



Osaamistarpeet keskisuomalaisessa metsäenergian hankintaketjussa

Heikki Autio

Maaliskuu 2009



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

Luonnonvarainstituutti



maaseuturahasto



metsäkeskus
keski-suomi



**Metsäenergian
uudet mahdollisuudet
2008–2010**

Tekijä(t) AUTIO, Heikki	Julkaisun laji Selvitys	
	Sivumäärä 48	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi OSAAMISTARPEET KESKISUOMALAISESSA METSÄENERGIAN HANKINTAKETJUSSA		
Työn ohjaaja(t) VESISENAHO, Tero		
Toimeksiantaja(t) Metsäkeskus Keski-Suomi		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Selvitystyö tehtiin Metsäkeskus Keski-Suomen hankkeelle: Metsäenergian uudet mahdollisuudet ja niiden kehittäminen 2008–2010. Hankkeen yhtenä keskeisenä tavoitteena on lisätä metsäenergian käyttöä kuin myös kehittää eri tavoin koko hankintaketjua. Keski-Suomessa tavoitellaan monien eri tahojen toimesta uusiutuvien energiamuotojen voimakasta käytön lisäämistä, jotta maakunnasta tulisi omavarainen energiantuottaja ja kasvavaan energiankulutukseen pystyttäisiin vastaamaan kotimaisilla, uusiutuvilla polttoaineilla. Metsäpolttoaineiden osuus tulee olemaan merkittävässä asemassa maakunnan energiatarvoitteiden saavuttamisessa.</p> <p>Työn tavoitteena on kartoittaa energiapuun hankintaketjusta eri toimijoiden osaamistarpeita ja energiapuun hankintaa sekä käyttöä jarruttavia tekijöitä. Osaamistarpeiden kartoittaminen on keskeistä, ettei sitä kautta synny esteitä energiapuun hyödyntämiselle maakunnassa. Osaamisen lisäämisen myötä saadaan myös energianpuun laatu ja sen saatavuus paremmaksi.</p> <p>Selvitystyö toteutettiin marras-tammikuu 2008–2009 välisenä aikana, haastatellen 58 eri henkilöä Keski-Suomen alueelta. Haastateltavia hankintaketjun toimijoita olivat metsänomistajat, hankintaorganisaatiot, energialaitokset ja koneyritykset. Työn tuloksien perusteella hankintaketjun eri osa-alueilla on jonkin verran osaamisen ja tietämyksen lisäämisen tarvetta. Merkittävimpinä asioina korostuivat metsäpolttoaineiden vaihteleva laatu ja niihin johtavat monet eri tekijät. Energiapuujakeittain tulokset olivat hyvin samansuuntaisia kuin hankintaketjun eri osa-alueilla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) metsäenergia, energiapuun, hakkuutähteet, osaaminen		
Muut tiedot		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	KESKI-SUOMI, METSÄT JA METSÄENERGIAN KÄYTTÖ	7
3	METSÄENERGIAN HANKINTA	9
3.1	Metsäenergia	9
3.2	Runkopuuhake	10
3.2.1	Runkopuuhakkeen tuotantoketju	13
3.2.2	Pienpuun korjuun ympäristövaikutukset	15
3.3	Hakkuutähdehake.....	15
3.3.1	Hakkuutähdehakkeen tuotantoketju.....	18
3.3.2	Hakkuutähdehakeen korjuun ympäristövaikutuksia.....	20
3.4	Kantomurske	20
3.4.1	Kantomurskeen tuotantoketju	22
3.4.2	Kannonnoston ympäristövaikutuksia	22
3.5	Varastointi.....	23
3.6	Laatuluokitus	25
4	OSAAMINEN	27
5	TUTKIMUSAINIESTON HANKINTA.....	30
6	TULOKSET	33
6.1	Hankintaketjun eri osa-alueet.....	33
6.2	Energiapuujaheet	39
7	TULOSTEN TARKASTELU.....	41
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	44
	LÄHTEET	47

KUVIOT

KUVIO 1. Hankintaketjun periaate.....	6
KUVIO 2. Keski-Suomen vallitsevat puulajit.....	7
KUVIO 3. Keski-Suomen metsien kehitysluokkajakauma.....	8
KUVIO 4. Keski-Suomen energiatase vuonna 2006.....	8
KUVIO 5. Energiapuuharvennusta	10
KUVIO 6. Pienpuuhakkeen tuotantoketju tienvarsihaketuksessa, erillisellä hakkurilla ja hake-autolla.	14
KUVIO 7. Latva- ja oksabiomassaa päätehakkuukohteella.....	16
KUVIO 8. Ensiharvennuksen latvahukkapuuta.....	17
KUVIO 9. Päätehakkuumetsän biomassakertymä puulajeittain.....	18
KUVIO 10. Hakkuutähteen tienvarsihaketuksen tuotantoketju integroidulla hakkuri-hakeautolla	19
KUVIO 11. Kivennäismaalta nostettuja kantoja kuivatetaan palstalla.....	21
KUVIO 12. Kantomurskeen tuotantoketju, käyttöpaikkamurskaus menetelmällä.	22
KUVIO 13. Pienpuun varastokasa Kyyjärvellä.....	24
KUVIO 14. Kantojen tienvarsivarasto vaatii paljon tilaa.....	24
KUVIO 15. Hakkuutähteen tienvarsivarasto peitettynä parantaa sen laatua ..	25
KUVIO 16. Osaamisen eri ulottuvuuksia	28
KUVIO 17. Merkittävimmät osaamistarpeet hankintaorganisaatioiden mielestä (n=9).....	34
KUVIO 18. Merkittävimmät energiapuun laatuun vaikuttavat ongelmakohdat energialaitosten mielestä (n=16).	36
KUVIO 19. Metsäsuunnitelman hyöty metsänomistajille energiapuun hyödyntämisessä (n=23).	38
KUVIO 20. Merkittävimpiä osaamisen lisäyksen tarpeita energiapuun hankintaketjussa.....	41
KUVIO 21. Merkittävimpiä energiapuun ongelmakohtia	43

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Energiapuukertymä eri kohteilla.....	11
TAULUKKO 2. Tavoiterunkoluku energiapuuharvennuksen jälkeen (rinnankorkeusläpimitta <13 cm ja valtapituus 8–14 m).....	12
TAULUKKO 3. Metsälaki 3 luku 10 §	13
TAULUKKO 4. Kuitupuun ohjepituus ja minimiläpimitta ainespuukaupassa...	16
TAULUKKO 5. Hakkeen laatutaulukko.....	27

1 JOHDANTO

Keski-Suomessa on asetettu kovat tavoitteet energiaomavaraisuudelle ja bioenergian käytön lisäämiselle. Nämä tavoitteet perustuvat kansalliseen ja kansainvälisiin tavoitteisiin ja sopimuksiin. Suomi on mukana merkittävimpien teollisuusmaiden Kioton sopimuksessa, jossa Suomi on sitoutunut alentamaan kasvihuonekaasupäästöjä vuoden 1990 tasolle aikavälillä 2008–2012. Euroopan Unioni on laatinut pitkän aikavälin ilmastostrategian, jossa Suomen osalta on asetettu tavoitteeksi alentaa kasvihuonepäästöjä vuoden 2005 tasosta 16 % vuoteen 2020 mennessä. Uusiutuvan energian osuudeksi on määritelty kokonaisenergian kulutuksesta Suomen osalle 38 % osuus, vuoteen 2020 mennessä (Ympäristökeskus 2008.)

Keski-Suomi on Suomen maakunnista johtava bioenergian käyttäjä. Silti Keski-Suomelle on laadittu oma energia strategia, jonka tavoitteet ovat vieläkin korkeammalla kuin kansallisessa strategiassa. Bioenergiasta voimavara klusteriohjelman 2007–2015 yhtenä tavoitteena on, että Keski-Suomi on vuoteen 2015 mennessä vapaa fossiilisista polttoaineista sekä uusiutuvien energioiden osuus olisi 48 % kokonaisenergian kulutuksesta. Vuonna 2006 Keski-Suomen energiankulutus oli 19,4 TWh, josta öljyn ja tuontisähkön osuus oli yhteensä 10 TWh, eli 51 %. Uusiutuvien energialähteiden osuus oli 7,2 TWh, eli 37 %. Puun osuus tästä oli noin 4 TWh, joka on 21 % energianlähteistä. Puupolttoaineiden käytön lisäys tavoite on 1 TWh vuoteen 2015 mennessä, tästä lisäys-tavoitteesta on kaavailtu 650 GWh voima- ja lämpölaitosten käyttöön sekä 350 GWh alue- ja kiinteistökohtaisten lämmitysjärjestelmien käyttöön metsähakkeen muodossa (Paananen 2009.) Kotimaisten polttoaineiden käytön lisäämiselle on hyvät perusteet, koska energiankulutus kasvaa koko ajan ja uusia investointeja ollaan maakunnan alueelle tälläkin hetkellä tekemässä kattamaan energian lisääntynyt tarve.

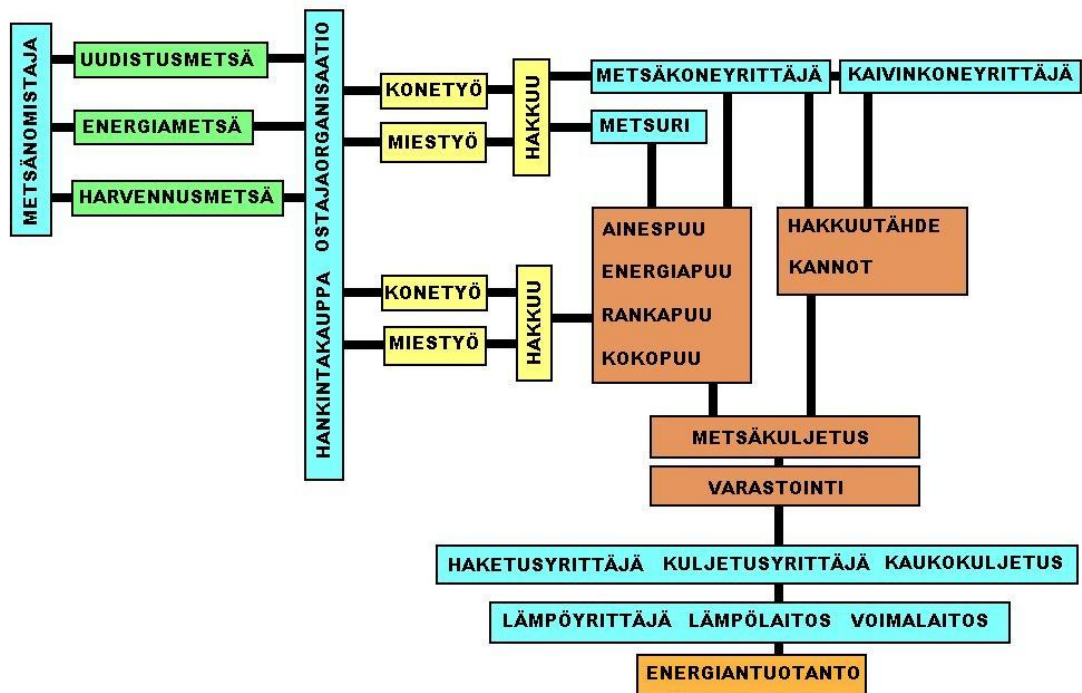
Selvitystyön tilaajana on Metsäkeskus Keski-Suomi ja se on esiselvitys Metsäkeskus Keski-Suomen omalle hankkeelle: Metsäenergian uudet mahdollisuudet ja niiden kehittäminen 2008–2010. Hankkeen yksi keskeinen tavoite on

lisätä metsäenergian käyttöä 650 GWh vuoteen 2010 mennessä, yhdessä maakunnan muiden hankkeiden kanssa. Muita tavoitteita ovat energiapuuhun liittyvän liiketoiminnan kannattavuuden parantaminen, energiapuun korjuutekniikoiden kehittäminen, alan toimijoiden kouluttaminen sekä metsänomistajien tietoisuuden lisääminen ja heidän aktivoiminen energiapuuhun liittyvissä asioissa.

Työn tavoitteena on selvittää ja kuvata energiapuun hankintaketjun eri osa-alueiden osaamistarve sekä osaamisen lisäyksen mahdollisuudet. Työssä kartoitetaan myös hankintaketjusta niin sanottuja pullonkauloja, jotka voivat jarruttaa energiapuun hankintaa ja käyttöä. Tutkimusmenetelmänä käytettiin henkilökohtaisia haastatteluja jotka suoritettiin marras-tammikuu 2008–2009 välisenä aikana. Tuloksena syntyy kuvaus tarvittavista koulutuksista ja osaamisen parantamisen mahdollisuuksista energiapuun hankintaketjun eri toimijoille.

Kuvio 1 esittää energiapuun hankintaketjun periaatetta, jossa siniset laatikot sisältävät hankintaketjun eri toimijoita. Muilla väreillä esitetyt laatikot sisältävät toimijoiden hankintaketjun sisällä tekemiä toimenpiteitä ja päätöksiä. Hankintaketju voi lähteä liikkeelle metsänomistajasta ja heidän halustaan tai tarpeistaan myydä energiapuuta joko suoraan ostajaorganisaatioille tai sitten itse korjaten, hankintakaupalla. Energiapuukauppa voi syntyä myös ostajaorganisaation aloitteesta esimerkiksi päätehakkuun jälkeen korjattavista hakkuutähteistä ja kannoista. Organisaatiot ja energiantuottajat toimivat myös osaltaan aktiivisesti etsien kohteita, joista energiapuuta voitaisiin korjata nuoren metsän hoitokohteilta. Ostajaorganisaatiolle tehdyn energiapuukaupan tai hankintakaupan jälkeen suoritetaan kummassakin tapauksessa korjuutyö metsässä parhaaksi koetulla menetelmällä. Ostajaorganisaatio teettää hakkuutyön, metsäkuljetuksen ja varastoinnin yhteistyössä valitsemansa metsä-alan yrittäjän kanssa. Hankintakaupassa metsänomistaja suorittaa hakkuun, metsäkuljetuksen ja varastoinnin tienvarteen omatoimisesti. Varastoinnin jälkeen energiapuuta joko haketetaan tienvarressa tai kuljetetaan kokonaisuutena loppukäyttäjälle, jossa se haketetaan energian tuotantoon. Haketustavan valintaan vaikuttavat muun muassa lämpölaitoksen koko ja energiapuun laatu. Myös se onko ener-

giapuu rankapuuta, metsätähdettä tai kantoja vaikuttavat haketustavan ja koko korjuuketjun valintaan.

