWh/m³ Hakkilan (2004) esittämän perusteella. Selluhakkeen kuiva-aineesta puolet päätyy jäteliemiksi (mustalipeän lämpöarvo 12 MJ/kg) Alakankaan (2000) mukaan. Mäntykuitupuun kuiva-tuoretiheys oli laskelmissa 420 kg/m³ ja koivukuitupuun 480 kg/m³. Selitykset kuten Taulukossa 2.

	Oma käyttö	Tilastokäyttö 2008	Vienti
Havutukkien kuori	204	186	260
Havutukkien puru	192	168	242
Havutukeista selluhaketta	0	0	223
Vaneritukkien tuohet, purut ja purilaat	0	0	31
Koivusahatukkien tuohi ja puru	2,4	---	---
Havukuitupuun kuori	0	0	277
Lehtikuitupuun kuori	0	0	112
Mäntykuitupuuta jäteliemiksi	0	0	280
Lehtikuitupuuta jäteliemiksi	0	0	160
Yhteensä	398,4	354	1 585

4 TULOSTEN TARKASTELU

Selvityksen tavoitteena oli määrittää Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen ainespuuvirrat ja niihin kytkeytyvän puuperäisen energian määrä. Tulokset olivat suuntaa antavia arvioita käytettävissä olevien lähtötietojen valossa ja tarkasteluhetken olosuhteissa, kun kaikkia tuotantolaitostietoja ei ollut käytettävissä.

Raakapuuvirtoja koskevat arviot esitettiin seutukunnittain, sillä yksityiskohtainen kuntatason tarkastelu ei ollut mahdollista puuttuvien lähtötietojen takia. Käytännössä raakapuu- ja metsäteollisuuden sivutuotevirrat ovat alati muuttuvia, eikä oikeita tuloksia voi yksikäsitteisesti eikä seikkaperäisesti laskea. Siinä missä metsäteollisuus- tuotteiden maailmanmarkkinat, luonnonolot ja puukauppatilanne vaikuttavat saho-

jen ja tehtaiden vuotuisen puunkäyttöön ja raakapuuvirtoihin, toisiaan korvaavien energialähteiden hinnat, suurten laitosten päästöoikeuksien hintamuutokset sekä laitosinvestoinnit muuttavat metsäenergiavirtoja (Helynen 1999, Ranta 2003, Hakkila 2004, Maa- ja metsätalousministeriö 2006, Lauhanen & Laurila 2007).

Tutkimuksen laskelmissa jouduttiin tekemään monia oletuksia ja yksinkertaistuksia. Markkinahakkuutilastot edustivat raakapuukaupan peruspuitavarakkeita. Etelä-Pohjanmaalle tuotiin kuitupuuta metsätilastojen mukaan. Tilastoitu kuitupuun tarkoitti käytännössä pikkutukkeja. Myöskään havuvanerin valmistuksessa käytettäviä kuusen sorvitukkeja ei eritelty tilastoissa.

Metsäteollisuuden raakapuun- ja sivutuotevirrat ovat monimutkaisia ja niitä on hankala yksityiskohtaisesti selvittää. Metsäkeskusalueen kuusitukeista merkittävä osa päätyy Keski-Suomeen, ja sahauskeuhkujen sivutuotteena syntyvä selluhake voidaan kuljettaa Kaakkois-Suomen tehtaille saakka. Sahojen ja sellutehtaiden muodostamat integraalit esimerkiksi Pietarsaareissa taas hyödyntävät sauhakkeen samalla tehdasalueella.

Metsäyhtiöiden tietojärjestelmistä olisi voinut nopeasti laskea tuotantolaitoskohtaiset hankintamäärät ja puuvirrat, mutta se ei ollut tietosuojasyistä mahdollista eikä tutkimuseettisesti perusteltua. Raakapuuvirtojen ja sahauskeuhkujen sivutuotevirtojen määrät vaihtelevat vuosittain. Vuoden 2005 tilastoissa korostuivat metsäverojärjestelmän muutoksen aiheuttamat poikkeukselliset mittavat uudistushakkuut, mutta saman vuoden puunkäyttömäärissä näkyy myös kemiallisen metsäteollisuuden työselkkaus. Vuoden 2006 alkupuolella puukauppaa käytiin rauhallisesti metsäverojärjestelmän siirtymävaiheen päätyttyä. Vuosi 2008 oli korkeasuhdanteen aikaa, ja laskusuhdanteen aikaan vuoden 2009 keväällä kuitupuun mitat täyttävässä leimikossa energiapuun hinta oli kuitupuun hintaa korkeampi. Vuoden 2009 heikossa kuitupuumarkkinatilanteessa metsäkoneyrittäjien työllisyyttä oli mahdollista tukea energiapuuhakkuiden avulla. Tässä tilanteessa metsäkeskusalueella uusiutuvan energian käytön asema korostui.

Selvityksen raakapuuvirrat olivat yhteneviä Peltolan ja Västilän (2001) sekä Lauhasen ja Laurilan (2007) esittämiin puun kulkusuuntiin. Pietarsaaren ja Kaskisten (M-realin) tuotantolaitoksilla vuosina 2004–2005 toteutetut investoinnit ovat lisänneet raakapuun kysyntää Etelä-Pohjanmaan metsistä. Toisaalta koivukuitupuuta ei käytetä enää Metsä-Botnian Kaskisten tehtaalla, koska tehdas suljettiin vuoden 2009 alkupuolella. Teuvan Kaskisten sahan sulkeminen vähensi metsäkeskusalueen omaa tukin käyttöä (Taulukko 1, ks. Lauhanen & Laurila 2007). Markkinahakkuu- ja hakkuukertymätilastot kuvaavat hyvin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsien rakennetta, kun lukuja verrataan Valtakunnan metsien inventointitietoihin (Tomppo ym. 1998, Sevola & Suihkonen 2006, Laurila ym. 2010). Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueelta hankitaan merkittävästi mänty- ja koivukuitupuuta. Toisaalta koivutukin vähäinen hankintamäärä on tyypillistä alueelle.

Venäjän raakapuutullit lisäävät kotimaisen raakapuun kysyntää (ks. Lauhanen 2009). Tuotantolaitoksille kelpaavan raakapuun käyttö sahatavaran, sellun ja paperin valmistuksessa on koko kansantalouden edun mukaista (Hakkila 2004). Metsä- ja puuenergian käytön lisäämistavoitteet eivät saa johtaa kuitupuuksi kelpaavan raaka-aineen polttamiseen (Hakkila 2004). Tällä hetkellä ainespuun ja energiapuun integroitu korjuu onkin yleistymässä. Nuorten metsien hoitokohteilta voidaan harvennushakkuun yhteydessä korjata markkinatilanteen mukaan pelkästään energiapuuta, pelkästään ainespuuta tai näitä molempia samanaikaisesti.

Markkinahakkuutilastojen perusteella ei ollut mahdollista laskea latvusmassan eikä kantojen ja juurakoiden määrää, koska tilastot eivät erittele uudistushakkuita eivätkä muita hakkuita toisistaan riittävän yksityiskohtaisesti.

Tämän selvityksen laskemat ovat käytettävissä metsäenergian tuotantoa ja käyttöä koskevan päätöksenteon tukena. Viimeisimmässä hallitusohjelmassa sekä kansallisessa metsäohjelmassa esitettyjen metsäenergian kasvavien hankintatavoitteiden seuranta edellyttää jatkossa luotettavaa, tarkkaa ja kokonaisvaltaista tilastointia. Metsäenergian tuotantoa ja käyttöä koskevien kasvavien alueellisten tietotarpeiden ja maakunnallisten hankkeiden osalta olisi hyvä, jos tarkat tilastot olisivat käytettävissä muiden metsätyötilastojen tavoin Metsätilastollisessa vuosikirjassa puukauppa- ja hakkuutilastojen tavoin. Viime aikoina tapahtuneet tuotantolaitosten sulkemiset (Lauhanen 2009) ovat osaltaan voineet viivästyttää valtakunnallisten puuvirtatutkimusten laatimista (ks. Peltola ja Västilä 2001).

KIITOKSET

Heikki Sippola ja Matti Palo Metsäliitosta, Matti J. Huhtala ja Tiina Löytömäki UPM Metsästä sekä Antti Pajula Metsäkeskus Etelä-Pohjanmaasta kertoivat tarkastelualueen raakapuuvirtojen pääsuunnista. Metsäpäällikkö Pekka Hyvösaho kertoi Kohiwood oy:n puunhankinnasta samoin kuin muiden alueen PK-sahojen ja tuotantolaitosten edustajat.

Kaikille avustaneille asiantuntijoille lämpimät kiitokset!

LÄHTEET

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045. 196 s.

Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Metsähakkeen tuotantoteknologia. Loppuraportti. Tekes. Teknologiaohjelmaraportti 5. 135 s.

Helynen, S. 1999. Production and consumption potentials for bioenergy in Finland to the year 2010. VTT publications 404. 97 s. + liitteet 36 s.

Jet-Puu. 2010. [Internetlähde]. Saatavissa: <http://www.jet-puu.fi/> [Viitattu 27.9.2010]

Kansallinen metsäohjelma 2015. 2008. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3/2008. [Verkkojulkaisu]. Saatavissa: http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywg0T9jr/3_2008FI_netti.pdf. [Viitattu 20.9.2010]. 44 s.

Lauhanen, R. 2009. Metsä kasvaa myös Länsi-Suomessa. Taustaselvitys hakkuumahdollisuuksista, -kertymistä, työmääristä ja resurssitarpeista. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisuja B. Raportteja ja selvityksiä 39. [Verkkojulkaisu]. Saatavissa: <http://kirjasto.seamk.fi/loader.aspx?id=3040e72c-5d17-45e6-8d1c-d50b3478720f> [Viitattu 29.10.2010]. 21 s.

Lauhanen, R. & Laurila, J. 2007. Etelä-Pohjanmaan tavoite 2 –alueen bioenergiavirrat.

Teoksessa: Lauhanen, R. & Laurila, J. (toim.) Bioenergian hankintalogistiikka. Tapaus- tutkimuksia Etelä-Pohjanmaalta. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisu B33. ss. 26–48.

Laurila, J., Tasanen, T., & Lauhanen, R. 2010. Metsäenergiapotentiali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Käsikirjoitus.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2006. Metsäenergian tuotannon, korjuun ja käytön kustannustehokkuus sekä tukijärjestelmien vaikuttavuus päästökaupan olosuhteissa. Pöyry Forest Industry Consulting. 52A07161-Ejpc-1. 9.8.2006. Loppuraportti. 47 s.

Metsäliitto. 2010. [Internetlähde]. Saatavissa: <http://www.metsaliitto.fi/> [Viitattu 20.9.2010]

Metsäteollisuus ry. 2010. Metsäteollisuuden tietopalvelu. [Internetlähde]. Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/> [Viitattu 20.9.2010]

1. Metsätilastollinen vuosikirja 2003. 2003. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. 2003. Metsäntutkimuslaitos. 385 s.

2. Metsätilastollinen vuosikirja 2004. 2004. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 409 s.

3. Metsätilastollinen vuosikirja 2005. 2005. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 421 s.

4. Metsätilastollinen vuosikirja 2006. 2006. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 435 s.

5. Metsätilastollinen vuosikirja. 2007. 2007. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 434 s.

6. Metsätilastollinen vuosikirja 2008. 2008. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 456 s.

7. Metsätilastollinen vuosikirja 2009. 2009. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 450 s.

Pekkarinen, M. 2010. Uusiutuvan energian velvoitepaketti. Työ- ja elinkeinoministeriö. Power Point esitys. [Verkojulkaisu]. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/26643/UE_lo_velvoitepaketti_Kesaranta_200410.pdf [Viitattu 28.10.2010]. 22 s.

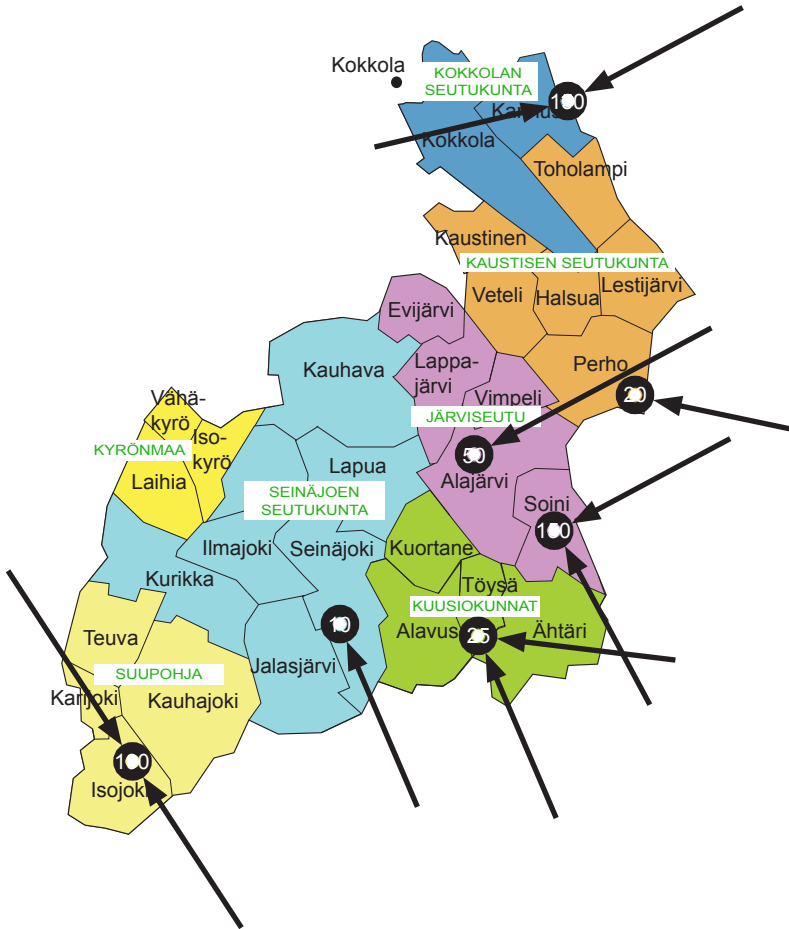
Peltola, A. & Västilä, S. 2001. Puun kulkuvirrat 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 808. 26 s. + liitteet 15 s.

Ranta, T. 2003. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production - a GIS-based availability analysis. Bioenergy2003. International Nordic Bioenergy Conference From 2nd to 5th of September 2003. Proceedings. ss. 176-183.

