

# Selvitys energiapuun mittauksen järjestämisestä ja kehittämisestä

Helsinki 2006

# Selvitys energiapuun mittauksen järjestämisestä ja kehittämisestä

Selvitysmies Pentti Hakkila, Helsinki 2006

## SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä .....	2
1 Selvitystehtävä .....	4
1.1 Selvitystehtävän tausta .....	4
1.2 Maa- ja metsätalousministeriön toimeksianto .....	5
2 Energiapuun tuotanto .....	6
2.1 Tuotannon määrä ja raaka-ainepohja .....	6
2.2 Tuotantoketjut .....	8
3 Energiapuun mittauksen nykytilanne .....	11
3.1 Mittauksen suureet ja yksiköt .....	11
3.2 Mittauskäytäntö .....	13
3.3 Mittauksen ongelmat .....	15
4 Ehdotukset energiapuun mittauksen kehittämiseksi .....	18
4.1 Mittauksen muutokset .....	18
4.2 Latvusmassan mittauksen kehittäminen .....	19
4.3 Kantomittauksen kehittäminen .....	21
4.4 Pienpuun mittauksen kehittäminen .....	21
4.5 Pienpuun tuotantotukeen liittyvä mittaus .....	22
4.6 Energiapuun sisällyttäminen puutavaranmittauslakiin .....	23
4.7 Tutkimustarpeita .....	26
Lähdeaineisto .....	28
Asiantuntijahaastattelut .....	28
Kirjalliset lähteet .....	29

## Tiivistelmä

Kansallisessa metsäohjelmassa ja uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa on asetettu metsäbiomassan energiakäytölle kasvutavoite, jonka mukaan metsähakkeen tuotanto nousee vuoden 2010 tasolla 5 milj. m<sup>3</sup>:iin. Tavoitteen toteutuessa metsähake kasvattaa markkinahakkuitten volyyymiä 10 %:lla ja puutavaran hankintatyön arvoa 15 %:lla.

Metsiemme energiaresepti koostuu lähinnä nuorten harvennuskasvien pienpuusta ja päätehakkua-aloille ainespuuta korjattaessa jäävästä latvusmassasta ja kanto- ja juuripuusta. Niistä on tullut arvostettuja ja tavoiteltuja energialähteitä. Enää ei ole paikallaan puhua hakkuutähteestä vaan tukki- ja kuitupuuhun rinnastettavasta puutavaralajista, energiapuusta.

Energiapuukauppa oli vielä viime vuosikymmenellä vähäistä. Tästä sekä mittauksen tarkkuusongelmista johtuen energiapuun on jätetty vuonna 1991 voimaan astuneen puutavaranmittauslain ulkopuolelle. Vaikka energiapuun mittaus on useimmissa tapauksissa ratkaistu tyydyttävällä tavalla, aina näin ei kuitenkaan ole. Kullakin energiapuun tuotannon ja käytön osapuolella on omat odotuksensa mittausmenettelyn suhteen. Mittaukseen kohdistuu muun muassa seuraavia odotuksia:

- Mittauskertojen määrä tuotantoketjussa tulee rajoittaa mahdollisimman vähäisiin.
- Mittauksen tulee sopeutua hankintaketjun logistiikkaan, eikä se saa olla kehityksen esteenä.
- Mittauksen tulee täyttää asetetut tarkkuusvaatimukset. Systemaattista virhettä ei hyväksytä.
- Mittauksesta tulee selviytyä vähällä työllä ja vähäisin kustannuksin.
- Mittausmenettelyn tulee olla kaikille osapuolille läpinäkyvä ja uskottava.
- Mittaustuloksen tulee olla asianomaisten saatavilla viipeettä.
- Mittausjärjestelyn tulee kannustaa laadukkaaseen tuotteeseen ja energiatehokkuuteen.

Kaikki kriteerit eivät todellisuudessa täyty, sillä mittauskäytäntöön liittyy ongelmia. Metsähakkeen tuotannon ja käytön osapuolet painottavat erityisesti seuraavia ongelmia. Eri osapuolet luonnollisesti kokevat ongelmat eri tavoin:

- Kun energiapuun ei ole mittauslaissa, heikompi osapuoli kokee turvansa puutteelliseksi.
- Käytetään useita mittasuureita rinnakkain, mutta niiden muuntokertoimia ei ole vahvistettu.
- Mittauksen tarkkuus on usein keho, eikä vaihtelun aiheuttajia ja suuruutta tunneta.
- Kun sovelletaan kaksivaiheista mittausta, lopullinen tulos voi viivästyä kohtuuttomasti.
- Mittausvaikeuksista johtuen kantopuun korjuussa ei voida soveltaa suorituspalkkaa.
- Pienpuun tuotantotuen maksatus- ja mittausmenettely on mutkikas.

Selvitystehtävän tuloksena syntyi *joukko energiapuun mittauksen kehittämiseen ja hyvään mittausmenettelyyn tähtäviä ehdotuksia* tavoitteena epäkohtien eliminointi sekä tarkkuuden ja läpinäkyvyyden parantaminen. Samalla pyritään pitämään huolta siitä, ettei mittaus muodostu esteeksi joustavalle tuotantologistiikalle eikä jarruksi tekniikan kehittämiseksi, ja etteivät mittauksen välittömät tai välilliset kustannukset ainakaan kasva. Keskeiset johtopäätökset ovat seuraavat:

- 1 *Mittauksen muuntokerrointen laatiminen ja vahvistaminen.* Luovutus- ja työmittauksissa tulee tuotantoketjun eri vaiheissa voida käyttää tilanteen kannalta tarkoituksenmukaisinta mit-

tasuuretta. Samalla on kuitenkin välttämätöntä, että peräkkäiset mittaustulokset ovat saatavissa yhteismitallisiksi ja vertailukelpoisiksi Mittasuureet, joitten välillä muuntotehtäviä joudutaan tekemään, ovat kiintotilavuus pinotilavuus, irtotilavuus, tuoremassa, kuivamassa ja energiasisältö. Niitten välisten, yleisesti hyväksytyjen muuntokerrointen puuttuminen tuo mittausmenettelyyn epäyhtenäisyyttä. Siksi tarvitaan riippumattoman tahon vahvistamia muuntokerroinsarjoja, joitten avulla siirrytään mittasuureesta toiseen.. Muuntokerroinsarjojen koostaminen on mittausta kehitettäessä avainasemassa riippumatta siitä, päädytäänkö sopimus- vai lakipohjaiseen menettelyyn.

- 2 *Latvusmassan mittauksen kehittäminen.* Latvusmassa on runsain metsähakkeen raaka-aine. Vuonna 2004 tuotanto oli määrältään 1,5 milj. m<sup>3</sup> ja arvoltaan 35 M€ Latvusmassahakkeen tuotannossa sovelletaan monenlaista tekniikkaa, ja mittauskäytäntö on muotoutunut kirjavaksi. Erityisesti kuormainvaakamittaus nähdään lupaavana. Uutena vaihtoehtona metsäpään luovutus- ja metsäkuljetuksen työmittaukseen ehdotetaan menetelmää, jossa latvusmassakertymä johdetaan hakkuukoneen antamasta ainespuun mittaustuloksesta.
- 3 *Kantopuun mittauksen kehittäminen.* Kantopuu on erityisen vaikea mittauskohde, ja siksi tuotantoketju on rakennettu aikapalkkajohdajaksi. Ratkaisu kantopuunkin mittaukseen saattaisi löytyä hakkuukonemittauksen kautta. Laskentaohjelma perustuisi runkopuun ja kantopuun määräsuhteeseen, joka vaihtelee verraten vähän. Laskentaohjelma ottaisi kertymään mukaan vain korjattaviksi aiottu juurakot, vaikkapa kantoläpimitaltaan yli 20 cm:n kuusenjuurakot. Tulos saataisiin etuajassa, minkä ansiosta se palvelisi kaikkia työ- ja luovutusmittauksen tarpeita ennen autokuljetusta ja myös hankinnan suunnittelua.
- 4 *Pienpuun mittauksesta* on valmistumassa Metsäntutkimuslaitoksen tutkimus, jonka kohteina ovat tuoretiheyskertoimet, kuivuminen ennen metsäkuljetusta, kuormainvaakamittaus ja pinomittaus. Tulosten käyttöönotto parantanee mittaustarkkuutta ja yhdenmukaistaa käytäntöjä. Tutkimuksen valmistuttua pienpuu ei liene kiireellisyydessä mittaustutkimusten kärkisijoilla, paitsi että ehdotetut menettelyt tulee testata.
- 5 *Pienpuun tuotantotukeen liittyvä mittaus.* Selvityksessä esitetään pienpuuhakkeen tuotantotuen maksatus- ja mittausmenettelyn yksinkertaistamista. Ehdotuksen mukaan tuki – kokonaisarvoltaan entisen suuruisena – maksettaisiin metsänomistajan ja metsähakkeen tuottajan sijasta energialaitokselle siten, että mittasuureena käytettäisiin kiinto- ja irtotilavuuden sijasta energiasisältöä. Järjestelmän puitteissa käyttäjä maksaisi tuottajalle kemerakelpoisesta pienpuusta tuen määrällä korotettua hintaa.
- 6 *Energiapuun sisällyttäminen puutavaranmittauslakiin.* Osapuolten näkemykset eroavat siinä, tuleeko energiapuun mittauksessa pyrkiä laki- vai sopimusperusteiseen järjestelmään. Eri osapuolten kanssa käytyjen keskustelujen perusteella ehdotetaan seuraavaa marssijärjestystä:
  - Energiapuun mittauksessa tulee pyrkiä samoihin periaatteisiin kuin ainespuulla. Myös heikkomman osapuolen asema on turvattava.
  - Tavoitteena tulee olla, että mittauslain piiri laajennetaan ainespuun lisäksi energiapuuhun.
  - Lakipohjaisessa järjestelmässä on oltava edellytykset mittauksen ohjeistamiselle. Keskeinen edellytys on hyväksyttävä tarkkuustaso ja siihen vaikuttavien tekijöitten tunteminen. Ensimmäinen askel kohti lakipohjaista järjestelmää on ohjeistuksen vaatiman perustiedon ja muuntokerrointen hankkiminen sekä mittaustarkkuuden parantaminen ja tunteminen.
  - Tutkimukselle tulee osoittaa riittävät määrärahat, ajan säästämiseksi jo kuluvalle vuodelle

- Väliaikaisena ratkaisuna, ennen kuin perustiedoissa ja mittausmenetelmissä on saavutettu lakipohjaisen järjestelmän mahdollistava vähimmäistaso, tulisi pyrkiä sopimus pohjaiseen ratkaisuun, jonka runkona on asianomaisten järjestöjen allekirjoittama puitesopimus.

# 1 Selvitystehtävä

## 1.1 Selvitystehtävän tausta

Suomessa on tehty pienpuun ja hakkuutähteen hyödyntämiseen tähtäävää kehitystyötä jo puolen vuosisadan ajan. Tämän markkinakelvottoman raaka-ainereservin käyttöönoton on perinteisesti nähty parantavan metsänhoidon edellytyksiä, laajentavan metsäteollisuuden raaka-ainepohjaa, edistävän maaseudun työllisyyttä ja elinvoimaisuutta sekä kohottavan energian omavaraisuusastetta. Tutkimus- ja kehitystyö on vienyt korjuu- ja käyttötekniikkaa eteenpäin, mutta ennen vuosituhanen vaihdetta toiminta ei ainakaan pysyvästi muodostunut taloudellisesti kannattavaksi.

Asetelma muuttui, kun Suomi viime vuosikymmenen lopulla EU:n jäsenenä sitoutui rajoittamaan kasvihuonekaasujen päästöjä korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla energialähteillä. Valtiovallan, yritysmaailman ja koko yhteiskunnan tahtotila kääntyi puun energiakäyttöä suosivaksi. Puun energiakäyttö ei kuitenkaan saa johtaa metsäteollisuuden raaka-ainepohjan kaventumiseen. Siksi merkittävin puuperäisen energian reservi muodostuu sellaisesta *metsäbiomassasta, joka ei puu- tai korjuuteknisten ominaisuuksiensa puolesta ole kelvollista teollisuuden raaka-aineksi*: harvennusemetsien pienpuu sekä päätehakkuualoille jäävät latvusmassa ja juurakot.

Tämän hiilineutraaliksi luokitellun biomassareservin käyttöönotolla on merkittävä rooli maamme energia- ja ilmastostrategioissa, ja sille on asetettu selkeät tavoitteet myös kansallisessa metsäohjelmassa. Kehitystä kuitenkin jarrutti pitkään vaihtoehtoisten polttoaineitten edullisempi hintataso, metsäbiomassan korjuuteknikan kehittymättömyys sekä puupolttoaineitten toimitusorganisaatioitten puute. Vasta vuosituhanen vaihteessa esteet alkoivat valtiovallan ja yritysmaailman toimenpiteitten ansiosta kaatua. Metsäbiomassasta valmistetun hakkeen ja murskeen, joita yhteisnimellä valmistuspaikasta riippumatta *kutsutaan metsähakkeeksi*, käytön kasvua vauhdittavat nyt hiilidioksidin päästökauppa sekä öljyn ja muitten fossiilipolttoaineitten hinnan kohoaminen. Esimerkiksi metsäkoneyrittäjät näkevät metsähakkeen tuotannon tämän vuosikymmenen tärkeimmäksi kasvu-alakseen.

Kansainvälisten sopimusten ja niitä myötäilevän kansallisen energiapolitiikan seurauksena metsäbiomassan arvo ja arvostus ovat kasvaneet. Ainespuuhun verrattuna lähtöarvo metsässä tosin on alhainen, mutta matkalla kohti energialaitosta raaka-aineelle syntyy askel askeleelta lisäarvoa, ja se muuttuu nykyaikaiseksi polttoaineeksi. Metsäbiomassaa, joka aikaisemmin oli markkinakelvotonta, ei tule enää perinteiseen tapaan mieltää ainespuuta korjattaessa syntyväksi hakkuutähteeksi, vaan pikemminkin siitä on tullut tukki- ja kuitupuuhun rinnastettava *uusi puutavaralaji, jota kutsutaan energiapuuksi*.

Monet metsähakkeen tuotantoprosessin työvaiheet ovat kytköksissä ainespuun korjuuseen ja kuljetukseen. Metsätaloudessa työstä maksetaan aikapalkan sijasta pääsääntöisesti suorituspalkkaa, mikä ainespuun tuotannossa edellyttää puutavaran kiintotilavuuden mittaamista. Energiapuulla tilavuuden selvittäminen vastaavasti on ongelmallista, sillä tavaran koostumus ja kosteus vaihtelevat, olomuoto on epämääräinen ja muuttuva, matkan varrella tapahtuu hävikkiä ja lisäksi aikajänne kannolta katti-

laan venyy usein yli vuoden mittaiseksi. On perin vaikeata lähimainkaan päästä sille 4 %:n tarkkuustasolle, joka on asetettu ainespuun mittaukselle.