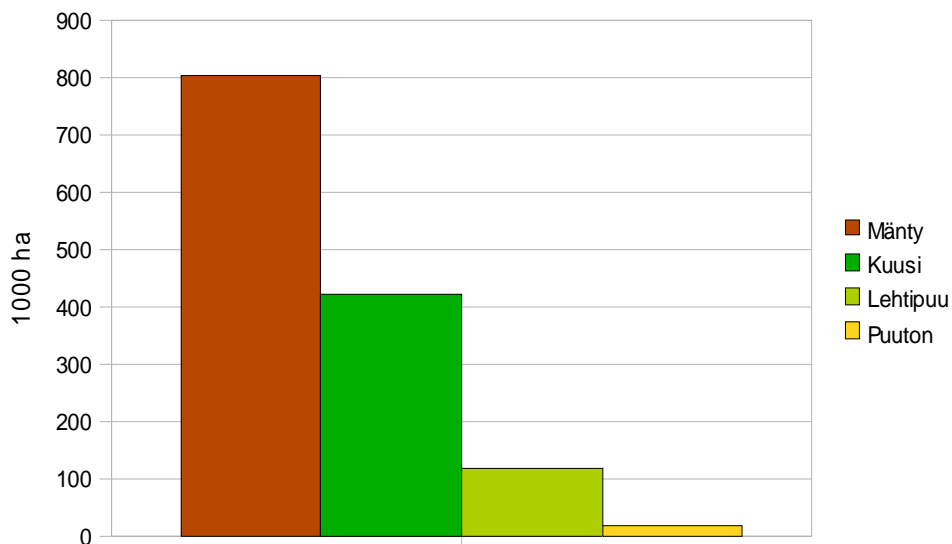


KUVIO 1. Hankintaketjun periaate

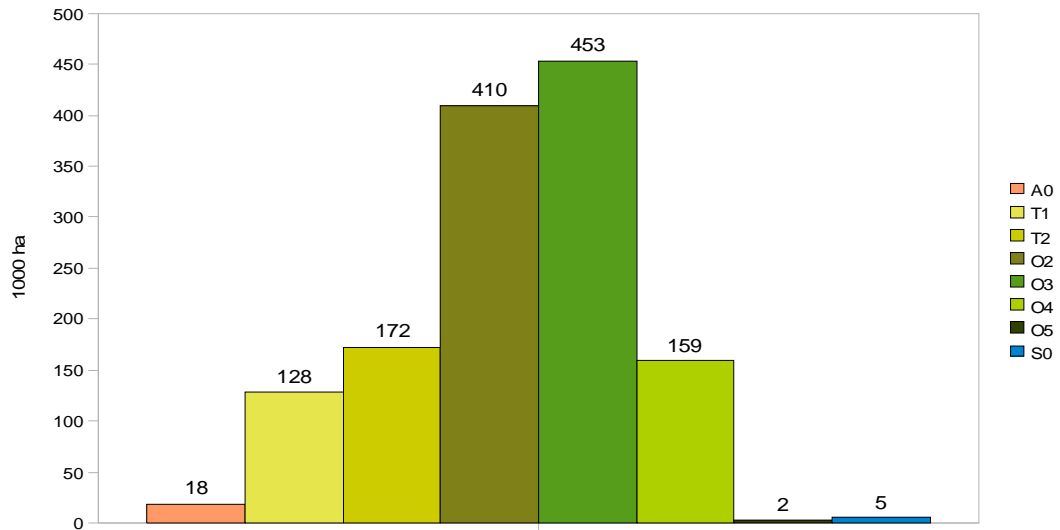
Osaamistarpeiden ja osaamisen lisäämisen selvittäminen energiapuun hankintaketjussa on tärkeää, jotta pystytään vastaamaan kasvaneeseen energian kysyntään kotimaisten polttoaineiden muodossa. Maakunnan strategisella tavoitteella pyritään myös ohjaamaan metsäenergian käyttöä lisääntyvään suuntaan. Osaaminen ja sen lisääminen on tärkeää, jotta pystytään tehokkaasti hyödyntämään Keski-Suomen energiapuuvarat. Energiapuun hankintaketjun laatu ja tuottavuus paranevat osaamisen myötä. Osaamisen ja tiedon lisääminen vaikuttavat myös positiivisesti energiapuun saatavuuteen, kun tieto tavoittaa ja on saatavissa kohderyhmälle. Strategisiin tavoitteisiin pääsemiseksi, metsäenergian osalta, tarvitaan alalle lisää työvoimaa. Tässäkin suhteessa on osaaminen tärkeässä roolissa, jotta koko hankintaketju pystyy toimimaan tehokkaasti ja kaikki potentiaalinen energiapuu saadaan hyödynnettyä maakunnan tarpeisiin.

2 KESKI-SUOMI, METSÄT JA METSÄENERGIAN KÄYTTÖ

Väestötietojärjestelmän mukaan Keski-Suomen väkiluku oli vuoden 2008 lopulla 271 767 henkeä. Suurimmat seutukunnat löytyvät Jyväskylästä 170 003 asukkaalla, Saarijärvi–Viitasaarelta 33 782 ja Jämsästä 25 845 asukkaalla. Keski-Suomen pinta-ala on 19 763 km², eli reilut 1,9 milj. ha. (Keski-Suomi 2005. 2007, 5.) Metsätalousmaata Keski-Suomessa on noin 1,4 milj. ha (Metsätilastollinen vuosikirja 2007, 48), joka on 80 % osuus koko pinta-alasta. Soiden osuus on 24 % Keski-Suomen metsätalousmaasta, eli kangasmailla on reilut 1 milj. ha metsää. Keski-Suomen metsämaiden vallitsevin puulaji on mänty (kuvio 2). Seuraavana tulevat kuusi ja lehtipuut. Puutonta aluetta on murto-osa metsämaasta. Keski-Suomen metsistä varsin suuri osa on nuorta ja mäntyvaltaista metsää, koska Keski-Suomen metsiä on uudistettu voimakkaasti 60–80-luvulla, juuri männyllä (kuvio 3). Nuorien metsien energiapotentiaali ja sen hyödyntäminen ovat merkittävässä asemassa energiapuun korjauksessa. Keski-Suomen energiankulutuksesta merkittävin kuluttaja on teollisuus. Samaan aikaan teollisuus on myös merkittävin energian tuottaja.

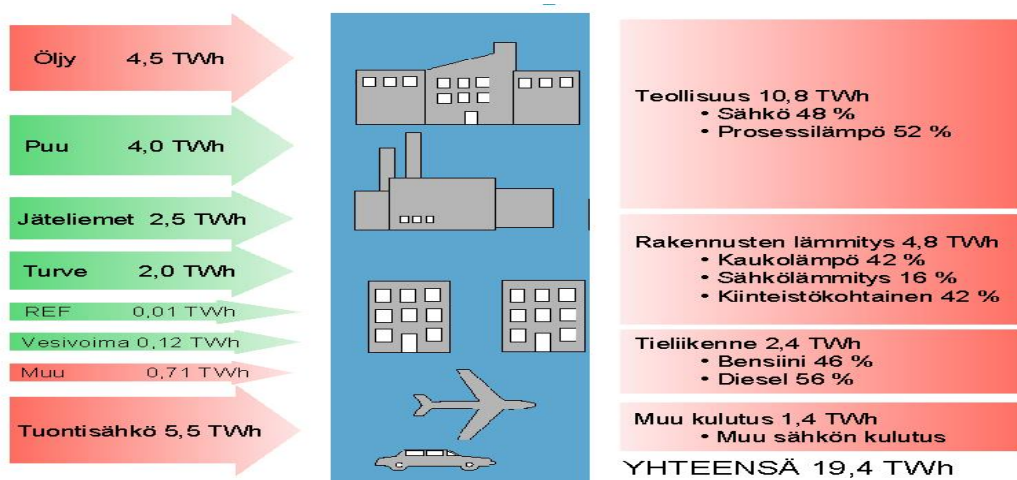


KUVIO 2. Keski-Suomen vallitsevat puulajit(Metsätilastollinen vuosikirja 2007)



KUVIO 3. Keski-Suomen metsien kehitysluokkajakauma (Metsätilastollinen vuosikirja 2007)

Teollisuuden energian tuotanto ja kulutus on suurinta paperiteollisuudella ja Jyväskylän alueen teollisuudella. Keski-Suomen kokonaisenergiankäyttö on 19,4 TWh, josta teollisuuden osuus on 10,8 TWh. Rakennusten lämmitykseen kuluu energiaa 4,8 TWh, liikenteen kulutus on 2,4 TWh ja muu kulutus on 1,4 TWh. Paikallisilla energianlähteillä tuotetaan 9,3 TWh, josta uusiutuvia energianlähteitä on 7,2 TWh. Maakunnassa öljyn ja tuontisähkön käyttö on vielä merkittävää, noin 10 TWh suuruusluokkaa (kuvio 4). Keski-Suomen energiankulutus on kasvanut 9 % aikavälillä 1998–2006, mikä osaltaan luo paineita maakunnan energiapuun hyödyntämiselle (Penttinen 2009.)



KUVIO 4. Keski-Suomen energiatase vuonna 2006 (Penttinen 2009)

Keski-Suomen energialähteistä puun osuus oli vuonna 2006 21 %. Puun osuudessa on voimalaitosten sähkön tuotantoa, teollisuuden prosessilämpöä sekä rakennusten lämmitystä. Sähköä tuotettiin vuonna 2006 Keski-Suomen alueella 1220 GWh. Prosessilämmön kulutuksesta puupolttoaineiden osuus oli 1980 GWh. Rakennusten lämmitykseen käytettiin puupolttoaineita 800 GWh. Puun osuus Keski-Suomen energiantuotannossa oli vuonna 2006 yhteensä noin 4 TWh (Penttinen 2009.)

3 METSÄENERGIAN HANKINTA

3.1 Metsäenergia

Puuperäiset polttoaineet ovat yleisnimitys kaikille puu – ja kuoriaineksesta peräisin oleville polttoaineille, mukaan lukien teollisuuden puuperäiset sivutuotteet (Puupolttoaineiden laatuohje 1998, 9–10). Metsäenergia eli metsäpolttoaineista tuotettu energia luetaan tähän ryhmään kuuluvaksi. Metsäpolttoaineet ovat yleisnimitys suoraan metsästä saatavalle puuperäiselle polttoaineelle, joita ovat perinteinen polttopuu ja metsähakkeet. Perinteisiä polttopuita ovat klapit ja pilkkeet, kun taas metsähakkeita ovat runkopuuhake, hakkuutähdehake ja kantomurske. Perinteistä polttopuuta tuotetaan pääsääntöisesti karsitusta rankapuusta. Metsähaketta tuotetaan yleensä puuraaka-aineesta, joka ei kelpaa ainespuuksi. Tällaisia erinä ovat lahot tai muuten ainespuuksi kelpaamattomat rungon osat, päätehakkuun jälkeiset hakkuutähteet kuten oksat, neulaset ja lehdet sekä kannot ja liekopuut (Vesisenaho 2003, 37.)

Energiapuun korjuulla voidaan hillitä ilmastonmuutosta. Pienpuu, hakkuutähteet ja kannot ovat energiamuotoina hiilidioksidipäästöjen suhteen neutraaleja. Kaikilla eri energiapuun korjuumuodoilla voi kuitenkin olla vaikutuksia ympäristölle, jäljelle jääville puille sekä uudelle kasvatettavalle puusukupolvelle. Vaikutukset voivat olla haitallisia, jos kohdevalintaan sekä oikeisiin ja huolellisiin työmenetelmiin ei kiinnitetä huomiota (Energiapuuharvennuksen ympäristövaikutukset 2009, 1.) Metsissä ravinnekierto on lähes poikkeuksetta aina hyvin

suljettu. Metsämaan ravinteet ovat tehokkaasti kasvien ja puiden käytettävissä, eikä niitä normaalisti pääse vapautumaan missään muodossa metsän ulkopuolelle kovin merkittäviä määriä. Puunkasvatuksellisesti merkittävimpiä metsämaan ravinteita ovat typpi (N), fosfori (P), kalium (K) ja boori (B). Kyseisillä ravinteilla on myös haittavaikutuksensa kun ne joutuvat vesistöihin. Ravinnehuuhtoumaan vaikuttaa ratkaisevasti maanpinnan muoto, hakkuu ajan-kohta, maanmuokkausmenetelmät sekä vesistöjen läheisyys. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006, 65.)

3.2 Runkopuuhake

Runkopuuhaketta voidaan tuottaa joko karsitusta tai karsimattomasta pieniläpimittaisesta kokopuusta (kuvio 5). Karsitusta puusta tehtyä haketta kutsutaan rankahakkeeksi, kun taas karsimattomasta puusta tehtyä haketta kutsutaan kokopuuhakkeeksi (Vesisenaho 2003, 37.) Rankahakkeen ja kokopuuhakkeen raaka-aineen hankinnan tavoitteena on parantaa leimikon metsänhoidollista tilaa, edistää jäävän puuston järeytymistä sekä parantaa ensimmäisen ainespuuharvennuksen taloudellista kannattavuutta (Energiapuun korjuu 2005, 6).



KUVIO 5. Energiapuuharvennusta (kuva: V-P. Kauppinen)

Harvennettaessa taimikoita voidaan poistuva puusto hyödyntää energiapuuna, kun se korjataan talteen kokopuuna. Runkopuuhakkeen raaka-ainetta voidaan tuottaa myös puutteellisesti hoidetuista, nuorista kasvatusmetsistä, joissa ainespuun kertymä on vähäinen. Hyviä kohteita ovat myös kuusentaimikot, joista poistettavat verhopuut käytetään energiapuuksi, eli runkopuuhakkeen raaka-aineeksi (Energiapuun korjuu 2005, 6–7.) Ensiharvennuskohteilta, joilta saadaan jo ainespuuta, voidaan myös korjata energiapuuta. Ensiharvennuskohteiden energiapuuksi kelpaavat ainespuuta pienemmät rungot ja niiden osat, latvusmassa sekä puulajit, jotka eivät kelpaa ainespuuksi (Vesisenaho 2003, 38.) Vajaatuottoisista metsistä voidaan myös korjata energiapuuta, joka ei muuten ole kaupallisesti hyödynnettävissä. Myös tyvilahon vaivaamista metsistä voidaan korjata metsähakkeen raaka-ainetta lahoppuun muodossa. Energiapuun kertymä vaihtelee eri kohteilla suuresti ja siihen vaikuttavat metsikön tiheys, puun pituus, rungon paksuus, ainespuun määrä sekä karsinnan aste. (taulukko 1)

TAULUKKO 1. Energiapuukertymä eri kohteilla (Vesisenaho 2003, 37–38)

Kohde	Energiapuukertymä
Taimikoiden harvennus	20–40 m ³ /ha
Nuoren metsän kunnostus	30–80 m ³ /ha
Ensiharvennus	20–40 m ³ /ha

Energiapuuta voidaan korjata kaikentyyppisistä talousmetsistä karsitun rangan muodossa, jolloin karsitut osat jäävät metsämaahan ravinteiksi. Kokopuuta voidaan korjata parhaiten ravinteikkuudeltaan vähintään keskinkertaisilta kohteilta, jolloin ei ole vaaraa, että ravinnepoistuma uhkaa jäävän puuston kasvua. Kokopuun korjuussa pitää myös huomioida maaperän kantavuus, koska oksia ei käytetä parantamaan kokoojauran kantavuutta (Energiapuun korjuu 2005, 8.)

Nuoren metsän hoitokohteilta, joille suoritetaan energiapuuharvennus, pitää tavoitella oikeita harvennusmalleja. Harvennusmallien avulla päästään, jäävän puuston osalta, laadukkaisiin ja kasvukyvyyiltään parhaisiin puihin. Harven-

nusmallien ohjerunkolukuja on syytä noudattaa (taulukko 2), ettei jäävän puun tuotoskyky alita taloudellista kannattavuutta (Energiapuun korjuu 2005, 9.)