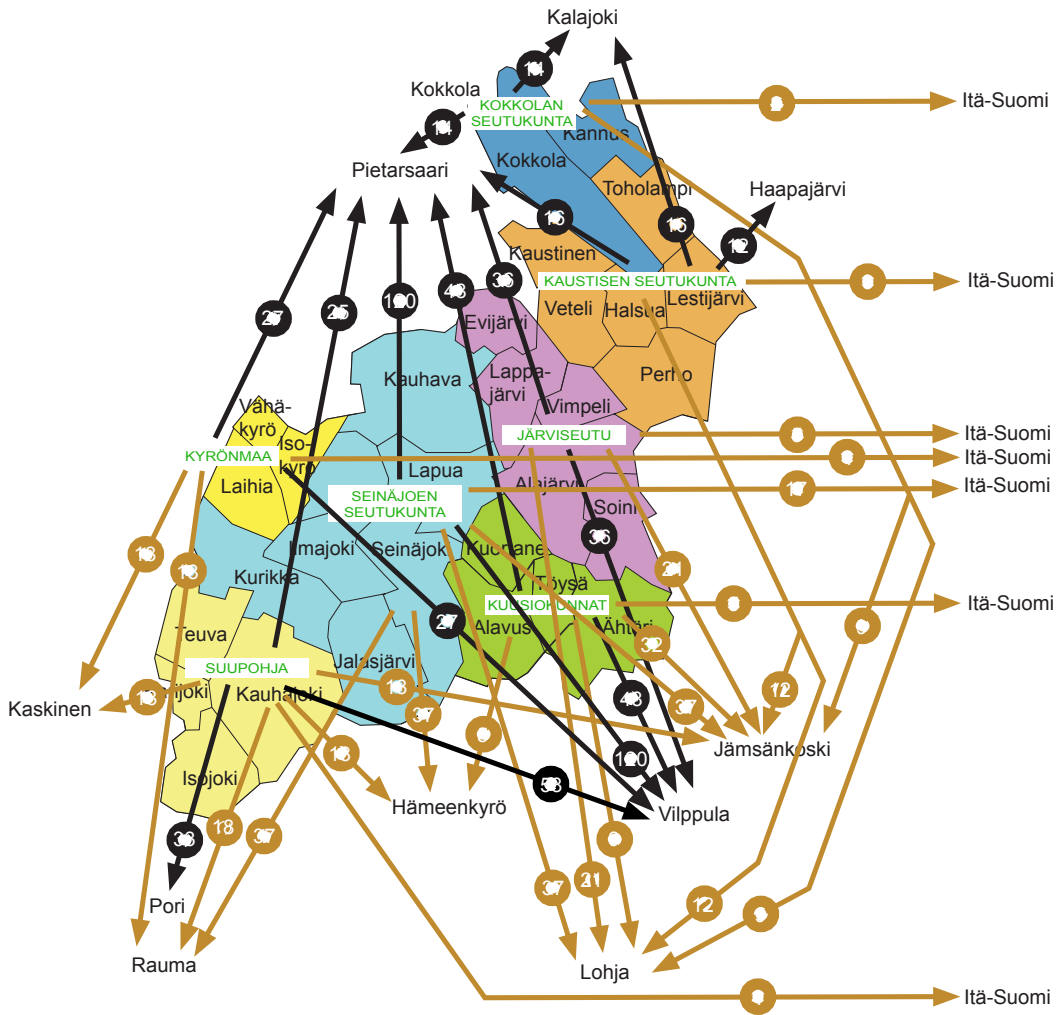
Sevola, Y. & Suihkonen, V. 2006. Hakkuut ja puuston poistuma metsäkeskuksittain. Metsäntutkimuslaitos, metsätilastollinen tietopalvelu. Suomen virallinen tilasto. Metsätilastotiedote 857. 10 s.

Suomen Sahat ry. 2010. [Internetlähde]. Saatavissa: <http://www.suomensahat.fi/> [Viitattu 20.9.2010]

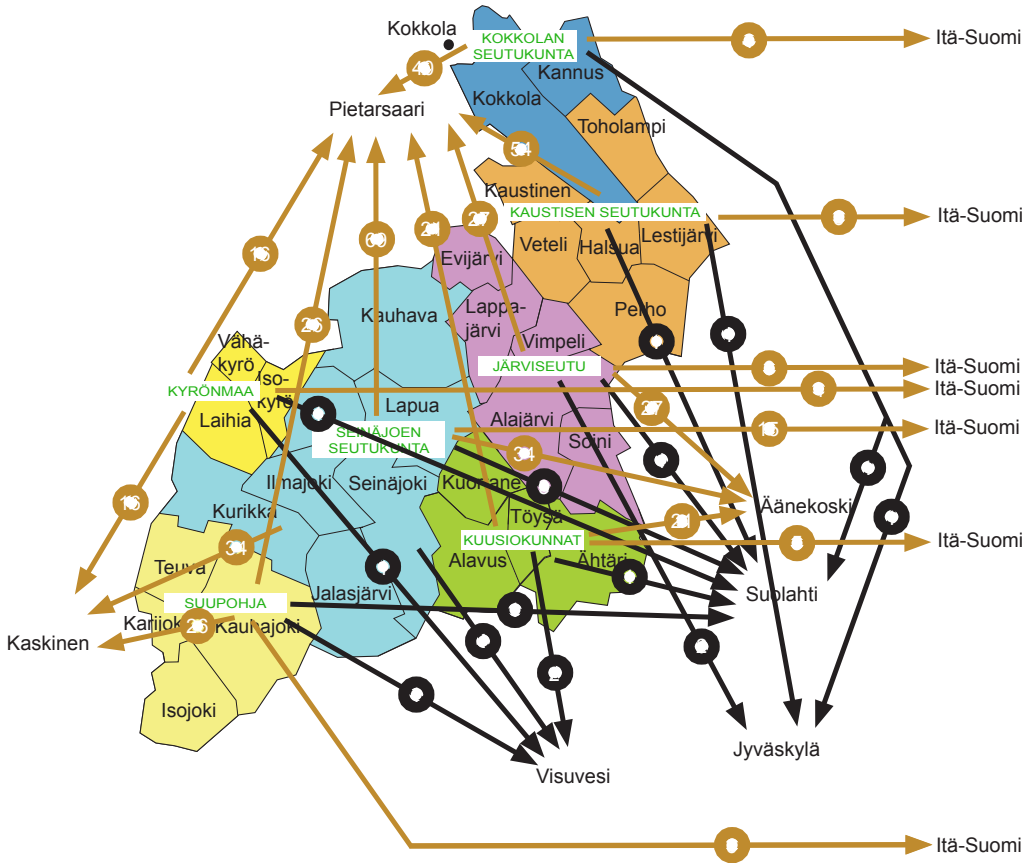
Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968–97. Metsätieteen aikakauskirja 2B: 293–374.



Tarkastelualueelle toimitetut mänty- ja kuusitukit sekä kuitupuut (pikkutukit) asian-tuntija-arvioiden sekä tuotantolaitosten Internet-sivujen perusteella (1000 kiinto-m³).



Seutukunnittaiset, vuotuiset kuusiraakapuvirrat (1000 kiinto-m³) eli se markkina-hakkuumäärä, mikä päätyy maakunnan ulkopuolelle. Selitykset: musta väri tukkipuu ja ruskea kuitupuu. Laskentaperusteina Mäki-Hakolan (2006) esittämä keskimääräinen markkinahakkuutilasto, raakapuun tuonti naapurimaakunnista asiantuntijoiden ja tuotantolaitosten Internet-sivujen mukaan sekä asiantuntijoiden kertomat raaka-puutoimitusten pääsuunnat vähennettynä tarkastelualan omalla puunkäytöllä (Metsätilastollinen vuosikirja 2009).



Seutukunnittaiset, vuotuiset lehtiraakapuvirrat (1000 kiinto-m³) eli se markkinahakkuumäärä, mikä päättyy maakunnan ulkopuolelle. Selitykset: musta väri tukkipuu ja ruskea kuitupuuh. Laskentaperusteina Mäki-Hakolan (2006) esittämä keskimääräinen markkinahakkuutilasto, raakapuun tuonti naapurimaakunnista asiantuntijoiden ja tuotantolaitosten Internet-sivujen mukaan sekä asiantuntijoiden kertomat raakapuutoimitusten pääsuunnat vähennettynä tarkastelualan omalla puunkäytöllä (Metsätilastollinen vuosikirja 2009).

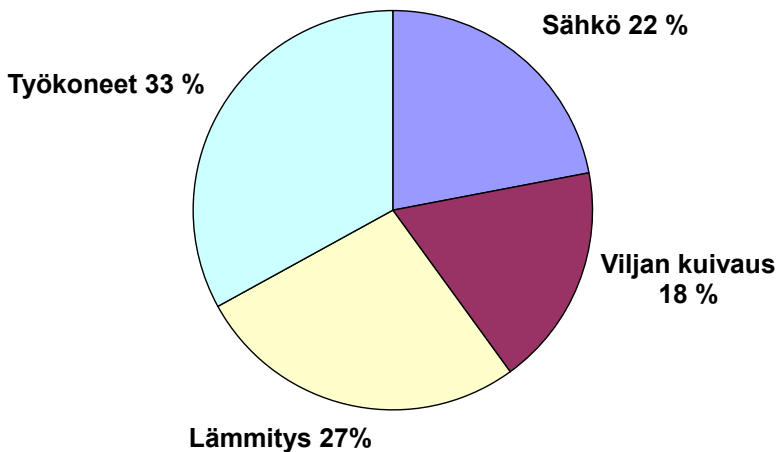
MAASEUDUN ENERGIANEUVONTA JA MAATILOJEN ENERGIAHUOLTO

Juha Viirimäki

1. MAATILOJEN ENERGIANEUVONTA

Metsäkeskukset ovat tehneet ansiokasta työtä maatilojen energianeuvonnassa aina 1990-luvun puolivälistä alkaen. Samaan aikaan maatilojen rakenne on muuttunut merkittävästi. Tilojen lukumäärä on laskenut, mutta samalla niiden lämmitykseen tarvittava energiamäärä on kasvanut.

Maatilojen energiankulutuksesta lähes puolet koostuu viljan kuivauksesta ja rakennusten lämmityksestä. Nämä kohteet ovat tämän päivän tekniikalla taloudellisesti perustellusti muutettavissa kotimaiselle polttoaineelle. Esimerkiksi siipikarjatuotannossa lämmitysenergian osuus näyttelee isoa roolia tilan tuotantopanoksissa, johon vaikuttamalla saadaan maatalan tulosta kohennettua. Maatilojen yhteenlaskettu vuosittainen energiankulutus on noin 12 000 GWh. Siitä kolmannes kuluu työkoneisiin, lähes puolet rakennusten lämmitykseen ja viljan kuivaamiseen ja noin viidennes sähkөөn. Hakelämpökeskusten avulla on lämmitysenergian tuotantokustannukset onnistuttu puolittamaan.



Maatalan energiankulutus käyttökohteittain. Lähde: Bionova Engineering. 2007.

Kehittyvä metsäenergia -hanke on paneutunut erityisesti maatilojen rakennusten lämmitysjärjestelmien muutokseen kotimaiselle polttoaineelle sekä siinä ohessa viljankuivaamoiden kotimaisen energian hyödyntämiseen. Hankkeen energianeuvot ovat opastaneet maataloja lämpökeskuksen mitoituksessa, alustavassa suunnittelussa sekä rakennetukien hakemisessa ELY-keskuksesta.



Maatilan lämpökeskusinvestoinnin takaisinmaksuaika voi olla jopa alle neljä vuotta. (Kuva: Juha Viirimäki)

1.2 Maatilojen energiaohjelma edistää energiatehokkuutta

Energian hinta on tänä päivänä eräs tärkeimmistä maatalon kannattavuustekijöistä. Tehokkaalla energiankäytön seurannalla ja tarpeettoman kulutuksen karsimisella voidaan tilan energiakuluja vähentää merkittävästi. Käynnissä oleva maatalojen energiaohjelma antaa viljelijälle apua ja neuvoja tähän työhön. Energiaohjelmalla edistetään maatalojen kannattavuuden lisäksi EU-tasolla asetettujen ilmastonsuojelun ja energiatavoitteiden saavuttamista myös maataloudessa.

Maatalojen energiaohjelma on erityisesti maatalous- ja puutarhasektorille suunnattu vapaaehtoinen energiansäästösovitussopimusjärjestelmä. Ohjelman päätavoitteena on, että maa- tai puutarhatila voi saadun neuvonnan avulla käynnistää pitkäjänteisen ja kannattavuutta parantavan energiankäytön tehostamisprosessin. Kehittyvä metsäenergia-hanke on tiedottanut alueen maa- ja puutarhatiloja energiaohjelman käynnistymisestä ja sen sisällöstä.

1.3 Lämpöyrittäjyydellä lisätuloja maaseudulle

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueella kiinnostus lämpöyrittäjyyteen on ollut poikkeuksellisen voimakasta. Alue on ollut valtakunnallisestikin tunnustettu lämpöyrittäjyysmaakunta. Etelä- ja Keskipohjanmaalla on ollut luontaisesti hyvät edellytykset tuohon asemaan pääsemiseksi. Meillä on kosolti yrittäjähenkä, alan laitevalmistajia sekä runsaat kiinteän polttoaineen energiavarat. Tällä hetkellä alueella on 72 toimivaa lämpöyrittäjäkohdetta, joita hallinnoi 50 lämpöyrittäjää.

Alueen lämpöyrittäjäkohteiden keskikoko on tällä hetkellä n. 500 kW. Öljyn hinnan laskettua kahden vuoden takaisesta hintapiikistä laitosten keskikokovaatimus on ollut selvästi kasvussa, mikä osaltaan jarruttaa uusien kohteiden syntymistä. Uusia potentiaalisia kohteita löytyy alueen teollisuudesta uuden talouskasvun myötävaikutuksella.



Lämpöyrittäjä Jussi Palojärvi "rahasamponsa" äärellä. (Kuva: Juha Viirimäki)

1.4 Kehittyvä metsäenergia-hankkeen oppaat maataloille ja metsäenergian tuottajille

Kehittyvä metsäenergia-hanke on toimittanut ajankohtaisia oppaita maatalojen metsäenergian tuotantoon ja hyötykäyttöön. Oppaiden tarve ja tilaus on tullut kentältä. Oppaat ovat nostaneet metsäkeskusten energianeuvonnan uudelle tasolle, josta hyötyvät niin maaseudun yrittäjät kuin energia-alan tuotteita tarjoavat yritykset.

1.4.1 Hakelämmitysopas maataloille

Valtakunnan puuenergianeuvojilta on puuttunut puolueeton opas hakelämpökeskuksen suunnittelusta ja toteutuksesta. Tällainen opas kirjoitettiin yhteistyössä muiden metsäkeskusten neuvojen kanssa. Maatilan hakelämmitysopas sisältää kattavan tietopaketin lämpölaitoksen suunnitteluun. Opas lähtee liikkeelle laitoksen valintaperusteista edeten kannattavuuden kautta aina toteutukseen ja laitoksen käyttöönottoon. Kirjasessa on runsaasti kuvia ja esimerkkiratkaisuja. Lisäksi opas antaa vinkkejä energiapuun korjuuseen ja sen oikeaoppiseen varastointiin. Oppaassa käsitellään lyhyesti myös pilke- ja pellettilämmitys, mitkä voivat olla tietyissä tapauksissa perusteltuja vaihtoehtoja hakelämmityksen sijaan. Maatilan hakelämmitysoppaan päätoimittajana on bioenergianeuvoja Juha Viirimäki.

1.4.2 Viljankuivausta kotimaisilla polttoaineilla

Viljankuivausoppaan kirjoittamisen alkusysäys ajoittui öljyn hinnan äkilliseen hintaralliin sekä poikkeuksellisen kosteisiin elonleikkuuolosuhteisiin syksyllä 2008. Alueen laitevalmistajien toivomuksesta kirjoitettiin opas mikä antaa ensikäden tietoutta viljankuivaamiseen tilan omilla polttoaineilla hakkeella ja esipuhdistajan jakeilla. Oppaan toimituskuntaan kutsuttiin alueen laitevalmistajat, ja heille myös jaettiin tekstien kirjoitusvastuut omien erikoisosaamisiensa perusteella. Viljankuivausoppaan päätoimittajana on projektipäällikkö Esa Koskiniemi.

1.4.3 Opas energiapuun korjuuseen ja varastointiin

Maatilan lämmitysjärjestelmien oppaiden valmistuttua hanke päätti tuottaa oppaan energiapuun korjuusta ja varastoinnista. Laatuhaakkeen tuotanto-oppaan päätoimittajaksi valittiin energianeuvoja Tanja Lepistö. Hänen apunaan tekstejä laatimassa olivat bioenergianeuvoja Juha Viirimäki sekä avustava tutkija Risto Lauhanen Seinäjoen ammattikorkeakoulusta. Oppaassa neuvotaan korjuukohteen ja -menetelmän valinnassa, energiapuun varastoinnissa ja hakkeen valmistuksessa ja keinokuivauksessa. Opas antaa myös neuvoja ja malleja energiapuun kauppaan. Oppaan kohderyhminä ovat metsänomistajat sekä energiapuun kaupasta, korjuusta ja käytöstä vastaavat tahot.