Energiapuukauppa oli vielä viime vuosikymmenellä vähäistä ja pienimuotoista. Tästä sekä tarkkuusongelmista johtuen energiapuu on jätetty puutavaranmittauslain ulkopuolelle. Sekä luovutus- että työmittaus tapahtuvat sopimus pohjalta. Koska tavara on ominaisuuksiltaan hyvin vaihtelevaa ja tyypillisesti muuttua muotoaan tuotantoprosessin kuluessa, ja koska käytössä on toisistaan poikkeavia ja kaiken aikaa kehittyviä korjuujärjestelmiä, *mittauskäytännöstä on muodostunut kirjava.*

Vaikka mittaus on useimmissa tapauksissa ratkaistu tyydyttävällä tavalla, aina näin ei kuitenkaan ole, ja silloin syntyy epäluottamusta. Tästä aiheutuva kitka saattaa hidastaa tuotantotekniikan kehittymistä ja tuotannon kasvua. Erityisesti metsänomistajat ja metsäkoneyrittäjät, jotka kokevat itsensä energiapuun tuotannon ja kaupan heikommaksi osapuoleksi, odottavat mittauskäytännön selkeyttämistä.

Metsähakkeen tuotannon tehostamiseksi on tehty paljon työtä. Vaikka korjuujärjestelmiä muutoin on kehitetty kokonaisvaltaisesti pullonkauloja poistaen, mittaus on saattanut jäädä taka-alalle. Nyt tuotanto on kuitenkin saavuttanut sellaiset mittasuhteet, että on aika tasoittaa mittaukseen mahdollisesti pesiytyneet sudenkuopat ja parantaa menettelyn läpinäkyvyyttä.

*Maa- ja metsätalousministeriö*, jonka alaisuuteen puutavaran mittauksen viranomaistoimintojen johto ja valvonta kuuluvat, tiedostaa energiapuun mittauksen ongelmat. Aiheeseen on paneuduttu muun muassa ministeriön asettamassa *puutavaranmittauksen neuvottelukunnassa*, Metsäntutkimuslaitoksen ja ministeriön tulossopimuksen mukaisessa nuorten metsien energiapuuhun kohdistuvassa mittaus tutkimuksessa, Metsäntutkimuslaitoksen johtamissa sidosryhmäkokouksissa sekä ministeriön kesällä 2005 järjestämässä metsäenergiapuun mittausseminaarissa, jossa alan toimijain yhteistyönä kartoitettiin nykyistä käytäntöä, sen puutteita ja kehitystarpeita.

## 1.2 Maa- ja metsätalousministeriön toimeksianto

Syksyllä 2005 maa- ja metsätalousministeriö päätti energiapuun mittausta koskevasta toimeksiannosta ulkopuoliselle selvitysmiehelle. Selvitystehtävän tehtävänasettelu on seuraava:

”Maa- ja metsätalousministeriön asettama puutavaranmittauksen neuvottelukunta on katsonut, että metsäenergiapuun mittauksen tekniikkaa ja mittauskäytäntöjä on kehitettävä. *Kansallinen metsäohjelma 2010:n* seurantaraportissa vuodelta 2004 todetaan, että eri osapuolten yhteistyöllä tulee jatkaa metsäenergian mittauksen periaatteiden selvittämistä tavoitteena niiden sisällyttäminen lainsäädäntöön tai sopimukseen.

Selvitysmiehen tulee, kuullen asiantuntijoita ja metsäenergiapuun kaupan, korjuun ja käytön osapuolia, antaa ministeriölle selvitys, johon sisältyy ehdotus tai vaihtoehtoisia ehdotuksia *mittaamisen kehittämiseksi ja järjestämiseksi sekä mahdollisista metsäenergiapuun mittaamisesta koskevista säädöksistä*. Mahdollinen säädösehdotus olisi linjaava ja pohja yksityiskohtaiselle jatkovalmistelulle. Selvitys ei koske halkoja ja pilkkeitä.”

Selvitystyön tulokset esitetään tässä raportissa, joka toimeksiannon mukaisesti perustuu edellä mainittuun valmistelutyöhön, alan asiantuntijain ja osapuolten kuulemiseen sekä aihepiiriä sivuavaan kirjalliseen aineistoon.

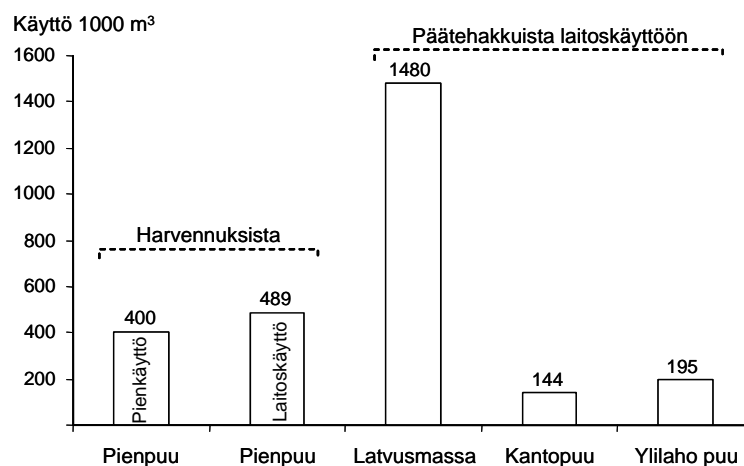
## 2 Energiapuun tuotanto

### 2.1 Tuotannon määrä ja raaka-ainepohja

Vuonna 2004 metsähakkeen kokonaistuotanto nousi 2,7 milj. m<sup>3</sup>:iin. Siitä 2,3 milj. m<sup>3</sup> käytettiin energialaitoksilla lämmön ja sähkön tuotantoon ja 0,4 milj. m<sup>3</sup> mautilojen ja pientalojen lämmitykseen. Pienkäyttöön ohjautuva metsähake ei juurikaan ole kaupan piirissä.

Vuoden 2005 tuotantotilasto ei ole vielä saatavilla, mutta markkinametsähakkeen määrä lienee noussut ainakin 2,7 milj. m<sup>3</sup>:iin. Kansallisessa metsäohjelmassa ja uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa on vuoden 2010 tuotantotavoitteeksi asetettu 5 milj. m<sup>3</sup>. Pitkällä tähtäyksellä metsiemme biomassavarat mahdollistavat suuremman mittakaavan, ja on hahmoteltu tuotannon nostamista vuoteen 2020 mennessä jopa 10 milj. m<sup>3</sup>:iin vuodessa. Vertailuna todettakoon, että pyöreän puutavaran markkinahakkuitten kokonaisvolyymi, johon ei ole sisällytetty metsähaketta, oli Metsäntutkimuslaitoksen tilastojen mukaan 2000-luvun alkuvuosina keskimäärin 55 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Siihen verrattuna metsähakkeen tuotanto kasvattaa markkinahakkuitten volyymia tällä hetkellä 5 %:lla, vuoden 2010 tavoitetasolla noin 10 %:lla ja vuoden 2020 tasolla ehkä jopa 20 %:lla. Koska hankinnan yksikkökustannukset ovat metsähakkeella 50 % korkeammat kuin ainespuulla keskimäärin, vastaavat luvut ovat hankintatyön arvon osalta 7,5 %, 15 % ja 30 %.

Koska metsäbiomassaa ammennetaan monenlaisista lähteistä, siitä tuotetun polttoaineen ominaisuudet vaihtelevat suuresti. Eroja aiheuttavat myös käyttäjän vastaanotto-, käsittely- ja kattilatekniikkansa pohjalta asettamat laatuvaatimukset. Näistä syistä sekä mittakaavaeroista johtuu, että käytännössä sovelletaan monenlaisia tuotantoketjuja, joissa *mittauksen toimintaympäristö vaihtelee*.



Kuva 1. Metsähakkeen raaka-ainelähteet vuonna 2004 (Metsäntutkimuslaitoksen aineistoa)

Kuva 1 vuodelta 2004 osoittaa, että pääosa metsähakkeen raaka-aineesta on peräisin latvusmassasta. Myös pienikokoinen harvennuspuu on merkittävä lähde, mutta puolet siitä tehdystä metsähakkeesta



ohjautuu pienkäyttöön eikä tule markkinoille. Lähivuosina pienpuuhakkeen tuotannon odotetaan kasvavan merkittävästi, ja samalla raaka-aine saattaa hieman järeytyä. Kanto- ja juuripuun energia-käyttö on saanut alkunsa vasta tällä vuosikymmenellä ja on onnistuneesta startista huolimatta vielä lapsenkengissä, mutta sekin on ripeässä kasvussa. Neljäs huomionarvoinen raaka-ainelähde on ainespuun hakkuissa talteen otettu mutta jalostuskäyttöön kelvoton ylilaho tai muutoin viallinen runkopuu.

Seuraavassa esitellään eri raaka-ainelähteille tyypillisiä piirteitä, jotka vaikuttavat mittauksen edellytyksiin ja vaatimuksiin sekä niiden pohjalta syntyneisiin mittauskäytäntöihin:

#### *Päättehakkuualojen latvusmassa (rinnakkaisnimeä hakkuutähde ei suositella)*

- Korjataan etupäässä kuusivaltaisten metsien päättehakkuista.
- Massasta noin 85 % on oksia ja 15 % ainespuurunkojen latvakappaleita ja muuta hylkypuuta.
- Sisältää tuoreena runsaasti neulasia: kuusella jopa 30 % ja männyllä 20 % kuivamassasta
- Kertymätavoite on yleensä 70 % hakkuualalle jääneestä latvusmassasta.
- Latvusmassan kuivuessa etenkin kuusella syntyy ainestappioita, kun neulaset varisevat ja oksankärjet katkeilevat.
- Kuivatuoretiheys on korkea. Biomassakomponenttien välillä on kuitenkin suuria eroja: esimerkiksi kuusella neulaset  $340 - 370 \text{ kg/m}^3$  ja oksapuu paksuudestaan riippuen  $550 - 650 \text{ kg/m}^3$ .
- Hakettamattomalle ja paalaamattomalle latvusmassalle eli irtorisulle on tyypillistä alhainen tiiviys (tienvarsiaumoissa noin  $0,2 \text{ m}^3/\text{p-m}^3$ ) ja energiatiheys (noin  $0,4 \text{ MWh/p-m}^3$ ).
- Tuotettua polttoainetta kutsutaan latvusmassahakkeeksi (yleisesti käytetty termi hakkuutähdehake ei ole suositeltava).

#### *Päättehakkuualojen kanto- ja juuripuu*

- Korjataan järeitten kuusikoitten päättehakkuuleimikoista. Korjuuta edeltää yleensä latvusmassan talteenotto.
- Korjuuteknisistä syistä kuitupuurunkojen ja sekapuuna kasvaneitten mänty- ja koivutukkipuitten juurakot jätetään yleensä koskematta.
- Nosto- ja paloitteluvaiheessa kanto- ja juuripuuhun jää runsaasti mittausta haittaavaa maaainesta.
- Puuaineksen kuivattamiseksi ja puhdistamiseksi kanto- ja juuripuuta varastoidaan aumoilla, ja se käytetään vasta ylivuotisena.
- Varastoinnin aikana veden määrä puolittuu, ja maa-aineksen osuus kantomurskeen kuivamassasta saadaan pudotettua 4-8 %:n tasolle. Tavaraerän kokonaisuudessa alenee kymmeniä prosentteja, mutta puuainesta ei juurikaan häviä.
- Puuaines on tasalaatuista. Kuusella kantopuun kuiva-tuoretiheys on noin 10 % korkeampi kuin runkopuun.
- Murskaamattoman tavaran tiiviys on varastomuodostelmissa ja kuormassa niin alhainen ja vaikeasti arvioitavissa, että kantopuuauamat ovat lähes mittauskelvottomia.
- Hakkurin sijasta käytetään murskainta, minkä vuoksi tuotetta kutsutaan kantomurskeeksi.

#### *Ainespuun hakkuissa kertyvä ylilaho runkopuu*

- Pääasiallinen lähde on juurikääpäsienen vaivaamat kuusikot eteläisessä Suomessa.
- Raaka-aine koostuu viallisista rungonosista, lähinnä niin sanotusta ylilahosta puusta, joka ei kelpaa teollisuuden raaka-aineeksi.
- Ylilahoa puuta kertyy ainespuuhakkuitten sivutuotteena. Määrä saadaan selville hakkuukonemittauksessa tai sen puuttuessa tien varressa pinomittauksella, jolloin tavara vastaa mittausteknisiltä ominaisuuksiltaan kuitupuuta.

- Tuotettu polttoaine on käsittelyominaisuuksiltaan rinnastettavissa rankahakkeeseen. Siitä käytetään myös nimitystä lumppihake.

### *Harvennusemetsien pienpuu*

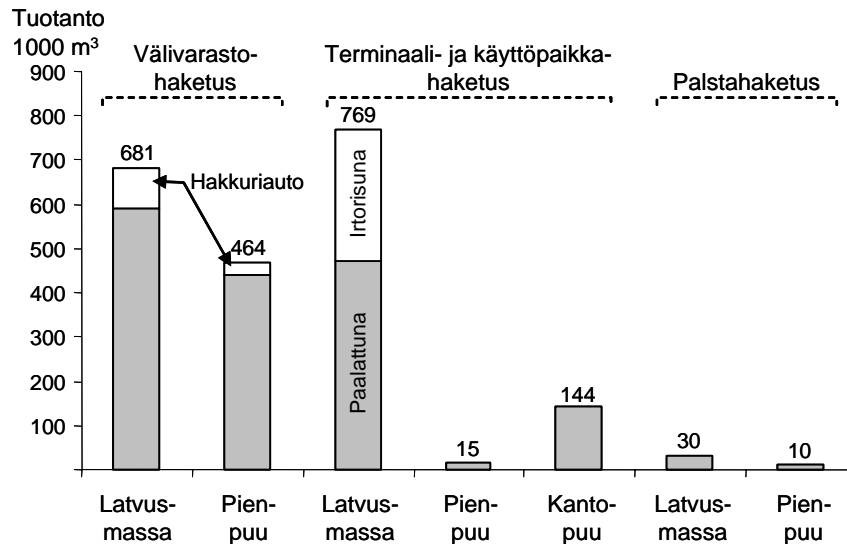
- Korjataan lähinnä viivästyneistä nuoren metsän kunnostuskohteista ja pienirunkoisista ensiharvennusleimikoista.
- Puulajeja ovat mänty ja lehtipuut, vain poikkeuksellisesti kuusi. Puulajeja ei erotella korjuussa..
- Kuiva-tuoretiheys vaihtelee saman puulajin puitteissa verraten vähän, mutta sen sijaan puulajien välillä on eroja. Koivulla kuiva-tuoretiheys ja samalla myös energiatiheys on noin 20 % korkeampi kuin muilla puulajeilla.
- Neulasten osuus on kaatohetkellä kuusella 10 – 14 % ja männyllä 7 -8 % karsimattomasta kokopuuraaka-aineesta.
- Käyttäjän laatuvaatimuksista riippuen puut karsitaan tai jätetään karsimatta. Karsitun rangan osuus pienpuuhakkeesta on supistumassa.
- Kosteuden hallinta on helpompaa kuin latvusmassalla. Varastointiin ja kuivumiseen liittyvä aineshävikki on pienempi.
- Säännöllisen pinon rakentaminen on helpompaa kuin latvusmassalla ja kantopuulla, mutta siitä huolimatta pinon kehysmitan ja tiiviyyden määrittäminen on epätarkkaa.
- Päinvastoin kuin muun energiapuun korjuussa, käytetään myös miestyövaltaisia hakkuumenetelmiä, joskin niiden osuus on supistumassa.
- Päinvastoin kuin muilla energiapuun lähteillä, seassa on jonkin verran myös kuitupuun vaatimukset täyttävää tavaraa. Energiapuun hinnan noustessa kuitupuun osuus todennäköisesti kasvaa, jolloin pinon tiiviys ja mitattavuus paranevat.
- Tuotantokustannukset ovat noin 50 % korkeammat kuin päätehakkuualoilta saatavalla energiapuulla. Siksi valtio maksaa tietyin edellytyksin kestävän metsätalouden rahoituslain (kemeralaki) mukaista tuotantotukea, mikä myös edellyttää mittausta.
- Tuotettua polttoainetta kutsutaan pienpuuhakkeeksi, jota on kahta eri tyyppiä. Karsimattomista puista tehdään kokopuuhaketta ja karsituista rankahaketta.

