

# **Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki**

**PKM-tutkimusohjelman tulokset ja niiden hyödyntäminen**

Erkki Verkasalo ja Leena Karvinen (toim.)

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmää ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>  
ISSN 1795-150X

#### **Toimitus**

PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
sähköposti [julkaisutoimitus@metla.fi](mailto:julkaisutoimitus@metla.fi)

#### **Julkaisija**

Metsäntutkimuslaitos  
PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
sähköposti [info@metla.fi](mailto:info@metla.fi)  
<http://www.metla.fi/>

<b>Tekijät</b> Verkasalo, Erkki ja Karvinen, Leena (toim.)			
<b>Nimeke</b> Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki. PKM-tutkimusohjelman tulokset ja niiden hyödyntäminen.			
<b>Vuosi</b> 2012	<b>Sivumäärä</b> 266	<b>ISBN</b> 978-951-40-2404-7 (PDF) 978-951-40-2405-4 (paperback)	<b>ISSN</b> 1795-150X
<b>Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet</b> Joensuu / PKM-tutkimusohjelma / 3352			
<b>Hyväksynyt</b> Leena Paavilainen, tutkimusjohtaja, 14.12.2012			
<b>Tiivistelmä</b> Raportissa tarkastellaan puuraaka-aineen käytön laajentamisen ja puutuotteiden valmistuksen monipuolistamisen mahdollisuuksia Suomen puutuoteteollisuudessa, puutuotemarkkinoihin ja puutuotteiden menekkiin liittyviä kysymyksiä kotimaassa ja eräissä vientimaissa, puukaupan piirissä olevan puuraaka-aineen ja leimikoiden arvopotentiaalia ja sen hyödyntämistä sekä puutavaran mittauksen kehittämisen vaihtoehtoja ja ratkaisumalleja. Raportti pohjautuu Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusohjelman ”Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki” tuloksiin sekä ohjelman tutkijoiden ja sidosryhmien arvioihin tulosten soveltamisen mahdollisuuksista. Raportissa käsitellään: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Ohjelman lähtökohdat, tavoitteet, toimintatapa ja sidosryhmäyhteistyö</li><li>■ Männyn ja osin kuusen ominaisuuksia, käyttömahdollisuuksia ja laatukilpailukykyä puutuotealalla</li><li>■ Koivun ja haavan ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia sahauksessa ja jatkojalostuksessa</li><li>■ Männyn ja koivun harvennuspuun ominaisuuksia, tuoteratkaisuja, kannattavuutta ja markkinoita sahauksen, sahatavaran jatkojalostuksen sekä rakennepuutuotteiden valmistuksen kannalta</li><li>■ Tuontipuun ominaisuuksia ja niiden soveltuvuutta puutuotteisiin suomalaisen puuhun verrattuna</li><li>■ Harvennusmännyn ja -koivun sahauksen ja pilke- tai metsähaketuotannon yhdistämisen mahdollisuuksia</li><li>■ Teollisten asiakkaiden ja kuluttajien käsityksiä puutuotteiden kilpailukyvyistä sekä tuotteiden valintakriteerejä, ml. ympäristösuorituskyvyn hyödyntäminen</li><li>■ Asiakasrakenteen muutoksia puutuotemarkkinoilla ja vientimahdollisuuksia uusille markkina-alueille</li><li>■ Puun käytön laaja-alaisesti ja kehittämistehtäviä valtakunnallisella ja maakunnallisella tasolla</li><li>■ Tukkipuun arvonmuodostusta, arvopotentiaalia ja laatuun saatavuutta sekä arvon vaihtelua ja sen ennustamista</li><li>■ Uusia puutavaran mittausmenetelmiä ja menetelmien tarkkuutta sekä kuorihävikin vähentämistä koneellisessa hakkuussa</li></ul> Lopuksi esitetään yhteenveto ohjelman tuloksista ja niiden hyödyntämisestä teemoittain, selostetaan tiedonsiirtotoiminnassa sovellettuja menettelytapoja, arvioidaan jatkohankkeiden ja ohjelmien suuntaamisen tarpeita ja niiden toteutumista ja annetaan suosituksia muista tutkimusohjelmien toteutukseen liittyvistä kysymyksistä.			
<b>Asiasanat</b> puuraaka-aine, puutuoteteollisuus, puutuotemarkkinat, puukauppa, puunhankinta, puutavaran mittaus, metsätalous			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp251.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp251.htm</a>			
<b>Yhteydenotot</b> Erkki Verkasalo, Metsäntutkimuslaitos, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti <a href="mailto:erkki.verkasalo@metla.fi">erkki.verkasalo@metla.fi</a>			
<b>Bibliografiset tiedot</b>			
<b>Muita tietoja</b>			