Metsäkeskuksen laatimat maaseudun energiaoppaat. (Kuva: Juha Viirimäki)

MAATILAN ENERGIANTUOTANTO, -HANKINTA JA -KÄYTTÖ

Tommi Valli

1. MAATILOJEN ENERGIAHUOLTO ON LUONTEVAA HOITAA KOTIMAISELLA ENERGIALLA.

Tuontienergian hinnan jatkuva vaihtelu ja hintojen kohoaminen on saanut maatilat siirtymään yhä enemmän kotimaiseen energiaan. Kotimaisen energian etuina on myös, että se tuotetaan aivan lähiympäristössä tuoden työtä ja hyvinvointia omalle alueelle muutenkin kuin taloudellisessa mielessä. Kotimaisella energialla lämmittäminen onnistuu nykyisin siinä missä tuontienergiälläkin, ja mitä suurempi on vuotuinen lämmöntarve, sitä suuremmaksi saavutetut hyödyt ja säästöt käyvät.

Esimerkkinä kuvaamaan miten paljon haketta vaaditaan korvaamaan vuotuinen lämmitysöljy maatilamittakaavassa. Mikäli vuotuinen lämmitysöljyn käyttö on ollut keskimäärin 8000 litraa vastaa se hakkeena 120–160 hakekuutiota, hakemäärään vaaditaan puuta 50–70 kiintokuutiometriä, joten puumäärän hankkimiseksi on vuosittain hakattava 2 ha:n ensiharvennusleimikkaa vastaava puumäärä. Vuotuinen määrä on niin iso, että useimmilta tiloilta loppuu sopiva metsä ennen pitkään tilan metsien ikärakenteesta riippuen tai tilan omistajan aika ei riitä hankkimaan tarvittavaa määrää puuta muista töistä johtuen. Nykyiset laitteet soveltuvat kuitenkin myös toisen kotimaisen polttoaineen eli palaturpeen polttoon, joten lämmöntuotanto ei keskeydy vaikka vuosittain tarvittavaa hakemäärää ei joka vuosi saataisikaan hankittua.

1.2 Lämmitystavat ovat muuttuneet käytävissä olevan työpanoksen mukaan

Aikaisemmin maatiloilla käytettiin lähinnä karsitusta rangasta tehtyä polttopuuta joka jatkojalostettiin klaveiksi ja haloiksi. Kattila- ja haketustekniikan kehittyminen sekä karsitusta rangasta jalostettujen klapien valmistuksen vaatima runsas työpanos ovat aiheuttaneet klapiämmityksestä luopumisen tuotantorakennusten lämmönlähteenä käytännössä kokonaan. Metsänhoitotöiden yhteydessä kertyvä koivukuitupuuta jätetään nykyisin usein omaan käyttöön lämpöenergiaksi koivun korkean lämpöarvon ja kuitupuun alhaisen myyntihinnan vuoksi.

1.3 Pellon reunapuissa runsaasti potentiaalia

Eräs yleensä runsaasti energiapuuta sisältävä kohde maatiloilla ovat peltojen reunamat. Pellon reunoilla on valoa ja ravinteita riittävästi takaamaan puiden hyvä kasvu. Pellon reunoja harventamalla kertyy aines- ja energiapuuta oksineen helposti 70 kuutiometriä hehtaarilta. Usein puusto on sekapuustoa kattaen kaikki puulajit reiden vahvuisesta raidasta runsasoksaiseen mäntyyn. Pellonreunoissa puulaji ja ainespuukohtaiset kertymät jäävät kuitenkin suhteellisen pieniksi eikä hakkuusta saada suuria tuloja. Tällainen puu soveltuu kuitenkin hyvin poltettavaksi ja nykyisin käytössä olevin menetelmin se myös

onnistuu ilman sen suurempia investointeja. Miestyönä kaataen luonnollisin kaato-suunta pellonreunapuilla on yleensä juuri pellon suunta, jolloin puiden oksat joudutaan poistamaan pellolta ennen seuraavia kylvötoita. Tämän johdosta pellonreunapuiden kaatoon sopii erityisen hyvin korjuri, joka kaataa ja kuormaa puut samalla, jolloin puut voidaan kuljettaa samalla sopivalle paikalle odottamaan jatkokuljetusta tai haketusta.



Pellonreunapuista tulee runsaasti aines- ja energiapuuta.

1.4 Lämmöntarve vaihtelee

Stokeripolttimet ovat nykyisin helppohoitoisia ja oikein mitoitettujen laitteiden säätö hoituu myös pienellä perehtymisellä laitteiston toimintaan ja palamisilmion ymmärtämiseen. Itse palaminenhan vaatii vain hapetta, palavan aineen sekä sopivan lämpötilan joten säätäminen on sitä helpompaa mitä tasaisempi lämmöntarve on ja miten hyvin laitteisto on mitoitettu vastaamaan tarpeeseen. Lämpimän veden tarve on likimain saman suuruinen vuodenajasta riippumatta, mutta lämmitykseen käytettävän energian tarve vaihtelee suuresti vuodenaikojen mukaan Tämä vaihtelu aiheuttaa laitteistolle haasteen sillä energiantarve vaihtelee kesän 20 kW:n ja talven 150 kW välillä. Ei ole helppoa, eikä järkevää lämmittää vettä kesällä ylisuurella kattilalla, jolloin isolla kattilalla pelkkä ylläpitovalkea tuottaa enemmän lämpöä mitä senhetkinen tarve on.

Nykyiset karjatilat siirtyvät vähitellen kotimaista polttoainetta käyttäviin laitteistoihin sitä mukaa kun vanhat öljy polttavat laitteistot saavuttavat käyttöikänsä päätöksen. Uudet tuotantorakennukset varustetaan käytännössä aina kotimaista polttoainetta käyttävällä lämpökeskuksella. Vanhaa öljykattilaa uusittaessa kiinteää polttoainetta käyttäväksi kattilaksi, on huomiota kiinnitettävä paloturvallisuusmääräysten täyttymiseen sekä polttoainehuollon sujumiseen, jolloin vaihtoehtona on useimmiten erillisen lämpökeskuksen rakentaminen sopivalle paikalle.



Usein on luontevaa tehdä lämpökeskus kokonaan omaan rakennukseen.

Haketuksen sujuva suorittaminen ja hakevaraston täyttö aiheuttavat tiloilla usein lisätyötä, sillä lämpökeskus sijaitsee maatilán pihapiirissä keskeisellä paikalla lämmönjakelun ja kanaalien vetojen vuoksi. Käytännöllinen hakevarasto on kooltaan rekkakuorman vetoinen jolloin hakettavaa puuta ei aina ole mahdollista varastoida varaston välittömään läheisyyteen pitkäksi aikaa, vaan itse hakettaminen tapahtuu kauempana sijaitsevalla energiapuuvarastolla. Energiapuuvarastolta hake kuljetaan laitokselle viljakärryillä, rekka-autolla tai vastaavalla.

1.5 Haketus helppo ulkoistaa

Maatiloilla käytettävän energiapuun hakettamiseen on esimerkiksi Etelä-Pohjanmaalla nykyisin käytössä lukuisia urakointipalvelua tarjoavia yrittäjiä ja palvelua on hyvin saatavilla lyhyellä varoitusaajalla. Alueen urakoitsijoilla on käytössään pääasiassa traktorikäyttöisiä rumpu- ja laikkahakkureita. Rumpuhakkurin etuna laikkahakkuriin on hakkeen tasaisempi palakoko ja korkeampi tuottokyky. Laikkahakkurin hankintahinta on huomattavasti alhaisempi rumpuhakkuriin verrattuna. Rumpuhakkurin tuottaman hakkeen palakokoa voidaan säädellä vaihtamalla hakkurin seulakokoa, joten stokeripolttimille saadaan sopivan kokoista haketta raaka-aineesta riippumatta.

Ulkoistettu haketus vaatii riittävän suuret varastointitilat niin itse hakkeelle kuin haketettavalle puulle. Hakettavan puun määrän tulisikin olla vähintään 50 kuutiometriä kannattavuuden saavuttamiseksi tai useampi kohde samalla suunnalla haketuksen edes jonkinlaisen kannattavuuden saavuttamiseksi. Hakkurien kapasiteetti on varmasti riittävä sillä nykyiset rumpuhakkurit tuottavat jopa 100 kuutiometriä haketta tunnissa, mikä vastaa noin 40–50 kiintokuutiota hakettavaa puuta.

Haketettava energiapuu on hyvä kuivattaa mahdollisimman pitkälle varastolla. Tämä onnistuu parhaiten varastoimalla energiapuu tuulisella paikalla, kattamalla puut sekä tekemällä energiapuupino ristikon päälle, jolloin kasan maayhteys on katkais-

tu. Ristikolla energiapuukasa nostetaan vähintään 20-30 senttimetriä maan pinnan yläpuolelle, jolloin maakosteus ei pääse nousemaan kasan sisälle ja kasa tuulettuu sekä kuivuu myös alhaaltapäin. Kuivuneesta energiapuukasasta tehty hake voi sisältää kosteutta alle 30 %, vesipitoisuuden kasvu alentaa hakkeen lämpöarvoa ja lisää näin hakkeen kulutusta. Kosteuspitoisuudeltaan 30 % koivupuusta tehty hakekuutio vastaa lämpöarvoltaan noin 80 polttoöljylittraa. Öljykattilan hyötysuhde on yleensä hieman parempi kuin kiinteää polttoainetta poltettaessa, esim. helpommin säädetävän puhtaamman palamisen johdosta joten aivan samassa suhteessa ei hakkeella korvata öljyä mitä lämpöarvot laskennallisesti antavat.

1.6 Lämpökeskuksen valinta hintakysymys

Lämpökeskuksista on runsaasti tarjontaa, eikä kovin suuria eroja eri laitteistoilla ole, sillä jokaisessa laitteessa lämmön tuotanto perustuu polttoaineen palamiseen. Vuosien kehitystyön jälkeen kiinteää polttoainetta käyttävien kattiloiden hyötysuhteet ovat muodostuneet käytännössä samoihin lukemiin. Tämän johdosta kuluttajalla on yleensä hyvin valinnanvaraa hankkiessaan itselleen sopivaa keskuslämmityslaitteistoa. Lämmityslaitteiston valintaa ohjanee eniten laitteiston kokonaishinta, mutta suurin hintaa ohjaava tekijä on kattilalta tarvittava teho, ajateltu polttoaine ja sen ominaisuudet sekä lämmitysjärjestelmän säätömahdollisuudet erilaisella lämmöntarpeella. Lämmitykseen käytettävä polttoaine vaikuttaa runsaasti esim. sen vuoksi että, tilalla tai tilan välittömässä läheisyydessä on olemassa esimerkiksi saha tai muu vastaava puunjalostuslaitos, mikä ei pysty itse käyttämään kaikkea tuottamaansa sivuvirtaa kuten kuorta, kutteria tai purua. Tällöin tilalle voi olla saatavilla kilpailukykyiseen hintaan kotimaista polttoainetta, joka vaatii keskuslämmityskattilalta ja varsinkin kuljettimilta hieman normaalia enemmän suunnittelua kuin perinteistä haketta käytettäessä.

Yleisesti maataloilla käytössä olevat kiinteän polttoaineen kattilat ovat käyttökelpoisia poltettaessa tasalaatuista polttoainetta kuten palaturvetta tai karsitusta rangasta tehtyä haketta. Hakkuutähteistä tehty hake vaatii kuljettimilta ja varastolta enemmän hakkeen partikkelikoon vaihdellessa runsaasti. Hakkuutähdehake sisältää enemmän hienoa ainesta kuin karsitusta rangasta tehty hake. Vaihteleva palakoko aiheuttaa itse kattilan säätöön omat hankaluutensa, sillä isossa varastosäiliössä lajittuessaan voi kattilan palopäälle tulla hyvin erilaisen paloajan vaativaa polttoainetta ja kattilan hyötysuhde alenee osan polttoaineesta jäädessä osin palamatta. Tällöin myös tuhkan määrä lisääntyy ja kattilan huolto- ja puhdistustarve lisääntyvät.

Kokonaisuutena kotimaisen kiinteän polttoaineen käyttö suuresta alkuinvestoinnista huolimatta maatalon keskuslämmityskattilassa vähentää energianhinnanmuutoksista johtuvaa taloudellista painetta. Muutettaessa maatalon vanha öljylämmitteinen kattila haketta käyttäväksi kiinteän polttoaineen lämpökeskukseksi on investointiin mahdollista saada tukea. Tuesta ja tuen myöntämisestä lisätietoa saa paikalliselta ELY-keskukselta.

KUUSEN KANTOJEN KOSTEUS JA KUIVUMINEN

Jussi Laurila & Risto Lauhanen.

TIIVISTELMÄ: Kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) kantojen käyttö energiantuotannossa on lisääntynyt maassamme viime vuosina. Kustannustehokas kantopuunhankinta on monen eri tekijän summa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kuusen kantojen kosteutta korjuun jälkeen hakkuuaukeilla ja tienvarsivarastoissa. Kantopuun kosteus vaikuttaa suoraan sekä kuljetuskustannuksiin että puuaineen lämpöarvoon. Kantojen keskimääräinen kosteus hakkuuaukeilla oli 53 % välittömästi kannonnoston jälkeen. Aluksi kosteus aleni melko nopeasti ollen noin 30 % kuukauden kuluttua korjuusta. Kantojen kesänaikaisesta kuivumisesta seurasi, että veden absorptio puuaineeseen oli syksyllä heikkoa. Joka kevät ja kesä kosteus oli alemmalla tasolla kuin edellisenä vuonna vastaavaan aikaan. Tienvarressa varastoitu kantopuu oli hyödynnettävissä energiakäyttöön ympäri vuoden koko kolmen vuoden varastointiajan lukuun ottamatta kannonnostoa seuraavaa kuukauden kuivumisaikaa. Varastointijakson aikana ei havaittu merkittävää kantopuun energiakäyttöön vaikuttavaa laadun heikkenemistä. Alkuperäinen tutkimusartikkeli on julkaistu Silva Fennicassa: Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010. Moisture Content of Norway Spruce Stump Wood at Clear Cutting Areas and Roadside Storage Sites. *Silva Fennica a Journal of Forest Science* vol. 44(3), 2010. Saatavissa: <http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf44/sf443427.pdf>

Asiasanat: energia, kannonnosto, kanto, kosteus, kuusi, *Picea abies* (L.) Karst.

1 JOHDANTO

Uusiutuva energia on merkittävässä asemassa kasvatettaessa maamme energiaomavaraisuutta ja hillittäessä ilmastomuutosta. Vuonna 2007 uusiutuvan energian osuus oli Suomessa 28,5 % kokonaisenergian tuotannosta. Euroopan Unionin tavoitteena on kasvattaa maamme uusiutuvan energian osuutta 38 % vuoteen 2020 mennessä (Energy.eu. 2010). Tavoite on haasteellinen tämän päivän energiantuotantoteknologioille. Tämän takia kaikkia potentiaalisia ja kustannustehokkaita uusiutuvan energian lähteitä tarvitaan.

Kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) kantojen korjuu on lisääntynyt viimeaikoina maassamme, jossa kantojen arvo bioenergian lähteenä on merkittävä. Murskattu kantopuu soveltuu hyvin isojen lämpölaitosten polttoaineeksi, jossa pienet epäpuhtaudet eivät aiheuta ongelmia (Hakkila & Aarniala 2004, Backlund 2009). Kannot sisältävät paljon energiaa keskimääräisen hehtaarikohtaisen energiasisällön ollessa noin 130 MWh/ha. Korkeimmillaan kantoenergiaa voidaan saada hehtaarilta jopa 250 MWh/ha (Hakkila 2004, Näslund Eriksson & Gustavsson 2008).

Kuusen juuristo on pinnanmyötäinen ja suhteellisen löyhästi maassa kiinni, jonka takia se on helpompi irrottaa maasta kuin tilavuudeltaan samansuuruinen männyn kanto. (Hakkila 1972, Laitila ym. 2008). Kantojen korjuulla on positiivisia vaikutuksia metsänuudistamiseen ja se korvaa perinteisen maanmuokkauksen. Lisäksi kannonnosto vähentää juurikäpää- sekä tukkimiehentäiriskiä. Kantojen korjuu alentaa näin ollen metsän uudistamiskustannuksia (Procurement... 2003, Saarinen 2006).