## **2.2 Tuotantoketjut**

Mittaus selkeytyisi, jos kaikki energiapuu tuotettaisiin ainespuun tavoin yhtä ja samaa menetelmää ja mittasuureta käyttäen. Raaka-aineen ominaisuuksien ja leimikkotekijöitten vaihtelu, mittakaavaerot, vastaanottoratkaisut sekä integroitumisaste ainespuun tuotantoon vaikuttavat kuitenkin niin, että käytössä on itse asiassa *laaja kirjo rinnakkaisia tuotantojärjestelmiä*, joilla metsäbiomassa siirretään syntypaikaltaan käyttöpaikalle ja samalla työstetään lämpö- ja voimalaitosten laatuvaatimukset täyttäväksi polttoaineeksi. Järjestelmä koostuu peräkkäisistä työtehtävistä, joista useimmista maksetaan suorituspalkkaa.

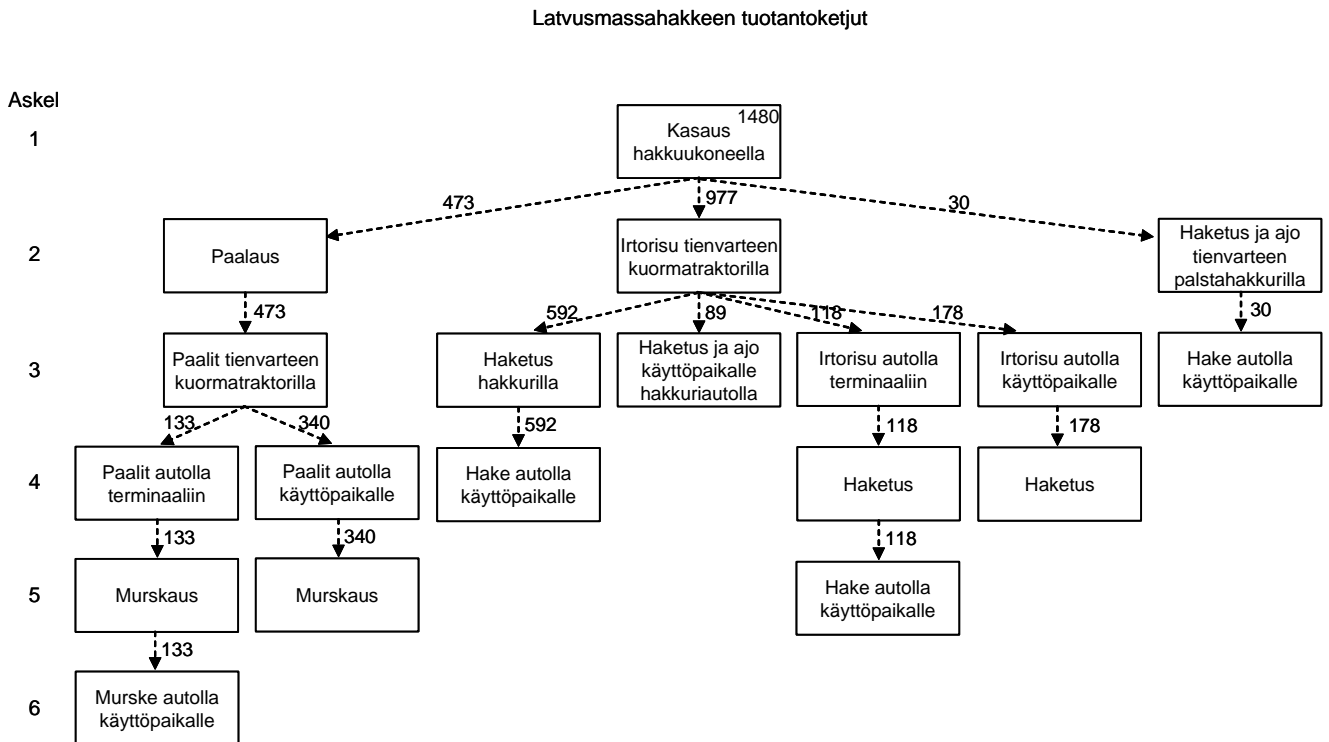
Ei ole olemassa yhtä ainoata tuotantojärjestelmää, joka olisi ylivoimainen kaikissa oloissa, kaikissa kokoluokissa ja kaikilla biomassalähteillä, vaan energiapuun tuottaja joutuu tekemään valinnan toimintaympäristön pohjalta. Tuotantojärjestelmä rakentuu pitkälti sen mukaan, mihin ketjun vaiheeseen haketustapahtuma sijoitetaan. Erotetaan *palstahaketus-*, *välivarasto-* eli *tienvarsihaketus-*, *terminaalihaketus-* ja *käyttöpaikkahaketusjärjestelmät*.

Kuva 2 osoittaa eri tuotantojärjestelmien käytön vuonna 2004. Latvusmassa haketetaan joko tienvarressa tai sitten keskitetysti terminaalilla tai käyttöpaikalla. Kantopuu murskataan terminaalilla tai käyttöpaikalla, pienpuu puolestaan haketetaan välivarastolla. Palstahaketus on supistunut marginaaliseksi, ja sillä on enää paikallista merkitystä. Terminaalit ovat yleistymässä.



Kuva 2. Metsähakkeen tuotantojärjestelmät vuonna 2004 (Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon aineistoa)

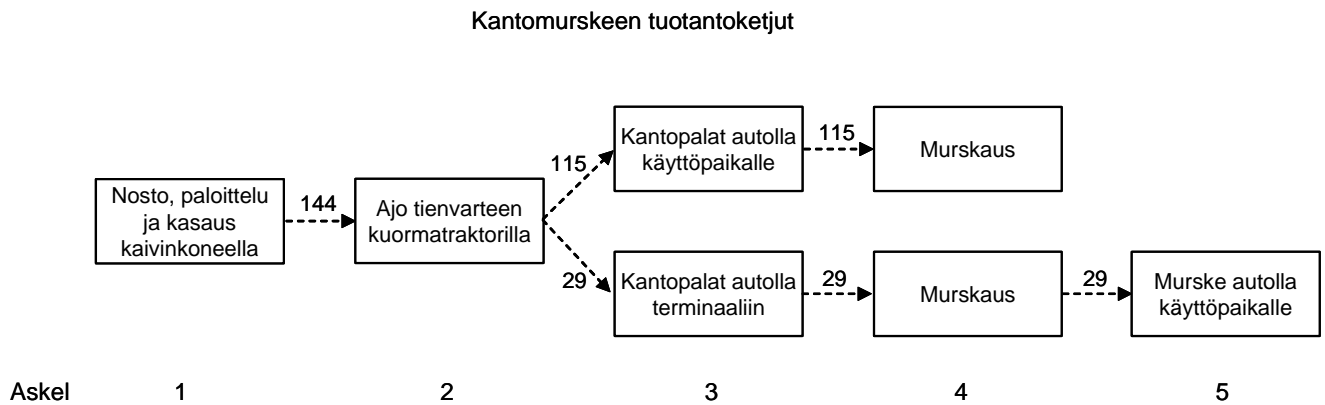
Ratkaisusta riippuen tuotantoketju voi koostua jopa 6 työvaiheesta. Milloin mittaus jonkun työvaiheen osalta ei kustannus-, tarkkuus- tai muista syistä ole tarkoituksenmukaista, sitä pyritään välttämään maksamalla aika- tai pinta-alaperusteista palkkaa. Yrittäjyyteen perustuvassa puutavaran hankinnassa aikapalkka on kuitenkin vasta toissijainen vaihtoehto.



Kuva 3. Latvusmassahakkeen tuotantoketjut työvaiheittain. Luvut viittaavat eri vaiheissa käsitellyn biomassamäärään ( $1000 \text{ m}^3$ ) vuonna 2004 (Metsätehon aineistoa).

Kuva 3 osoittaa latvusmassan ja kuva 4 kantopuun tärkeimpien tuotantoketjujen työvaiheet. Pienpuusta tehdyn ranka- ja kokopuuhakkeen tuotantovaiheita ei ole kuvattu vastaavasti, koska eri tekniikoiden käytöstä ei ole saatavissa määrätietoja. Pienpuuhakkeen tuotannossa yleisin on joka tapauksessa ketju, jossa puut kaadetaan ja kasataan miesvoimin tai koneellisesti, ajetaan sitten kuormatraktorilla tien varteen, haketetaan ja kuljetetaan hakkeena käyttöpaikalle. Jalansijaa on valtaamassa korjuri, joka suoriutuu sekä puitten kaadosta että kuljetuksesta tien varteen.

Energiapuun työmittauksessa on siis monta askelta, joitten välillä biomassan olomuotokin ketjun edetessä muuttuu. Työmittauksen lisäksi tarvitaan luovutusmittausta, aluksi metsänomistajalta tuotanto-organisaatiolle, lopuksi tuotanto-organisaatiolta käyttäjälle, ja usein tuotantoketjun keskelläkin. *Pienpuuleimikoissa mittaustulosta vaatii myös tuotantotukea maksava viranomais.* On hyvin poikkeuksellista selviytyä koko tuotantoketjusta yhdellä mittaustoimituksella. Poikkeuksellista on niinkään, että kaikissa vaiheissa mittaustulos voitaisiin ilmaista yhtä ja samaa mittasuuretta käyttäen.



Kuva 4. Kantomurskeen tuotantoketjut työvaiheittain. Luvut viittaavat eri vaiheissa käsiteltyyn biomassamäärään (1000 m<sup>3</sup>) vuonna 2004 8(Metsätehon aineistoa).

### 3 Energiapuun mittauksen nykytilanne

#### 3.1 Mittauksen suuret ja yksiköt

*Hankintaketjun alkuvaiheessa metsäbiomassa on halpa- tai jopa ilmaistuote, josta metsänomistaja hyötyy pikemminkin luontaisuuritusten eli välillisten metsänhoitoetujen kuin välittömän rahallisen korvauksen muodossa. Milloin metsäbiomassasta maksetaan rahallinen korvaus, se on toistaiseksi vaatimaton. Siksi luovutusmittaukseen ei saa aiheuttaa merkittäviä kustannuksia, eikä ainespuun mittauksessa vaadittua tarkkuutta ole mielekästä tavoitella. Jos näet esimerkiksi kuusikon päätehakuussa latvusmassan ja kantopuun otto-oikeudesta kummastakin maksettaisiin kantorahaa 1 €/m<sup>3</sup> eli tuntuvasti nykyistä enemmän, energiapuun osuus koko leimikon kantorahakertymästä olisi sittenkin yhteensä vasta noin 1 %. Metsänomistaja näkee joka tapauksessa mielellään, että energiapuulla toimitaan ainespuun kanssa yhteismitallisella suurella eli ilmoitetaan luovutusmittauksen tulos kiintokuutiometreinä.*

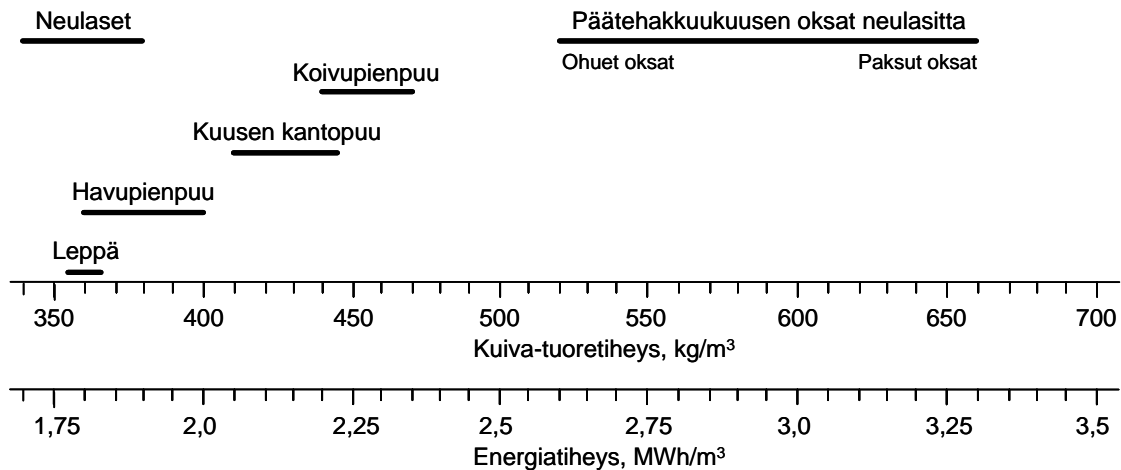
Työmittauksen näkökulmasta tilanne on aivan toisenlainen, sillä energiapuulla korjuun ja kuljetuksen yksikkökustannukset ovat alhaisemman tuottavuuden vuoksi korkeammat kuin ainespuulla. Tuotantokustannus käyttöpaikalle toimitettuna – kantoraha siis poisluettuna – on kiintokuutiometriä kohti laskien energiapuulla noin 50 % korkeampi. *Käyttöpaikalla tavaran arvon osoittaa energiasäilytys eivätkä niinkään tilavuus tai tuoreus.*

Tuotantoprosessin seuranta selkeytyisi ja sisäinen kitka vähenisi, jos kaikki luovutus- ja työmittaustarpeet voitaisiin tyydyttää yhdellä ainoalla mittaustapahtumalla. Tämä ei kuitenkaan ole osoittautunut käytännössä mahdolliseksi, kun biomassan ominaisuudet ja määrä ketjun edetessä muuttuvat ja kun eri vaiheissa toimitaan erilaisilla mittasuureilla ilman, että olisi käytettävissä yhteisesti hyväksytyjä virallisuontoisia mittauksen muuntolukuja. Seuraavassa esitetään mittasuureet, joita energiapuun tuotantoketjun eri vaiheissa käytetään.

- *Kiintotilavuus (m<sup>3</sup>)* on metsänmittauksessa ja ainespuukaupassa lähes yksinomainen mittasuure. Yhteensopivuuden ja tilastoinnin kannalta kiintotilavuus olisi siis energiapuullakin hankintaketjun alkupäässä luonteva mittasuure. Myös kemeravaroista harvennusleimikoissa metsän-

omistajalle myönnettävä energiapuun korjuutuki maksetaan kiintotilavuuden perusteella. Biomassan kiintotilavuutta ei kuitenkaan voida määrittää suoranaisesti mittaamalla, vaan siihen on pyrittävä muitten mittasuureitten kautta muuntokertoimilla.