TAULUKKO 2. Tavoiterunkoluku energiapuuharvennuksen jälkeen (rinnankorkeusläpimitta <13 cm ja valtapituus 8–14 m) (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006, 93)

Puulaji	Kasvupaikka	Tavoiterunkoluku, kpl/ha
Mänty	Tuore kangas, mustikkaturvekangas	1400–1000
	Kuivahko kangas, puolukkaturvekangas	1300–900
Kuusi	Kuiva kangas, varputurvekangas	1100–800
	Lehtomainen tai tuore kangas	1300–1000
	Ruoho tai mustikkaturvekangas	1300–1000
Rauduskoivu	Lehtomainen tai tuore kangas	1100–700
Hieskoivu	Lehtomainen tai tuore kangas	1400–1100
	Ruoho tai mustikkaturvekangas	1400–1100

Korjattaessa kokopuuta energiapuuksi tulee huolehtia metsämaan ravinteisuudesta. Metsämaan ravinnetasapainoa voidaan hoitaa kokopuun korjuussa, kun jätetään latvukset metsään, pienet kantoläpimitaltaan alle 4 cm puut jätetään kaadettuna metsään ja lehtipuut kuivatetaan ennen lähikuljetusta, jolloin niiden lehdet ehtivät kuivaa ja varista metsämaahan. Metsämaata voidaan myös lannoittaa puutuhkalla, varsinkin turvemaidella, jossa sen vaikutus on positiivinen ravinnetasapainoa ja puun kasvua ajatellen (Energiapuun korjuu 2005, 14.)

Runkopuuhakkeen raaka-aineen korjuussa tulee huomioida luonnon monimuotoisuus Metsä- ja luonnonsuojelulain nojalla. Energiapuun korjuussa tulee säilyttää arvokkaita elinympäristöjä kuten ainespuun korjuussa. Metsälaissa on listattu erityisen tärkeät elinympäristöt, joita ei tule hävittää missään tapauksessa (taulukko 3). Luonnonsuojelulaissa on myös määritelty kohteita, joita ei saa hävittää (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006, 21.) Energiapuuharvennuksessa tulee jättää järeä lahopuu metsään sekä varoa maassa olevia puita. Lehtipuut, joiden olemassa olo ei haittaa kasvatettavaa puustoa, lisää metsäluonnon monimuotoisuutta ja parantaa riistan elinoloja. Jaloja lehtipuita

tulee suosia jätöpuina joko yksittäin tai ryhminä (Energiapuun korjuu 2005, 16.)

TAULUKKO 3. Metsälaki 3 luku 10 § (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006, 21)

Metsien monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeitä elinympäristöjä ovat:	
1	lähteiden, purojen ja pysyvän vedenjuoksu-uoman muodostavien norojen sekä pienten lampien välittömät lähiympäristöt;
2	ruoho- ja heinäkorvet, saniaiskorvet sekä lehtokorvet ja Lapin läänin eteläpuolella sijaitsevat letot;
3	rehevät lehtolaikut;
4	pienet kangasmetsäsaarekkeet ojittamattomilla soilla;
5	rotkot ja kurut;
6	jyrkänteet ja niiden välittömät alusmetsät; sekä
7	karukkokankaita puuntuotannollisesti vähätuottoisemmat hietikot, kalliot, kivikot, louhikot, vähäpuustoiset suot ja rantaluhdat.

3.2.1 Runkopuuhakkeen tuotantoketju

Pienpuusta tuotettavaa runkopuuhaketta voidaan tuottaa koneellisesti kahdella erilaisella tuotantoketjulla, joissa raaka-aineen haketuspaikka ja -menetelmät vaihtelevat tarpeen mukaan. Pienpuuhakkeen tuotantoketjut perustuvat joko energiapuukorjuriketjuun tai hakkuukone–kuormatraktori–korjuuketjuun. Energiapuukorjurilla tehdään samalla koneella sekä kaato että metsäkuljetus, kun taas hakkuukone–kuormatraktori-ketjussa toimitaan erillisillä koneilla suorittaen kaato ja metsäkuljetus.

Pienpuun haketus voidaan suorittaa tienvarsihaketuksella, terminaalihaketuksella tai käyttöpaikkahaketuksella. Tienvarsihaketus tehdään joko erillisellä hakkurilla hakeauton (kuvio 6) tai integroidulla hakkuri-hakeautolla. Näillä menetelmillä haketus suoritetaan pienpuun tienvarsi varastolla, josta se kuljetetaan hakkeena lämpölaitoksille.



KUVIO 6. Pienpuuhakkeen tuotantoketju tienvarsihaketuksessa, erillisellä hakkurilla ja hake-autolla (Metsäteho 2008)

Terminaali- ja käyttöpaikkahaketuksessa pienpuu kuljetetaan tienvarsivarastolta muualle hakettavaksi. Terminaalihaketuksessa irtonainen pienpuu kuljetetaan erilliseen haketuspaikkaan, terminaaliin, jossa se haketetaan varastokasoihin. Haketta voidaan kuljettaa irtotavarana laivalla, junalla ja rekka-autolla lämpölaitosten polttoaineeksi. Käyttöpaikkahaketuksessa irtonainen pienpuu kuljetetaan tienvarresta suoraan lämpölaitokselle, jossa on oma hakkuri tai murskain pienpuun haketukseen.

Runkopuuhaketta voidaan myös tuottaa yhdistetyllä aines- ja energiapuun tuotantomenetelmällä. Tässä menetelmässä toimitaan palstalla niin kutsutulla kahden kasan menetelmällä, jossa kuitupuu ja energiapuu kaadetaan omiin kasoihin metsäkuljetusta varten. Kuitupuu ja energiapuu metsäkuljetetaan omiin varastokasoihin. Energiapuun haketusmenetelminä voidaan käyttää tienvarsihaketusta ja käyttöpaikkahaketusta.

Pienpuuta voidaan kaataa miestyönä, joka onkin varteenotettava työmenetelmä kohteilla, joissa on vaikea työskennellä koneellisesti. Pienpuun korjuumenetelmänä käytetään siirtelykaatotekniikkaa. Siirtelykaadossa puut kaadetaan moottorisahalla, johon on asennettu lisävarusteeksi kaatokahvat. Puut kaadetaan sopiviin kasoihin karsimattomana. Kaadettujen puiden annetaan kuivaa palstalla ennen kuin ne metsäkuljetetaan tienvarsivarastoihin metsätraktorilla

(Energiapuun siirtelykaato 2008, 1–4.) Haketuksessa käytetään samoja menetelmiä kuin koneellisessa kaato- ja metsäkuljetusketjussa.

3.2.2 Pienpuun korjuun ympäristövaikutukset

Pienpuun korjuu energiakäyttöön ja sen ympäristövaikutukset ovat riippuvaisia siitä, korjataanko energiapuu karsittuna vai karsimattomana. Korjattaessa energiapuuta karsittuna rankana jää metsämaahan hyvin ravinteita jäljelle jäävän puuston kasvuun. Ravinnehuuhtoumia harvennusmetsistä ei juuri ole todettu pääsevän muun muassa vesistöihin, joten karsitun rangan korjuu, ei tätä riskiä merkittävästi lisää. Karsimattoman kokopuun korjuulla on lieviä vaikutuksia jäävän puuston kasvuun ja puuntuotoskykyyn, koska korjattaessa puut oksineen ja lehtineen/neulasineen poistuvat niiden mukana kasvatettaville puille käyttökelpoiset ravinteet. Karsimattoman kokopuun korjuu vähentää kuitenkin entisestään harvennusmetsän ravinnehuuhtoumia vesistöihin. Runkopuuhakkeen raaka-aineen korjuun suurin ympäristö riski on metsämaan köyhtyminen ja sitä kautta jäljelle jäävän puuston kasvun heikkeneminen. Tämän vuoksi maaperän ravinteisuutta tulisikin hoitaa aina kun korjataan kokopuuta energiapuuharvennuksena (Energiapuuharvennuksen ympäristövaikutukset 2009, 3).

3.3 Hakkuutähdehake

Hakkuutähdehakkeen raaka-ainetta on korjattavissa kohteilta, joilta ainespuu on hakattu ja metsäkuljetettu pois. Hakkuutähdettä voidaan korjata harvennus- ja päätehakkuukohteilta. Pääasiassa hakkuutähdettä korjataan päätehakkuukohteilta, koska niissä on parempi kertymä eikä olemassa oleva puusto haittaa hakkuutähteen korjuuta. Päätehakkuukohteilla ei myöskään ole puustoa, joka voisi hyödyntää tähteiden ravinteita kasvuunsa. Hakkuutähteeksi luokitellaan ainespuuhakkuun yhteydessä syntyvä ja metsään jäävä puuaines, kuten oksat sekä latvat neulasineen ja lehtineen (kuvio 7). Hylky- ja lahopolkyt luokitellaan myös hakkuutähteiksi. Hakkuutähdepaalit, jotka tehdään oksa- ja latvusmassasta ovat myös hakkuutähdettä. Kantoja ja juuria ei luokitella hakkuutähteiksi (Vesisenaho 2003, 38).



KUVIO 7. Latva- ja oksabiomassaa päätehakkuukohteella

Hakkuutähteen kertymään vaikuttaa paljon korjuukohte. Ensiharvennuksista kertyy huomattavasti vähemmän hakkuutähdettä kuin päätehakkuilta. Ensiharvennuksikohteilta kertyy enemmän hukkarunkopuuta kuin oksia, jotka eivät sovellu ainespuuksi. Päätehakkukohteilta kertyy hukkarunkopuuta sekä oksia, mutta verrattuna ensiharvennuksiin on oksabiomassan osuus suurempi. Oksat ja latvat ovatkin energiapotentiaaliltaan merkittävimpiä hakkuutähdetähteen raaka-aineena (Hakkila, Nurmi & Kalaja 1998, 8.)

Jäävän hukkarunkopuun määrään vaikuttavat ainespuun käsittelytekniikka sekä mitta- ja läpimittavaatimukset (taulukko 4). Laatuvaatimusten ulkopuolelle jääviä eriä voidaan hyödyntää metsätähteen korjuussa.

TAULUKKO 4. Kuitupuun ohjepituus ja minimiläpimitta ainespuukaupassa (Kuitupuun mitta- ja laatuvaatimukset 2008, 1–2)

Puulaji (kuitu)	ohjepituus (m)	minimiläpimitta (cm)
Kuusikuitu	3	7
Havukuitu	3	5–6
Koivukuitu	3	6
Haapakuitu	3	8

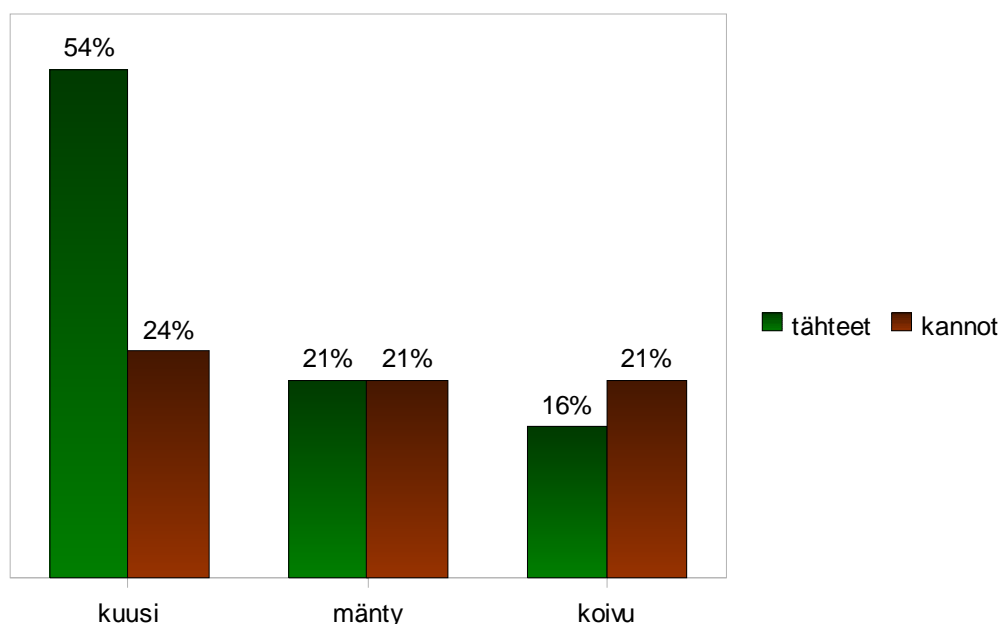
Metsätähteenä hyödynnettäviä hukkarunkopuita ovat alamittaiset latvat ja rungot sekä vialliset rungonosat (Hakkila ym. 1998, 8). Alamittaisia latvoja syntyy niin ensiharvennuksilla kuin päätehakkuukohteillakin. Ensiharvennuksilla alamittaisia latvoja tulee eniten johtuen muun muassa poistettavien puiden korkeasta lukumäärästä (kuvio 8). Päätehakkuukohteilla syntyy myös merkittäviä määriä alamittaisia latvoja hukkapuun muodossa johtuen järeiden puiden latvojen ominaisuudesta. Alamittaisiksi rungoiksi luetaan ainespuuksi kelpaamattomat puut, jotka eivät ole metsänhoidollisesti kasvatuskelpoisia. Näiden hyödyntämisaste metsätähteenä riippuu paljon leimikon laadusta. Osa hyödynnetään metsätähteen raaka-aineena, osa jää metsäkoneiden alle ja osa jätetään pystyyn. Päätehakkuukohteilla, jotka on hoidettu hyvin, ei juuri alamittaisia runkoja kerry (Hakkila ym. 1998, 9.) Viallisia rungonosia, eli hylkypuita, ovat lahot, mutkaiset, lengot ja haaraiset ainespuuksi kelpaamattomat järeät rungon osat. Hylkypuita tulee pääasiassa päätehakkuukohteilta.



KUVIO 8. Ensiharvennuksen latvahukkapuuta

Latvusmassaa, johon sisältyvät myös elävät ja kuolleet oksat lehtineen ja neulasineen, kertyy parhaiten kuusivaltaisilta päätehakkuukohteilta. (Hakkila ym. 1998, 10). Kuusesta kertyy korjattavaa hakkuutähdettä huomattavasti enemmän kuin mänty- ja koivuvaltaisilta päätehakkuukohteilta (Kuvio 9). Kuusen hakkuutähdde eroaa myös muista puulajeista suuremmalla neulasbiomassan

määrällään. Neulaset sisältävät paljon metsämaalle hyviä ravinteita, jonka vuoksi hakkuutähdekasojen on hyvä antaa kuivaa palstalla, jotta neulaset varisevat maahan. Neulasien ravinteet eivät myöskään ole hyväksi lämmöntuotannon laitteistoille, joissa vihreä hake aiheuttaa muun muassa korroosiota ja muita polttoteknisiä vaikeuksia (Vesisenaho 2003, 39.) Päätehakkuukohteilta kertyy hakkuutähdettä, mukaan lukien latva- ja oksabiomassa sekä hukkarunkopuu, Etelä-Suomen männiköissä noin 50 m³/ha ja kuusikoissa noin 100 m³/ha. Ainespuuta näillä kohteilla kertyy tavanomaisesti, eli noin 200–300 m³/ha. (Vesisenaho 2003, 39–40.) Hukkarunkopuun osuus tästä on noin 4–8 %, elävien oksien osuus 85–90 %, neulasten osuus männyllä 20–25 % ja kuusella 25–30 % ja kuolleitten oksien osuus 3–9 % (Hakkila ym. 1998, 14).