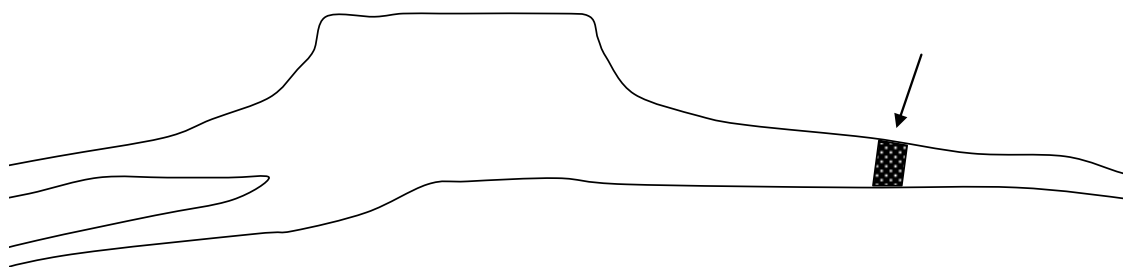
Elävästä puusta noin puolet on vettä. Energiantuotannon näkökulmasta vesi on kuitenkin haitallista, koska se alentaa puun energiasisältöä (Hakkila 1989, Nurmi 2000). Lisäksi puuaineen kosteus vaikuttaa kuljetuskustannuksiin. Näin ollen on tärkeää tuntea kantopuun kosteuden muutokset korjuun jälkeen sekä tunnistaa muutoksiin vaikuttavat tekijät.

Tämän tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää kantopuun kosteutta välittömästi kannonnoston jälkeen sekä kosteutta eripituisten kuivumisaikojen jälkeen sekä hakkuuaukeilla että tienvarsivarastoissa. Toisena tavoitteena oli selvittää kosteuden ja siihen vaikuttavien tekijöiden välisiä riippuvuuksia. Kolmantena tavoitteena oli selvittää kantopuun lämpöarvo kolmen vuoden varastointiajan jälkeen.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin Länsi-Suomesta neljältä eri kannonnostokohteelta vuosina 2006–2009. Kohteiden päätehakkuu oli tehty 1–6 kk ennen kannonnostoa. Kannot nostettiin kesä–heinäkuussa 2006 kaivinkoneella, joka oli varustettu nelipiikkisellä kantoharalla. Noston työvaiheet olivat nosto, paloittelu, puhdistus ja kasaus. Kannot kuljetettiin hakkuuaukealta metsätraktorilla tienvarsivarastoon muutaman viikon kuluttua kannonnostosta.

Kosteusnäytteitä kerättiin sekä hakkuuaukeilla sijainneista kasoista että tienvarsivarastoista satunnaisotantaa käyttäen. Jokaisella kohteella ensimmäiset kosteusnäytteet otettiin välittömästi kannonnoston jälkeen. Seuraavat näytteet kerättiin joko hakkuuaukealta tai tienvarsivarastoista eripituisten kuivumisaikojen jälkeen. Kaikki näytteet otettiin kasojen pintaosista. Näytteenotto kohta sijaitsi suunnilleen puun syntypisteen ja juurenkärjen puolella välissä (kuva 1).



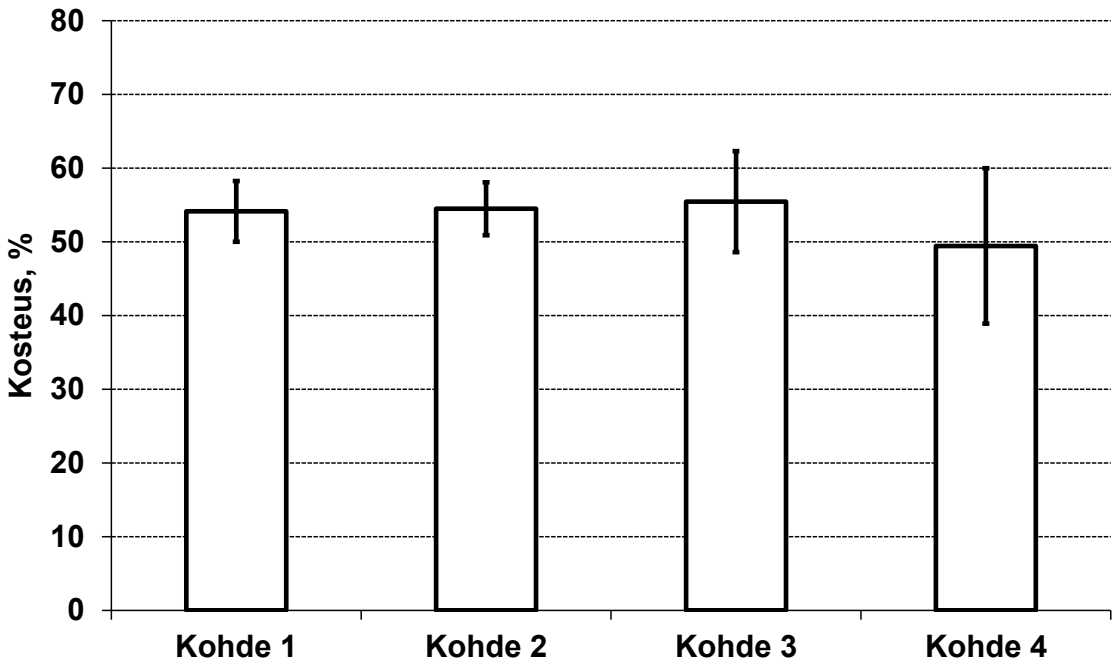
Kuva 1. Näytteenotto kohta

Kosteusanalyysit tehtiin kaksivaiheisella lämpökaappimenetelmällä ISO 589 "Hard coal – Determination of total moisture"-standardiin perustuen (ISO 589:2003). Lämpöarvoanalyysit perustuvat CEN/TS 14918:2005 Solid Biofuels – Method for the determination of calorific value -standardiin (CEN/TS 14918:2005). Sääaineisto hankittiin Ilmatieteenlaitokselta sekä Suomen Ympäristökeskukselta.

3 TULOKSET

3.1 Kosteus ja lämpöarvo

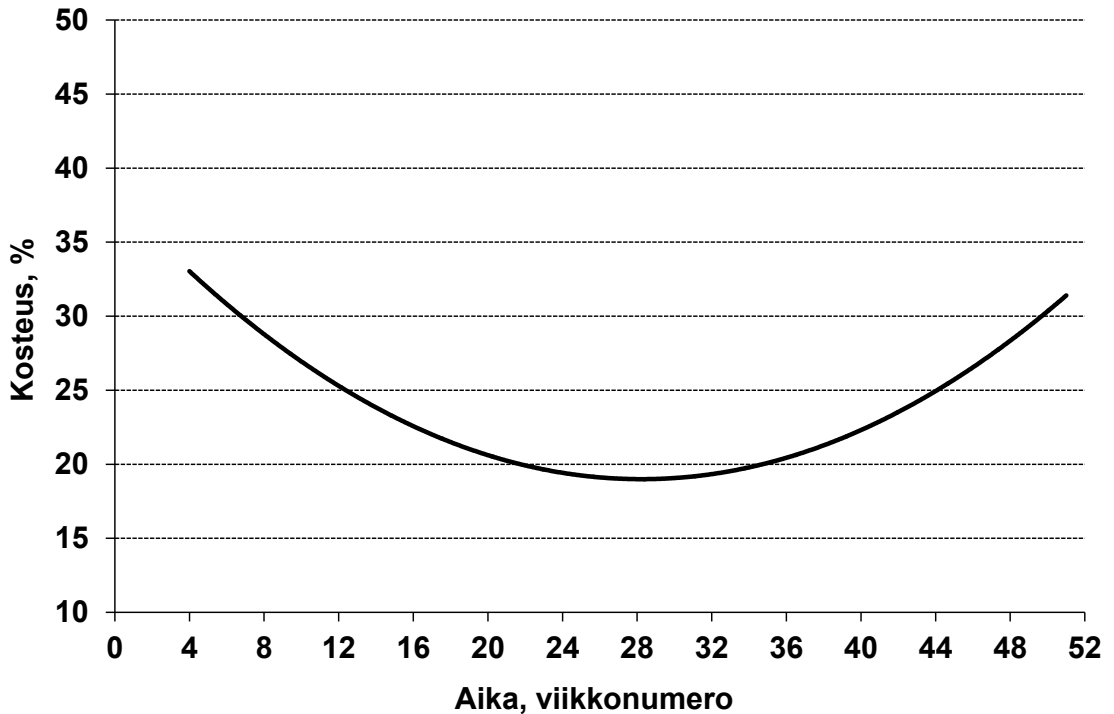
Kantojen keskimääräinen kosteus oli 53 % välittömästi kannonnoston jälkeen (kuva 2). Noston jälkeen kosteus aleni melko nopeasti, ollen noin 30 % kuukauden kuivumisajan jälkeen. Syksyllä 2006 kantojen kosteus kasvoi hieman, kunnes se aleni uudelleen keväällä 2007. Sama trendi toistui vuodesta toiseen. Ylimmillään kosteus oli sekä vuoden alussa että lopussa. Alimmillaan kosteus oli heinäkuun alussa. Varastointiajan lopussa kolmen vuoden kuluttua korjuusta kantojen lämpöarvo oli 5,24 MWh/ton ja tuhkapitoisuus 1,7 %.



Kuva 2. Kuusen kantojen kosteus neljällä kannonnostokohteella välittömästi korjuun jälkeen.

3.2 Riippuvuudet

Kantojen kosteuden ja ilman kosteuden välillä havaittiin heikko epälineaarinen korrelaatio perustuen neljän vuoden keskiarvoon pois lukien ensimmäinen mittaus-tulos, joka tehtiin välittömästi kannonnoston jälkeen. Myös kantojen kosteuden ja ilman lämpötilan välillä havaittiin heikko epälineaarinen korrelaatio. Vahvin yhden selittäjän epälineaarinen korrelaatio mitattiin kosteuden ja ajan (viikkonumero) vä-lillä (kuva 3), kun ensimmäisiä välittömästi kannonnoston jälkeen mitattuja kosteus-tuloksia ei huomioitu. Korkein selityssaste ($R^2=0,63$) tässä tutkimuksessa saatiin neljän muuttujan kosteusmallilla (kaava 1), jossa selittävinä tekijöinä olivat viikkonumero, ilman kosteus, lämpötila ja kuivumisaika.



Kuva 3. Kuusen kantojen kosteuden ja ajan (viikkonumero) välinen funktio neljän vuoden keskiarvoon perustuen.

$$MC = 0,0189t_{wn}^2 - 1,0694t_{wn} - 0,0021AH_a^2 + 0,2499AH_a + 0,0375T_a^2 - 0,7260T_a - 0,034t_d + 32,747 \quad (1)$$

jossa:

- MC = kosteus
- t_{wn} = viikkonumero
- AH_a = ilmankosteus (viikkokeskiarvo)
- T_a = lämpötila (viikkokeskiarvo)
- t_d = kuivumisaika viikkoina

4 TULOSTEN TARKASTELU

Kantopuun kosteus on tärkeä tekijä energiantuotannossa, koska se vaikuttaa suoraan mm. kuljetuskustannuksiin ja puun energiasisältöön. Suotuisinta kannonnostoaikaa on kevät ja alkukesä. Kannonnoston jälkeen kantojen kosteus alenee melko nopeasti kesällä. Syksyllä sateiden alettua kosteus kuitenkin nousee, mutta ei kovin paljoa. Tämä johtuu todennäköisesti aspiraatiosta. Puuaineen kuivuessa alle puun syiden kyllästymispisteen, rengashuokokset aspiroituvat, jonka jälkeen ne eivät enää olennaisesti läpäise vettä. Joka kevät ja kesä kosteus oli alemmalla tasolla verrattuna edellisvuoteen. Tutkimuksen kantopuu oli hyödynnettävissä energiakäyttöön ympäri vuoden koko kolmen vuoden varastointiajan lukuun ottamatta kuukauden kuivumisaikaa välittömästi kannonnoston jälkeen.

Kosteusnäytteet kerättiin kantokasojen pintaosista sekä uudistusaloilta että tienvarsi-varastoista. On mahdollista, että kosteus vaihtelee kantokasojen eri osissa. Ero voi olla joko positiivinen tai negatiivinen riippuen säästä ja vuodenajasta.

Kantopuun laadussa ei havaittu juuri lainkaan heikkenemistä kolmen vuoden varastointiajan jälkeen. Kantojen lämpöarvo (kuiva-aineesta) oli varastointiajan jälkeen lähes sama kuin tuoreella puulla (kuiva-aineesta). Tuhkapitoisuus oli tässä tutkimuksessa tavallista alempi. Yleensä kantojen mukana tulee polttoon epäpuhtauksia kuten kiviä ja maa-ainesta, joka nostaa polttoaineen tuhkapitoisuutta. Todennäköisesti sade ja pakkanen puhdistivat tämän tutkimuksen kantoja maa-aineksestä pitkän varastointiajan kuluessa.

Tutkimustuloksia voidaan käyttää taustietona kustannustehokkaan kantopuun hankinnan ja käytön suunnittelussa ja toteutuksessa. Lisätutkimusta kuitenkin tarvitaan, että voitaisiin selvittää kantojen kosteus varaston eri osissa. Lisätutkimuksissa kyettäisiin rakentamaan entistä parempia kosteusmalleja palvelemaan tehokasta energiapuun hankintaa.

KIITOKSET

Tekijät kiittävät Heikki Sippolaa ja Tero Hyväristä Metsäliitosta. He mahdollistivat tämän tutkimuksen kullannarvoisilla neuvoillaan ja antamalla kannonnostokohteet tutkimuskäyttöön. Kiitämme myös EU:n rahoitusohjelmia: Euroopan aluekehitysrahasto & Manner-Suomen maaseutuohjelma.

LÄHTEET

Backlund, C. 2009. Stump Wood Fuel in Large Scale Industrial Use. Teoksessa: Savolainen, M. (toim.). Bioenergy 2009. Sustainable Bioenergy Business. 4th International Bioenergy Conference From 31st of August to 4th of September 2009. Book of Proceedings. Part 1. s. 325–328.

CEN/TS 14918:2005 Solid Biofuels – Method for the determination of calorific value. 62 s.

Energy.eu. 2010. Europe's Energy Portal. [Internetlähde]
Saatavissa: <http://www.energy.eu/#renewable> [Viitattu 11.6.2010]

Hakkila, P. 1972. Mechanized Harvesting of Stumps and Roots. A sub-project of the joint Nordic research programme for the utilization of logging residues. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. Publications of the Finnish Forest Research Institute 77. 71 s.

Hakkila, P. 1989. Utilization of Residual Forest Biomass. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag. 568 s.

Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999–2003. Metsähakkeen tuotantoteknologia. Loppuraportti. Tekes. Teknologiaohjelmaraportti 5. 135 s.

Hakkila, P. & Aarniala, M. 2004. Stumps – an unutilised reserve. Wood Energy Technology Programme Newsletter on Results 4/2004. 2 s.

ISO 589:2003(E). Hard coal – Determination of total moisture. International Standard. 7 s.

Laitila, J., Ranta, T., & Asikainen, A. 2008. Productivity of stump harvesting for fuel. International Journal of Forest Engineering 19 (2). s. 37–47.

Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010. Moisture Content of Norway Spruce Stump Wood at Clear Cutting Areas and Roadside Storage Sites. Silva Fennica. Vol. 44(3), 2010: 427–434.

Nurmi, J. 2000. Characteristics and storage of whole-tree biomass for energy. Doctoral dissertation. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 758. Kannus 2000. 42 s.

Näslund Eriksson, L. & Gustavsson, L. 2008. Biofuels from stumps and small roundwood – Costs and CO₂ benefits. Biomass and Bioenergy 32 (2008) 897–902.