- *Pinotilavuus* ( $p\text{-m}^3$ ) tarkoittaa pinomaisen muodostelman kehysmittaa (pituus x korkeus x leveys), joka muunnetaan kiintotilavuudeksi pinon tiiviys- eli kiintotilavuuskertoimen avulla. Pienpuu- ja latvusmassapinot, jos ne on tehty huolellisesti, saattavat olla tällä tavoin mitattavissa, mutta usein tulos hyväksytään vain alustavaksi välimitaksi, jota myöhemmin tarkistetaan hakkeen irtotilavuuden kautta. Kantopuuauumat ovat muodoltaan ja tiiviydeltään vieläkin epämääräisempiä ja siksi tilavuuden mittaukseen kelvottomia.
- *Irtotilavuus* ( $i\text{-m}^3$ ) on hakkeen mittasuure, joka on verraten helposti määritettävissä kaukokuljetuksen yhteydessä ajoneuvon kuormatilan kehystilavuuden avulla. Kuten hakettamattoman biomassan pinotilavuus, haketun biomassan irtotilavuus muunnetaan kiintotilavuudeksi vastaavasti tiiviyskertoimen avulla. Tarkan kehysmitan ja tiiviyden ahtaamman vaihtelun ansiosta mittaustulos on hakkeella oleellisesti tarkempi. Kemeravaroista tuottajalle maksettava hakeustuki määräytyy hakkeen irtotilavuuden mukaan.
- *Tuoremassa* ( $t$ ) viittaa tavaran kokonaisuudessaan (kuivamassa + vesi) punnitushetkellä. Punnitus tapahtuu kuljetuksen yhteydessä metsätraktorin tai auton kuormainvaa'alla tai vastaanottoaseman kiinteällä autovaa'alla. Punnitustuloksen muuntamiseksi kiintotilavuudeksi on arvioitava biomassan tuoretiheys (tuoremassa  $\text{kg/m}^3$ ), joka riippuu kuiva-tuoretiheydestä (kuivamassa  $\text{kg/m}^3$ ) ja kosteudesta. Kosteuden muuttuminen hankintaprosessin aikana aiheuttaa ongelmia. Ylivuotisessa varastoinnissa tavara saattaa menettää kaatohetken tuorepainostaan jopa 30 %.
- *Kuivamassan* ( $t$ ) määrittämiseksi on mitattava tavaraerän tuoremassa ja kosteus. Mittaustulos on riippumaton kosteudesta ja tiivyydestä, ja se muuttuu hankintaprosessin aikana ainoastaan, kun tapahtuu todellisia kuiva-ainetappioita. Kuivamassasta päästään kiintotilavuuteen kuiva-tuoretiheyden avulla. Kuivamassaa käytetään mittasuureena esimerkiksi metsien biomassapotentiaalin määräinventoinneissa, mutta sen käyttö energiapuun mittauksen lopullisena mittasuureena on Suomessa poikkeuksellista. Ruotsissa sen sijaan lopullinen luovutusmittaustulos saatetaan ilmoittaa kuivamassana.
- *Energiasisällön* (MWh) määrittämiseksi on mitattava tavaraerän tuoremassa ja kosteus, joitten avulla saadaan lasketuksi kuivamassa. Lisäksi on tunnettava biomassan tehollinen lämpöarvo ( $\text{kWh/kg}$ ), joka riippuu kosteudesta mutta muutoin on puutavaralajikohtaisesti lähes vakio ja vaihtelee tavaralajien välilläkin vain vähän. Energiasisällön käyttö mittasuureena motivoi tuotamaan laadukasta polttoainetta. Mutta se ei sovellu työmitaksi ketjun niihin vaiheisiin, joissa energiasisältö muuttuu asianomaisesta työntekijästä tai yrittäjästä riippumatta. *Lämmön ja sähkön tuottajan näkökulmasta tavaraerän energiasisältö on ainoa oikea mittasuure*, kun taas esimerkiksi metsänomistajan ajatusmaailmalle se on vieras. Kuva 5 osoittaa, ettei kiintotilavuus ole energiateollisuuden näkökulmasta kelvollinen mittasuure, kun raaka-ainelähteitten välillä on samassakin kosteusilassa suuria eroja kiintokuutiometrin energiasisällössä.



Kuva 5. Metsähakkeen raaka-aineitten kuiva-tuoretiheyden ( $\text{kg/m}^3$ ) ja energiatiheyden ( $\text{MWh/m}^3$ , kosteus 40%) vaihteluväli (Metsäntutkimuslaitoksen aineistoa).

### 3.2 Mittauskäytäntö

Metsähakkeen tuotantoprosessin jokaisessa toimintavaiheessa tarvitaan tietoa biomassan määrästä. Ketju alkaa ja päättyy luovutusmittauksella, ja sellainen saattaa sijoittua myös ketjun sisään, kun toimijat vaihtavat tavaraeriä. Luovutusmittausten välissä tarvitaan työmittaustulos järjestelmästä riippuen jopa kuutta eri työsuoritusta varten. Myös suunnittelun, varastokirjanpidon, kustannusseurannan ja prosessinohjauksen kannalta on välttämätöntä, että tavaraerän määrä ja siinä tapahtuvat muutokset tunnetaan.

*Mittaustekniikka riippuu biomassan ominaisuuksista.* Latvusmassa, kantopuu, pienpuu ja ylilaho puu ovat mittaushakkeina perin erilaisia. Mittauksen reunaehdot määräytyvät biomassan ominaisuuksien ohella myös tuotantojärjestelmän ja –kaluston sekä energiapuuvirran kulkunopeuden mukaan. Energiapuuta ei työstetä tai käsitellä mittausta silmällä pitäen, vaan mittaus on mukautettava logistiseen ketjuun. Seuraavassa tarkastellaan, miten energiapuun mittaus on yleisimmin järjestetty.

#### *Latvusmassan otto-oikeus ja kasaus*

- Latvusmassan otto-oikeudesta päätetään ainespuukaupan yhteydessä. Jos maksetaan rahallinen korvaus, se määräytyy tyypillisesti leimikon pinta-alan eikä latvusmassan määrän perusteella, joten luovutusmittaus käy tarpeettomaksi. Usein otto-oikeus luovutetaan ilman rahallista korvausta.
- Latvusmassaa otetaan talteen ainoastaan koneellisesti korjattavista päätehakkuuleimikoista. Hakkuukoneen kuljettaja saa silloin lisätehtäväksi latvusmassan kasauksen. Ainespuun hakkuu hidastuu, mikä korvataan ainespuun yksikkötaksaa korottamalla. Tämän käytännön vallitessa latvusmassan kasaukseen ei liity työmittauksen tarvetta.

#### *Latvusmassan metsäkuljetus*

- Latvusmassa kuljetetaan tienvarteen pääasiassa irtorisuna. Joskus kuljetus tapahtuu aikapalkalla, mutta useimmiten maksetaan suorituspalkkaa.
- Yleisimmin kuljetussuorite määritetään alustavaa palkanmaksua varten kuormien lukumäärän ja kuorman keskikoon tulona. Keskikokoa seurataan kuljettajakohtaisesti vertaamalla irtorisun mittaustulosta myöhemmin saatavaan hakemittaan.

- Harvemmin käytetty vaihtoehto on latvusmassa-auman kehystilavuuden mittaaminen ja tuloksen muuntaminen tiiviyskertoimella irtotilavuudeksi. Latvusmassan runkopuupitoisuudesta ja muista tekijöistä riippuen muuntokerroin on 0,50 - 0,55  $\text{m}^3/\text{p-m}^3$ .
- Edellä kuvatut mittaukset katsotaan usein vain välivaiheiksi. Myöhemmin tulosta tarkennetaan hakekuormien irtotilavuuteen perustuvalla tasausmitalla. Aika alustavan ja tasausmittauksen välillä saattaa venyä yli vuoden pituiseksi.
- Metsäkuljetussuoritetta voidaan mitata myös kuormatraktorin kuormainvaa'alla punnitsemalla, jolloin muuntokertoimenä on tavaran tuoretiheys. Tasausmittausta ei tällöin tarvita, mutta tois- taiseksi vähemmän kuin 50 metsätraktoria on varustettu kuormainvaa'alla.
- Jos latvusmassa paalataan, mittaus yksinkertaistuu. Paalain kirjaa risutukkien lukumäärän, joka soveltuu sekä paalauksen että metsäkuljetuksen työmitaksi. Paalaimien ja kuljettajien välillä on kuitenkin eroja risutukkien koossa, joten sitä on seurattava esimerkiksi hakemittauksin. Myös paalattavan tavaran kosteus vaikuttaa

#### *Latvusmassan haketus, autokuljetus ja luovutus*

- Tuotantoketjun muut mittaustapahtumat painottuvat käyttöpaikalle tai terminaaliin. Jos kysymyksessä on tienvarsihaketus, hakkurin tai hakkuriauton työsuorite mitataan tarpeen mukaan hakkeen irtotilavuutena, tuoremassana tai energiasisältönä autokuormittain.
- Jos latvusmassan kaukokuljetus tapahtuu hakettamattomana irtorisuna, kuljetuksen maksu- perusteena on aina kuorman tuorepaino.
- Toimittajan ja vastaanottajan välistä luovutusmittausta varten tuorepaino muunnetaan koste- usmittausten kautta kuivamassaksi ja edelleen tavaraerän energiasisällöksi. Yhden haketoimit- tajan huoltamalla pienillä laitoksilla polttoaineen energiasisältö voidaan punnitusmahdollisuu- den puuttuessa määrittää kattilamittauksella, jolloin huomioon on otettava kattilan hyötysuhde.
- Palstahaketusjärjestelmässä haketuksen ja kuljetusten työsuoritteet voidaan kaikki määrittää käyttöpaikalla yhdellä kerralla hakkeen irtotilavuuden perusteella.

#### *Kantopuu*

- Kantopuun otto-oikeus korvataan yleensä edullisena maanmuokkauspalveluna vaan ei rahalli- sesti, joten luovutusmittausta ei tarvita. Milloin rahallinen korvaus maksetaan, se tapahtuu pin- ta-alan pohjalta ilman mittaustoimenpiteitä.
- Kantopuun nosto ja paloittelu sekä metsäkuljetus tehdään aikapalkalla tai harvemmin pinta- alaan perustuvaa korvausta vastaan.
- Kuljetus terminaaliin tai käyttöpaikalle tapahtuu kuivahtaneena ja murskaamattomana. Kanto- autojen kuormatila on jopa  $150 \text{ m}^3$ , mutta kuorman massa on keskimäärin vain 22 tonnia. Kul- jetussuorite määritetään tuoremassana.
- Voimalaitoksen vastaanottoasemalla kantopuu murskataan kiinteällä murskaimella, jolloin ei synny työmittauksen tarvetta. Terminaaleilla turvaututaan usein siirrettäviin murskaimiin, jot- ka työskentelevät yleensä aikapalkalla. Jos tavara siirretään terminaalissa murskaajalta suoraan autoon, voidaan suorite mitata myös murskeen irtotilavuuden tai painon pohjalta.
- Polttoaineen toimittajan ja vastaanottajan välinen luovutusmittaus pohjautuu kantoauton pun- nitustuloksen ja murskeesta otetun kosteusnäytteen avulla määritettyyn energiasisältöön.

#### *Pienpuu*

- Koska pienpuun kaato-kasauksen ja metsäkuljetuksen työmittaukseen ei ole löydetty täysin tyydyttävää ratkaisua, työtä tehdään jonkin verran aikapalkalla. Pääsääntöisesti kysymyksessä on kuitenkin suorituspalkka..
- Pienpuu mitataan yleisimmin tienvarsi- ja metsäkuljetuksen kehystilavuuden ja subjektiivisesti arvioidun tiivi- yden pohjalta. Tulosta käytetään hakkuun ja metsäkuljetuksen työmittana sekä metsän- omistajan ja tuotanto-organisaation välisenä luovutusmittana. Tulos katsotaan joko lopulliseksi



tai sitten vain ennakkomitaksi, jota tarkennetaan myöhemmin hakkeen irtotilavuuden kautta saatavalla tasausmitalla.

- Jos kaato ja siihen liittyvä kasaus tehdään miestyönä, pienpuun kiintotilavuus voidaan laskea metsurin kirjaaman runkoluvun ja puun keskitilavuuden avulla. Menetelmä on kuitenkin väistymässä, kun pienpuun hakkuun koneellistuminen etenee.
- Yleistymässä sen sijaan on korjurimenetelmä. Korjuri, kuten kuormatraktorikin, voidaan varustaa painomittausta varten kuormainvaa'alla. Korjuria käytettäessä punnitus tapahtuu välittömästi kaadon jälkeen, joten tarkkuutta häiritsevää kuivumista ei pääse tapahtumaan. Energiapuun hankinnassa toimii nykyisin noin 20 korjuria.
- Kaikkia edellä mainittuja menetelmiä käytetään myös kemeratuen edellyttämässä mittauksessa mutta kuitenkin niin, että tienvarressa saatu mittaustulos katsotaan lopulliseksi, eikä myöhempiä tasausmittausta tehdä.
- Hakkeen irtotilavuuden mittausta, hakeautojen punnitseminen ja energiasisällön laskenta tapahtuvat vastaanottoasemalla, aivan samoin kuin vastaavissa tilanteissa latvusmassahakkeella.

### 3.3 Mittauksen ongelmat

Ainespuun tuotannossa on ajan myötä onnistuttu mukautumaan luovutus- ja työmittauksen tarpeisiin varsin hyvin. Metsähakkeella mittausta on edelleen haastava tehtävä, kun tavaran mittaustekniset ominaisuudet ovat hyvin heterogeeniset ja tuotantoteknologia vielä vakiintumatonta ja kehitystilassa. Jokaisella energiapuukaupan osapuolella on omat odotuksensa mittauksen suhteen. Asiantuntijain haastatteluissa korostettiin muun muassa seuraavien näkökohtien tärkeyttä energiapuun mittausta järjestettäessä ja kehitettäessä:

- Mittauskertojen määrä tuotantoketjussa tulee rajoittaa mahdollisimman pieneksi, ihannetapauksessa vain yhteen.
- Mittauksen tulee sopeutua hankintaketjun logistiikkaan niin, ettei se vaikeuta ja hidasta puun kulkua. Se ei myöskään saa muodostua esteeksi teknologian kehittämiseksi.
- Mittauksen tulee täyttää asetetut tarkkuusvaatimukset, joitten puolestaan tulee olla oikeassa suhteessa vaihdon kohteena olevan puun tai palkanmaksun kohteena olevan työn arvoon. Mittaukseen ei missään tapauksessa saa sisältyä systemaattista virhettä.
- Koska energiapuun arvo - aivan erityisesti sen kantoraha-arvo - on ainespuuhun verrattuna alhainen, mittauksesta tulee selviytyä vähällä työllä ja vähäisin kustannuksin. Tämä koskee myös mittauksesta aiheutuvia välillisiä piilokustannuksia.
- Mittausjärjestelyn tulee olla kaikille osapuolille läpinäkyvä ja uskottava. Ketjun eri vaiheissa käytettävien mittasuureitten tulee olla muunnettavissa keskenään yhteismitallisiksi.
- Luovutus- ja työmittauksen tuloksen tulee olla osapuolten ulottuvilla ilman kohtuutonta viivettä.
- Mittausjärjestelyn, erityisesti mittasuureen valinnan, tulee, milloin mahdollista, kannustaa laadukkaaseen tuotteeseen. Laatumuutosten ei kuitenkaan tule vaikuttaa mittaustulokseen silloin, kun ne tapahtuvat asianosaisesta riippumatta.

Kaikkia edellä lueteltuja kriteerejä ei ole mahdollista täyttää samanaikaisesti. Kriteerit joka tapauksessa auttavat arvioimaan nykyisten käytäntöjen kelpoisuutta ja näyttävät suunnan, jota kohti energiapuun mittausta tulee kehittää. Huomiota on kiinnitetty muun muassa seuraaviin epäkohtiin, joita nykyiseen käytäntöön katsotaan liittyvän. Asian luonteesta johtuen eri osapuolet painottavat ongelmia hieman eri tavoin.