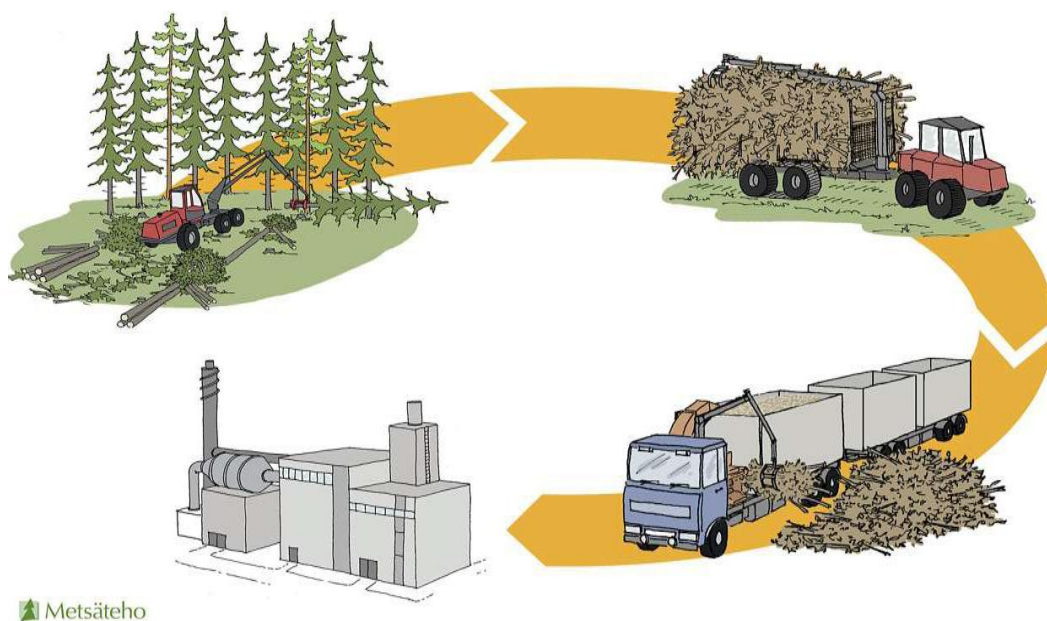


KUVIO 9. Päätehakkuumetsän biomassakertymä puulajeittain (Puuenergia 2003, 39)

3.3.1 Hakkuutähdehakkeen tuotantoketju

Hakkuutähdehakkeen tuotantoketjussa ainespuu hakataan ja metsäkuljeteen kohteelta pois ennen kuin hakkuutähteitä korjataan. Ainespuun kaadossa ja karsinnassa tulee huomioida oikeat työmenetelmät, jos hakkuutähteitä tulaaan korjaamaan. Tähteet tulisi karsia kasoihin jo palstalla, jotta hakkuutähdeen laatu, tuottavuus ja saanto paranevat (Sauranen 2003, 65).

Hakkuutähdehakkeen haketus voidaan suorittaa usealla eri menetelmällä, jotka erotellaan haketuspaikan mukaan. Haketusmenetelmiä ovat palstahaketus, tienvarsihaketus, terminaalihaketus tai käyttöpaikkahaketus. Palstahaketuksessa haketus suoritetaan suoraan kohteella, missä hakkuutähde on. Hakkuutähde korjataan, haketetaan ja kuljetetaan samalla koneella. Haketettu hakkuutähdekuorma käydään tyhjentämässä tien varrella kaukokuljetusta varten tyhjälle siirtolavalle. Tienvarsihaketuksessa hakkuutähde haketetaan väli-varastosta erillisellä hakkurilla hakeautoon tai integroidulla hakkuri-hakeautolla (kuvio 10). Terminaalihaketuksessa hakkuutähde kuljetetaan irtotavarana erilliseen haketusterminaaliin, jossa se haketetaan ja kuljetetaan joko laivalla, junalla tai rekka-autolla lämpölaitoksille. Käyttöpaikkahaketuksessa hakkuutähteet kuljetetaan irtotavarana suoraan lämpölaitoksille haketettaviksi.



KUVIO 10. Hakkuutähteen tienvarsihaketuksen tuotantoketju integroidulla hakkuri-hakeautolla (Metsäteho 2008)

Hakkuutähteistä voidaan tehdä myös erikoisvarustellulla metsäkoneella hakkuutähdepaaleja. Hakkuutähdepaalit tehdään koneella suoraan palstalla, josta ne kuljetetaan tienvarsivarastoihin metsätraktorilla. Hakkuutähdepaalien haketusmenetelmänä käytetään käyttöpaikkahaketuksista.

3.3.2 Hakkutähteen korjuun ympäristövaikutuksia

Päätehakkuun seurauksena uudisalalle kertyy hakkuutähteitä sekä maaperän lämpö- ja kosteusolosuhteet parantuvat. Näiden seurauksena pieneliöiden hajotustoiminta lisääntyy ja ravinteita vapautuu runsaasti. Hakkuutähteen suurin ravinnemäärä on neulasissa ja lehdissä. Neulasista ja lehdistä vapautuu fosforia ja kaliumia, noin yhden vuoden kuluttua päätehakkuusta. Typpi, joka on sitoutuneena pääasiassa oksiiin, vapautuu maaperään hitaammin. Tyypin vapautuminen tapahtuu noin 2–3 vuoden kuluttua päätehakkuusta. Typpi sitoutuu maaperään pieneliöiden käyttöön muutamaksi vuodeksi, jonka jälkeen se vapautuu maaperästä ja saattaa lisätä ravinnehuuhtoumia. Ravinnehuuhtoumat saattavatkin vähentyä uudisalalla hakkuutähteen korjuun seurauksena. Varastointi paikan valinnassa tulee huomioida ravinnehuuhtouma riskit, etteivät ravinteet pääse sitä kautta muun muassa metsäojia pitkin vesistöihin.

3.4 Kantomurske

Kantomurskeen raaka-ainetta saadaan kannoista ja suurimmista yli 5 cm paksuisista juuripuun osista. Kantojen ja juuripuiden korjuu on mahdollista vain päätehakkuukohteilla, joilta ainespuu ja hakkuutähteet on korjattu pois tai kohteilla, joilla metsämaan käyttömuotoa muutetaan muuhun tarkoitukseen vaatien metsän raivausta ja kantojen poistoa. Kantojen ja juurien nosto onnistuu niin kivennäismaalta (kuvio 11) kuin turvemailtakin. Harvennuskohteilta kantoja ei tule nostaa, koska toimenpide vaurioittaa olemassa olevaa puustoa. (Vesisenaho 2003, 40). Kantojen korjuulla on positiivinen vaikutus kohteilla, jotka ovat juurikäävän vaivaamia. Kannonnosto vähentää näillä kohteilla uusintatartuntaa seuraavaan puusukupolveen. (Lauhanen ym. 2007, 69) Juurikäävän vaivaamilla kohteilla on kantojen nosto tämän vuoksi myös taloudellisinta toteuttaa.



KUVIO 11. Kivennäismaalta nostettuja kantoja kuivatetaan palstalla

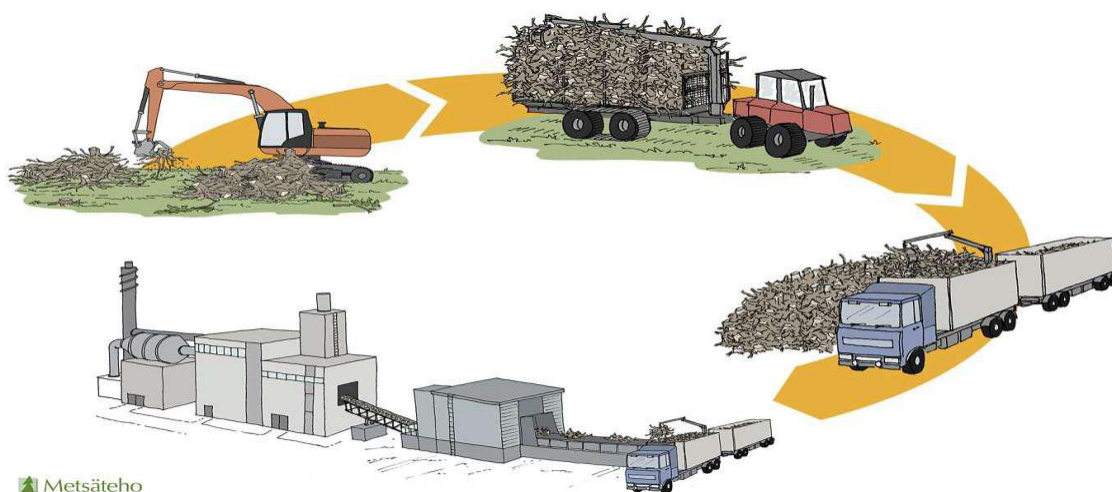
Kantojen nostoa suoritetaan vielä pääasiassa kuusen uudisaloilla, mutta mäntyvaltaisilla kohteilla se on myös mahdollista. Koivujen uudisaloilta kantoja ei juuri korjata. Kuusien kantoja on helpompi nostaa, koska niiden juuret menevät pinnassa ja kuusikoissa kantomurskeen raaka-aineen kertymä on parempi kuin muilla puulajeilla. Mäntyjen kantojen nostoa vaikeuttaa syvälle menevä paalujuuri, joka tuo noston mukana kivennäismaata ja kiviä kantoihin. Kantojen nosto sopii parhaiten tuoreille kankaille ja niitä viljavimmille, kuivahkoille kankaille sekä ruoho- ja mustikkaturvekankaille (Energiapuun korjuu 2003, 25). Kuivilla kankaille suositellaan myös kantojen nostoa, jos alue on altistunut juurikäävälle. Kantoja ei pidä nostaa pohjavesialueilta, kallioisilta alueilta eikä kivisiltä kasvupaikoilta muun muassa ravinnehuuhtoutumisen riskin vuoksi (Lauhanen ym. 2007, 71.)

Kantohakkeen raaka-aineen kertymä on kuusikoista 24 % ja männiköistä 21 % runkopuun määrästä (Vesisenaho 2003, 40). Ainespuukertymän ollessa 200–300 m³/ha saadaan kuusenkantoja noin 60 m³/ha ja männynkantoja noin 50 m³/ha.

3.4.1 Kantomurskeen tuotantoketju

Kantomurskeen raaka-aine hankitaan päätehakkuukohteilta, joista ainespuu ja hakkuutähteet ovat jo korjattu ja metsäkuljetettu pois. Kantojen nosto tapahtuu tela-alustaisella, kantojennostoon varustellulla kaivinkoneella. Kannot nostetaan kaivinkoneella ja kasataan uudisalalle kasoiksi, joista kannot ajetaan välivarastoon metsätraktorilla. Kantojen annetaan kuivaa uudisalalla ennen metsäkuljetusta, jotta niiden laatuominaisuudet paranevat.

Kantomurskeen tuotannossa käytetään pääasiallisina menetelminä terminaalinmurskausta ja käyttöpaikkamurskausta. Terminaalimurskauksessa kannot kuljetetaan erilliseen terminaaliin murskattaviksi, josta kantomurske kuljetetaan voimalaitokselle joko laivalla, junalla tai rekka-autolla. Käyttöpaikkamurskauksessa kannot ajetaan suoraan voimalaitoksiin, jossa ne murskataan erillisellä murskaimella voimalaitoksen polttoaineeksi (kuvio 12).



KUVIO 12. Kantomurskeen tuotantoketju käyttöpaikkamurskausmenetelmällä (Metsäteho 2008)

3.4.2 Kannonnoston ympäristövaikutuksia

Kannonnostokohteilta poistetaan pääsääntöisesti aina myös hakkuutähteet. Hakkuutähteiden ja kannonnoston yhteisvaikutuksesta maaperästä poistuu runsaasti ravinteita. Ravinteiden poistuminen maaperästä voi heikentää tulevan puusukupolven kasvua, mutta vaikutuksia ei tiedetä vielä tarkasti. Kannonnostokohteilla ravinteiden huuhtoutumista saattaa myös esiintyä, koska

maassa ei ole heti korjuun jälkeen mitään sitovaa kasvillisuutta. Kantojen varastointi paikoissa on huomioitava, ettei ravinteita pääse sitä kautta huuhtoutumaan vesistöihin.

3.5 Varastointi

Energiapuun varastoinnissa on otettava huomioon riittävä varastointitila, mahdollisen tienvarsihaketuksen ja kaukokuljetuksen vaatimukset sekä polttoaineen laadun tarpeet.

Pienpuun varastoinnilla pyritään raaka-aineen laadun säilymiseen varastointiaikana sekä onnistuneeseen haketukseen ja kuljetukseen. Pienpuu tulee varastoida tasaiselle, kivettömälle ja kantavalle maapohjalle. Tienvarsivarastokasan alle laitetaan aluspuita edistämään ilmankiertoa ja siten kuivumista. Pienpuun varastokasa tulee tehdä mahdollisimman korkeaksi, jotta sen kastuva pinta-ala jää mahdollisimman pieneksi. Kasan korkeudessa tulee kuitenkin ottaa huomioon sortumavaara. Varastokasa kasataan siten, että vesi valuu latvojen suuntaan. Varastoon kasattujen puiden tyvipuolen olisi hyvä olla aurinkoisimpaan suuntaan, mikä edistää kuivumista, sekä tielle päin helpottamaan haketusta. Pienpuun kuivumista voidaan myös merkittävästi parantaa tuulisen varastopaikan valinnalla. Pienpuun varastokasan päälle tehdään noin 1 metrin levyinen lippa (kuvio 13) vähentämään kasan kastumista (Polttohakkeen tuotanto harvennusemetsistä 2004, 17–20.) Tienvarsivaraston voi peittää tarkoitukseen soveltuvalla paperipeitteellä. Peitetty kasa pysyy paremmin kuivana ja parantaa näin myös tuotettavan hakkeen laatua. Varastokasa saa olla korkeintaan yhden vuoden tienvarressa, tämän jälkeen puun laatu alkaa huonontua (Energiapuuharvennus 2007, 4.)



KUVIO 13. Pienpuun varastokasa Kyyjärvellä (kuva: V-P. Kauppinen)

Hakkuutähteen ja kantojen varastoinnissa on erityisesti otettava huomioon se, että niille on varattu mahdollisimman riittävästi varastointitilaa. Päätehakkuukohteilta korjattavan hakkuutähteen varastointitilaksi tarvitaan 6–7 metriä jo-kaista ainespuuksi hakattua 100 m³ kohti, varastokasan ollessa noin 5 metriä korkea ja 5–6 metriä leveä. Kantojen vaatima varastotila on jopa 40 metriä nostettua hehtaaria kohden, kasan ollessa noin 5 metriä leveä ja korkea (kuvio 14).



KUVIO 14. Kantojen tienvarsivarasto vaatii paljon tilaa

Hakkuutähteen ja kantojen varastokasat tulee tehdä tasaiselle, kivettömälle ja alikasvospuista vapaalle alueelle. Hakkuutähde ja kannot haketetaan ja kulje-

tetaan järeillä koneilla sekä kuorma-autoilla, jolloin tiestön ja maapohjan kantavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Haketuskaluston suuren koon vuoksi on myös otettava huomioon niiden tarvitsema työskentelytila. Tähtien ja kantojen varastopaikat tulee tehdä paikkoihin, joissa ne kuivuvat hyvin, eikä niiden pohjalle pääse kerääntymään vettä. Myös hakkuutähdevarastot voidaan peittää tarkoitukseen sopivalla paperipeitteellä (kuvio 15). Kanto- kasoja ei tarvitse erikseen peittää (Latvusmassan ja kantojen korjuu energia- puuksi uudistusaloilta 2007, 3–4.)