Procurement of forest chips at UPM Kymmene from residual biomass. 2003. Produced by UPM Kymmene and OPET Finland, VTT. [Internetlähde] Saatavissa: http://www.opet-chp.net/download/wp3/upm_forestwood.pdf [Viitattu 11.6.2010] 9 s.

Saarinen, V-M. 2006. The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations – preliminary results. Biomass and Bioenergy 30 (2006): 349–365.

TAUSTAA, TULOKSIA JA TULEVAISUUDENNÄKYMÄ

Tapani Tasanen

1 KEHITTYVÄ METSÄENERGIA -HANKKEEN TAUSTA, TAVOITTEET JA TYÖNJAKO

Kehittyvä metsäenergia -hankkeen lähestyessä pääteipistettään on syytä tarkastella hankkeen etenemistä ja tuloksia suhteessa sille asetettuihin tavoitteisiin. Myös lyhyt katsaus hankkeen historiaan on paikallaan.

1.1 Hankkeen tausta

Hankkeen aloitus tapahtui siten, että Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu jättivät keväällä 2007 Etelä-Pohjanmaan TE-keskukselle erilliset, metsäenergian tuotantoon ja käyttöön pureutuvat hanke-esitykset kyseisenä vuonna alkavan *Manner-Suomen maaseutuohjelman rahoitettaviksi*. Tutustuttuaan hakemuksiin TE-keskus kehotti hakijoita valmistelemaan yhteisen hanke-esityksen. Näin tehtiin, ja rahoitushakemuksen jättämisen jälkeen Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus aloitti omat tehtävänsä hankkeessa jo syyskuussa 2007 omalla riskillä. Seinäjoen ammattikorkeakoulu odotti rahoituksen varmistumista ja ryhtyi toteuttamaan hankkeen tutkimusosiota lokakuun alussa 2008. Hankkeen rahoituspäätös saatiin Etelä-Pohjanmaan TE-keskukselta joulukuussa 2008. Hankkeen vastuuorganisaatioksi nimettiin Etelä-Pohjanmaan metsäkeskus.

1.2 Hankkeen tavoitteet ja työnjako

Kehittyvä metsäenergia -hankkeen tavoitteena on selvittää kokonaisvaltaisesti metsäenergian mahdollisuuksia, ongelmia ja tietotarpeita hankkeen toimialueella. Uuden tiedon avulla turvataan ja edistetään alan käytännön toimintaa ja neuvontaa. Tutkimus- ja kehitystyö tuo lisäarvoa alueen metsäenergiasektorin eri toimijoille sekä parantaa alan osaamista ja kilpailukykyä. Hankkeessa painotutaan puuperäiseen energiaan. Neuvonnalla ja tiedotuksella pyritään edistämään kotimaisen energian käyttöä ja parantamaan energia-alan yrittäjien toimintaedellytyksiä. Edellä mainituilla toimenpiteillä taataan maakuntien bioenergian lisäämiselle sekä alan kehittämislle hyvät edellytykset.

Hanke koostuu osahankkeista (kaavio 1), joilla pyritään kehittämään ja edistämään mahdollisimman monipuolisesti Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueen metsäenergiasektoria. Työnjako on pääpiirteissään seuraava: Seinäjoen ammattikorkeakoulun maa- ja metsätalouden yksikön vastuulla oleva tutkimusosio painottuu tiedon tuottamiseen oman tutkimuksen kautta sekä tiedon hankkimiseen muilta tutkimusorganisaatioilta. Metsäkeskus vastaa hankkeen hallinnoinnin lisäksi hankkeessa sekä muissa alan organisaatioissa tuotetun ajankohtaisen tiedon levittämisestä kentälle neuvonnan, teemapäivien ja työnäytösten kautta.

OSAHANKE	AJOITUS			TAVOITTEET
	2008	2009	2010	
Metsäenergian hankintalogistiikan tekninen ja taloudellinen kehittäminen	SeAMK			Yritystoiminnan lisääminen Energiaomavaraisuuden lisääminen
Lämpöyrittäjyyden kehittäminen	Mk & SeAMK			Metsätalouden edistäminen Ympäristön tilan kohentuminen
Metsäenergian tuotannon ja käytön ympäristökysymykset		SeAMK & Mk		Päästöjen vähentäminen Työturvallisuuden parantaminen
Hankkeen toimialueen metsäenergian varat, tuotanto ja käyttö	SeAMK & Mk			Energiansäästön edistäminen Positiivisen imagon luominen
Metsäenergian käyttö yhteiseksi asiaksi	Yhteinen			Paloturvallisuuden parantaminen Kannattavuuden parantaminen
Kotimainen energia maatilalla	Mk			Tietotaidon lisääminen Bioenergian käytön lisääminen
Energiapuun korjuu ja varastointi	Mk & SeAMK			Teknologisten ratkaisujen kehittäminen Kone- ja laitevalmistajien aktivointi
Teemapäivät & retkeilyt	Mk & SeAMK			Bioenergiatiedon levittäminen Mittausteknologian kehittäminen

Kaavio 1. Osahankkeiden ajoitus ja tavoitteet sekä vastuuorganisaatiot. Osahankkeissa päävastuussa olevan organisaation nimi on mainittu ensimmäisenä, ellei osahankkeen vastuu kuulunut ainoastaan toiselle organisaatiolle tai ellei osahanke ollut täysin yhteinen.

Osahankkeiden tutkimus- ja kehittämistehtäviksi asetettiin seuraavat:

- metsäenergian hankintalogistiikan tutkimus
- paikkatiedon käytön mahdollisuuksien selvittäminen metsäenergian hankinnan tukena
- metsäenergian tuotannon ja lämpöyrittäjyyden kehittäminen ja näiden toimintojen kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden selvittäminen
- metsäenergian tuotannon ja käytön tärkeimpien ympäristöongelmien ja -riskien kartoittaminen hankkeen toimialueella sekä ratkaisumallien kehittäminen niitä varten käytettävissä olevan tutkimustiedon avulla
- laskelmien teko hankkeen toimialueen metsäenergiavaroista sekä metsäenergian tuotannosta ja käytöstä
- alueen väestön metsäenergiaan kohdistuvien näkemysten ja odotusten selvittäminen
- Internet-sivuston perustaminen tutkimustiedon välittämiseen kansalaisille, oppilaitoksille ja alan ammattilaisille
- viljelijöiden opastaminen lämpölaitoksen käytössä ja paloturvallisuusasioissa
- maatilan lämpökeskuksen rakentamista ja käyttöä koskevan opaskirjan laatiminen
- energiapuun hankintaa ja käyttömahdollisuuksia koskevan tiedon välittäminen metsänomistajille
- tiedottaminen kotimaisen polttoaineen käytön kannattavuudesta

Metsäkeskuksen nimittämänä hankkeen projektipäällikkönä ovat toimineet metsätalousinsinööri Esa Koskiniemi 17.9.2007–30.11.2009 ja metsätalousinsinööri Juha Viirimäki 1.12.2009 lähtien. Metsäkeskuksen energianeuvojana Lapualla toimi Juha

Viirimäki 17.9.2007–30.11.2009 ja metsänhoitaja Tommi Valli 1.1.2010 lähtien. Keski-Pohjanmaalla energianeuvojan tehtäviä hoiti metsänhoitaja Tanja Lepistö 8.1.2009–31.7.2010 välisen ajan.

Kokoaikaisina tutkijoina toimivat metsänhoitajat Jussi Laurila ja Tiina Sauvula-Seppälä 1.10.2008 lähtien sekä FM Essi Ulander 1.4.2009 lähtien. Maa- ja metsätalouden yksikön tutkimus- ja kehityspäällikkö, MMT Risto Lauhanen on ollut muiden tehtävien ohella hankkeen osa-aikaisena tutkijana. Tutkijayliopettaja, MMT Tapani Tasanen on vastannut hankkeen tutkimusosion hallinnosta ja kokonaissuunnittelusta sekä osallistunut tutkimukseen. Tutkijoiden sijoituspaikka on ollut Tuomarniemi Ähtärisä. Tutkimusapulaisina ovat olleet metsätalousinsinööriopiskelijat Jussi Rintamäki, Kerkko Koro, Pasi Laukka, Risto Rönkkö, Jarkko Takaluoma ja Maria Tolppanen, kukin kolmen kuukauden pituisen jakson. He ovat keränneet aineistoja sekä laatineet niiden pohjalta selvityksiä tutkijoiden ohjaamina.

1.3 Hankkeen tiedotus ja tutkimustulosten julkaiseminen

Sanoma- ja aikakauslehtien, Internetin sekä radion ja television kautta on jaettu tietoa mm. hankkeen järjestämisestä tapahtumista, julkaisuista ja tutkimustuloksista energianeuvojien ja tutkijoiden yhteistyönä. Hankkeen Internet-sivustoa on päivitetty säännöllisesti. Sivut ovat käytettävissä myös hankkeen päättymisen jälkeen (www.kehittyvametsaenergia.fi).

Tutkimusten tulokset julkaistiin osaksi valtakunnallisissa metsätieteellisissä sekä bioenergia-alan julkaisusarjoissa ja ammattilehdissä sekä maakunta- ja paikallislehdissä. Tätä kirjoitettaessa hanke on tuottanut 50 julkaisua sekä kolme videositystä, jotka ovat nähtävissä hankkeen verkkosivuilla.

2 HANKKEEN TÄRKEIMPIÄ TULOKSIA

Seuraavien otsikoiden alla käydään lyhyesti läpi osahankkeiden tärkeimmät tehtävät ja nostetaan esille joitakin mielenkiintoisimpia tutkimustuloksia sekä kysymyksiä, joihin on syytä paneutua tarkemmin jatkossa. Kirjoittaja on kerännyt tiedot hankkeen tutkijoilta, energianeuvojilta, hallintohenkilöiltä ja tutkimusapulaisilta.

2.1 Metsäkeskuksen kehittämistoiminta

Hankesuunnitelman määrälliset tavoitteet on saavutettu ja ylitettykin. Metsäkeskuksen näkökulmasta Kehittyvä metsäenergia-hanke on tuottanut samanlaisia konkreettisia tuloksia, mitä vastaavilla hankkeilla saavutettiin aikaisemmillä ohjelmakausilla. Syynä on hankkeiden erilainen luonne: tässä hankkeessa ovat päätehtävinä tutkimus ja yleinen tiedon välitys, joiden tulokset syntyvät viiveellä. Aikaisemmissa hankkeissa oli mahdollista painottaa yritysten ja yrittäjien neuvontaan, mikä edesauttoi uusien lämpöyritysten syntymistä alueelle ja investointeja energiapuun hankintaan ja käyttöön. Tulokset olivat luonteeltaan välittömiä.

Hankkeen päästyä hyvään alkuun oli korjatun energiapuun määrä vuonna 2009 kaksinkertainen aikaisempaan vuosiin verrattuna. Hankkeella oli myönteinen vaikutus tuloksen syntymiseen. Energiapuun korjuun neuvontaa kysyttiin ahkerasti vuonna

2009, kun energiapuulla oli hyvä kysyntä teollisuuden ainespuun markkinahakkuiden ollessa taantumassa.

Numerotietoja hankkeen aikana syntyneistä suoritteista:

- tila- ja yrityskohtaisia kartoituksia toteutettiin 125 kohteessa
- erilaisia tilaisuuksia järjestettiin 48, niihin osallistui 3 789 henkilöä

- Metsäenergia-alan investointeja kirjattiin vuosien 2008–2010 aikana 102 kohteessa; ne jakautuivat seuraavasti:
 - teollisuuden ja kuntatason lämpökeskuksia 7
 - maatilan lämpökeskuksia 67
 - klapikoneita 3
 - hakkureita 6
 - energiakouria 11
 - metsäkuormaimia 2
 - kantoharoja 5
 - yksi pelletöintilaitos

Metsäkeskuksen toimesta tuotettiin seuraavat oppaat ja toteutettiin niiden jakelu:

- *Maatilan hakelämmitys* (jakelu 2600 kpl)
- *Viljankuivaus kotimaisella polttoaineella* (4400 kpl)
- *Laatuhakkeen tuotanto* (1700 kpl)



Kuva 1. Projektipäällikkö Juha Viirimäki esittelee uutta laatuhaakeopasta metsänomistaja Kalevi Vuolteelle. (Kuva: Jussi Laurila)

Neuvonnan ja kehittämistoiminnan tärkeimpiä tuloksia ovat olleet:

- energiapuun kysynnän ja määrän kasvu
- uudenlaiset investointikohteet
 - korjurit (hakkuupäällä varustettu kuormaa kantava metsätraktori)
 - kotimaista polttoainetta käyttävät viljankuivaamot
- energiapuun asema puutavaralajina vakiintui

2.2 Tutkimustehtävien yleiset tavoitteet

Tutkimusosiolle asetetut tavoitteet ovat toteutuneet suunnitelman mukaisesti. Muualla maassa samanaikaisesti toimineiden alueellisten hankkeiden joukossa Kehittyvä metsäenergia -hanke on tutkimustiedon tuottajana kärkiasemassa. Alan valtakunnallinen päätoimija, joka tuottaa eniten julkaisuja on Metsäntutkimuslaitos. Siihen ja muihin valtakunnallisiin tutkimuslaitoksiin verrattuna esillä olevan hankkeen tutkimustoiminnan lisäarvo löytyy siitä seikasta, että oman alueemme erityisolosuhteet ovat muodostaneet viitekehysten kaikille toteuttamillemme tutkimuksille.

Metsäenergiatietous ja myönteinen suhtautuminen metsäenergiaa kohtaan ovat hankkeen myötä lisääntyneet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella. Tutkimustuloksia esittelevillä julkaisuilla ja artikkeleilla on vähintään satoja lukijoita. Kentältä tulee tutkijoille palautetta. Tekeillä olevien tutkimusten tuloksia kysellään, kiinnostavimpia aiheita ovat olleet metsäenergian mittauksen menetelmät ja niiden tarkkuus, eri paikkakuntien metsäenergiapotentiaali, kantojen kuivuminen, lämpöyrittäjyyden kannattavuus ja ympäristöasiat. Hankkeen tutkijoilla on ollut jatkuva yhteys kentälle, mutta tutkimustiedon vaikutusta käytäntöön on kuitenkin vaikea mitata.

2.3 Metsäenergian hankintalogistiikan tekninen ja taloudellinen kehittäminen

2.3.1 Tutkimusaiheet

Tässä tutkimusosion laajimmassa osahankkeessa paneuduttiin seuraaviin tutkimusaiheisiin:

- bioenergian kuljetusketjun kehittäminen kustannustehokkaammaksi
- puuperäisen energian ja sen lähteiden mittauksen ja hinnoittelun sekä laadun määrittelyn kehittäminen ja yhdenmukaistaminen
- puuenergian tuotannon kannattavuuden kynnyskysymysten selvittäminen metsänomistajien, koneurakoitsijoiden, kuljetusyriyten, lämpöyrittäjien ja energian käyttäjien näkökulmista
- ympäristölle haitallisten päästöjen vähentäminen
- kone- ja laiteinnovaatioiden testaaminen
- informaatioteknologian ja paikkatietojärjestelmien tarjoamien mahdollisuuksien selvittäminen
- metsäenergian erilaisten hankinta- ja tuotantovaihtoehtojen kustannukset ja mahdollisuudet säästöjen aikaansaamiseksi tuotantoketjun eri vaiheissa
- suometsien energiapuun korjuu.

Tässä yhteydessä on mahdollista syventyä vain muutaman esimerkin avulla osahankkeen tutkimustuloksiin ja tutkimuksen myötä esiin nousseisiin erityiskysymyksiin.