- *Energiapuu ei kuulu puutavaranmittauslain alaisuuteen*, eikä sitä varten ole olemassa samantyyppistä ohjeistusta kuin ainespuulle. Energiapuun toimitusorganisaatiot, jotka monesti ovat itsenäisesti luoneet metsähakkeen tuotantojärjestelmänsä lähes tyhjästä, ovat olleet pääroolissa myös mittausta järjestettäessä. Seurauksena on epäyhtenäinen mittauskäytäntö paitsi energiapuun tavaralajien myös tuotanto-organisaatioitten välillä ja jopa sisällä.
- *Energiapuulle käytetään monia mittasuureita*. Erot biomassan alkuperässä ja olomuodossa, toimintaympäristön luomissa puitteissa sekä toimijain tarpeissa johtavat siihen, ettei mittaamisesta välttämättä suoriuduta tuotantoketjun jokaisessa portaassa yhtä ja samaa mittasuureta käyttäen. Tulokset tulisi silti voida muuntaa yhteismitallisiksi niin, että kullakin toimijalla olisi mahdollisuus saada tieto tarpeitaan vastaavassa muodossa ja tulkita ketjun muissakin vaiheissa todettuja mittaustuloksia. Kun nykytilanteeseen soveltuvia, yhteisesti hyväksytyjä muuntokertoimia ei ole, kustannuslaskenta hämärtyy ja varastokirjanpito vaikeutuu. Mittauksen uskottavuus ja osapuolten keskinäinen luottamus kärsivät.
- *Mittauksen tarkkuus on keho* energiapuun heterogeenisen koostumuksen, tuotantoprosessin aikana tapahtuvien muutosten sekä usein pieneksi jäävän eräkoon vuoksi. Kun toimitusorganisaatio luovuttaa energiapuun laitoksella, mittaustarkkuus on yleensä riittävä, mutta työmittauksen osalta näin ei suinkaan aina ole. Koska energiapuun tuotanto saattaa olla työntekijän tai yrittäjän ainoa tehtävä, työmittaukselta on oikeus odottaa kohtuullista tarkkuutta, semminkin kun energiapuun arvo muodostuu nimenomaan työstä. Toisaalta ei ole kuitenkaan mitenkään mahdollista päästä samaan tarkkuuteen kuin runkomuotoisella ainespuulla. Kun tarkistusmenetelmä puuttuu, tosiasiallisesta tarkkuudesta ei ole luotettavaa tietoa.
- *Lopullinen mittaustulos viivästyy*, jos hakettamattomalle biomassalle tienvarressa saatu tulos kelpaa vain ennakoarvioksi, jonka perusteella maksetaan vasta ennakkotili. Kun tulosta joudutaan myöhemmin tarkentamaan uudella mittauksella hakkeesta, lopullinen tilitys viivästyy ja seuranta hämärtyy. Ääritapauksessa saattaa sattua, että latvusmassan metsäkuljetukseen erikoistuneella yhden koneen yrittäjällä on jopa 200 työmaata odottamassa lopullista hakemittausta ja tasaustiliä. Viive johtaa sinänsä aiheuttamaan sekaannusta, mutta erityisen ongelmalliseksi sen tekee kesäaikaiseen varastointiin liittyvä aineshävikki, joka ylivuotisella latvusmassalla voi kohota jopa 30 %:iin. Hävikki johtuu pääosaksi neulasten varisemisesta ja oksien katkeamisesta, mutta lisäksi tapahtuu hakkeen näennäishävikkiä, kun kuivat irtoneulaset asettuvat hakepalojen seassa tiiviimpään kuin tuoreet haonpätkät ja siten kutistavat hakekuorman irtotilavuutta. Tällöin tarkistusmittaus johtaa harhaisen tuloksen, jos sen perusteella yritetään saada tarkennettua tietoa metsäkuljetuksen kohteena alun perin olleesta tavaramäärästä. Ongelma kohdistuu pienpuulla metsäpään luovutusmittaukseen ja hakkuun sekä metsäkuljetuksen työmittaukseen, ja latvusmassalla metsäkuljetukseen.
- *Mittausvaikeudet estävät suorituspalkan soveltamisen kantopuulle*. Vaikka kantomursketta on alettu tuottaa voimalaitosten polttoaineeksi vasta äsken, sen tuotantotekniikka on jo asettumassa uralleen, minkä sinänsä tulisi helpottaa mittauksen järjestämistä. Ongelmaksi muodostuvat kuitenkin kantopuun mittaustekniset ominaisuudet: mukaan tuleva maa-aines, tuotantoprosessin kuluessa tapahtuva kuivuminen, kantopalojen vaihteleva ja epämääräinen muoto sekä kan-

topuuauomojen ja -kuormien alhainen ja vaihteleva energiatiheys. Siksi kantopuu on tuotantoketjun alkupäässä miltei mittauskelvotonta. Varastoinnin aikana kosteus tasoittuu ja tavara puhdistuu niin, että autokuljetuksessa voidaan jo soveltaa painomittausta. Ketjun alkupäässä mittausvaikeudet kierretään siten, että kantopuun otto-oikeudesta maksetaan pinta-alan mukaan tai luontaisuurituksena, ja korjuu kannolta tienvarteen tapahtuu aikapalkalla. Nämä ovat toimivia ratkaisuja, ja niillä vältetään mittauksen ongelmat. Monet toimijat pitävät kuitenkin suotavana, että pinta-alan mukaisen korvauksen maksuperusteita tarkennetaan tai että aikapalkkauksen vaihtoehtona voitaisiin soveltaa entistä useammin myös suorituspalkkaa.

- *Tuotantotuen vaatimat mittaukset.* Kun metsähaketta tuotetaan pienikokoisesta harvennuspuusta, toiminta on mahdollista vain valtion tuotantotuen varassa. Jos leimikko täyttää kestävän metsätalouden rahoituslain asettamat edellytykset, metsänomistajalle maksetaan paitsi pinta-alaperusteista metsänhoitotukea myös energian tuotantoon ohjautuvan pienpuun korjuutukea.. On yleistä, että metsänomistaja luovuttaa työn toteuttajalle valtakirjalla oikeuden korjuutukeen mutta kuitenkin niin, että tuesta aiheutuva arvonlisävero jää hänen itsensä maksettavaksi. Tukioikeus voidaan siirtää esimerkiksi metsänhoitoyhdistykselle, lämpöyrittäjälle, paikalliselle hakeyrittäjälle tai suurelle puupolttoaineitten toimittajalle. Lisäksi maksetaan haketustukea hakkeen tuottajalle. Vuoden 2006 alkaessa pienpuulle maksetaan ehdot täyttävässä harvennusleimikossa seuraavia tukia, joihin on tosin odotettavissa muutoksia:
  - o Korjuutukena kasaukseen 3,5 €/m<sup>3</sup> ja metsäkuljetukseen 3,5 €/m<sup>3</sup> eli yhteensä 7 €/m<sup>3</sup>.
  - o Korjuutuen maksatuksen edellyttämästä toteutusselvityksestä 4,21 €/ha. Jos pienpuukertymä on esimerkiksi 50 m<sup>3</sup>/ha, korvaus on 0,08 €/m<sup>3</sup>.
  - o Haketustukena 1,7 €/i-m<sup>3</sup> eli noin 4,25 €/m<sup>3</sup>.
  - o Haketuksen toteutusselvityksestä 0,09 €/i-m<sup>3</sup>.
  - o Pinta-alaperusteista metsänhoitotukea, jonka määrään vaikuttavat leimikon maantieteellinen sijainti, poistettavan puuston tiheys sekä se, tekeekö metsänomistaja työn omatoimisesti vai ulkopuolista työvoimaa käyttäen. Etelä-Suomen tukivyohtyhykkeellä korvaus nuoren kasvatusmetsän harvennuksesta on ulkopuolista työvoimaa käytettäessä 210,5 €/ha. Hoitotuki ei riipu siitä, otetaanko energiapuu talteen vai ei.
  - o Pinta-alaperusteisen metsänhoitotuen vaatimasta toteutusselvityksestä 46 €/ha, joka myöskään ei edellytä energiapuun talteenottoa.

Korjuutuki määräytyy pienpuun kiintotilavuuden ja haketustuki irtotilavuuden perusteella. Kiintotilavuus määritetään yleensä tienvarressa pinojen kehysmitan ja tiiviyskertoimen kautta. Aikaviipeen estämiseksi tulos katsotaan epätarkkuudestaan huolimatta lopulliseksi. Metsäkeskukset hyväksyvät muutkin käytössä olevat pienpuun mittausmenetelmät, kunhan lopullinen tulos ilmaistaan kiintotilavuutena. Hakkeen irtotilavuus mitataan ajoneuvossa.

Kun tavaraerät ovat yleensä pieniä, kustannukset korkeat ja tarkkuus kehno, viranomaisen mahdollisuudet ilmoitettujen kiinto- ja irtotilavuuksien tarkastamiseen ovat rajoitetut. Tukihakemusmenetely aiheuttaa työtä ja piilokustannuksia.

## 4 Ehdotukset energiapuun mittauksen kehittämiseksi

Energiapuun mittaus ei toimi vielä kaikkia osapuolia tyydyttävällä tavalla. Mittausmenetelmät eivät ole kehittyneet yhtä selväpiirteisesti kuin tuotantoketjut kokonaisuutena. Mittausmenettelyn selkeyttämistä odottavat erityisesti metsänomistajat, koneenkuljettajat ja koneyrittäjät.

Luvussa 4 esitetään energiapuun kaupan, tuotannon ja käytön osapuolten ja muitten asiantuntijain kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta syntyneitä *ehdotuksia, jotka tähtäävät hyvään mittausmenettelyyn*. Tavoitteena on epäkohtien eliminointi ja tarkkuuden ja läpinäkyvyyden parantaminen huolehtien samalla siitä, ettei mittaus muodostu esteeksi joustavalle logistiikalle eikä jarruksi tuotantotekniikan kehittämiseksi, ja etteivät mittauksen kustannukset ainakaan nouse.

### 4.1 Mittauksen muuntokertoimet

Energiapuukaupan mittasuurena on tuotantoketjun alkupäässä kiintotilavuus ja lopussa energiasäilytys. Väliin mahtuu joukko työmittauksia, joissa mittasuure on sovitettava tavaran ominaisuuksiin ja työtehtävän luonteeseen. Käytössä ovat ainakin välivaiheina pinotilavuus, irtotilavuus ja tuoremassa.

Kaikki osapuolet pitävät kiinni mahdollisuudesta käyttää tilanteen kannalta tarkoituksenmukaisinta mittasuureta. Samalla he katsovat välttämättömäksi, että ketjun eri vaiheissa saadut tulokset voidaan saattaa yhteismitallisiksi ja vertailukelpoisiksi. Sitä varten tarvitaan riippumattoman tahon vahvistamia, tutkimukseen perustuvia *muuntokertoimia, joitten avulla siirrytään mittasuureesta toiseen*.

Puutavaranmittausasetuksen mukaan Metsäntutkimuslaitoksen tulee tarvittavin tutkimuksin selvittää mittausmenetelmien perusteet. Niihin sisältyvät myös muuntokertoimet, joilla on energiapuun tuotannon ja kaupan mittaustehtävissä keskeinen sija. Kun energiapuuta tuotetaan useasta, mittaus-teknisiltä ominaisuuksiltaan aivan erityyppisestä raaka-aineesta, tarvitaan useita erillisiä *muuntokertoinsarjoja*. Niitten laatiminen edellyttää perustietojen hankkimista muun muassa seuraavista muuttujista ja niihin vaikuttavista tekijöistä:

- *Kuiva-tuoretiheyttä* (kuivamassa  $\text{kg/m}^3$ ) tarvitaan puu- ja puutavaralajeittain kiintotilavuuden ja kuivamassan välisiin muuntotehtäviin. Tutkimustietoa on valmiinakin, mutta se on hajallaan eikä aina pohjautu edustavaan aineistoon.
- *Lämpöarvoa* (kWh/kg) tarvitaan massan ja energiasisällön välisiin muuntotehtäviin. Lämpöarvo vaihtelee tavaralajeittain varsin vähän. Muuntokerroinsarjoihin tarvittavat perustiedot ovat olemassa, joten lisätutkimuksiin ei ole pakottavaa tarvetta.
- *Tuoretiheyttä* (tuoremassa  $\text{kg/m}^3$ ), joka riippuu tavaran kuiva-tuoretiheydestä ja kosteudesta, tarvitaan muunnettaessa metsä- ja autokuljetuksessa mitattuja kuormapainoja kiintotilavuusmitoiksi. Kuiva-tuoretiheys ei muutu tuotantoprosessin kuluessa, mutta kosteudessa voi tapahtua suuriakin muutoksia. Haastatteluissa useat toimijat toivat esiin tarpeen *painoluokituksesta*, jonka avulla voitaisiin arvioida tavaraerän kosteus ja tuoretiheys korjuu- ja varastointiajan ja käsittelyhistorian pohjalta. Valmistuvassa oleva Metsäntutkimuslaitoksen tutkimus on tarkoitettu vastaamaan tähän tarpeeseen pienpuun osalta.

- *Pinon tiiviyyttä* ( $\text{m}^3/\text{p-m}^3$ ) tarvitaan lähinnä pienpuupinojen kehysmitan muuntamiseksi kiintotilavuudeksi tai hakkeen irtotilavuudeksi. Siihen vaikuttavat muun muassa puulaji, puitten karhiminen, puitten järeys, pinon korkeus sekä varastointiajan pituus.
- *Hakkeen tiiviyyttä* ( $\text{m}^3/\text{i-m}^3$ ) tarvitaan muunnettaessa autokuormasta mitattu irtotilavuus kiintotilavuudeksi. Siihen vaikuttavat esimerkiksi puu- ja puutavaralaji, haketus- ja murskauskalusto, puun mahdollinen jäätyminen ja kuljetuksen aikana tapahtuva painuminen. Tutkimustietoa on, mutta tuotantotekniikan muuttuessa se on alkanut jäädä ajasta jälkeen eikä ole kaikilta osiltaan enää täysin relevanttia. Eri tuotanto-organisaatioissa käytettävien tiiviyskertoimien välillä on eroja, kun yhteisesti tunnustettuja virallisuonteisia kertoimia ei ole tarjolla. Yleisesti käytetty keskiarvo 0,4 ei ota huomioon vaihtelua aiheuttavia tekijöitä, ja vanhempien tutkimusten perusteella se saattaa olla joissakin tapauksissa liian alhainen. Hakkeen tiiviyydestä ja sen vaihtelusta kaivataan siis uutta tietoa.

Muuntokerroinsarjojen koostaminen on avainasemassa energiapuun mittauksen kehittämisessä riippumatta siitä, päädytäänkö sopimus- vai lakipohjaiseen järjestelmään. Hyvä mittausmenettely edellyttää ohjeistusta, jonka oleellinen osa muodostuu muuntokertoimista. Kaikkilla energiapuun tavaralajeilla (latvusmassa, kantopuu, pienpuu ja ylilaho puu) on soveltuvien osin voitava muuntaa keskenään seuraavia mittasuureita. Kunkin mittasuureen osalta on tunnettava myös vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät:

Kiintotilavuus > Pinotilavuus > Irtotilavuus > Tuoremassa > Kuivamassa > Energiasisältö

#### 4.2 Latvusmassan mittauksen kehittäminen

Latvusmassa on metsähakkeen raaka-ainelähteistä runsain. Vuonna 2004 latvusmassahaketta tuotettiin 1,5 milj.  $\text{m}^3$ . Tuotannon arvo oli lähes 35 M€, joka muodostui pääosaksi kuljetusten ja haketuksen työkustannuksista.