KUVIO 15. Hakkuutähteen tienvarsivaraston peitto parantaa sen laatua

3.6 Laatuluokitus

Puu on hyvin monipuolinen polttoaine energiantuotannossa. Puuta voidaan käyttää monessa eri muodossa polttoaineena, ja se soveltuu hyvin kaikkiin eri kokoluokkiin aina omakotitaloista suuriin voimaloihin saakka (Oravainen 2003, 92). Puun eri käyttömuotoja ovat klapit, pilkkeet, hakkeet, murskeet sekä erilaiset jalosteet kuten pelletit ja brikitit. Kaikille puupolttoainemuodoille on kuitenkin yhteistä se, että niiden tulee olla laadultaan polttoaineeksi soveltuvia. Merkittävimpiä puupolttoaineiden laatuominaisuuksia ovat kosteus, partikkeli- koko ja puhtaus.

Kostea puupolttoaine aiheuttaa monenlaisia ongelmia lämmöntuotannossa. Ongelmia syntyy niin palotapahtumassa kuin polttoaineen varastoinnissa.

Kostean puupolttoaineen käyttö ei myöskään ole taloudellisesti kannattavaa. Kosteasta puupolttoaineesta ei saada tuotettua lämpöä tehokkaasti, koska polttoaineesta poistuva vesihöyry kulkeutuu lämpöhäviöinä savukaasujen mukana pois. Kosteaa puupolttoainetta palaa hitaasti ja se kehittää sitä kautta myös lämpöä hitaasti. Kosteus aiheuttaa myös normaalia enemmän haitallisia hiukaspäästöjä ilmaan. Käytettäessä kosteaa puupolttoainetta sitä kuluu huomattavasti enemmän kuin kuivempaa polttoainetta käytettäessä. Puupolttoaineen kosteus vaikuttaa suoraan kattilan hyötysuhteeseen ja siitä hyödyksi saattavaan lämpötehoon (Hakelämpökeskuksen hankinta 2002, 18–19.) Kosteus aiheuttaa häiriöitä varastossa polttoaineen holvaantumisenä, jäätyminenä ja homehtumisena.

Puupolttoaineen tasalaatuinen partikkelikoko on tärkeä laatuominaisuus, varsinkin hakkeella. Hakkeen seassa olevat erikokoiset puun osat aiheuttavat varastossa ja kuljettimilla erilaisia häiriöitä. Häiriöt lisäävät ylimääräistä työtä ja häiritsevät lämmöntuotantoa. Polttoainekuljettimet voivat mennä tukkoon, jolloin niitä joudutaan puhdistamaan. Polttoainevarastossa saattaa myös esiintyä erilaisia häiriöitä polttoaineen liikkumisessa varastolta palopäälle.

Epäpuhdas puupolttoaine aiheuttaa ongelmia myös lämmöntuotantolaitteistolle. Merkittävin puupolttoaineisiin kuuluvien epäpuhtaus on kivennäismaa. Kivennäismaa-ainekset aiheuttavat mekaanisten osien kulumista ja palopään laavautumista. Lämmöntuotantolaitteiston käyttöikä lyhenee ja lämmöntuotantokyky heikkenee, jos polttoaineen joukossa on epäpuhtauksia.

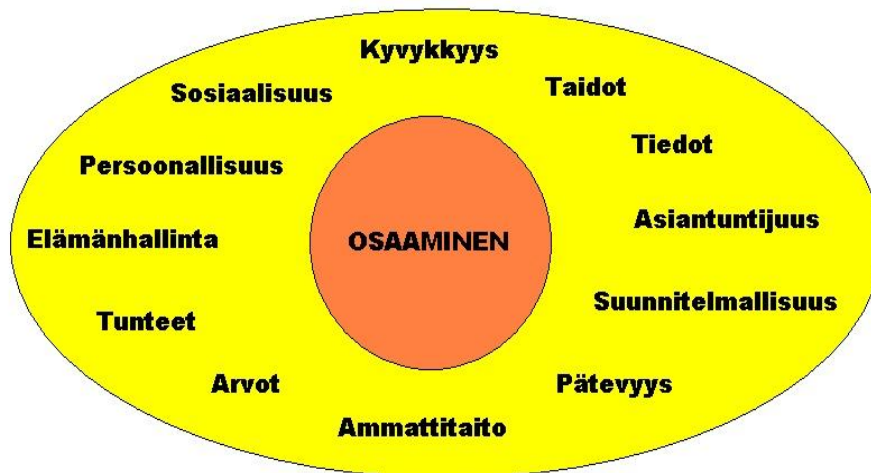
1990-luvun loppupuolella Suomessa otettiin käyttöön puupolttoaineiden laatu-
luokitus (taulukko 5) ja ohjeistus, jonka tarkoituksena on olla apuvälineenä puupolttoainekaupassa. Ohjeistuksessa on otettu huomioon lämpö- ja voimalaitosten tarpeet. Puupolttoaineiden laatuohjeen hyötynä on sen tuoma yksiselitteinen laadunmäärittäminen, jonka avulla pystytään toteamaan käytetyn polttoaineen eri ominaisuudet (Impola 2003, 47.)

TAULUKKO 5. Hakkeen laatutaulukko (Puupolttoaineiden laatuohje 1998, 13)

Energiatiheys vähintään saapumistilassa MWh/i-m ³	
E1	0,9
E2	0,8
E3	0,7
E4	0,6
Kosteuspitoisuus enintään (%)	
K1	40
K2	50
K3	60
K4	65
Palakoko 95 % < mm	
P1	30
P2	45
P3	60
P4	100

4 OSAAMINEN

Ihmisen tiedoista ja taidoista käytetään usein yhdistävänä käsitteenä sanaa osaaminen. Osaaminen tulee ilmi pääasiassa tekojen ja toimintojen kautta, mutta yhtä keskeisenä asiana siinä on ihmisen sisäiset mallit ja henkilökohtainen kokemus. Ulospäin ilmentyvät teot tapahtuvat yleensä ajattelun kautta. Näin ollen ajatusten julkittuominen kertoo henkilöstä, siitä hallitseeko hän asian vai ei (Turunen 1999, 18.) Esimerkiksi energiapuun hankintaketjussa osaaminen ilmentyy muun muassa energiapuukauppaa tehdessä huomioiden ostajan ja myyjän tarpeet kokonaisvaltaisesti. Energiapuun korjaajan käytännönläheinen ja täsmällinen kohdekohtainen ohjeistus on myös yksi hankintaketjun osaamis-alue. Energiapuun korjaajan ohjeiden mukaan tehty työ osoittaa käytännössä, että metsässä tehty työ on hallittu ja osaaminen on kohdallaan. Yhtäläillä osaamista tarvitaan ja sitä ilmentyy energiapuun haketuksessa, kaukokuljetuksessa ja käytössä.



KUVIO 16. Osaamisen eri ulottuvuuksia

Kuviosta 16 nähdään osaamisen eri alueita, joita tarvitaan energiapuun hankintaketjun osapuolten tehokkaassa ja laadukkaassa toiminnassa. Jokaista ulottuvuutta tarvitaan, oli kyseessä sitten metsänomistaja, hankintaorganisaation edustaja, koneyrittäjä tai energialaitoksen edustaja. Hankintaketjun osaamisessa painottuvat kuitenkin eri kohdat enemmän, riippuen mikä toimija on kyseessä. Metsänomistajien kohdalla on merkitystä enemmän tunteilla, arvoilla ja muilla sen suuntaisilla elämänhallintaan liittyvillä kohdilla. Hankintaorganisaation edustajan kannalta merkittävimpiä osaamisen kriteereitä ovat asiantuntijuuteen liittyvät asiat, kuten suunnitelmallisuus ja tiedot. Käytännön työn tekijöille tärkeintä ovat taidot, joihin olemassa olevaa tietoa sovelletaan. Periaatteessa kaikille osapuolille yhdistävinä tekijöinä voidaan pitää elämänhallintaa, kyvykkyyttä ja asiantuntijuutta sekä näiden kautta ilmentyvää vahvaa ammattitaitoa.

Tietojen ja taitojen, eli osaamisen, omaksuminen vaatii aina jonkinlaista oppimista. Oppiminen on ihmisen ja ympäristön välisen vuorovaikutuksen kautta syntyneitä pysyviä käyttäytymisen muutoksia. Oppimista tapahtuu joko tarkoituksellisen opetuksen kautta tai tahattomasti omaksuttuja ympäristöstään koettujen ja nähtyjen tapahtumien kautta (Kasvatustieteen käsitteistö 1983, 136.) Oppimisessa on tärkeää oman ajattelun kehittäminen ja hyvin hallittu laaja-alainen tietojen hankinta ja sen käsittely. Aktiivinen oppiminen edellyttää oma-toimista ja kriittistä ajattelua. Tällainen asioiden omaksuminen tapahtuu tiedon

valinnan ja tulkinnan kautta, käsitellen sitä jo olemassa olevan tiedon kanssa. Oppiminen ei ole pelkkää tiedon keräämistä ja asioiden opettelua, vaan yksilöllistä asioiden tulkintaa ja sen soveltamista ympäröiviin tilanteisiin sekä ongelmanratkaisukykyjen hallintaa (Cantell & Koskinen 2004, 70–71.) Uusien asioiden omaksuminen on tärkeässä asemassa energiapuun hankintaketjussa. Hankintaketjun kaikilla eri osapuolilla tapahtuu jatkuvaa kehitystä ja tutkimusta, jonka vuoksi tietoja pitää päivittää koko ajan. Pitkään energiapuun hankinnassa toimineilla henkilöillä on myös paljon hiljaista tietoa, joka on opittu pitkän ja jatkuvan kokemuksen kautta. Tällainen tieto onkin hyvin arvokasta uusille toimijoille, jotka tulevat työskentelemään alan pariin.

Oppimisessa itsessään on monia eri vaiheita, joiden kautta ihmisen osaaminen kehittyy. Osa oppimisen vaiheista on mielekkäämpiä kuin toiset johtuen ihmisen yksilöllisestä tavasta oppia asioita. Yksilölliseen oppimiseen liittyy keskeisenä myös vallitseva tunnetila, joka vaikuttaa myös osaltaan oppimisen mielekkyyteen. Uusien asioiden omaksuminen voi olla energiapuun hankintaketjussa välillä vaikeaa, koska se liittyy vahvasti perinteiseen ainespuun hankintaan. Ainespuun hankinnassa on pitkät perinteet ja vakiintuneet toimintatavat, jotka eivät kuitenkaan välttämättä suoraan sovi malleiksi energiapuun hankintaan.

Oppimisprosessissa tulee ensimmäiseksi vastaan asian kiinnostavuus. Jotta oppimisprosessi voi lähteä käyntiin, täytyy opittavasta asiasta kiinnostua jostain syystä. Kiinnostus voi herätä esimerkiksi halusta kehittää jo olemassa olevia tietoja ja osaamista. Energiapuun korjuumenetelmien kehittäminen on yksi tällainen kiinnostusta herättävä tekijä. Kiinnostus saattaa herätä myös silloin, kun vastaan tulee jokin uusi tieto, joka on ristiriidassa aiemman olemassa olevan ja omaksutun tiedon kanssa, jolloin asiasta halutaan oppia lisää. Hankintaketjun kokonaisvaltainen kehittäminen ja eri tahojen tiedottaminen lisäävät osapuolten kiinnostusta ja halua oppia energiapuusta lisää.

Sillä hetkellä, kun ihminen on kiinnostunut jostain asiasta ja hänelle on syntynyt halu oppia siitä lisää, alkaa asian varsinainen oppiminen. Varsinaista oppimista tapahtuu sisäistämisen kautta, jolloin uutta tietoa otetaan vastaan ja käsitellään sitä olemassa olevan tiedon kanssa, soveltaen ja mukauttaen.

Olemassa olevaa tietoa voidaan myös korvata kokonaan uudella, todenmukaisemmaksi havaitulla ja tutkitulla tiedolla. Keskeistä tiedon sisäistämisessä on asioiden kertaaminen ja mieleen painaminen. Edellä mainittuihin asioihin vaaditaan paljon kriittistä ajattelutyötä, jonka tulee olla suunnitelmallista ja päättäväistä, jotta haluttu asia tullaan sisäistämään (Peltonen 1995, 50–51.)

Opitun asian sisäistämisen myötä alkaa uuden tiedon käyttö ja soveltaminen todellisessa elämässä. Näin tapahtuu varsinkin silloin, kun uusi ihminen aloittaa toimintansa energiapuun hankintaketjussa. Sisäistetyn tiedon soveltaminen tuo esiin opitun asian käytännöllisyyden ja tiedon paikkansapitävyyden. Käytännössä sovellettua ja testattua, uutta sisäistettyä asiaa, ihminen pystyy itsearvioinnin kautta myös vielä muokkaamaan. Käytännössä havaittuja puutteita voidaan parantaa joko hankkimalla lisää tietoa tai muuttamalla toimintatapoja, jos tarve niin vaatii. Tämä voi tapahtua esimerkiksi osallistumalla energiapuuhun liittyviin koulutustilaisuuksiin tai käymällä energiapuun korjuun työnäytöksissä. Ihmisen tulee myös tarkastella omaa oppimistaan ja ammattitaidon kehittymistä muun muassa peilaamalla omia kokemuksiaan, ja tällä tavoin arvioida omaa osaamistaan sekä kehittymistarpeitaan. Oppiminen ja kehittyminen vaativat jatkuvaa itsearviointia sekä ammattitaidon ylläpitämistä muun muassa erilaisten lisäkoulutusten avulla tai ammattikirjallisuutta ja -lehtiä lukemalla.

5 TUTKIMUSAINEISTON HANKINTA

Tämän selvityksen aineisto hankittiin haastattelujen avulla energiapuun hankintaketjun eri osapuolilta. Haastattelua varten laadittiin kullekin osapuolelle haastattelulomake avoimin kysymyksin. Haastattelulomake laadittiin yhteistyössä työn tilaajan edustajien kanssa. Työn tilaajan edustajia olivat Jyrki Raitila VTT:stä ja Veli-Pekka Kauppinen Metsäkeskus Keski-Suomesta. Haastattelut tehtiin pääsääntöisesti henkilökohtaisilla haastattelukäynneillä. Henkilökohtaisen haastattelujen etuna voidaan pitää haastattelutilanteen vuorovaikutuksellisuutta. Haastattelutilanteen aikana oli mahdollista keskustella syvemmin aihepiiristä ja tarpeen mukaan täsmentää haluttuja asioita lisäkysymyksil-

lä. Haastattelupohja laadittiin etukäteen, jotta haastattelutilanteessa kysyttiin varmasti oikeita asioita, eikä mitään oleellista jäänyt kysymättä. Joissain haastattelutilanteissa käytetään usein haastattelutapahtuman nauhoitusta, mutta tässä selvityksessä menetelmä rajattiin pois. Nauhoitusta ei käytetty, koska haastattelusta olisi näin tullut liian virallinen ja keskustelu tilanne ei olisi ollut niin avoin, jolloin oleellista tietoa ei välttämättä olisi tullut niin hyvin ilmi.

Aineistonhankintaa varten haastateltiin yhteensä 58 henkilöä, energiapuun hankintaketjun eri osa-alueilta. Haastattelut suoritettiin marras-tammikuussa 2008–2009. Haastattelu alueena oli koko Keski-Suomen alue. Haastattelukäyntejä varten sovittiin etukäteen sopiva haastattelu-aika. Aikataulujen yhteensovittamisen vuoksi kaikkien kanssa ei saatu sovittua henkilökohtaista haastattelu-aikaa, jolloin sovittiin vaihtoehtoisena haastattelumuotona joko puhelimitse tai sähköpostilla tehtävä haastattelu.