2.3.2 Metsäenergian mittausongelmat ja selittämätön energiahävikki

Energiapuun ja sen jatkojalosteiden mittaus vaatii vielä paljon kehitystyötä, vaikka mittauksen ongelmiin onkin pitkään haettu ratkaisuja sekä tutkijoiden että käytännön asiantuntijoiden toimesta. Metsäenergian tuotannon eri portaiden investoinneista ja työstään saamat korvaukset perustuvat energianlähteen tilavuuden, massan ja energiasisällön mittaamiseen, jonka tulisi olla luotettavaa ja yhdenmukaista logistiikkaketjun kaikissa osissa. Verrattuna teollisuuden ainespuuhun on energiapuun mittaus ja laadun määrittely kuitenkin edelleen varsin alkeellista ja kirjavaa. Vastavaa lainsäädäntöä ja valvontaa ei vielä ole. Sekä tahattomien virheiden että tahallisten väärintulkintojen riskiin tulee varautua. Mittaus- ja laadunmäärittämisongelmista aiheutuu tuntuvaa haittaa sekä jatkuvaa epävarmuutta kaikille logistiikkaketjun portaille.

Metsäenergian joutuessa käymään tiukkaa kilpailua muiden energianlähteiden kanssa, olisi syytä pikimmiten laittaa kuntoon tällainen tuotannonalan sisäinen heikkous. Kun mainitut mittaus- ja laadunseurantaongelmat ovat luonteeltaan valtakunnallisia ja osittain kansainvälisiäkin, ei yhden maakunnan tai metsäkeskusalueen toimijoiden ole syytä tehdä omaperäisiä ratkaisuja. Tutkimus- ja kehitystyön on oltava yhteistä koko maan ja myös naapurimaiden vastaavien alueiden kesken. Toisaalta meidänkin on syytä kantaa kortemme tähän kekkoon, jotta oman alueemme erityistarpeet tulevat riittävästi huomioon otetuiksi. Esimerkiksi metsäkeskusalueen lukuisilla kone- ja laitevalmistajilla on oma erityinen intressinsä energiapuun mittaus- ja laatuksymyksissä.

Suosituin energiapuun mittaväline on tällä hetkellä kuormatraktoriin asennettu kuormainvaaka, jonka käyttöä pienpuun mittauksessa hanke on selvittänyt. Tärkeimpiä kehittämiskohteita ovat laitteiden tarkkuus ja niiden oikeaoppinen käyttö. Kontrollin järjestämistä kuormainvaakamittaukselle pidetään välttämättömänä. (Linblad ym.2010).



Kuva 2. Kuormainvaaka asennettuna kuormatraktoriin puomin ja kouran väliin. (Kuva: Risto Lauhanen)

2.3.3 Lämpöyrittäjyyden kannattavuus

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella toimi 71 lämpöyrittäjien hoitamaa lämpölaitosta vuoden 2009 alussa, jolloin hanke teki lämpöyrittäjyyden kannattavuutta koskevan postikyselyn. Tutkimuksessa mukana olleiden lämpölaitosten katilateho vaihteli alle sadasta kilowatista useaan megawattiin. Lämpöyrittäjien lämmönmyynnin kannattavuutta tarkasteltiin nettotulojen avulla. Metsänomistajien energiapuun myynnin kannattavuutta tarkasteltiin vähentämällä myyntituloista energiapuun hankinnan kulut. Myös *Kestävän metsätalouden rahoituslain* (Kemera) mukaiset tuet otettiin huomioon. Lämmön ostajan näkökulmaa selvitettiin vertaamalla kahdeksan lämpöyrittäjän myymän lämmön hintaa sekä näiden keskiarvoa öljy-, sähkö- ja kaukolämmön hintaan.

Kyselytutkimuksen tulokset osoittivat lämpöyrittäjyystoiminnan olevan kannattavaa sekä lämmön ostajille että myyjille. Myös energiapuun myynti oli kannattavaa metsänomistajille. (Sauvula-Seppälä 2010)

Lämpöyrittäjä:

- Lämmöntuottamisen keskimääräiset kulut vuosina 2006 ja 2007 olivat 44 €/MWh ja tulot 56 €/MWh.
- Suurimmissa lämpölaitoksissa lämmönmyynnin nettotulot olivat mainittuina vuosina keskimäärin 29 000 € vuodessa ja pienimmissä laitoksissa hieman yli 4 000 € vuodessa.
- Lämmönmyyntitulojen lisäksi lämpöyrittäjä saa usein tuloja energiapuun myynnistä sekä korvausta laitoksen valvonnasta ja huollosta.

Lämmönostaja:

- Lämpöyrittäjien myymä lämpö on hinnaltaan huomattavasti edullisempaa kuin öljy- ja sähkölämmitysten tuottama lämpö sekä jonkin verran kaukolämpöä edullisempaa.
- Edullisen hinnan lisäksi lämpöyrittäjien toiminnalla on positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia.

Metsänomistaja:

- Puun myyjät ovat saaneet tuloja myydessään energiapuuta nuoren metsän kunnostuskohteilta. Myynti on ollut usein kannattavaa jo ennen Kemera-tuen vaikutusta.

2.3.4 Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttavat tekijät metsäkoneyrittäjien ja näiden toimeksiantajien näkökulmasta

Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä selvitettiin kirjallisuuskatsauksella ja haastattelututkimuksella. Kirjallisuuskatsauksen avulla selvitettiin korjuun kannattavuuden ongelmakohtia, joista rakennettiin kysymyksiä haastatteluja varten. Tutkimukseen haastateltiin yhteensä 15 energiapuun korjuun parissa työskentelevää metsäkoneyrittäjää sekä puunhankintaorganisaation edustajaa. (Koro 2010)

Tutkimuksessa keskityttiin aineettomiin ja aineellisiin tekijöihin, jotka vaikuttavat korjuun kannattavuuteen. Aineettomiin tekijöihin kuuluivat muun muassa yrittäjyys

sekä koulutus ja aineellisiin tekijöihin korjuutekniset asiat, korjuukohteet ja korjuuolosuhteet. Tutkimuksessa painotettiin enemmän aineettomia tekijöitä ja niiden vaikutusta kannattavuuteen.

Aineettomista tekijöistä kannattavuuteen vaikutti muun muassa puunhankintaorganisaatioiden ostomiesten ostotaito. Ostomiesten tulisi ostaa ja hankkia energiaapuuta sellaisilta kohteilta, jotka ovat yrittäjille kannattavia korjata. Yrittäjien välinen yhteistyö koettiin myös kannattavuutta parantavaksi tekijäksi, koska yhteistyöllä kyetään pienentämään muun muassa koneiden siirroista aiheutuvia kuluja. Kannattavuutta parannetaan myös ketjuttamalla korjattavia kohteita siten, että korjattava alue olisi mahdollisimman suuri, jolloin metsäkoneiden ja hakkureiden siirtokustannukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Koulutusta energiapuun korjuuseen tulee lisätä, koska osaavasta ja ammattitaitoisesta työvoimasta on pula, mikä vaikuttaa kannattavuuteen. Koulutuksessa tulisi myös panostaa asenteiden muutokseen energiapuun korjuuta kohtaan. Yrityksen maineen ja sopimusneuvottelujen koettiin olevan tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat kannattavuuteen välillisesti korjuusopimuksia neuvotellessa.

Yrittäjien mielestä energiapuun korjuussa korjuukohteiden laatu vaikuttaa kannattavuuteen. Kohde on kannattava korjata, jos se on ennakkoraivattu ja alueella on tarpeeksi järeää puustoa. Nykyisin energiapuuta korjataan lähes kaikkien tutkimuksessa haastateltujen mielestä kannattavuusrajan alapuolelle jääviltä kohteilta.

Tarkasteltaessa metsäkoneyritysten taloutta, todettiin liikevaihdoltaan ja koneääriltään suurten yritysten menestyvän parhaiten. Suurilla yrityksillä, jotka korjaavat myös ainespuuta, toiminta on kannattavampaa kuin pienillä, ainoastaan energiapuuta korjaavilla yrityksillä. Suuret yritykset kykenevät myös vastaamaan paremmin puunhankintaorganisaatioiden erilaisiin tarpeisiin.

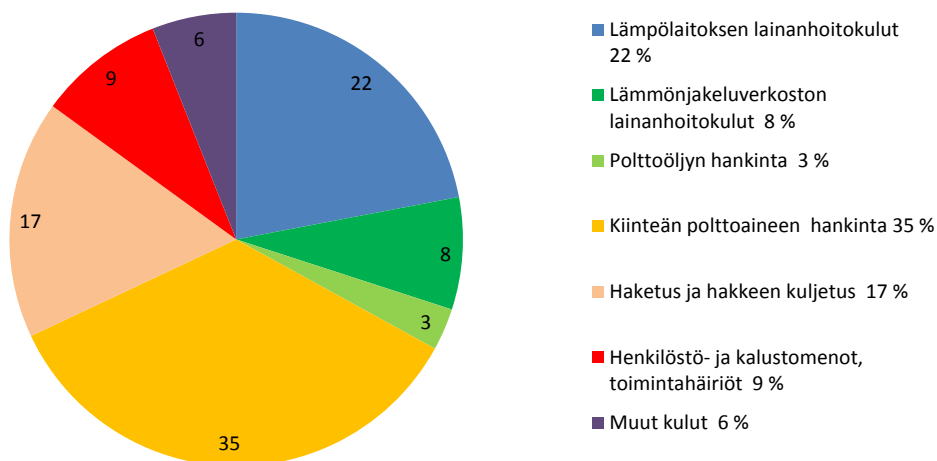
Haastateltavat kokivat Kemera-tuet elintärkeiksi. Ilman niitä pelkän energiapuun korjuu ei ole heidän mielestään taloudellisesti kannattavaa.

2.4. Lämpöyrittäjyyden kehittäminen

2.4.1 Kynnyskysymyksiä

Polttoaineen hankinta muodostaa noin 60 % lämpöyrittäjien kustannuksista. Metsäenergian käytön lisäämistavoite aiheuttaa jatkossa kiristyvää hintakilpailua lämpöyrittäjien ja muiden puunostajien välille. Pystyvätkö osuuskunnat ja muut lämpöyrittäjät menestymään kiristyvässä kilpailussa? Korkealla hinnalla pitäisi saada hyvälaatuisia raaka-ainetta. Erityisesti sen varastointiin on kiinnitettävä huomiota laadun ylläpitämiseksi. Lämpölaitoksen toiminnassa esiintyy vähemmän häiriöitä hyvälaatuisia polttoainetta käytettäessä ja samalla säästetään henkilö-, sähkö- ym. kustannuksia.

Kiinteän polttoaineen lämpölaitosten kustannusjakauma



Kaavio 2. Lämmöntuotannon kustannusrakenne lämpöyrittäjien ylläpitämässä laitoksissa Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueella vuonna 2009.

Osuuskuntien jäsenet ikääntyvät. Vastuu kohdistuu harvoille aktiiveille, joilla on suuri riski uupua. Tähän ongelmaan pitää kiinnittää huomiota. Nuorten osakkaiden mukaan saaminen on tärkeää.

2000-luvun alkuvuosina perustettiin runsaasti lämpöyhtiöitä. Ensimmäiset sopimuskaudet ovat päättymässä. Uusien sopimusten kestoja ja sisältöä tulee pohtia huolellisesti. Lämpöyrittäjyyteen on tarjolla myös erilaisia uusia palveluja sekä liikeideoita. Neuvonnan tarve lisääntyy.

Lämpöyrittäjät eivät ole erityisen kiinnostuneita pitkäkestoisesta koulutuksesta, mutta lyhyet kurssit ja teemapäivät tai -illat tulevat kyseeseen. Koulutuksen merkitystä korostaa sekin seikka, että alalla esiintyy huomattavaa kirjavuutta lähes asiassa kuin asiassa. Yhdenmukaisten käytäntöjen avulla saataisiin aikaan merkittävää toiminnan laadun ja kannattavuuden paranemista. Lämpöyrittäjille sopivia kursseja on syytä pitää jatkuvasti tarjolla neuvontajärjestöjen ja oppilaitosten kurssivalikoimassa.

2.5 Metsäenergian tuotannon ja käytön ympäristökysymykset

2.5.1 Tutkimusaiheet

Ympäristökysymyksiä koskevalle osahankkeelle kirjattiin hankesuunnitelmaan seuraavat tutkimusaiheet:

- energiantuotannon hyötysuhteen parantaminen (fossiilisten polttoaineiden käyttö tuotettua bioenergiayksikköä kohti)
- päästöjen määrä ja keinot niiden vähentämiseksi energiantuotantoketjussa (Lämpölaitosten päästö- ja hyötysuhdemittaukset)

- metsäenergian tuotannon vaikutusten arviointi alueen metsäekosysteemeihin valmiin tutkimustiedon ja analyysipalveluiden nojalla
- paikalliset ympäristökysymykset: ongelmien kartoitus ja ratkaisumallien haku
- suometsien energiapuun korjuun vaikutus ympäristöön
- kannonnoston ympäristövaikutukset (vesiensuojelu).

Tässä yhteydessä esitellään osahankkeen omia mallinnukseen ja kenttämittauksiin perustuvia tuloksia. Lisäksi tutkija Essi Ulander esittelee tässä julkaisussa (s. 32–55) laajemmin hankkeen aikana eri tahoilla karttunutta tutkimustietoa metsäenergian tuotannon ja käytön ympäristövaikutuksista.

2.5.2 Metsäenergian eri tuotantoketjujen hyötysuhteen, päästöjen ja kustannusten mallintaminen

Metsäenergian tuotannon päästöjä ja niiden vähentämismahdollisuuksia selvitetiin simuloimalla eri tekijöiden vaikutusta tuotantoketjun päästöihin. Simuloinnissa tarkasteltiin mm. seuraavia tekijöitä:

- fossiilisten polttoaineiden käyttö tuotantoketjuissa suhteessa tuotettuun energiaan
- metsäenergian tuotantoketjujen (hakkuu → haketus eri paikoissa → kuljetus laitokselle) vaikutus ilmastonmuutokseen (GWP), yksikkö: kg CO₂-ekvivalenttia/tuotettu MWh
- tuotantoketjujen rehevöittävät päästöt ilmaan (Rehevöittämispotentiali, EP: kg PO₄³⁻-ekvivalenttia/tuotettu MWh⁻¹)
- tuotantoketjujen happamoittavat päästöt ilmaan (AP: kg SO₂-ekvivalenttia/tuotettu MWh)
- metsäenergian tuotantoketjujen kustannukset.

Tässä selvityksessä tarkasteltiin päästöjen eroja erilaisilla energiapuun hankintakohdeilla (nuoret metsät, kannonnostokohteet, hakkuutähteiden keruu päätehakkuu-aloilta). Myös kaukokuljetusmatkan ja leimikkotekijöiden vaikutusta päästöihin ja hyötysuhteeseen mallinnettiin. Laskelmissa huomioitiin myös energiapuun kosteuden vaikutukset päästöihin ja kustannuksiin.

Energiapuun korjuun hyötysuhde (käytetty fossiilinen energia / tuotettu energia) vaihteli eri tuotantoketjujen välillä 1,1–5,0 %:iin. Tarkastelluista tekijöistä *kaukokuljetusmatkan pituus* vaikuttaa eniten tuotantoketjujen päästöihin ja hyötysuhteeseen.

Tulevaisuuden laskelmissa olisi tärkeää ottaa huomioon myös metsäkoneiden valmistuksessa käytetyt energiapanokset ja päästöt. Samoin perinteisen metsänlannoituksen ja puutuhkalannoituksen vertailulaskelmia on tarpeen laatia.

2.5.3 Lämpölaitoksen päästömittaukset

Kuortaneella mitattiin neljän eri polttoaineen päästöjä 700 kW:n lämpölaitoksessa kahdella eri tehoalueella. Mittauksissa käytettiin tuoretta haketta, kuivaa haketta, palaturvetta ja ruokohelpibrikettiä. Ensimmäisellä mittausjaksolla kattilan teho oli keskimäärin 330 kW ja toisella jaksolla 470 kW. (Ulander & Laurila 2010)

Tämän tapaustutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että pienen kokoluokan lämpölaitoksen sekä kaasumaisia että hiukkaspäästöjä voidaan helposti pienentää oikeilla polttoainevalinnoilla, polttoaineen hyvällä laadulla sekä palamisen optimoinnilla. Mittareihin investoimisella ja niiden säännöllisellä käytöllä voidaan parantaa laitoksen hyötysuhdetta ja kannattavuutta. Palamisprosessin säätö onnistuu paremmin suuren kokoluokan laitoksissa, joita voidaan ajaa tasaisemmalla teholla.