Käytössä on useita latvusmassahakkeen tuotantojärjestelmiä ja niitä palvelevia mittauskäytäntöjä. Kaikki osapuolet hyväksyvät usean vaihtoehdon olemassaolon ja pitävät tärkeänä, ettei valinnan vapautta ja teknologian kehittymistä kahlita. Seuraavassa esitellään vaihtoehtoja, jotka näyttävät parhaiten vastaavan mittauksen haasteisiin ja joitten käyttöä ilmeisesti tulisi suosia. On kuitenkin korostettava, ettei ehdotettujen menetelmien tarkkuutta tunneta vielä riittävästi.

*Luovutusmittaus metsänomistajalta.* Ottaen huomioon latvusmassan otto-oikeudesta maksettavan kantorahan vähäisen arvon ja mittauksen vaikeudet, nykyistä pinta-alaperusteista maksutapaa voidaan pitää tarkoituksenmukaisena. Mutta kun latvusmassalle mahdollisesti alkaa vähitellen kertyä tuntuvampi kantoarvo, käy tarpeelliseksi ottaa huomioon todellinen kertymä ja leimikoitten välinen vaihtelu.

Koska ainespuu korjataan hakkuukonetta käyttäen, ja koska latvusmassan ja ainespuun määrien välillä vallitsee riippuvuussuhde, latvusmassan määrä saattaa hyvinkin olla johdettavissa tyydyttävällä tarkkuudella hakkuukoneen puulajeittaisesta mittaustuloksesta. Hakkuukoneen kuljettajan lisätehtäväksi tulee syöttää tietojärjestelmään merkintä niistä puista, joitten latvusmassaa hän ei esimerkiksi maaperän huonon kantavuuden vuoksi kasaa eikä siis tarkoita talteen otettavaksi. Latvusmassakertymää laskettaessa otetaan erikseen vähennyksenä huomioon ohjeellinen jättöosuus, jonka tavoitearvo voi olla esimerkiksi 30 %. Menetelmää käytettäessä seurataan, että jättöosuus vastaa tavoitetta. Mittaustulos saadaan lähes kustannuksitta ja vieläpä etuajassa, joten sitä voidaan hyödyntää myös suunnittelussa.

*Latvusmassan kasa*us katsotaan nykyisin hakkuukoneelle osoitetuksi lisätyöksi, jonka johdosta hakkuutaksaa korotetaan (noin 1-1.5 %). Menettely toimii hyvin, eikä erillistä työmittausta tarvita. Muutostarvetta ei tältä osin ole.

*Metsäkuljetus* on ehkä kaikkein ongelmallisin mittauskohde latvusmassahakkeen tuotantoketjussa. Hakettamattoman latvusmassan epätydyttävästä mittaustarvuuudesta johtuen monet tuottajat noudattavat kaksivaiheista mittauskäytäntöä. Ensin tehdään irtorisusta tienvarressa arviomittaus ja maksetaan sen pohjalta ennakkotili. Myöhemmin tehdään hakkeesta tarkistusmittaus, jota vasta pidetään lopullisena. Jos mittauksen väli venähtää ajallisesti pitkäksi, osa kuljetuksen kohteena olleesta tavaramäärästä häviää ennen tasausmittausta. Osapuolet ovat yksimielisiä siitä, että *kaksivaiheisesta mittausmenettelystä tulee luopua*. Seuraavat vaihtoehtoiset menettelyt tähtäävät viiveettömään kertamittaukseen:

- Määrä *johdetaan hakkuukoneen mittaustuloksesta*. Käytetään edellä luovutusmittauksen yhteydessä kuvattua menetelmää myös metsäkuljetuksen työmittauksessa.
- Mittaus tapahtuu *traktorin kuormainvaa'alla* kuormaa tienvarressa purettaessa. Mittasuurena on tuoremassa, josta voidaan muutokertoimilla johtaa kiinto- tai irtotilavuus. Menetelmää pidetään lupaavana, mutta se edellyttää 5000 - 10000 €n investointia kuormainvaakaan. Vaikeuksia aiheutuu kosteuden muutoksista ja nuoskalumesta. Niitten vaikutus tulee ottaa huomioon painoluokituksella, joka perustuu tavaraerän käsittelyhistoriaan ja vallinneisiin sääoloihin. Menetelmän tarkkuutta voidaan seurata otantana hakkeesta tehdyllä kontrollimitalla, mutta kuormainvaakamittauksen ja hakemittauksen aikavälin tulee silloin olla lyhyt, eikä latvusmassassa saa tapahtua hävikkiä.
- Määrä lasketaan kuljettajan ilmoittaman *kuormaluvun ja kuorman keskikoon tulona*. Kuorman keskikoko määritetään kalusto- ja kuljettajakohtaisesti, ja sen mahdollisia muutoksia seurataan hakemittauksin, jotka tapahtuvat pian metsäkuljetuksen jälkeen. Hakemittauksen tavoitteena ei ole mittaustuloksen taannehtiva korjaus, vaan sen kautta tarkkaillaan ja tarvittaessa korjataan kuorman keskikokoa tulevia leimikkokohteita silmällä pitäen. Tarkkailussa voidaan soveltaa Metsätehon kehittämää liukuvan keskiarvon menetelmää.
- *Paalausmenetelmää* sovellettaessa latvusmassa *kuljetetaan risutukkeina*. Kosteuden vaikutusta lukuun ottamatta risutukkien koko (tuoremassana, hakkeen irtotilavuutena tai energiasisältönä) vaihtelee konekohtaisesti vain vähän. Kuljetussuorite, samoin kuin paalaimen työsuorite, mitataan paalien lukumääränä, joka saadaan suoraan paalaimen laskijalta. Paalien kokoa kuitenkin seurataan ja tarvittaessa tarkistetaan liukuvan keskiarvon periaatteella.

*Haketuksen* työsuorite määritetään yleensä hakkeen irtotilavuutena ajoneuvossa käyttöpaikalla. Mikäli hakeyrittäjä voi itse vaikuttaa tuotteen kosteuteen, työmittaus voi perustua myös tavaraerän energiasisältöön, mutta jos kosteus on hänestä riippumaton, energiasisältö ei ole oikeudenmukainen mittasuure. Yleisesti ottaen haketuksen työmittaus toimii tyydyttävästi.

*Autokuljetuksen* työmittauksen mittasuurena on kuorman tuoremassa, olkoon latvusmassa sitten irtorisun, risutukin tai hakkeen muodossa. Pienillä laitoksilla, joilla ei ole vaakaa, myös hakkeen irtotilavuus käy mittasuureeksi. Kun autokuljetus ja haketus kuuluvat samalle yrittäjälle ja tämä yrittäjä voi vaikuttaa hakkeen kosteuteen, mittasuureeksi soveltuu energiasisältö. Kaiken kaikkiaan autokuljetuksen työmittaus toimii tyydyttävästi. Asianosaiset kuitenkin toivovat tavaran kuivumisen huomioon ottavan painoluokituksen käyttöönottoa.

*Luovutusmittaus käyttöpäässä* perustuu tavaraerän tuoremassan ja kosteuden avulla määritettyyn energiasisältöön. Pienillä laitoksilla vaa'an puuttuessa mittasuurena voi olla myös hakkeen irtoti-

lavuus, jonka lisäksi mitataan laatutunnukseksi kosteus. Luovutusmittaus toimii vastaanottopäässä tyydyttävästi.

### 4.3 Kantomittauksen kehittäminen

Kantopuulla tilavuuden mittaaminen on erityisen vaikeata. Siksi tuotantoketju on rakennettu aikapalkkاپohjaiseksi. Autokuljetuksesta kuitenkin maksetaan tuoremassan mukaan. Luovutusmittaus laitoksella perustuu tavaraerän energiasisältöön, jota varten on mitattava autokuorman paino, kosteus ja mielellään myös tuhkapitoisuus.

Järjestely toimii mittauksen näkökannalta hyvin. Jos kuitenkin kantopuustakin ryhdytään maksamaan metsänomistajalle kantorahaa ja nostotyöstä ja metsäkuljetuksesta suorituspalkkaa, *ratkaisu kantopuun mittaukseen saattaisi löytyä hakkuukonemittauksesta* samalla periaatteella kuin luvussa 4.2 on esitetty latvusmassalle.

Tässä menetelmässä hakkuukoneen mittausjärjestelmä laskee kantopuun kertymän suhteessa ainespuun määrään, joka suhde voi olla esimerkiksi 25 %. Kantopuun laskentaohjelma jättää huomioon ottamatta puut, joitten juurakoita ei ole tarkoitus korjata. Pois jätettäviä puita ovat yleensä männyt, lehtipuut sekä pienikokoiset kuuset, joten kertymä koostuu vaikkapa kaatoleikkausläpimitaltaan yli 20 cm:n paksuisista kuusista. Kuten edellä latvusmassan osalta esitettiin, hakkuukoneen kuljettaja voi sulkea kertymälaskelmasta pois sellaiset leimikonosat, joissa latvusmassan ja kantopuun talteenottoa ei haluta tehdä.

Hakkuukonemittauksen tuloksesta johdettu kantopuun kertymä palvelee kaikkia mittaustarpeita ennen kaukokuljetusta: metsänomistajan luovutusmittaus, nostotyön mittaus, metsäkuljetuksen mittaus, työn suunnittelu ja varastokirjanpito. Tulos saadaan viipeettä ja käytännöllisesti katsoen kustannuksitta. Juurakon ja rungon tilavuussuhteen vähäisen vaihtelun perusteella on syytä olettaa, että mittauksella päästään tavaralajin ominaisuudet huomioon ottaen hyvään tarkkuuteen.

### 4.4 Pienpuun mittauksen kehittäminen

Pienpuun osalta suurimmat odotukset kohdistuvat kuormainvaakamittaukseen, jolla hoidetaan yhdellä kertaa metsänomistajan luovutusmittaus, hakkuun työmittaus ja metsäkuljetuksen työmittaus. Erityisen juoheasti menetelmä soveltuu yleistymässä olevan korjurimenetelmän yhteyteen, koska siinä punnitus tapahtuu aina kaatotuoreessa tilassa. Mutta sitä voidaan käyttää myös kuormatraktorikuljetuksen yhteydessä, kunhan vaan kuormainvaat yleistyvät. Koska punnitustulokset on voitava muuntaa kiintotilavuudeksi, menetelmän mahdollisuudet riippuvat paljolta tuoretiheyskertoimien käyttökelpoisuudesta. Metsäntutkimuslaitoksessa on valmistumassa tutkimus, joka osoittaa pienikokoisen havupuun, koivun ja lepän tuoretiheyden kaatoajankohdasta riippuen maan eri osissa. Sama tutkimus antaa tietoa myös tuoretiheyden muuttumisesta kokopuutaakoissa palstavarastoinnissa. Nämä perustiedot edistävät kuormainvaakamittauksen luotettavuutta merkittävästi.

Kun kuormainvaakamittaus ei ole mahdollista, vaihtoehtona on lähinnä pinomittaus tienvarressa. Se on tarkoituksenmukainen menetelmä esimerkiksi pienpuun luovutusmittauksessa hankintakaupan yhteydessä. Metsäntutkimuslaitoksen uudessa selvityksessä tarkennetaan pinon kehystilavuuden määrittämisen ohjetta, mutta tiiviyskertoimen arvioiminen todetaan edelleen vaikeaksi niin, että mittaajien väliset subjektiiviset erot muodostuvat suuriksi. Pinon kehystilavuuden ja tiiviyyden mittaamista helpottaa korjuutyössä noudatettava huolellisuus. Hakkuussa ei tulisi sallia ylipitkiä puu-

nosia, jotka toisaalta vaikeuttavat pinon leveyden ja tiiviyyden arviointia ja toisaalta kiinni jäätyes-  
sään aiheuttavat hävikkiä ja vaikeuttavat haketustyötä.

Pienpuulla kuten latvusmassallakin tulee päästä eroon sellaisesta kaksivaiheisesta mittauksesta, jos-  
sa alustavan esimittauksen ja lopullisen tarkistusmittauksen aikaväli on pitkä. Jos esimerkiksi  
kuormainvaakamittauksen tai pinomittauksen tuloksen katsotaan vaativan tarkistusmittausta, sellai-  
sen tulee tapahtua lyhyen ajan kuluessa ilman, että tavarassa tapahtuu mittauksen välillä muutoksia.

#### 4.5 Pienpuun tuotantotukeen liittyvä mittaus

Vuonna 2004 maksettiin pienpuun korjuutukea 572000 m<sup>3</sup>:lle ja haketustukea 160000 m<sup>3</sup>:lle  
(400000 i-m<sup>3</sup>). Pienpuun energiakäytön odotetaan kasvavan mutta käytön edistämiseen tähtävään  
tuotantotuen yksikkömaksujen sen myötä ehkä alenevan, sillä tukeen käytettävissä olevan koko-  
naissumman ei uskota kasvavan ainakaan käytön tahdissa. Kun tukimenettelyyn liittyvä energia-  
puun mittaus ja paperisota ovat työläitä ja mittaustarkkuus epätyytyttävä, on tarvetta menettelyn  
virtaviivaistamiseen.

Eräs vaihtoehto on, että tuki - kokonaisarvoltaan entisen suuruisena – ohjataan *metsänomistajan  
ja hakkeen tuottajan sijasta energialaitokselle*, joka jättää tukihakemuksen leimikoitten alkuperätie-  
toineen viranomaiselle määrääjain. *Mittasuureena käytetään kiintotilavuuden ja irtotilavuuden si-  
jasta energiasisältöä* (MWh). Energiasisällön perusteella määräytyvä tuki palkitsee laadukkaan  
polttoaineen tuottamisesta. Menettely keventää mittausta ja samalla kuitenkin oleellisesti parantaa  
tuloksen tarkkuutta. Voimalaitosten kannalta menettely on verrattavissa metsähakkeelle maksetta-  
van korotetun puusähkötuen hakuun.

Pienille lämpöyrittäjille, joille polttoaineen energiasisällön mittaaminen ei käy, voidaan tuen perus-  
taksi hyväksyä kattilamittaus. Tapauksissa, joihin hahmoteltu menettely ei lainkaan sovellu, lähinnä  
pienkäytössä tai kun puu poltetaan pilkkeenä, hyväksyttäisiin edelleen nykyinen käytäntö.

Nykymuotoisen tuotantotuen tarkoituksena on saada pienpuuhake markkinoille kilpailukykyiseen  
hintaan. Hahmoteltu menettely vaikuttaisi tavallaan toista kautta, kun se lisäisi käyttäjän maksuky-  
kyä. Se synnyttäisi eräänlaisen kaksihintajärjestelmän, jonka puitteissa käyttäjä maksaisi kemera-  
leimikoista peräisin olevasta energiapuusta *alkuperätiedon perusteella tuotanto-organisaatiolle  
tukimäärällä korotettua hintaa*. Tuottajan kannalta korjuutuen, mutta ei haketustuen, saaminen  
myöhentyisi nykyiseen verrattuna.

Todettakoon, että jo nykyisinkin tunnetaan menettely, jossa kiinteällä murskaimella varustettu voi-  
malaitos nostaa kokopuumuotoisena toimitetun kemerapuun haketustuen mutta siirtää sen edelleen  
lyhentämättömänä hakkeen toimittajalle. Hahmoteltu menettely olisi teknisesti sama, mutta se kat-  
taisi sekä korjuu- että haketustuen toteutusselvityksineen.