Haastatteluun pyrittiin valitsemaan edustajia kattavasti koko hankintaketjusta. Hankintaketjusta valittiin haastateltaviksi Keski-Suomessa toimivat hankintaorganisaatiot, yli 1 MW energialaitokset, suurimpia korjuu- ja haketusyrittäjiä sekä metsänomistajia. Haastattelukohteet valittiin yhteistyössä työn tilaajan edustajien, Raitilan ja Kauppisen avustuksella. Metsänomistajat valittiin satunnaisesti Metsäkeskus Keski-Suomen tietokannasta.

Haastattelut jakautuivat energiapuun hankintaketjun eri osa-puolten välillä seuraavasti:

- Metsänomistajat 23 kpl
- Hankintaorganisaatiot 9 kpl
- Koneyrittäjät 10 kpl
- Lämpölaitokset 16 kpl

Metsänomistajia haastateltiin tässä selvityksessä puhelimitse. Puhelinhaastattelu oli tässä tapauksessa paras vaihtoehto, koska haastateltavat henkilöt valittiin satunnaisotannalla ja osa metsänomistajista asuu maakunnan ulkopuo-

lolla. Haastateltavat poimittiin Metsäkeskuksen Metsäneuvojalehden osoitetietokannasta, josta valittiin joka 300. nimi. Näin ollen haastateltavia metsänomistajia tuli valituksi 50 kpl, joista 23 kpl vastasi kyselyyn. Haastateltavien valinnan suoritti Veli-Pekka Kauppinen Metsäkeskus Keski-Suomesta.

Hankintaorganisaatiot valittiin yhteistyössä työn tilaajan edustajien kanssa, jonka perusteella selvitettiin organisaatioista puhelimen välityksellä sopivat henkilöt haastateltaviksi. Organisaatioiden edustajia selvitettiin sen perusteella, että he vastaavat tai ovat omassa organisaatiossaan tekemisissä metsäenergian raaka-aineen hankinnan kanssa. Organisaatioiden edustajista haastateltiin henkilökohtaisesti 6 henkilöä ja 3 henkilöä sovittiin haastateltavaksi sähköpostitse.

Sopivia koneyrittäjiä valittiin haastateltaviksi työn tilaajan edustajien kanssa sekä selvittämällä heitä hankintaorganisaatioista ja lämpölaitoksilta. Koneyrittäjien joukossa oli korjuuyrittäjiä sekä haketusyrittäjiä. Yrittäjien edustajiksi pyrittiin valitsemaan eri puolelta Keski-Suomea, suurimpia energiapuun korjaajia ja hakettajia. Koneyrittäjistä 6 kpl haastateltiin henkilökohtaisesti, 4 kpl puhelimitse ja 1 kpl sähköpostitse.

Energialaitoksien valinnassa käytettiin apuna työn tilaajan kautta saatua listaa maakunnan lämpölaitoksista. Laitosten rajauksena käytettiin niiden kokoa, ja päädyttiin valitsemaan 1 MW:n ja sitä suuremmat laitokset haastateltaviksi. Perusteena oli myös se, että laitokset käyttävät metsäenergiaa energiantuotannossaan. Energialaitoksilta selvitettiin yhteyshenkilöt tai laitoksista vastaavat henkilöt, joiden kanssa sovittiin haastatteluaikatauluista. Energialaitoksien edustajista haastateltiin henkilökohtaisesti 14 kpl ja puhelimitse 2 kpl.

6 TULOKSET

6.1 Hankintaketjun eri osa-alueet

Hankintaorganisaatiot

Keski-Suomen alueella toimii metsäenergian raaka-aineen hankinnan parissa kattava joukko eri hankintaorganisaatioita. Merkittävimpiä hankintaorganisaatioita maakunnan alueella ovat seuraavat:

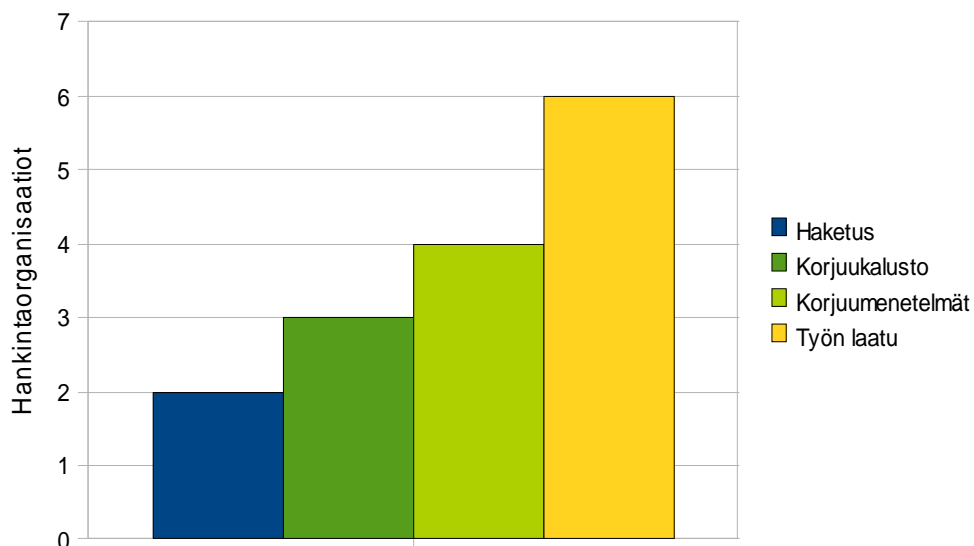
- UPM-Kymmene metsä
- Metsäliitto Osuuskunta
- L&T Biowatti Oy
- Stora Enso
- Vapo Oy
- Metsänhoitoyhdistys Metso
- Metsänhoitoyhdistys Päijänne
- Metsänhoitoyhdistys Kyyjärvi
- Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi

Hankintaorganisaatioilla on kaikilla omat yhtiökohtaiset ohjeistukset energiapuun korjuuseen. Heillä on myös yhteistyökumppaneina omat korjuuyrittäjät, jotka korjaavat energiapuuta. Hankintaorganisaatioiden mukaan yrittäjät noudattavat energiapuun korjuuohjeistusta hyvin eikä suurempia ongelmia ole, niin korjuussa kuin ohjeissakaan. Yksikään hankintaorganisaatio ei kuitenkaan kertonut tarkemmin millaisia heidän antamansa ohjeet ovat energiapuun korjuuseen. Eräs hankintaorganisaation edustaja totesi yleisesti että; *”meillä on omat organisaatiossamme laaditut korjuuohjeet joita käytetään. Ohjeet sisältävät oikeat korjuuajat, laatuvaatimukset ja varastoinnin.”*

Hankintaorganisaatioiden mielestä tärkeimpiä osaamisen parannuksia olisivat korjuuketjun osalta korjuumenetelmät yleisesti sekä maanmuokkauksen laatu

kannonnoston yhteydessä. Kommentteja tuli myös organisaatioiden ostomiesten asenteen muuttamisesta energiapuuta kohtaan sekä heidän tietämyksen lisäämistä energiapuu asioissa. ”Yrittäjien asenteessa ei ole ongelmaa. Teknisessä osaamisessa taas on koulutustarvetta paljonkin.” Totesi yksi hankintaorganisaation edustaja kysyttäessä yrittäjien asennetta ja osaamista liittyen energiapuun korjuuseen (kuvio 17).

Muita ongelmakohtia tai kehittämistarpeita olivat hankintaorganisaatioiden mukaan oikeanlaisen korjuukaluston puute ja energiapuun korjuun kannattavuus yrittäjän näkökulmasta. Kantojen varastokasojen julkisuuskuva metsänomistajien näkökulmasta oli yksi merkittävä kannonnostokohteiden saatavuutta jarruttava tekijä. Hankintaorganisaatioiden mielestä metsänomistajille maksettava alhainen hinta vaikeuttaa myös energiapuun saatavuutta markkinoille. Tuettomat korjuukohteet, kuten vajaatuottoiset metsät ja peltojen sekä teiden varret omaavat hyvän energiapuupotentiaalin hankintaorganisaatioiden mielestä, mutta jäävät kuitenkin hyödyntämättä. Mainintoja tuli myös organisaatioiden välisistä näkemuseroista energiapuusta yleensä, haketuksen jälkeisestä epäsiististä jäljestä metsänomistajien näkökulmasta ja lämpölaitosten pienistä energiapuun varastointimahdollisuuksista laitoksilla.



KUVIO 17. Merkittävimmät osaamistarpeet hankintaorganisaatioiden mielestä (n=9)

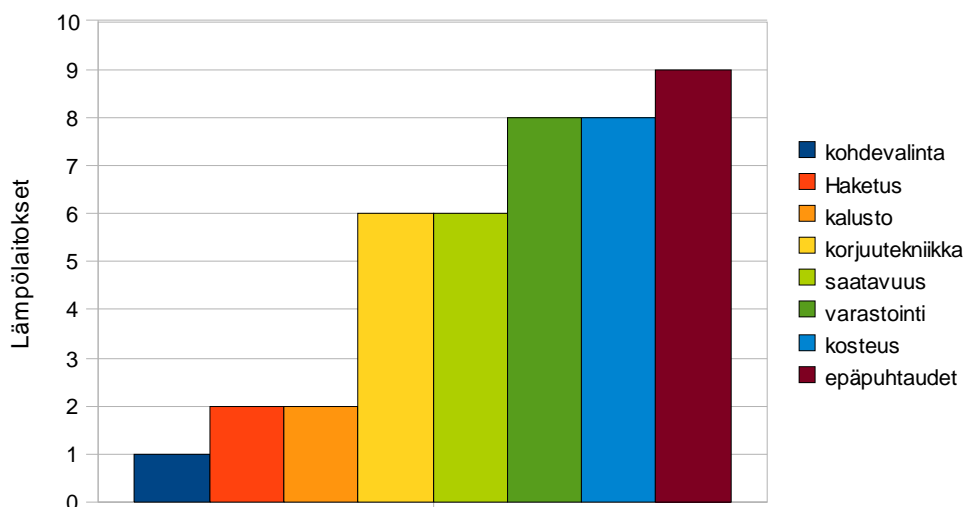
Energialaitokset

Energialaitosten näkemykset nykyosaamisesta ja osaamisen kehittämisestä olivat aika yhdensuuntaisia riippumatta laitoksen koosta (kuvio 18). Tämä on ymmärrettävää, koska energialaitoksilla hankintaketjussa tehdyt virheet tulevat hyvin ilmi samankaltaisina ongelmina.

Energialaitosten mielestä osaamista pitää kehittää nimenomaan energiapuun korjuuketjussa sekä kohteiden oikeanlaisissa valinnoissa. Laitosten huomiot liittyivät niin energiapuun korjuuseen, varastointiin kuin korjuukohteisiin. Osaamista pitäisi energialaitosten mielestä lisätä oikeanlaisessa korjuuteknikassa metsätähteiden ja kantojen noston osalta. Korjuukoneiden kourien ja kauhojen tulisi myös olla energiapuun korjuuseen soveltuvia, jotta epäpuhtauksia ei tulisi lämpölaitoksille asti. Eräs energialaitoksen edustaja totesi kun kysyttiin millaisia epäpuhtauksia metsäpolttoaineen seassa on ollut: *”raudan-kappaleita ja kuution kokoisia jäämökkyjäkin on tullut laitokselle asti”*. Väärät korjuuajat ja korjuukohteet olivat energialaitosten mielestä laatua heikentäviä tekijöitä. Varastojen suhteen tuli ilmi, että tienvarsivarastoja tehdään väärin paikkoihin, kuten ojanpohjille, jolloin energiapuun laatu heikkenee merkittävästi. Myös palstalle tehtyjen kasojen sijoituspaikat on laitosten edustajien mielestä usein valittu väärin. Tämän seurauksena polttoaineen sekaan tulee epäpuhtauksia, kun koneilla ajetaan palstalla kasojen yli. Varastokasojen peittämättä jättäminen on myös suuri ongelma energialaitosten mielestä. Peittämättä jättäminen vaikuttaa suuresti metsähakkeen kosteuteen ja sitä kautta lämpölaitosten lämmön tuoton alenemiseen. Laatuvaatimuksia tiedusteltaessa tuli eräältäkin laitoksen edustajalta ilmi että: *”Kosteus saa olla noin 60 %, mutta sitten sitä joudutaan priimamaan toisella polttoaineella. Ei siinä kyllä ole mitään järkeä polttaa, mutta on kuitenkin poltettu”*. Toinen laitoksen edustaja totesi myös että: *”Kosteasta metsäpolttoaineesta ei saada riittävästi tehoa, jolloin sitä pitää korvata kalliilla öljyllä”*.

Pienempien lämpölaitosten ongelmana tuli esille myös energiapuun saatavuus. Pienemmillä lämpölaitoksilla, joilla ei ole omia energiapuun korjaajia on hyvälaatuisen metsähakkeen saatavuus ongelmana ja sitä joudutaan korvaamaan muilla polttoaineilla. Tämä asia koskee varsinkin hakkuutähteistä ja

kannoista tehtävää haketta, joiden saatavuus on sidottu vahvasti ainespuukauppaan.



KUVIO 18. Merkittävimmät energiapuun laatuun vaikuttavat ongelmakohdat energialaitosten mielestä (n=16)

Koneyrittäjät

Korjuuyrittäjillä oli aika selkeät näkemykset siitä, mihin tarvittaisiin lisää ohjeistusta ja kehitystä. Yrittäjien mielestä ohjeistukset vaihtelevat paljon ostomiehen ja kohteen mukaan. Nuoren metsän hoitokohteissa tuli esille, että näihin kohteisiin haluttaisiin selkeämmät ja tarkemmat ohjeet. Ohjeita kaivattiin varsinkin siihen, mihin hoidettavan metsän kasvatuksella tähdätään. Eräs koneyrittäjä kertoi, että: *”Ohjeet vaihtelevat todella paljon. Ohjeita on yhtä monenlaisia kun on ostomiehiäkin”*. Merkittävänä asiana tuli esille, että varsinkin koneilla korjataan taloudellisesti kannattamattomia kohteita. Tällaisia kohteita ovat liian pienet leimikot ja kohteet, joissa puukertymä on hyvinkin pientä. Toteutuksena tuli yhdeltä yrittäjältä tällaisista kohteista: *”Nuoren metsän kunnostuskohteille tarvitaan jotain tietoa lisää. Ei semmoisten pusikoiden raivaaminen ole yhtään järkevää isoilla koneilla kun päivässä ei saa juuri yhtään puuta kertymään, eikä niillä kohteilla ole työolotkaan kovin hyvät. Kuskit vaan tympääntyvät ja vaihtavat työpaikkaa”*. Yhtenä puutteena yrittäjät näkivät myös hyvien kohteiden pois jättäminen energiapuun korjuusta, vaikka heidän mielestään kohteet olisivat hyvinkin kannattavia korjata. Kannonnostoa yrittäjät myös pitivät vaikeana toteuttaa kaikkia tyydyttävällä tavalla.

Hakettajien näkökulmasta ongelmat keskittyvät varastokasojen sijaintiin ja hakettavan energiapuun laatuun. Hakettajien mielestä varastokasojen tekoon ei kiinnitetä riittävästi huomiota ja niitä tehdään vaihtelevalla menestyksellä. Hakettajien mielestä myös kantokasojen laadussa on merkittävästi parantamisen varaa, koska niissä on merkittäviä määriä epäpuhtauksia seassa. Epäpuhtaudet vaikeuttavat niin murskausta kuin lämpölaitosten polttoaineen laatua. Joissain tapauksissa on hakettavat tienvarsivarastot tehty sellaisiin paikkoihin, ettei niihin ole päästy haketuskalustolla edes hakettamaan. Hakettajien näkökulmasta energiapuun, metsätähteen ja kantojen korjuuseen sekä metsäkuljetukseen olisi panostettava lisää, jotta hakettavan puun haketus onnistuisi ja lopputuote olisi laadukasta.