2.5.4 Kannonnoston ympäristövaikutukset

Kannonnostokohteilla tutkittiin noston välittömiä vaikutuksia kasvillisuuteen ja maaperään sekä maanmuokkauksen laatua metsänuudistamisen kannalta. Mittaukset suoritettiin 20 uudistusaloilla, joista kymmenen oli kannonnostokohteita ja kymmenen käsitelty pelkästään laikku- tai ojitusmätästyksellä. (Rönkkö ym. 2010, Ulander 2010)

Tutkimuksen päätulokset ovat:

- Kannonnostokohteilla paljastuu kivennäismaata merkittävästi enemmän (48 %) kuin tavanomaisella uudistusaloilla (34 %).
- Kenttä- ja pohjakasvillisuuden peittävyys oli välittömästi noston jälkeen merkittävästi alhaisempi (16 %) kuin muilla uudistusaloilla (47 %). Kasviryhmistä heinä- ja ruohokasveja oli enemmän tavanomaisesti uudistetuilla aloilla, mutta kasvien diversiteetissä ja lajirikkuudessa ei havaittu merkittäviä eroja.
- Välittömästi kannonnoston jälkeen ei maaperän ominaisuuksissa (tiiviyys, ravinteet, orgaaninen hiili, happamuus) havaittu merkittäviä muutoksia.
- Mättäiden määrä oli kannonnostokohteilla merkittävästi alhaisempi ja laatu heikompi kuin tavanomaisilla uudistusaloilla.
- Kannonnostokohteilla noin puolet taimista oli istutettu kivennäismaalaikkuihin mättäiden sijasta.

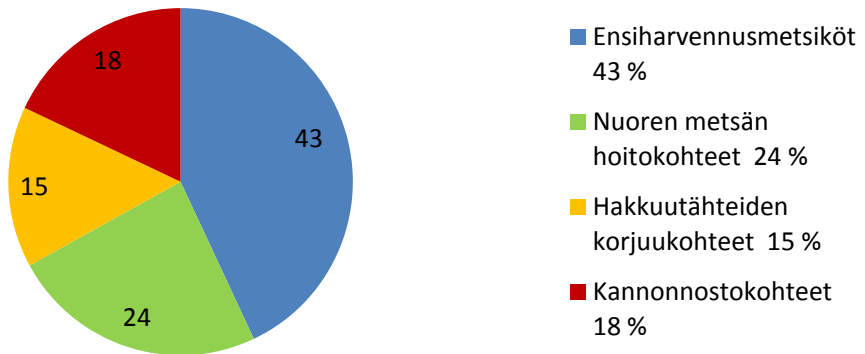
2.6 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsäenergiavarat sekä metsäenergian tuotanto ja käyttö

2.6.1 Metsäenergiavarojen riittävyys

Tutkimuksessa haettiin vastausta kysymykseen: Onko Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen toimialueella tarpeeksi energiapuuta lisääntyvää ja suunniteltua käyttöä varten?

Energiapuuvarat selvitettiin sekä koko alueen tasolla että kuntakohtaisesti. Muissa maakunnissa ei ole vielä tehty näin tarkkoja selvityksiä. Hankkeen tutkijoiden laskema alueen metsäenergiapotentiaali on energiasisältönä ilmaistuna 1,6 TWh/v ja käytettävissä olevan energiapuun tilavuutena 0,8 milj. kiintokuutiometriä vuodessa. Laskelmat perustuvat Valtakunnan metsien 10. inventoinnin (VMI 10) aineistoon ja potentiaali esitettiin kuntakohtaisesti. (Laurila ym. 2010)

Metsäenergiapotentiaalin jakautuminen korjuukohteittain

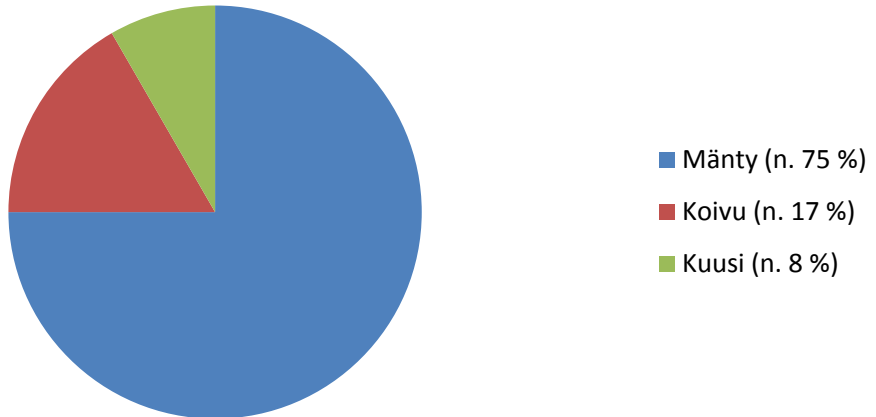


Kaavio 3. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen metsäenergiapotentiaalin jakautuminen erilaisille korjuukohteille.

Energiapuuvarat eivät jakaudu tasaisesti alueelle, vaan kuntakohtaiset erot ovat merkittäviä. Suurin potentiaali on Etelä-Pohjanmaan maakunnan länsiosissa. Myös Pohjanmaan maakuntaan kuuluvassa Kyrönmaan seutukunnassa on suuri metsäenergiapotentiaali. Keski-Pohjanmaan puolella on suurimmat metsäenergiavarat Himangalla, Kokkolassa ja Vetelissä. Suhteelliset metsäenergiapotentiaalit on laskettu käyttäen painokertoimina metsämaan pinta-aloja (m³/metsämaan ha). (Laurila ym. 2010; Sauvula-Seppälä, T. 2010, tässä julkaisussa s. 5–31)

Puulajien välillä ei ole suurta eroa energiasisällön suhteen. Kiintokuutiometri tuoretta kuorellista puuta sisältää keskimäärin 2 MWh energiaa. Kuivaus lisää puun energiasisältöä ja suurentaa samalla alueen metsäenergiapotentiaalia. Mänty on alueen yleisin puulaji ja sitä käytetään eniten myös metsäenergian lähteenä. Jos uudistusaloilta hakattujen mäntyjen kannot korjattaisiin energiapuuksi, nousisi alueen metsäenergiapotentiaali edellä mainitusta 1,6 TWh:sta 2,7 TWh:iin. Ravinnetaloudellisista ja teknis-taloudellisista syistä ei männynkantoja voida kuitenkaan nostaa joka paikasta.

Metsäenergiapotentiaalin jakautuminen puulajeittain



Kaavio 4. Metsäenergiapotentiaalin jakautuminen puulajeittain Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Muiden kuin pääpuulajien osuus on marginaalinen. Tämä hankkeen omaan mittausaineistoon perustuva arvio on tarkkuudeltaan suuntaa-antava

Valtakunnalliseksi energiapuun käyttötavoitteeksi on asetettu 13,5 milj. m³ energiapuuta vuodessa vuoteen 2020 mennessä. Siitä ei ole toistaiseksi johdettu alueellisia tavoitteita; tämä edellyttää maakunnallisten potentiaalien laskemista yhtenäisillä lähtökohdilla ja reunaehdoilla.

Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueelta hakataan tällä hetkellä energiapuuta 0,3 milj. k-m³ vuodessa, mikä vastaa 0,6 TWh:n energiasisältöä. Kokonaisuutena katsoen alueen energiapuun hakkuut voitaisiin lähes kolminkertaistaa.

Muita metsäenergiataseeseen vaikuttavia seikkoja ovat:

- teollisuuden ainespuusta sivutuotteena tuleva energia on jo täyskäytössä
- tehtaiden alasajo siirtää metsäteollisuuden sivutuote-energian käyttöä alueiden välillä
- potentiaaleja on laskettu useita käyttäen erilaisia lähtökohtia ja rajoitteita; eroja on
- maakunnat, seutukunnat, metsäkeskusalueet ja muut hallinnolliset alueet muuttuvat kuntarajojen
- tavoin, mikä vaikuttaa laskelmiin vaikeuttaen vertailuja eri alueiden välillä
- turpeen korvaamista kokonaan metsäenergialla tuskin pystytään toteuttamaan; metsäenergiapotentiaali ei riitä tähän edes teoriassa
- metsänhoidossa olisi siirryttävä yhdistettyyn aines- ja energiapuun kasvatukseen puuperäisen energian riittävyyden takaamiseksi; kyseeseen tulevat kuivahkot kankaat ja näitä rehevämmät kasvupaikat.

2.6.2 Metsäenergian käyttäjät

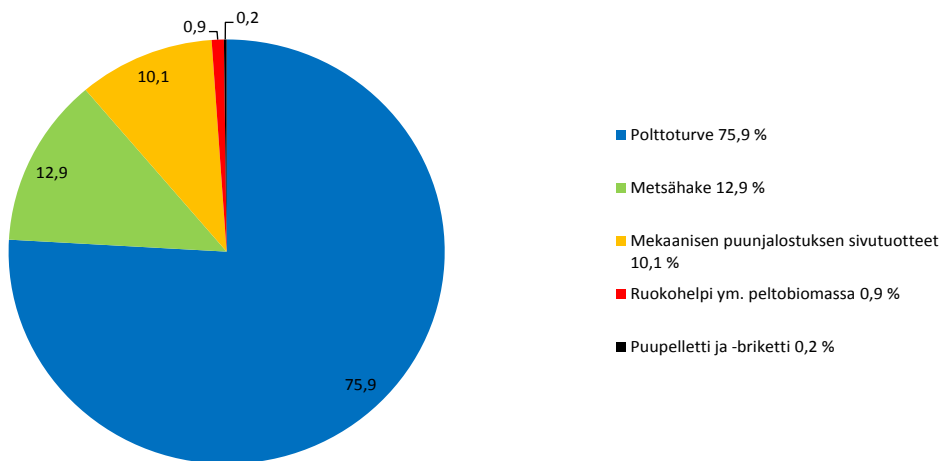
Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen kiinteää polttoainetta käyttävien laitosten lämpöenergian tuotanto jakautuu laitosten koon perusteella seuraavasti:

- yli 5 MW:n laitokset tuottavat 86 % kiinteällä polttoaineella tuotettavasta energiasta
- 1 – 5 MW:n laitosten osuus on 11 %
- 0,5 – 1 MW:n 2 %
- alle 0,5 MW:n laitokset tuottavat 1 %:n

Tiina Sauvula-Seppälän kirjoituksessa tämän julkaisun sivuilla 5–31 esitetään alueella käytettyjen raaka-aineiden ja lämpölaitosten määrät.

Kiinteiden polttoaineiden käyttäjakauma esitetään kaaviossa 5.

Kiinteiden biopolttoaineiden käytön jakauma Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella



Kaavio 5. Kiinteiden biopolttoaineiden käytön jakautuminen Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen lämpölaitoksissa (keskiarvo vuosilta 2007–2008).

Metsäenergian käyttö oli vuosina 2007–2008 alueen lämpö- ja voimalaitoksissa sekä maatiloilla yhteensä 0,31 milj. m³/v. Muiden kotitalouksien kuin maatilojen asuinrakennusten energiankäyttö ei ole mukana luvussa.

Energiapuuta viedään alueelta eniten Pietarsaaren Alholmens Kraft AB:lle ja Kokolan Voimalle. Myös Keski-Suomeen viedään energiapuuta metsäkeskusalueen itäisimmistä osista. Pohjolan Voima korvaa Vaasassa osittain kivihiilien biopolttoaineilla vuodesta 2012 lähtien.

2.6.3 Maatilat aikovat lisätä energiapuun käyttöä

Maatiloista 60–70 % käyttää lämmitykseen pääasiassa puuta. Viime vuosina tiloilla on vaihdettu vanhoja polttokattiloita uusiin ja yhä useammin näissä kattiloissa poltetaan haketta, pilkettä tai pellettiä. Vaikka kehitys on ollut jo jonkin aikaa tämän suuntaista, on maatiloilla edelleen kotimaisen puuenergian käytön lisäämismahdollisuuksia. Maatilat kuluttavat neljä prosenttia Suomen kokonaisenergiasta. Niiden energiankulutus jakautuu työkoneiden, lämmityksen ja viljan kuivauksen polttoaineisiin sekä sähkөөn. Tilojen kokonaisenergiankulutus on vuodessa keskimäärin 146 MWh (Hagström ym. 2005). Energian käytön erot saman tuotantosuunnan maatilojen välillä ovat suuria. Osittain sitä voidaan selittää erilaisella koneiden määrällä, valaistuksella, lämmityksen toteutuksella sekä ilmanvaihdon järjestelyillä. Myös asuinrakennusten energiantarpeen erot johtuvat pääasiassa edellä mainituista syistä sekä energiankulutustottumuksista.

Kehittyvä metsäenergia -hanke selvitti Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusalueen maatilojen lämmitysjärjestelmän uusimistarvetta sekä tilojen energiapuun hankintaa ja myyntihalukkuutta tammi-helmikuussa 2010 toteutetun postikyselyn avulla. Otokseen kuului 1 142 maatilanomistajaa. Kaikille siipikarjataloutta ja puutarhakasvien viljelyä kasvihuoneissa harjoittaville viljelijöille lähetettiin postikysely. Lisäksi tuhat postikyselyä lähetettiin viljelijöille suhteutettuna viljelijöiden määrään seuraavissa tuotantosuunnissa; lypsykarja, muu nautakarjatalous, sikatalous, viljanviljely, erikoiskasvituotanto tai muu kasvituotanto. (Tolppanen 2010)

Kyselyn vastausprosentti oli 29 %. Suurin osa vastaajista oli 46–65-vuotiaita miehiä, joiden pääelinkeino oli maa- ja metsätalous omalla tilalla. Viljanviljely tai muu kasvinviljely oli päätuotantosuuntana 69 prosentilla tiloista. Metsää vastaajilla oli keskimäärin 53 hehtaaria ja peltoa 38 hehtaaria.

Maatilojen asuinrakennuksista kolmanneksella on kiinteän polttoaineen kattila, joiden keskiteho on 31 kW. Asuinrakennuksissa sijaitsevat kattilat ovat suhteellisen vanhoja, niiden keski-ikä on 24 vuotta. Neljänneksellä tiloista on kiinteän polttoaineen kattila tuotantotiloissa. Tuotantotilojen kattiloiden keskiteho on 56 kW ja niiden keski-ikä 20 vuotta. Lähes kolmanneksella tiloista on erillinen lämpökeskus, jolla lämmitetään sekä tuotanto- että asuinrakennuksia. Kiinteän polttoaineen kattiloiden keskiteho erillisissä lämpökeskuksissa on noin 100 kW. Erilliset lämpökeskukset ovat suhteellisen uusia, niiden keski-ikä on 11 vuotta. Lähitulevaisuudessa on odotettavissa, että maatilojen asuinrakennusten ja tuotantotilojen kiinteän polttoaineen kattiloita uusitaan merkittäviä määriä. Arvioiden mukaan kiinteän polttoaineen kattiloiden käyttöikä on 15–25 vuotta, mutta hyvin hoidettu kattila voi kestää jopa 40 vuotta.

Asuin- ja tuotantotilojen kiinteän polttoaineen kattiloista vain kymmenelle prosentille oli myönnetty investointitukea. Sen sijaan sitä oli myönnetty yli puolelle erillisistä lämpökeskuksista. Mielenkiintoista tuloksissa oli, että vain seitsemän prosenttia vastaajista oli kiinnostunut hakemaan investointitukea uudelle lämmitysjärjestelmälle. Syy miksi maanviljelijät eivät ole kiinnostuneita hakemaan investointitukea lämmitysjärjestelmälle ei tule esille tutkimuksessa.