Esimerkiksi: Jos tuotantoportaaseen nykyisin ohjautuva tuki (lukuun ottamatta pinta-alaperusteista  
hoitotukea, jota ehdotettu muutos ei koske) on suuruusluokaltaan vaikkapa 11 €/m<sup>3</sup>, niin uudessa  
menettelyssä käyttöportaalille alkuperätodistuksen perusteella maksettava tuki olisi vastaavasti suu-  
ruusluokaltaan 5,5 €/MWh muun muassa puulajista ja kosteudesta riippuen. Mittaustarkkuus ko-  
henisi ja hakkeen energiasisällön parantamisesta palkittaisiin. Toteutusselvitysten tekoon, tuista  
aiheutuvien arvonlisäverojen maksatukseen ja tukien siirtoon oikeuttavien valtakirjojen myöntämi-  
seen liittyvä turhanaikainen paperisota supistuisi merkittävästi.



## 4.6 Energiapuun sisällyttäminen puutavaranmittauslakiin

### *Ainespuu puutavaranmittauslaissa*

Puutavaranmittauslaki (laki n:o 364/1991) ja –asetus (asetus n:o 365/1991) ovat vuodelta 1991, siis ajalta, jolloin puutavaran hankintateknologia ja sen myötä mittauksen toimintaympäristö erosivat nykytilanteesta suuresti.. Lakiin on tehty joitakin muutoksia vuosina 1997 ja 2002. Lain piiriin kuuluvat paitsi runkomuotoinen pyöreä puutavara myös tilavuudeltaan yli 20 i-m<sup>3</sup>:n hake- ja sahanpuuerät. Laissa määrätään, milloin ja miten mittaus on suoritettava.

Puutavaran mittauksella tarkoitetaan laissa sekä *luovutusmittausta* sopimuksessa edellytetyn puutavaran määrän ja laadun toteamiseksi kauppahinnan määräämistä varten että *työmittausta* työn tuloksen paljouden perusteella suoritettavan palkan tai muun korvauksen määräämistä varten. Lain mukaan luovutusmittauksen suorittavat myyjä ja ostaja tai heidän edustajansa joko yhdessä tai erikseen. Asianosaiset voivat kuitenkin sopia puutavaran määrästä tai laadusta mittausta toimittamatta. Työmittauksen suorittaa työnantaja tai tämän edustaja, jollei muusta ole sovittu. Asianosaiset voivat myös sopia, että luovutusmittaus korvaa erillisen työmittauksen. Jos on syntynyt erimielisyyttä edellä mainitun niin sanotun *perusmittauksen* tuloksesta tai toimitusajasta, voi virallinen mittaaja tai mittauslautakunta asianosaisten pyynnöstä toimittaa *virallisen mittauksen* erimielisyyden ratkaisemiseksi.

Maa- ja metsätalousministeriö vahvistaa puutavaranmittauksen neuvottelukunnan esityksestä mittausmenetelmät ja niitä koskevat ohjeet, joitten tulee sisältää määräykset ainakin kunkin mittausmenetelmän hyväksyttävästä tarkkuudesta, puutavaran mittauksessa ja mittautuloksen laskemisessa käytettävästä luokituksesta sekä laskenta- ja lopputuloksen ilmoittamistarkkuudesta. Poikkeuksena edelliseen voivat puutavaran mittauksen osapuolia edustavat järjestöt kuitenkin sopia kehitteillä olevien mittausmenetelmien ja ohjeitten ottamisesta koekäyttöön enintään kolmeksi vuodeksi.

Maa- ja metsätalousministeriön vahvistamissa mittausmenetelmien ohjeissa siis ilmoitetaan kunkin menetelmän hyväksyttävä tarkkuus. Tällä hetkellä se on kaikille vahvistetuille mittausmenetelmille 4 %. Käytännön mittaustoiminnassa on kuitenkin havaittu, että pienillä alle 100 m<sup>3</sup>:n ainespuupinoilla ei pystytä saavuttamaan näin suurta tarkkuutta. Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriölle 14.1.2005 antamassaan lausunnossa katsonut perustelluksi ja tarpeelliseksi merkittävästi lieventää pienten puutavaraerien tarkkuusvaatimusta, mutta käytännöllisistä syistä muutosta ei ole toteutettu.

### *Energia- ja ainespuu mittauksen kohteina*

Puutavaranmittauslakia tulkitaan niin, että energiakäyttöön ohjautuva metsäbiomassa jää olomuodostaan riippumatta sen ulkopuolelle. Tulkinta lähtee siitä tosiasiasta, että lain kirjoitushetkellä energiapuulla käytiin kauppaa tuskin lainkaan, sekä toisaalta siitä, että useimmilla energiapuun tarvalajeilla on toistaiseksi mahdotonta lähimainkaan saavuttaa sitä tarkkuustasoa, jota ainespuun mittaukseen vahvistetuissa ohjeissa vaaditaan. Kun tuotanto on kuitenkin kääntynyt ripeään kasvuun, esiin on noussut kysymys energiapuukin saattamisesta mittauslain piiriin. Seuraavassa vertaillaan aines- ja energiapuuta mittausteknisinä kohteina:

- Ainespuu on runkomuotoista, ja sen kiintotilavuus on helppo mitata käsin tai koneella. Energiapuun on monimuotoista, ja sen kiintotilavuutta on mahdoton mitata ilman välivaihetta ja muuntokertoimia.
- Ainespuulla yksi ainoa mittasuure, kiintotilavuus, soveltuu kaikkiin luovutus- ja työmittauksen tarpeisiin, poikkeuksena vain sahanhake ja -puru. Energiapuun tuotantoketjussa yksi ja sama mittasuure ei käy mittauksen kaikkiin vaiheisiin, vaan matkan varrella mittasuureet muuttuvat. Energiateollisuuden kannalta ainoa oikea mittasuure on energiasisältö.
- Kaikki ainespuu on mittausteknisiltä ominaisuuksiltaan lähes yhteneväistä. Energiapuuta sen sijaan on montaa lajia, jotka poikkeavat mittausteknisten ominaisuuksiensa suhteen toisistaan ja vaativat omantyyppistä mittaustekniikkaa.
- Ainespuun mittausteknisissä ominaisuuksissa hajonta on pieni, ja se tunnetaan. Energiapuun mittausteknisissä ominaisuuksissa hajonta on suuri, eikä keskijajontaa sen paremmin kuin vaihteluväliäkään tunneta.
- Ainespuussa ei tapahdu hankintavaiheessa merkittäviä määrällisiä tai laadullisia muutoksia. Energiapuulla, jolla hankintaketjun aikajänne on pitempi, tapahtuu tuotantovaiheessa muutoksia niin määrässä, biomassakoostumuksessa kuin laadussakin.
- Ainespuun olomuoto säilyy samana runkomaisena hakkuuhetkestä tehtaalle. Energiapuun olomuoto ja mittaustekniset ominaisuudet saattavat muuttua matkan varrella perusteellisesti.
- Ainespuukaupan koko on keskimäärin suurempi kuin energiapuukaupan, mutta erikseen mitattavia tavaralajeja on toisaalta enemmän.
- Ainespuukaupan arvosta pääosa koostuu useimmiten kantorahasta. Energiapuukaupassa kantaraha on ainakin toistaiseksi sivuroolissa, ja tavaraerän arvo muodostuu työ- ja urakointipalkoista.
- Ainespuun korjuutekniikka on vakiintunut tavaralajimenetelmäksi, jota käyttäen kaikki tukki- ja kuitupuu tuotetaan. Energiapuun korjuutekniikka ja -kalusto ovat vakiintumattomia ja edelleen kehityksen alaisia, ja käytössä on useita vaihtoehtoisia tuotantojärjestelmiä rinnakkain.
- Ainespuun hankintaorganisaatiot ovat harvalukuisia ja suuria, ja ne toimivat tyypillisesti laajalla maantieteellisellä alueella. Energiapuun tuotanto-organisaatioissa on paljon myös pieniä paikallisia toimijoita. Metsänhoitoyhdistyksillä on oikeus energiapuun myyntiä ainespuukaupan harjoittamiseen.
- Integroidussa korjuussa toimitaan ainespuun ehdoilla, jolloin ainespuun tarpeet ovat työmaa- ja mittausjärjestelyissä etusijalla. Energiapuun on esimerkiksi mittaukseen vaikuttavien varastotilajärjestelyjen osalta toissijaisessa asemassa.

Toistaiseksi ei näytä mahdolliselta saavuttaa energiapuulla lähimainkaan sellaista tarkkuutta, johon ainespuulla on totuttu. Jos energiapuun sisällytettäisiin puutavaranmittauslakiin, lailla säädellyin normatiivisen mittauksen piiriin kuuluvan puutavaran määrä kasvaisi sen seurauksena vuoden 2010 tasolla noin 10 % ja hankintaketjuun sijoitetun työn arvo 15 %. Aivan omantyyppistä mittaustekniikkaa edellyttävien puutavaralajien määrä (irtonainen latvusmassa, risutukit, kantopuu, kokopuu ja niistä kaikista tehty hake) samanaikaisesti moninkertaistuisi.

#### *Laki- vai sopimus pohjainen mittaus?*

Puutavaranmittauslain keskeinen tehtävä on heikomman osapuolen aseman turvaaminen luovutus- ja työmittauksessa. Laki luo puitteet, jonka pohjalta maa- ja metsätalousministeriö vahvistaa hyväksyttävät mittausmenetelmät asettamansa puutavaranmittauksen neuvottelukunnan esityksestä. Jos käytännön mittaustehtävissä osapuolten välillä syntyy erimielisyyttä, virallinen mittaaaja tai viime kädessä mittauslautakunta ratkaisee menettelyn oikeellisuuden ilman, että riittä joudutaan viemään tuomioistuimeen.

Niin kauan kuin puutavaranmittauslaki rajoittuu pelkästään ainespuuhun, energiapuun tuotannon osapuolilla ei ole vastaavaa lain suojaa. *Lain avaaminen ja laajentaminen energiapuutakin koskevaksi* olisi teknisesti yksinkertainen toimenpide, mutta epäilyksiä nostattaa energiapuun mittauksen epätydyttävä tarkkuus. Ainespuun mittauksen 4 %:n tarkkuusvaatimus olisi täysin epärealistinen, joten jouduttaisiin hyväksymään oleellisesti väljemmät virhetoleranssit. Kun ei ole tutkittua tietoa eri mittausmenetelmien ja välttämättömien muuntokerrointen tarkkuudesta eri energiapuutavaralajeilla, ohjeistamisen perusta on hatara. Jotkut toimijat pelkäävät puutavaran mittauslain uskottavuuden rapautuvan, jos mukaan tulee energiapuu löysin tarkkuusvaatimuksin ja riittämättömin perustiedoin.

Asiantuntijain haastatteluissa tuotiin puutavaranmittauslain täydentämisen vaihtoehtona esiin myös *ajatus erillisestä bioenergian raaka-aineitten mittauslaista*, joka pitäisi sisällään esimerkiksi metsäbiomassan, metsäteollisuuden energiasivutuotteitten, peltobiomassan ja turpeen mittauksen. Yhteistä näille kaikille on saman mittasuureen, energiasisällön, soveltaminen luovutusmittauksessa energialaitoksella. Mutta metsähakkeen mittauksen ongelmat eivät kuitenkaan satu tuotantoketjun viimeiseen luovutusvaiheeseen vaan pikemminkin ketjun alkupään luovutus- ja työmittauksiin, eikä erillinen mittauslaki millään tavoin tasoittaisi niitten osalta tietä tyydyttävään mittaustarkkuuteen. Energia- ja ainespuun integroidussa korjuussa kahden rinnakkaisen lain olemassaolo päinvastoin todennäköisesti synnyttäisi kitkaa. Bioenergian raaka-aineitten mittauksen erillislaki ei olisi tarkoituksenmukainen, eikä se lopulta näytä saavan taakseen laajaa kannatusta.

Lakiin pohjautuvan järjestelmän vaihtoehto on *sopimus pohjainen järjestelmä, jollainen on käytössä nykyisin turvealalla*. Siinä vapaaehtoisesti järjestäytyneessä mittausalan neuvottelukunnassa ovat edustettuina järjestöjensä kautta kaikki osapuolet: maanomistajat, työntekijät, koneyritykset sekä turveteollisuus. Neuvottelukunta sopii mittausmenetelmistä ja menettelyistä ja kehittää niitä edelleen. Neuvottelukunta käsittelee myös erimielisyydet, joitten osalta osapuolet ovat sitoutuneet noudattamaan neuvottelukunnan päätöksiä, joista ei voi valittaa. Energiapuulla mittaus on kuitenkin huomattavasti suurempi ongelma kuin turpeella, jolla tuote on tasalaatuinen, tuotantoketjussa vähemmän askeleita ja työmaat sekä toimitussopimukset suuria ja pitkäjänteisiä.

Jos energiapuullakin päädyttäisiin sopimus pohjaiseen menettelyyn, sen lähtökohdaksi tarvittaisiin *puitesopimus* allekirjoittajinaan ainakin seuraavia osapuolia edustavat järjestöt: metsänomistajat, metsäalan työn- tai urakanantajat, metsätyöntekijät, metsäkoneyritykset, kuorma-autoilijat sekä energiateollisuus. Vastaavasti kuin lakiin pohjautuvassa järjestelmässä, myös sopimus pohjaisessa järjestelmässä lyödään lukkoon puitesopimuksen kautta energiapuun mittauksen toimintalinjat yleisellä tasolla: hyväksyttävät mittasuureet, eri tavaralajien ja tuotantovaiheitten mittausmenettelyt, tarkkuustavoitteet, työmittaukseen käytettävissä oleva aikajänne, mittausmenettelyn kontrolli, erimielisyyksistä sopiminen sekä mittausmenetelmien kehittäminen.

Sopimus pohjaisessa järjestelmässä energiapuun tuotantoon liittyvää *kauppaa, työntekoa ja urakointia koskeviin sopimuksiin lisätään mittausmenettelyä koskeva osio tai erillinen liite*, jossa puitesopimuksen tarjoamien vaihtoehtojen pohjalta yksilöidään, miten energiapuun luovutus- tai työmittaus asianosaisten kesken toteutetaan. Vastaava periaate on nykyisin jo laatukysymysten osalta käytössä puupolttoainekaupan toimitussopimuksissa, joissa yleensä on liitteenä mukana Finbion julkaisema Puupolttoainekäytön laatuohje.