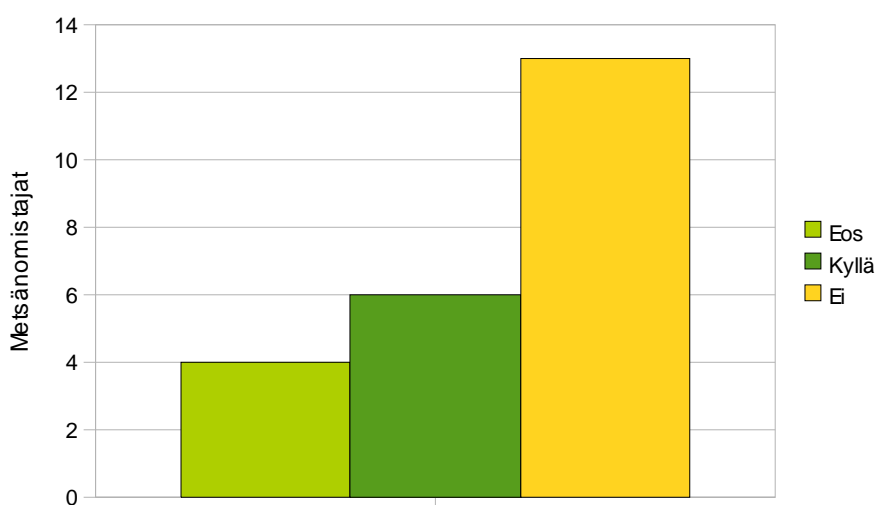
Metsänomistajat

Keskisuomalaisten metsänomistajien mielestä puun käyttö energiantuotannossa on hyvä ja positiivinen asia. Haastatelluista metsänomistajista noin puolet oli myynyt puuta energiantuotantoon. Osa heistä oli myynyt suurempia määriä ja osa vähäisiä määriä muun muassa pilkkeen muodossa. Kantojen myynti energiantuotantoon oli vähäisempää kuin metsätähteen ja pienpuun myynti. Monet metsänomistajat olivatkin epäileväisiä kannonnoston vaikutuksista uuden metsän kehityksen kannalta, samoin kuin tehtävän työn jälkeen.

Lähes kaikki metsänomistajat olivat tyytyväisiä niin korjuuyritysten kuin hankintaorganisaatioiden toimintaan. He myös pitivät hyvänä asiana, että energiapuuta korjaavia ja ostavia yrityksiä on olemassa. Monet metsänomistajat kuitenkin totesivat, etteivät osaa sanoa mitään yrittäjistä ja ostajaorganisaatioista, jotka ovat tekemisissä energiapuun kanssa.

Metsänomistajat sanoivat metsänhoitoyhdistysten merkityksestä, energiapuun asioiden apuna, hyvin vaihtelevia kommentteja. Osa metsänomistajista oli tyytyväisiä palveluun. Osa metsänomistajista ei ollut tyytyväisiä palveluun ja osa ei ole ollut mitenkään tekemisissä metsänhoitoyhdistysten kanssa. Tarkempaa syytä ei kuitenkaan tullut esille, miksi ei oltu tyytyväisiä metsänhoitoyhdistysten palveluun tai halukkuuteen tehdä heidän kanssaan yhteistyötä. Yleinen ajatus oli kuitenkin, että metsänhoitoyhdistyksestä saa apua ja neuvoa tarvittaessa.

Metsäsuunnitelman hyöty nähtiin hyvin vähäisenä energiapuu asioissa. Vain murto osalla oli otettu nykyisessä metsäsuunnitelmassa huomioon energiapuu. Osa metsänomistajista ei myöskään osannut kertoa, oliko metsäsuunnitelmassa huomioitu energiapuu vai ei (kuvio 19). Metsänomistajien metsäsuunnitelmissa ei pääsääntöisesti ole huomioitu energiapuun korjuuta metsänhoidollisena toimenpiteenä. Metsäsuunnitelmissa ei myöskään ollut eriteltyä energiapuukohteita, joista sitä voisi korjata. Metsäsuunnitelmat olivat osittain sen verran vanhoja mistä johtui se, että energiapuuta ei niissä ole suunniteltu käytettäväksi.



KUVIO 19. Metsäsuunnitelman hyöty metsänomistajille energiapuun hyödyntämisessä (n=23)

Noin puolet metsänomistajista tiesi energiapuun korjuuseen saatavista taloudellisista tukimuodoista. Heistäkään suurin osa ei osannut tarkemmin sanoa, millaisia nämä tuet käytännössä ovat. Muutama aktiivisemmin itse energiapuuta korjaava metsänomistaja tiesi hyvin Kestävän metsätalouden rahoitukseen liittyvät tukiasiat.

Metsänomistajien mielestä suurin ongelma energiapuun hyödyntämisessä on siitä saatava tulo. Metsänomistajat kritisoivatkin ostajia siitä, etteivät he maksa siitä juuri mitään. Monen mielestä energiapuuta ei kannata myydä, koska siitä ei riittävästi makseta, jolloin mieluummin jätetään puu myymättä. Moni metsänomistaja totesikin, että: *”Ilmaiseksihan ne meiltä viedään”* tai *”sopiva hinta vaan pitäisi olla, että viitsittäisiin myydä”*.

6.2 Energiapuujakeet

Nuoren metsän hoitokohteet:

Nuorien metsien hoitokohteilla pienpuun tienvarsivarastointi tehdään vaihtelevasti. Varastointi tehdään vaihtelevasti lähes kaikkien eri hankintaketjun osapuolten mukaan. Moni eri osapuolen edustaja oli myös sitä mieltä, että tienvarsivarastoinnin vaikutusta ei pidetä aina kovin merkittävänä pienpuusta tuotettavan hakkeen laatuun. Energialaitosten edustajat olivat varsinkin sitä mieltä, että polttoaineen toimittajat ja korjaajat eivät ajattele varastoinnin merkitystä tarpeeksi. Metsäkoneyrittäjien toteamuksena useissa tapauksissa oli, että varastot tehdään mihin saadaan mahtumaan ja ettei niiden tekemisessä ole suurempia vaatimuksia.

Metsäkoneyrittäjien mielestä korjuukohteita pidetään huonoina ja vääränlaisina, niin koneiden sopivuuden, energiapuukertymän kuin taloudellisen kannattavuudenkin kannalta. Tällaiset kohteet eivät myöskään useimmiten ole mielekkäitä yrittäjän työskentelyn kannalta. Merkittävin epäkohta on ylitteävät kohteet sekä kohteet, joiden energiapuiden koko on liian pientä, varsinkin koneilla työskenteleville.

Organisaatioiden ja metsäkoneyrittäjien mielestä energiapuun korjuupotentiaalinalta nähtiin myös ongelmaksi tukien puuttuminen vajaatuottoisille kohteille, joilta kuitenkin raaka-ainetta olisi paljon saatavilla. Yhtä merkittävänä taloudellisuuteen ja kannattavuuteen liittyvänä asiana nähtiin nuorien metsien hoitokohteiden tukisidonnaisuus. Ilman tukia työ ei ole kannattavaa tehdä ja joissain tapauksissa työ ei ollut kannattavaa, vaikka taloudellisia tukia onkin saatavissa.

Hakkuutähde

Energialaitosten ja organisaatioiden mielestä hakkuutähde osalta osaamista pitäisi lisätä oikeanlaisen korjuukaluston käytön lisäämisellä, jotta vältettäisiin mukaan tulevia epäpuhtauksia. Ainespuun kaadon ja katkonnan yhteydessä tehtävät risukasat pitäisi myös tehdä huolellisemmin ja oikeisiin kohtiin, jotta välttyttäisiin epäpuhtauksilta. Ostajaorganisaatioiden ja energialaitosten edustajien mielestä hakkuutähdeiden korjuussa on puutetta osaamisesta niin työ-

menetelmissä kuin korjuutekniikassakin. Heidän mielestään hakkuutähteiden korjuussa kiirehditään usein myös liikaa, jolloin oikeat työmenetelmät jäävät puutteellisiksi ja hakkuutähteen laatu kärsii. Laitosten edustajien mielestä tienvarsivarastojen ei aina anneta kuivua tarpeeksi kauan, jolloin polttoaineen laatu kärsii, kun energialaitokseen viedään tuoretta metsätähdehaketta. Pienet leimikkokoot heikentävät korjuun kannattavuutta metsäkoneyrittäjien mielestä. Hakkuutähdehakkeen saatavuutta varsinkin pienempien lämpölaitoksien mielestä heikentää sen vahva kytkös ainespuukauppaan.

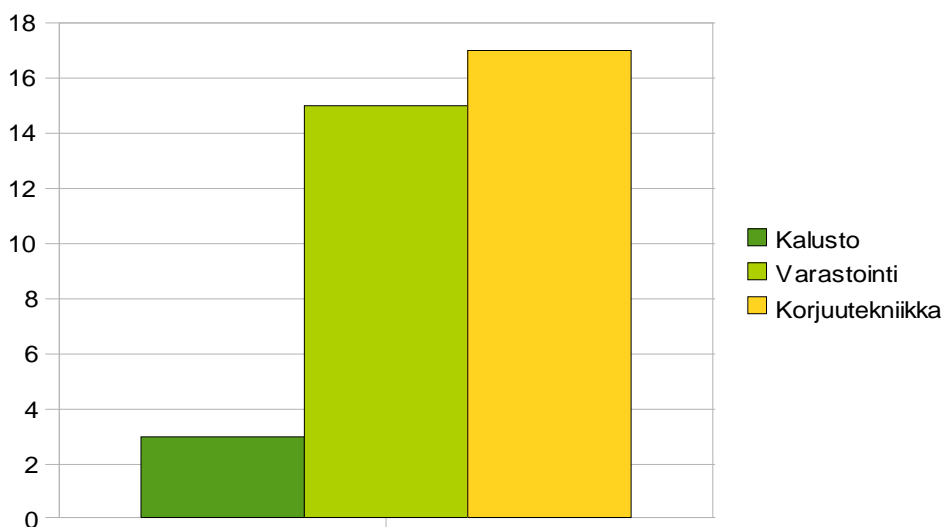
Kannot

Kannot tulivat korostuneimmin esille kaikilta eri hankintaketjun toimijoilta, osaamisen ja ongelmien vuoksi. Kannonnostokohteet ovat vaihtelevia nostotapahtuman kannalta, mutta useimmiten korjuuyrittäjät pitävät niitä huonoina ja vaikeina korjuuolosuhteiltaan, savimaat varsinkin ovat vaikeita korjuukohteita. Maaperän ollessa väärän tyyppinen, ei kantojen laatua saada nostolla ja varastoinnilla onnistumaan, jolloin epäpuhtauksia kulkeutuu lämpölaitoksille asti. Maanmuokkausta pidettiin myös vaikeana toteuttaa kannonnoston yhteydessä yrittäjien mielestä. Lämpölaitosten kannanotto oli, että kantojen nostotekniikkaa on yleensä väärä. Kantojen nostotekniikka eroaa paljon normaalista kaivuutapahtumasta, jonka vuoksi siinä ilmenee puutteita. Kantojen noston yhteydessä tulee paljon epäpuhtauksia, maata ja kiviä, lämpölaitokselle asti, jonka vuoksi kannonnoston oikeisiin työmenetelmiin pitäisi syventyä tarkemmin. Suurissa laitoksissa joudutaan viikoittain seisottamaan murskausasemia huonon laadun vuoksi.

Ostajaorganisaatioiden kannanottona oli, että kantojen saatavuuteen vaikuttaa jonkin verran niiden huono julkisuuskuva. Metsänomistajien mielestä kantojen tienvarsivarastot seisovat liian pitkään. Metsänomistajat olivat myös epävarmoja maanmuokkauksen laadukkaasta toteutuksesta kannonnoston yhteydessä. Kannonnoston ympäristövaikutusten puutteellinen ja ristiriitainen tieto vaikuttaa myös metsänomistajien halukkuuteen myydä kantoja energiantuotantoon. Metsäkoneyrittäjien mielestä pienet leimikkokoot ovat taloudelliselta kannattavuudeltaan ongelma, aivan samoin kuin hakkuutähteissä.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Metsäenergian uudet mahdollisuudet ja niiden kehittäminen 2008–2010 -hankkeen tavoitteita on lisätä energiapuun käyttöä, parantaa energiapuuhun liittyvän liiketoiminnan kannattavuutta, kehittää korjuutekniikoita, kouluttaa alan toimijoita sekä lisätä metsänomistajien tietoisuutta ja aktivoita heitä. Tuloksista voidaan päätellä, että kaikissa edellä mainituissa osa-alueissa on jonkin verran kehitettävää osaamisen näkökulmasta. Energiapuun korjuutekniikoiden kehittäminen nousi vahvimmin esiin haastattelujen kautta (kuvio 20), mutta se ei välttämättä tarkoita sitä, että ainoastaan korjuuyritysten tulisi lisätä osaamistaan. Korjuuyrittäjät toimivat pääsääntöisesti organisaatioiden alaisuudessa, joten periaatteessa korjuutekniikoiden osaamisen lisääminen pitäisi tulla sitä kautta, esimerkiksi yksityiskohtaisimpien työmaaohjeiden ja neuvonnan myötä. Hankintaorganisaatioiden mukaan heillä kaikilla on hyvät ja yksityiskohtaiset korjuuohjeet energiapuun korjaamiseen ja näin varmasti onkin. Kentältä kuitenkin tuli ilmi, että ohjeistuksen laatu ja määrä vaihtelee välillä hyvinkin paljon. Tässä olisikin kehitettävää, jotta korjuuyrittäjille annettaisiin selkeät, yhdenmukaiset, ohjeet ja sitä kautta saataisiin energiapuun laatu paremmaksi. Selkeillä ohjeilla ja hyvillä kohdevalinnoilla energiapuun korjuun tuottavuus ja laatu parantuisivat merkittävästi.



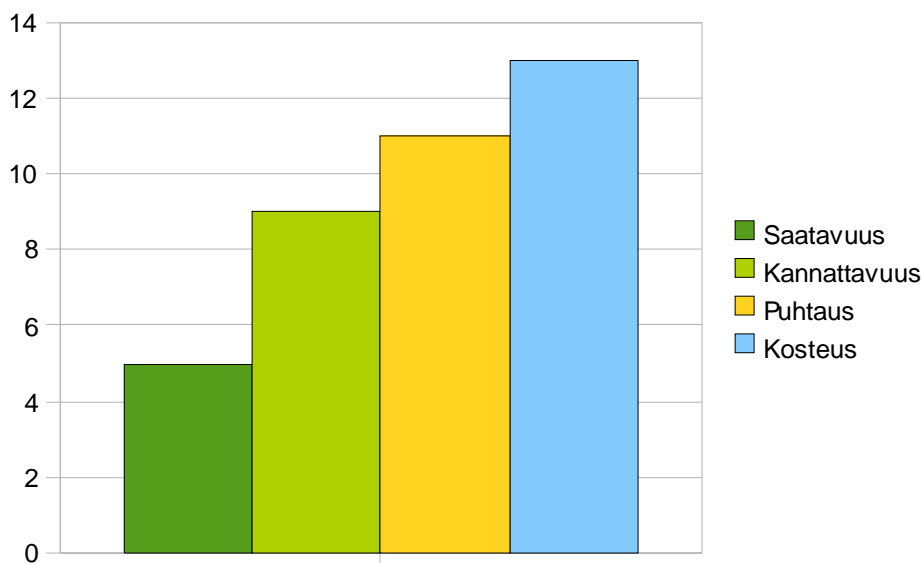
KUVIO 20. Merkittävimpiä osaamisen lisäyksen tarpeita energiapuun hankintaketjussa

Energiapuun korjuussa käytettävä kalusto on osana samaa koneketjua, jota käytetään ainespuun hankinnassa. Energiapuun laatuun vaikuttaakin merkittävästi, jos sitä korjataan sopimattomalla kalustolla. Kuitenkin korjuuyritysten näkökulmasta energiapuun korjuu on sivutoimista ja osittain kannattamatonta, joten halua ei välttämättä ole panostaa energiapuun korjuukalustoon. Tässäkin asiassa tulisi organisaatioiden opastaa yrittäjiään kone- ja kalustovalinnoissa ja selvittää miten paljon niillä on vaikutusta työn tehokkuuteen ja sitä kautta kannattavuuden parantumiseen. Metsänomistajia aktivoimalla energiapuun saatavuutta voitaisiin parantaa huomattavasti, joka myös osaltaan varmasti lisäisi koneyrittäjien omaa halua panostaa korjuukalustoon. Korjuukalustoon kannattaisi näin ollen panostaa kun korjuukohteita olisi hyvin tarjolla.