Vaikka hakkeen käyttö kiinteän polttoaineen kattiloissa on yleistynyt voimakkaasti, käyttää vajaa kolmannes maanviljelijöistä edelleen lämmityksessä pilkkeitä. Kolmannes tilallisista harkitsee vaihtavansa tulevaisuudessa pääpolttoaineeksi hakkeen. Maanviljelijöistä 60 prosenttia aikoo tulevaisuudessa käyttää puuperäisiä polttoaineita energiantuotannossa.

Maatiloilla käytettävä puuperäinen polttoaine on hankittu pääasiassa oman tilan mestistä. Energiapuuta korjataan vuodessa omaan käyttöön keskimäärin 70 m³ ja myyntiin 140 m³. Energiapuun korjuu omaan käyttöön tapahtuu pääasiassa maatilojen omalla kalustolla. Lähes kaikilla tiloilla oli jonkinlaista kalustoa puun hankintaan. Viidesosalla vastaajista oli metsäperävaunu tai -reki ja reilulla seitsemäsosalla oli hydraulikuormain.

Vastaajista 60 prosenttia ei ollut kiinnostunut energiapuun myynnistä. Kolmasosan mielestä energiapuun hinta on ollut esteenä energiapuun myymiselle. Ajan puute on estänyt viidesosaa vastaajista myymästä energiapuuta. Kymmenen prosenttia vastaajista, viljelijöitä joilla ei ole maa- ja metsätalouden koulutusta, kokivat neuvonnan ja tiedon puutteen olleen esteenä energiapuun myymiselle.

Energiapuun korjuu pienistä hajallaan olevista leimikoista on kallista. Eräs keino korjuukustannusten pienentämiseen ja parempaan energiapuun hintaan voisi olla yhteiskauppa. Metsänomistaja hyötyy yhteiskaupasta saamalla puista paremman hinnan kuin erikseen myytynä. Vastaajista 35 % oli kiinnostunut myymään energiapuuta yhteiskaupassa.

2.7. Energiapuun korjuu ja varastointi

2.7.1 Kosteuden torjunta

Uutta, käyttökelpoista tietoa syntyi erityisesti selvityksissä, jotka koskivat energiapuun kuivatusaikoja sekä varastoinnista johtuvia energiatappioita. Näiden pohjalta voitiin myös antaa suosituksia, milloin energiapuun on syytä käyttää. (Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010)

Varastopaikan valinnassa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin:

- Topografia: varastomuodostelmat tulee sijoittaa pysyvästi kuivalle ja kantavalle paikalle (ei esimerkiksi vetisiin notkoihin) siten, että energiapuut tai kannot ovat kaikkina vuodenaikoina pois kuljetettavissa tai vaihtoehtoisesti paikan päällä haketettavissa tai murskattavissa.
- Tuuliolosuhteet: aukea paikka on parempi kuin metsä.
- Kasvillisuus: ilman kierto taataan poistamalla heinät ja muut kasvit kasan alta ja ympäriltä.
- Peittäminen: Peite suositellaan laitettavaksi syyskesällä, ennen syysateiden aikaa. Sen tulee olla koko kasan levyinen (kuuden metrin levyiseen peitteeseen on syytä siirtyä heti kun se tulee markkinoille). Liian kapeaa peitepaperia käytettäessä osa kasasta eli kaikista puista kastuu sateessa. Pinon sivuja ei tule peittää.
- Aluspuut ovat välttämättömiä ilman kierron takaamiseksi. Niiden on oltava riittävän järeitä ja pitkiä ja ne on asetettava huolellisesti, ottaen huomioon esim. lumen sulamisen ja muiden vuodenajoista johtuvien seikkojen vaikutukset.

Ympäristövaikutukset: Lakia hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta sovelletaan ranka- ja kokopuun varastointiin, mikäli energiapuukasassa on yli puolet ainespuun mitat täyttävää havupuutavaraa. Toisin sanoen kyseinen laki ei koske pieniläpimittaista energiapuuta eikä kantoja.

Energiapuun varastointia koskevat ohjeet ja suositukset on koottu hankkeen tuottamaan "Laatuhakkeen tuotanto-oppaaseen". Puu voidaan säilyttää tienvarsivarastossa 1–2 vuoden ajan.

3 TULEVAISUUDEN ODOTUKSET JA KEHITTÄMISTARPEET

Metsäenergia-alan tulevaisuudennäkymät ovat tätä kirjoitettaessa varsin valoisat Suomen valtion ja Euroopan Unionin tekemien energiapoliittisten linjausten vuoksi. Uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä suositaan ja tuetaan monella tavoin ja samalla pyritään rajoittamaan mm. kivihiilen, turpeen, ydinvoiman ja öljyn kulutusta. Energiantuotannon investointeihin ja kehitystyöhön on käytettävissä runsaasti julkista rahaa.

Ahkerasta tutkimus- ja kehittämistoiminnasta huolimatta alalla on vielä runsaasti ratkaisemattomia ongelmia sekä kysymyksiä odottamassa vastauksia:

- Miten EU:n ja valtion asettamiin metsäenergian käyttötavoitteisiin päästään?
- Miten CHP-teknologia kehittyy ja yleistyykö se jatkossa?
- Vauhdittaako päästökauppa energiapuun käyttöä?
- Mitkä ovat suunniteltujen energiapuun korjuun tukien vaikutukset käytännössä?
- Miten energiapuun korjuukalustoa ja koko logistiikkaketjua voidaan vielä kehittää?
- Miten saadaan riittävästi osaavaa työvoimaa energiapuun korjuuseen?
- Mitä toimenpiteitä voidaan tehdä jatkossa lämpöyrittäjyyden edistämiseksi?

Metsäenergian käytön laajeneminen on tärkeä asia energiaomavaraisuuden, ympäristön ja maaseudun elinkeinotoiminnan kannalta. Sen kehittämiseen tulisi jatkossakin ohjata riittävästi kehitystyötä ja voimavaroja.

Kaavioon 6 luvun lopussa on koottu joukko tärkeimpiä tutkimusongelmia ja -tehtäviä sekä toiminnan reunaehtoja, joita tutkimus- ja kehittämistoimintaa harjoittavien tahojen on sekä valtakunnallisesti että maakuntatasolla syytä pohtia alan vakaan kehityksen takaamiseksi.

LÄHTEET

Hagström, M. , Vartiainen, E. & Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys. Loppuraportti. Gaia Group Oy. 77 s. Saatavana myös verkkojulkaisuna: http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5AvoD1wwP/Biokaasun_maatila-tuotannon_kannattavuusselvitys_julkinen.pdf [Viitattu 18.11.2010].

Koro, K. 2010. Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttavat tekijät metsäkoneyrittäjien näkökulmista. Julkaisematon käsikirjoitus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maa- ja metsätalouden yksikkö, Tuomarniemi.

Lindblad, J.; Äijälä, O. & Koistinen, A. 2010. Energiapuun mittausta. [Verkkodokumentti] Saatavissa: http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketti/mittausta/aineistoja/energiapuun_mittaustaopas_EMT_hyvaakkyty_27092010.pdf. [Viitattu 18.11.2010].

Laurila, J. & Lauhanen, R. 2010. Moisture Content of Norway Spruce Stump Wood at Clear Cutting Areas and Roadside Storage Sites. *Silva Fennica*. Vol. 44(3), 2010: 427-434.

Laurila, J.; Tasanen, T. & Lauhanen, R. 2010. Metsäenergiapotentiaali ja energiapuun korjuun resurssitarpeet Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Julkaisematon käsikirjoitus.

Rönkkö, R. & Ulander, E. 2010. Työjäljen ja maanmuokkauksen laatu kannonnostokohteilla. *BioEnergia*. Nro: 1/2010. Ss. 30-31

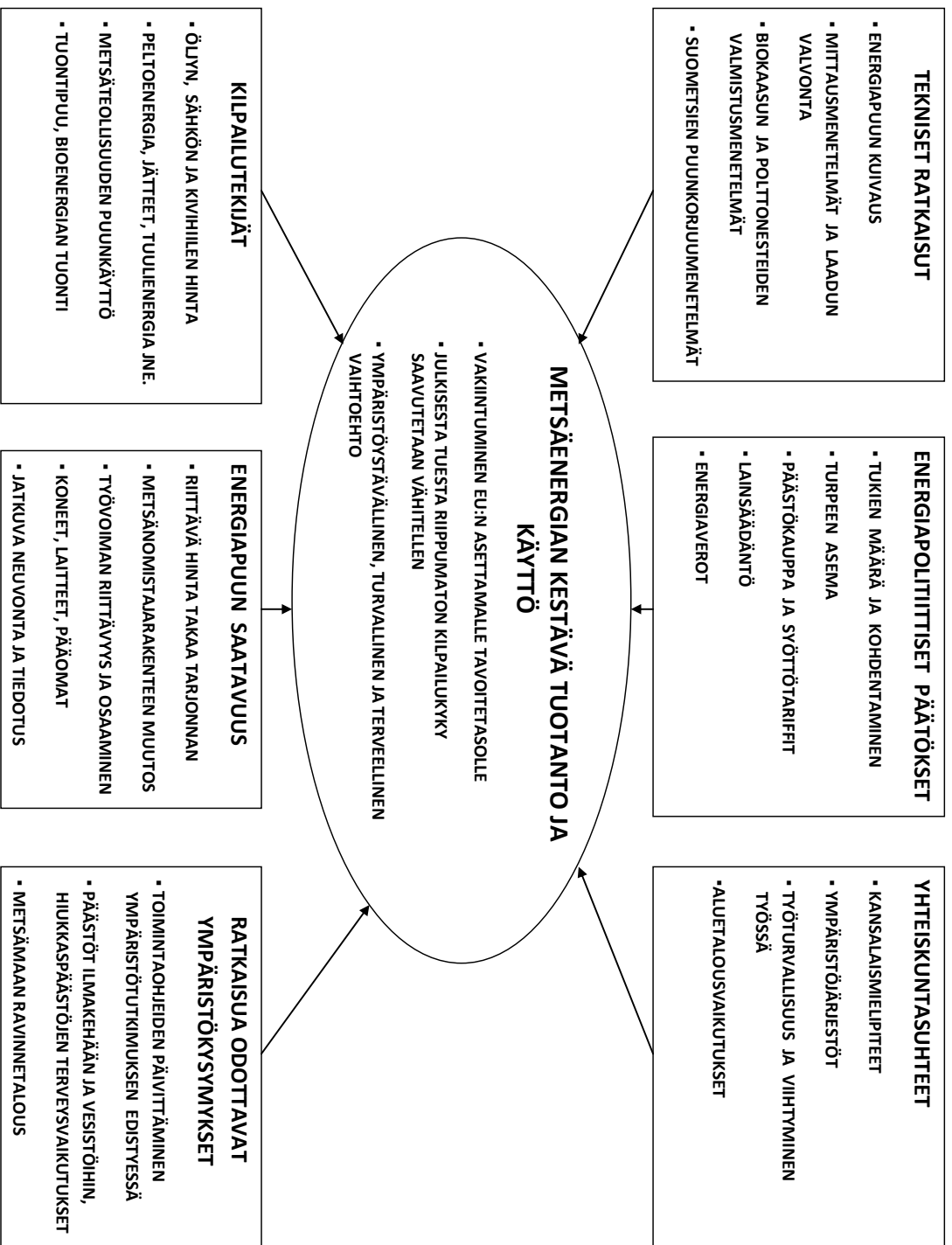
Rönkkö, R., Ulander, E. & Sauvula-Seppälä, T. 2010. Quality of stump wood harvesting and forest regeneration on stump harvesting sites. *Forest Bioenergy Conference. Book of Proceedings*. 1.-2.9.2010 Tampere, Finland. Ss. 207-218.

Sauvula-Seppälä, T. 2010. Lämpörittäjyyden kannattavuus lämmönostajan ja -myyjän sekä metsänomistajan näkökulmasta. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/001.pdf>. [Viitattu 15.11.2010].

Tolppanen, M. 2010. Metsäenergian hankinta ja käyttö Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen maataloilla. Julkaisematon käsikirjoitus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maa- ja metsätalouden yksikkö, Tuomarniemi.

Ulander, E. 2010. Immediate effects of stump harvesting and soil preparation on forest floor vegetation and soil characteristics: a comparison to the effects of clear-cutting and soil preparation only. Julkaisematon käsikirjoitus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maa- ja metsätalouden yksikkö, Tuomarniemi.

Ulander, E. & Laurila, J. 2010. Combustion gas and particle emissions from a small scale heating plant operating on four biomass fuels and under different operation conditions. Julkaisematon käsikirjoitus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maa- ja metsätalouden yksikkö, Tuomarniemi.



Kaavio 6. Taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävä metsäenergian tuotannon ja käytön edellytyksiä ja reunaehdoja otiskotasolla.

HANKKEEN KUVASATOA



Kannonnosto sujuu parhaiten yli 20 tonnin painoisella kaivinkoneella.
(Kuva: Jussi Laurila)



Männynkantojen nostaminen on vielä vähäistä, mutta lisääntynee jatkossa, koska niissä on huomattava energiapuuvarasto. Puolukkatyyppiä karummilta mailta männynkantoja ei ole syytä nostaa, jotta maan ravinteet eivät vähene. Kuvassa on nostolaite, jolla saadaan paalujuuri katkaistuksi sekä kivet ja maaines ravisteltua tehokkaasti irti kannoista ja juurista. (Kuva: Tapani Tasanen)



Kantojen metsäkuljetus voidaan tehdä tavallisella kuormaakantavalla metsätraktorilla. (Kuva: Jussi Laurila)



Kannot voidaan kuljettaa paloina tienvarsivarastosta käyttöpaikalle, jossa ne murskataan ennen polttoa. (Kuva: Jussi Laurila)



Kannot voidaan murskata myös tienvarsivarastossa, josta ne kuljetetaan kuorma-autolla käyttöpaikalle. (Kuva: Jussi Laurila)



Työturvallisuusasiat on otettava huomioon kaikissa energiapuun hankintaketjun vaiheissa. (Kuva: Jussi Laurila)



Energiapuuhakkuu on myös metsänhoidollinen toimenpide. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella mänty on yleisin "energiapuulaji". (Kuva: Jussi Laurila)



Energiapuun varastopaikalla on oltava riittävästi tilaa, jotta koneilla voidaan työskennellä tuottavasti. (Kuva: Jussi Laurila)



Päästömittauksilla saadaan tarkkaa tietoa palamisesta. Mittaustulosten avulla voidaan tarkistaa lämpölaitoksen säädöt ja näin parantaa hyötysuhdetta. Kuvassa suoritetaan noin viikon kestävää jatkuvatoimista päästömittausta Kuortaneen energiaosuuskunnan lämpölaitoksella. Mittaajina ovat Mikko Nykänen ja Marko Piispa Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Energiatekniikan laboratoriosta. Etualalla Kehittyvä metsäenergia -hankkeen tutkija Essi Ulander. (Kuva: Tapani Tasanen)



Hankkeen tutkijoilla on ollut kansainvälisiä yhteyksiä mm. Sveriges Lantbruksuniversitetin ja italialaisen, Firenzessä ja Trentossa toimivan CNR/ Ivalsa -tutkimuslaitoksen metsäenergiatutkijoihin. Italiassa otetussa kuvassa vas. Jussi Laurila, Gianni Picchi ja Risto Lauhanen.



Hankkeen lukuisat messu- ja näyttelyosastot keräsivät runsaasti metsäenergiasta kiinnostuneita kävijöitä. Kuvassa esittelevät hakelämmitysasioita metsäkeskuksen energianeuvojat Esa Koskiniemi (vas.) ja Juha Viirimäki. (Kuva: Tanja Lepistö)



Tuomarniemen konenäytöksessä maaliskuussa 2010 herättivät yli tuhatpäisen yleisön mielenkiintoa mm. kaivinkonealustalle rakennetut energiapuuharvesterit. (Kuva: Tapani Tasanen)