Osa toimijoista korostaa, että sopimustie varmistaa joustavuuden tilanteessa, jossa mittauskäytännöt vasta etsivät uomaansa. Sopimus pohjainen menettely ei kuitenkaan takaisi heikommalle osapuolelle yhtä vahvaa lainsuojaa kuin lakipohjainen, eikä pitkän päälle ole perusteltua soveltaa energiapuulle

eri periaatetta kuin ainespuulle. Energiapuun mittausta rasittavat tekniset esteet on kuitenkin ensin poistettava. Osapuolten kanssa käydyistä keskusteluista voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

- Tavoitteena tulee olla, että energiapuulla noudatetaan samoja mittausperiaatteita kuin ainespuulla, ja että siis myös energiapuun mittauksessa varmistetaan heikomman osapuolen asema.
- Pitkällä tähtäyksellä ei ole perusteltua, että yksi puutavaralaji, energiapuu, rajataan muista puutavaralajeista poiketen puutavaranmittauslain ulkopuolelle. Tavoitteeksi siis tulee asettaa, että lain piiri laajennetaan ainespuun lisäksi energiapuuhun.
- Puutavaranmittauslain mukaan maa- ja metsätalousministeriö vahvistaa puutavaranmittauksen neuvottelukunnan esityksestä käytettävät mittausmenetelmät ja niitä koskevat mittausohjeet, joitten muun muassa tulee sisältää määräykset kunkin menetelmän hyväksyttävästä tarkkuudesta. Metsäntutkimuslaitoksen tehtävänä taas on tarvittavin tutkimuksin selvittää puutavaran mittauksen neuvottelukunnan käsittelyä varten mittausmenetelmien perusteet ja valmistella mittausohjeet. *Kun energiapuu sisällytetään lakiin, täytyy myös olla edellytykset sitä koskevan mittauksen ohjeistamiselle.* Eräs näistä edellytyksistä on, että on mahdollista saavuttaa hyväksyttävä tarkkuustaso ja että tarkkuuteen vaikuttavat tekijät tunnetaan. Tämä edellytys ei kuitenkaan vielä toteudu, minkä vuoksi ensimmäinen askel kohti lakipohjaista energiapuun mittauksista on ohjeistukselle välttämättömän perustiedon hankkiminen.
- Latvusmassa, kantopuu ja karsimaton kokopuu edustavat kukin mittauksellisesti aivan erilaista raaka-ainepohjaa ja vaativat niin ollen omat perus- ja soveltavat tutkimuksensa. Toimintaympäristön monimuotoisuus ja vaihtelu lisäävät tehtävän vaativuutta. *Tarvittava mittaustutkimus (4.7)* vaatii aikaa ja resursseja. Jotta lain edellyttämä vaatimustaso saavutettaisiin kohtuullisen ajan kuluessa, tutkimukselle tulee osoittaa riittävät resurssit jo kuluvalle vuodelle.
- Välttämättömän perustiedon keruu ja valmiuden hankkiminen tulevat todennäköisesti vaatimaan vähintään kolme vuotta. Väliaikaisena ratkaisuna tulisi pyrkiä sopimus pohjaiseen menettelyyn, jossa ohjenuorana toimii asianosaisten järjestöjen yhteisesti hyväksymä väljä puitesopimus. Perustietojen puutteellisuus on taakkana myös sopimus pohjaisessa menettelyssä, mutta ainakin on mahdollista poistaa pahimmat ongelmat ja osoittaa suunta, jota kohti kehitys halutaan yhteisesti ohjata.

#### 4.7 Tutkimustarpeita

Energiapuun mittauksen kehittäminen synnyttää tutkimustarpeita. Keskeisessä asemassa on mittaus-tarkkuuden parantaminen sekä nykyistä yhtenäisempi, kaikkia osapuolia tyydyttävä menettely. Samalla on pidettävä huolta energiapuuvirran joustavasta etenemisestä sekä siitä, ettei tuotantojärjestelmien kehittämiseksi muodostu esteitä. Mittaustarkkuus tulee saada sellaiselle tasolle, että edellytykset energiapuun sisällyttämiseksi puutavaranmittauslakiin täyttyvät. Seuraavassa luetellaan tutkimusaiheita, jotka liittyvät edellä luvuissa 4.1-4.5 esitettyihin kehittämiskohteisiin.

*Energiapuun mittauksen muuntokertoimet* (luku 4.1). Mittausmenettelyn ryhdistämisen, yhdenmu-kaistamisen ja lakikelpoisuuden näkökulmasta virallisuonteiset muuntokertoimet ovat keskeisen tärkeitä. Tutkimuksessa tulisi edetä askeleittain ja lähteä liikkeelle strategisesti kaikkein tärkeimistä kertoimista, joissa tutkimuksen panos-tuotossuhde voidaan olettaa edulliseksi. Lopullisena tavoitteena on kaikki relevantit mittasuureet kattavan muuntokerroinsarjan koostaminen latvusmas-

salle, kantopuulle ja pienpuulle. Tehtävä lankeaa puutavaranmittausasetuksen hengessä Metsäntutkimuslaitokselle samalla tavoin, kuin ainespuun osalta on määrätty.

*Kuivumisen huomioon ottava energiapuun painoluokitus* (luku 4.1), jonka avulla voidaan arvioida eri energiapuulajien tuoretiheys tavaraerän käsittelyhistorian ja sääolojen pohjalta. Luokitus on tarkoitettu apuvälineeksi tuoremassaan perustuvassa kuljetuksen työmittauksessa. Lisäksi sitä voidaan käyttää hyväksi luovutusmittauksessa ja tuotantoketjun suunnittelussa, kun pyritään nostamaan energiapuun lämpöarvoa kosteutta alentamalla. Metsäntutkimuslaitos on jo käynnistänyt työn pienpuun osalta. Latvusmassasta ja kantopuusta tutkimusaineistoa voitaisiin kerätä metsähakkeen tuotanto-organisaatioitten kautta saatavista leimikkokohtaisista tiedoista: tavaraerän luovutusmittaustulos paino- ja kosteustietoineen, leimikkotekijät, työvaiheitten päivämäärät, varasto-olot, varastovaiheen aikaiset sääolot jne. Sääolojen vaihtelun vuoksi seurannan tulisi jatkua esimerkiksi kolmen vuoden ajan.

*Kuormainvaakamittaus* (luku 4.2). Tavoitteena on kuormainvaakamittauksen käytön edistäminen ja laajentaminen erityisesti latvusmassan ja pienpuun metsäkuljetuksen yhteydessä. Selvitetään menetelmän tarkkuus ja siihen vaikuttavat tekijät erityisesti latvusmassalla. Tutkimustehtävä liittyy läheisesti edelliseen.

*Latvusmassakertymän ennustaminen ainespuun mittaustuloksesta* (luku 4.2). Laaditaan latvusmassakertymän (kiintotilavuus, kuivamassa tai energiasisältö) ja ainespuukertymän (kiintotilavuus) suhteen osoittavat yhtälöt puulajeittain.. Selittäjänä yhtälöissä on hakkuukoneen leimikkokohtainen mittaustulos, jossa ovat mukana vain ne puut, joitten latvusmassan koneen kuljettaja on kasannut talteenottoa silmällä pitäen. Tulokseen vaikuttavia muuttujia lienevät esimerkiksi rungon keskitilavuus, runkomuoto sekä ainespuun kertymä hehtaaria kohti. Laskentajärjestelmä liitetään hakkuukonemittauksen laskentaohjelmaan.

Tutkimuksessa leimikon latvusmassakertymä saadaan luovutusmittatuloksesta käyttöpaikalla. Aineistoa käsiteltäessä on otettava huomioon sekä latvusmassan ohjeellinen jättötavoite (esimerkiksi 30 %) että toteutunut hävikki. Hakkuukoneen ja kuormatraktorin kuljettajien asiantuntemusta on syytä hyödyntää tutkimuksessa.

*Kantopuukertymän ennustaminen ainespuun mittaustuloksesta* (luku 4.3). Laaditaan kantopuukertymän (tilavuus, kuivamassa, energiasisältö) ja ainespuukertymän (kiintotilavuus) suhteen osoittavat yhtälöt liitettäväksi hakkuukoneen mittaustulokseen. Ainespuun mittaustulokseen sisällytetään kantopuunkin korjuussa vain ne puut, jotka ovat mukana latvusmassan mittauksessa. Nykyisen käytännön vallitessa tulee jättää pois myös kaikki männyt ja koivut sekä tiettyä läpimittarajaa pienemmät kuuset, jolloin laskelmaan jäisivät esimerkiksi vain järeät kuuset kantopuun korjuun kohteena olevalla leimikon osalla. Yhtälöä tarkentavina tekijöinä tulisivat kysymykseen esimerkiksi rungon keskitilavuus, runkomuoto, maaperä sekä talvikorjuuleimikoissa mahdollisesti kannon pidentymisestä aiheutuva korjaus. Tutkimuksessa tulisi olla mukana myös kannonnostokoneen kuljettaja.

*Pienpuun tuotantotukien maksatukseen liittyvän mittauksen virtaviivaistaminen* (4.5). Selvitetään, onko nuorten harvennusmetsien energiapuun tuotantotukien maksamisessa mahdollista siirtyä yksinkertaistettuun menettelyyn, jossa maksuperusteena on tavaran energiasisältö vastaanottohetkellä käyttöpaässä ja tuen saajana pääsääntöisesti hakkeen käyttäjä niin, että tuki siirtyy hakkeen hinnoittelun kautta edelleen lyhentämättömänä tuotantoportaaseen.

## Lähdeaineisto

### Asiantuntijahaastattelut

Aaltonen, Hannu. Fortum Power and Heat Oy  
 Ainasto, Lauri. Puu- ja erityisalojen liitto  
 Airaksinen Pekka .Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto  
 Backlund, Christer. UPM Metsä  
 Fredriksson, Tage. Puuenergiayhdistys ry  
 Helynen, Satu. VTT  
 Hjelm, Lauri. Metsäntutkimuslaitos  
 Hujo, Samuli. Metsäteho  
 Hurskainen, Janne. Vapo Oy Energia  
 Hämäläinen, Matti. Metsäenergia Ky  
 Jaakkola, Simo. Koneyrittäjien liitto  
 Jokiperä Ismo, Jokihake Ky  
 Kallioinen, Mikko. Metsäkeskus Uusimaa-Häme  
 Kalliola, Timo. UPM-Kymmene Oyj  
 Koskela, Mauri. Vapo Oy Energia  
 Kuitto, P.-J. FINBIO Suomen bioenergiayhdistys ry  
 Kärhä, Kalle. Metsäteho  
 Lahti, Tommi. LHM Hakkuri  
 Laitila, Juha. Metsäntutkimuslaitos  
 Lankila, Jani. Kuljetusliike Lankila  
 Laurila, Pekka. Biowatti Oy  
 Lindblad, Jari. Metsäntutkimuslaitos  
 Markkila, Matti. UPM Metsä  
 Nupponen, Harri. Metsänhoitoyhdistys Itä-Savo  
 Pajuoja, Heikki. Metsäteho  
 Parkkonen, Heikki. Metsäalan Kuljetusyrittäjät  
 Peippo, Raija. Savonlinnan ammatti- ja aikuisopisto  
 Poikola, Juha. Pohjolan Voima Oy  
 Rannila, Kyösti. Fortum Power and Heat Oy  
 Rantala, Aarno. Vapo Oy Energia  
 Rantala, Jouni. Metsäkeskus Uusimaa-Häme  
 Rieppo, Kaarlo. Metsäntutkimuslaitos  
 Silpola, Jaakko. Turveteollisuusliitto ry  
 Suomalainen, Jukka. Itä-Savon Lähienergia Oy  
 Vainikainen, Sakari. VK-Bioenergiajalosteet Oy  
 Verkasalo, Erkki. Metsäntutkimuslaitos  
 Vertainen, Ilkka. Kosken Megawatti Oy  
 Yijälä, Antti. Kone-Yijälä Oy

## Kirjalliset lähteet

Asetus puutavaranmittausasetuksen muuttamisesta. Asetus N:o 240/1997. Suomen asetuskokoelma.

Asetus puutavaranmittausasetuksen muuttamisesta. Asetus N:o 626/2002. Suomen asetuskokoelma.

Finbio.1998. Puupolttoaineiden laatuohje. Finbion julkaisu 5.

Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Folia Forestalia 770.

Hakkila, P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999-2003. Loppuraportti. Tekes.

Hjelm, L. 2005. Maa- ja metsätalousministeriön metsäenergiapuun mittausseminaarin muistio liitekalvoineen.

Hujo, S., Peltola, J. ja Liikanen, R. 2004. Kuormainvaakojen punnitustarkkuus. Alustavat tulokset. Metsäteho. Kalvosarja.

Kanninen, K. 1980. Pienikokoisen lehtipuun pinomittaus rankana ja kokopuuna. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto 3/1980.

Kanninen, K., Uusvaara, O. ja Valonen, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittaus ja ominaisuudet, Folia Forestalia 403.

Kiljunen, N. 2002. Estimating dry mass of logging residues from final cutting. International journal of forest engineering, Vol.13, No 1.

Kiviniemi, Matti.2006. Energiapuun kaupasta – ovatko sopimukset ajan tasalla? Bioenergia 1/2006:8-9.

Kärhä, K. 2005. Tienvarsihaketuksella yleisimmin metsähaketta. Bioenergia 2/2005:4-5.

Kärhä, K., Vartiamäki, T., Liikkanen, R., Keskinen, S. ja Lindroos, J. 2004.Hakkuutähteen paalauksen ja paalien metsäkuljetuksen tuottavuus ja kustannukset. Metsätehon raportti 179.

Laki puutavaranmittauslain muuttamisesta. Laki N:o 159/1997. Suomen asetuskokoelma.

Laki puutavaranmittauslain muuttamisesta. Laki N:o 582/2002. Suomen asetuskokoelma.

Lindblad, J., Junkkonen, R. ja Verkasalo, E. 2005. Metsäenergiapuun mittaus – missä mennään? Bioenergia 3/2005:2-4.

Lindblad, J., Korpunen, H. ja Junkkonen, R. 2006. Koko- ja rankapuun mittaus. Käsikirjoitus Metlan työraportteja sarjaan.

Lämpölaitosyhdistys ry.1993. energiaturpeen toimitussopimus. Suositus T17/1993.

Metsäkeskus Tapio. 1993. Energiapuuerän tilavuuden määrittäminen. Energiapuun mittausohje.

Metsätilastollinen vuosikirja 2004. Metla. SVT Maa- ja metsätalous2004:45.

Metla 2005. Eräkoon vaikutus puutavaran mittaustarkkuuteen. Lausunto 1877 maa- ja metsätalousministeriölle 4.1.2005.

Puutavaranmittauslaki. Laki N:o 364/1991. Suomen asetuskokoelma.

Puutavaranmittausasetus. Asetus N:o 365/1991. Suomen asetuskokoelma.

Rieppo, K. 2002. Hakkuutähteen metsäkuljetusmäärän mittaus. Metsätehon raportti 129.

Uusvaara, O. ja Verkasalo, E. 1987. Metsähakkeen tiiviys ja muita teknisiä ominaisuuksia. Folia Forestalia 683.

Verkasalo, E. 1988. Polttihakkeen ja hakepuun mittaus. Työtehoseuran metsätiedote 14/1988.

VMR. 1998. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning an biobränslen. Fastställd av Virkesmättningsrådet 1998-11-25.

Ylitalo, E. 2005. Puupolttoaineiden käyttö energiantuotannossa. Metsätilastotiedote 770.



## **MMM:n vuonna 2006 julkaisemat työryhmämuistiot**

- 2006:1 Peltobiomassa, liikenteen biopolttonesteet ja biokaasu-jaosto.  
II väliraportti  
ISBN 952-453-253-0
- 2006:2 Behörigheten mellan riket och landskapet Åland gällande jordbrukets olika stödformer  
ISBN 952-453-254-9
- 2006:3 Valtion varoin tuettavan salaojituksen ehdot  
Väliraportti  
ISBN 952-453-255-7
- 2006:4 Porotalousyrittäjien tilanteen edistäminen  
ISBN 952-453-256-5
- 2006:5 Tilaaja - tuottajamalli metsäkeskuksissa  
ISBN 952-453-260-3
- 2006:6 Maaseutuviraston tehtävät  
ISBN 952-453-261-1
- 2006:7 Taloushallintotyöryhmän loppuraportti  
ISBN 952-453-262-X

ISBN 952-453-264-6  
ISSN 0781-6723