Metsäenergian raaka-aineiden saatavuus nousi myös esiin useasti haastattelujen myötä. Saatavuuteen vaikuttavat erityisesti sopivien kohteiden löytäminen ja metsänomistajien halukkuus myydä energiapuuta. Metsänomistajien tiedottaminen ja aktivoiminen onkin yksi keino, jolla kohteista saataisiin enemmän energiapuun korjuun piiriin. Metsänomistajilla ei ollut juuri tarkkaa tietoisuutta mitä energiamuotoja metsästä on saatavissa. Lähinnä puhuttaessa energiapuusta, metsänomistajat olettivat sen olevan tavallista pienkäyttöön tarkoitettua pilkettä ja halkoa. Metsänomistajilla oli myös selkeä huoli metsätähteen ja kantojen korjuun ympäristövaikutuksista. Tähteen ja kantojen osalta metsänomistajia pitäisikin tiedottaa, siltä osin kun tutkittua tietoa on, jotta heille saataisiin yksiselitteinen tieto kantojen ja tähteen korjuun vaikutuksista. Metsänomistajia tulisi myös opastaa ja neuvoa erilaisista mahdollisuuksista energiapuun hankinnassa ja myynnissä. Tukimuotojen ja rahallisen arvon selvittäminen olisi myös metsänomistajien kannalta oleellista tietoa. Yksi keino aktivoida metsänomistajia olisi markkinoida energiapuusta tuotettavaa metsäenergiaa kotimaisena ja ympäristöystävällisenä energiamuotona, koska tällä hetkellä lisäänsion mahdollisuus on energiapuusta sen verran pieni, ettei se varmasti innosta metsänomistajia ainoana syynä myymään energiapuuta. Metsän kasvukunnon parantaminen on myös yksi tälläkin hetkellä käytettävä hyvä keino.

Energiapuun laatu, puhtaus ja kosteus, nousivat myös vahvasti esille haastatteluissa (kuviot 21), varsinkin energialaitosten näkökulmasta. Laatuun vaikut-

tavat merkittävimmin hankintaketjun alkupäässä, metsässä, tehty työ. Energiapuun korjuu, metsäkuljetus ja varastointi vaikuttavat kaikki osaltaan polttoaineen laatuun. Aikaisemmin esille tullut korjuutekniikoiden parantaminen, osaamisen lisääminen, neuvonnan ja ohjeistuksen parantaminen liittyvät vahvasti puupolttoaineiden laatuominaisuuksiin. Kosteuteen vaikuttavat olennaisesti palstalla tehtävä kuivatus ja tienvarsivaraston oikealle paikalle sijoittaminen. Tienvarsivarastojen peittäminen ja rankapuukasoihin tehtävien lippojen merkitys on ratkaiseva, jotta energiapuun kosteus pysyy halutulla tasolla. Epäpuhtauksien välttäminen tapahtuu oikeilla korjuumenetelmillä ja käyttäen oikeanlaista kalustoa. Huolellisella korjuutyöllä ja tietämyksellä, mitä korjattavalta energiapuulta halutaan, voidaan myös vaikuttaa epäpuhtauksien määrään. Varastokasojen sijoittelu on puhtauksien suhteen myös oleellinen tekijä, ettei esimerkiksi sijoiteta varastoja sellaisiin kohtiin, mihin aurataan lumia talviaikaan.



KUVIO 21. Merkittävimpiä energiapuun ongelmakohtia

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Keskisuomalaisessa energiapuun hankintaketjussa on selvästi tarpeita osaamisen lisäämiselle. Pelkästään maakunnan puuperäisten polttoaineiden käytön lisäämisen tavoitteet antavat perusteita osaamisen lisäämiselle, jotta potentiaalinen puupolttoaine saadaan hyödynnettyä. Osaamista tarvitaan jokaisella hankintaketjun eri osa-alueella.

Helposti tulee sellainen kuva, että kun metsäpään toimijat osaavat oikeat työskentelymenetelmät, niin se riittää takaamaan laadukkaan metsäpolttoaineen saannin. Metsänomistajien aktivointi ja heidän tietonsa lisääminen on edellytys sille, että maakunnan energiapuut saadaan tehokkaasti liikkeelle. Hankintaorganisaatioiden panostuksella energiapuun hankintaan on yhtä merkittävä osuus kuin metsänomistajilla. Yhteistyön tulisi olla sujuvaa ja joustavaa kummankin osapuolen välillä. Hankintaorganisaatioilla on halukkuutta ostaa puuta energiantuotantoon ja korjata sitä, mutta perusteet miksi sitä ostetaan, ovat vielä vähän häilyvät. Useimmiten energiapuun osto ja korjuu on sidottu vahvasti ainespuu kauppaan, mikä ajoittain rajoittaa sen saatavuutta energialaitosten käyttöön. Ainespuusidonaisuus vaikuttaa myös tällä hetkellä energiapuusta maksettavaan hintaan, joka ei metsänomistajia juuri tyydytä.

Metsäkoneyrittäjille energiapuun korjuu on tällä hetkellä lähestulkoon kannattamatonta sivutyötä, jonka takia panostukset korjuuseen ja oikeaan kalustoon saattavat olla heikot. Kannattavuutta voitaisiin parantaa selvästi paremmilla korjuukohteen valinnoilla ja selkeämmillä työohjeilla. Näin vältyttäisiin muun muassa turhilta koneiden siirroilta ja kuljettajien turhautumiselta. Metsäpään toimenpiteet vaikuttavat suoraan energiapuun hakettajan ja murskaajan toimiin. Metsäkoneyrittäjän tietäessä koko ketjun toiminnan ja laatutavoitteen, onnistuu hakettajankin työ hyvin ja laadukkaasti.

Lämpöyrittäjät, lämpölaitokset ja voimalaitokset ovat niitä paikkoja, joissa ketjussa tehdyt virheet vasta käytännössä näkyvät ja siellä samat virheet myös kertaantuvat lukuisina eriasteisina ongelmina. Ongelmia syntyy työmäärän lisääntymisenä, lämmöntuotannon heikkenemisenä, taloudellisten tulojen pienentymisenä ja jopa polttoaineen riittämättömyytenä.

Tässä työssä käytetty tutkimusmenetelmä oli mielestäni hyvä. Henkilökohtaisilla haastatteluilla sai hyvän käsityksen energiapuun hankintaketjun laajasta toimintaympäristöstä. Haastattelujen kautta saatu tieto oli myös monipuolista. Toisaalta energiapuun hankintaketju ja sen laajuus, aiheutti jossain määrin myös vaikeuksia löytää oikeat haastateltavat henkilöt. Kuitenkin haastattelujen kautta saatu tieto on kutakuinkin yhtenäistä ja laadukasta. Avoimien kysymyksien analysointi oli aika haastavaa ja joissain tapauksissa kysymyksiä olisi pitänyt tarkentaa, jotta analysointi olisi onnistunut täydellisesti. Tuloksena löytyneet osaamisen lisäyksen tarpeet ja erilaiset ongelmakohdat, antavat mielestäni kohtalaisen tarkan kuvan maakunnan energiapuun hankintaketjusta tällä hetkellä. Luotettavimpana tuloksena pidän henkilökohtaisesti energialaitoksista ja lämpöyrittäjiltä saamiani vastauksia ja niiden analysointia. Tämä johtuu siitä, että heitä oli mielestäni tarpeeksi kattava määrä eri puolelta Keski-Suomea. Heiltä saadut vastaukset, olivat myös enimmäksessä määrin samankaltaisia. Hankintaorganisaatioilta saadut vastaukset olivat myös hyviä, mutta aika rajallisia. Haastateltaessa hankintaorganisaatioita, tuli jossain tapauksissa sellainen olo, että tiedot energiapuuasioista ovat niin salaisia, ettei niitä voi ulkopuolisille kertoa. Tästä syystä koneyritysten haastattelut ovat mielestäni jonkin verran puutteelliset. Tarkoituksena oli saada yrittäjiä kiinni juuri organisaatioiden kautta, muuta pääosin sitä tietoa ei ollut mahdollista saada. Näin ollen jouduttiin valitsemaan muutamia yleisessä tiedossa olleita korjuu- ja haketusyrittäjiä, mikä osaltaan vaikuttaa tiedon hankinnan ja analysoinnin luotavuuteen.

Tämän työn tekeminen oli itselleni aika haasteellinen, mutta myös mielenkiintoinen tehtävä. Suuri haaste oli löytää oikeat haastateltavat henkilöt ja saada sovitelluksi aikataulut haastateltavien kanssa. Kysymyspohjan laatiminen oli myös haasteellinen tehtävä, koska juuri se oli ratkaiseva tekijä työn lopputulokselle. Itse haastattelutilanteet olivat mielenkiintoisia ja mukavia, vaikkakin niitä aluksi vähän jännitti. Jännitystä loi se ajatus, että millaisia vastakysymyksiä haastateltavilta tulee ja riittääkö oma osaaminen vastata niihin. Loppujen lopuksi haastattelut menivät ihan onnistuneesti ja suoriuduin niistä omasta mielestäni yllättävänkin hyvin. Haastattelujen mukanaan tuoma maakunnan kiertely oli mielestäni hyvinkin positiivinen asia. Haastattelukäynneillä näki erilaisia alaan liittyviä organisaatioita, lämpöyrittäjiä ja voimalaitoksia. Samalla

sai myös tavata hankintaketjun eri ammattilaisia ja toimihenkilöitä, joilta sai paljon arvokasta tietoa alaan liittyen.

Itse työn tekeminen onnistui mielestäni aika hyvin ja luotan tekemiini haastatteluihin ja arvioihin. Työn toteutuksen aikataulu oli mielestäni aika tiukka, koska samaan aikaan jouduin suorittamaan vielä opintojani jotka veivät osaltaan aikaa suorittamiselleen. Toisaalta tiukka aikataulu luo edellytykset tehdä työtä säännöllisesti ja näin ollen sen valmistuminenkin sujui aikataulun mukaan.

Lopuksi haluan vielä kiittää kaikkia haastatteluihin osallistuneita henkilöitä joiden vastauksien perusteella sain työhöni hyviä tuloksia. Kiitän myös työn tilaajien edustajia Jyrki Raitilaa ja Veli-Pekka Kauppista sekä Jyväskylän ammattikorkeakoulun edustajia Tero Vesisenahoa ja Pekka Äänismaata työn ohjauksesta. Opiskelutoverini Perttu Ojakoski ansaitsee myös erityiskiitoksen avusta selvitystyön aineistonhankinnassa.

LÄHTEET

Energiapuuharvennus. 2007. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsänhoitokortisto, kortti nro 04–003.

Energiapuuharvennuksen ympäristövaikutukset. 2009. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsänhoitokortisto, kortti nro 09–004.

Energiapuun korjuu. 2005. Toim. A. Koistinen. & O. Äijälä. Vammala: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Energiapuun siirtelykaato. 2008. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsänhoitokortisto, kortti nro 09-001.

Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002. Helsinki: Suomen Kuntaliitto.

Hakkila, P., Nurmi, J. & Kalaja, H. 1998. Metsänuudistusalojen hakkuutähde energialähteenä. Jyväskylä: Metsäntutkimuslaitos.

Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Impola, R. 2003. Puupolttoaineiden laatuluokitus. Teoksessa Puuenergia. Toim. K. Knuutila. Jyväskylä: Jyväskylän Teknologikeskus Oy, 47–48.

Kantojen korjuun ympäristövaikutukset. 2009. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsänhoitokortisto, kortti nro 09–006.

Kasvatustieteen käsitteistö. 1983. Toim. S. Hirsijärvi. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Keski-Suomi 2005- katsaus maakunnan fyysiseen rakenteeseen ja aluekehitykseen. 2006. Jyväskylä: Keski-Suomen liitto. Viitattu 29.1.2009. <http://www.keskisuomi.fi/filebank/1363-ks-katsaus.pdf>

Kioto pöytäkirja. 2008. Valtion ympäristöhallinnon verkkosivut. Viitattu 29.1.2009. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi> (kioto)

Latvusmassan ja kantojen korjuu energiapuuksi uudistusaloilta. 2007. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsänhoitokortisto, kortti nro 04–004.

Latvusmassan korjuun ympäristövaikutukset. 2009. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsänhoitokortisto, kortti nro 09–005.

Metsätilastollinen vuosikirja 2007. 2007. Vammala: Metsäntutkimuslaitos.

Oravainen, H. 2003. Puu energiantuotannossa. Teoksessa Puuenergia. Toim. K. Knuutila. Jyväskylä: Jyväskylän Teknoliakeskus Oy, 92–99.

Paananen, M. 2009. Keski-Suomen energiatase nyt ja vuonna 2015. Keski-Suomen energiapäivän luento 22.1.2009. Viitattu 29.1.2009.
<http://kesto.finbioenergy.fi/ACC/Components/ACC-DigiStore/Download.asp?fileID=132989&basketID=967&openmode=open1>

Peltonen, H. 1995. Kasvattajana sosiaali- ja terveysalan ammattiteissa. 2. uudistettu painos. Tampere: Kirjayhtymä Oy.

Penttinen, J. 2008. Keski-Suomen energiatase 2006. Viitattu 29.1.2009.
<http://kesto.finbioenergy.fi/index.asp?init=1&initID=14908>

Polttohakkeen tuotanto harvennusemetsistä. 2004. Toim. T. Fredriksson. Porvoo: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Polttohakkeen tuotanto metsänuudistamisaloilta. 2000. Toim. T. Fredriksson. Hyvinkää: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Puupolttoaineiden laatuohje. 1998. Julkaisu 5. Jyväskylä: Finbio

Sauranen, T. 2003. Hakkuutähdehakkeen tuotanto. Teoksessa Puuenergia. Toim. K. Knuutila. Jyväskylä: Jyväskylän Teknoliakeskus Oy, 64–69.

Turunen, K. 1999. Opetustyön perusteet. Vaasa: Atena Kustannus Oy.

Ympäristökasvatuksen käsikirja. 2004. Toim. H. Cantell. Jyväskylä: PS-kustannus.

Vesisenaho, T. 2003. Metsähakkeet. Teoksessa Puuenergia. Toim. K. Knuutila. Jyväskylä: Jyväskylän Teknoliakeskus Oy, 37–40.