## Sisällys

Esipuhe.....	7
<b>1 Ohjelman käynnistäminen ja toteutustavat .....</b>	<b>9</b>
<i>Erkki Verkasalo ja Raija-Riitta Enroth</i>	
1.1 Tausta ja lähtökohdat.....	9
1.1.1 Muuttuva toiminta- ja kilpailuympäristö ja tietotarpeet.....	9
1.1.2 Ohjelman käynnistäminen.....	13
1.2 Toiminta-ajatus ja tavoitteet .....	16
1.3 Toimintastrategiat ja toteutustavat.....	18
1.3.1 Hankkeiden toteutus, tulosten raportointi ja julkaiseminen .....	18
1.3.2 Tieteenalojen kehittäminen, asemointi ja profilointi.....	19
1.4 Hankkeet ja resurssit .....	20
Kirjallisuus .....	21
<b>2 Havupuun ominaisuudet, käyttömahdollisuudet ja laatukilpailukyky puutuotealalla ..</b>	<b>22</b>
<i>Erkki Verkasalo, Mika Grekin, Seppo Nevalainen, Håkan Lindström, Tapio Wall, Jorma Fröblom, Reeta Stöd, Antti Lukkarinen ja Harri Kilpeläinen</i>	
2.1 Tausta, tavoitteet ja sisältö.....	22
2.2 Pohjoismaisen männyn vahvuudet ja laatukilpailukyky .....	25
2.2.1 SPWT-konsortio .....	25
2.2.2 Kirjallisuustarkastelu.....	26
2.2.3 Kokeellisten tutkimusten tuloksia .....	28
2.2.4 Johtopäätöksiä .....	36
2.3 Harvennumännyn hankinta ja sahaus .....	37
2.3.1 Lähtökohdat.....	37
2.3.2 Harvennumännyn kannattavat hankintakohteet ja sahaustulos.....	38
2.3.3 Harvennumännyn puuaineen ominaisuudet.....	45
2.3.4 Pikkutukki-energiähaakeyhdistelmät harvennumännyn hankinnassa .....	48
2.4 Mänty- ja kuusitukin saatavuus ja kuusen erityisominaisuudet	
Pohjois-Suomessa .....	51
2.4.1 Tavoitteet .....	51
2.4.2 Mänty- ja kuusitukin saatavuus.....	51
2.4.3 Kuusen erityisominaisuudet Pohjois-Suomessa.....	58
2.5 Venäläisestä tuontikuusesta ja -männystä saatavan sahatavaran laatu ja soveltuvuus	
puutuotteisiin – vertailukohtana suomalainen puu.....	62
2.5.1 Tausta ja tavoitteet.....	62
2.5.2 Tutkimusten sisältö ja aineistot .....	64
2.5.3 Tukkien ja puuaineen laatu ja sahatavaran lujuus .....	65
2.5.4 Sahatavaran laatuokkajakamat .....	67
2.5.5 Puusepäнкуивatun ja halkaistun kuusisahatavaran laatu .....	71
Kirjallisuus .....	74
<b>3 Lehtipuututkimukset .....</b>	<b>77</b>
<i>Henrik Heräjärvi, Risto Hagqvist, Jari Lindblad ja Pentti Niemistö</i>	
3.1 Johdanto .....	77
3.2 Päätehakkuukoivututkimukset .....	78
3.3 Harvennukoivututkimukset .....	80
3.4 Tuontikoivututkimukset .....	81
3.5 Rauduskoivun pystykarsintatutkimukset .....	82
3.6 Uudet raudus- ja visakoivun pystykarsinta- ja viljelykokeet .....	84
3.6.1 Pystykarsinnan leikkaustekniikka, -ajankohta ja oksien paksuus .....	84
3.6.2 Koejärjestelyt - rauduskoivu.....	84
3.6.3 Koejärjestelyt - visakoivu.....	85

3.7	Haapatutkimukset .....	87
	Kirjallisuus .....	88
<b>4</b>	<b>Puutuotemarkkinat ja puun kilpailuetujen hyödyntäminen .....</b>	<b>92</b>
	<i>Raija-Riitta Enroth ja Kari Valtonen</i>	
4.1	Teollisten asiakkaiden mielipiteet puutuotteiden kilpailukyvästä .....	92
4.1.1	Tutkimuksen tavoitteet ja aineistot .....	92
4.1.2	Tekninen laatu tärkein teolliselle asiakkaalle .....	92
4.1.3	Toimittajan luotettavuutta arvostetaan .....	94
4.2	Kuluttajien mielipiteet puutuotteiden kilpailukyvästä .....	94
4.2.1	Tutkimuksen tavoitteet ja aineistot .....	94
4.2.2	Tekninen laatu ja ulkonäkö suomalaisten kuluttajien tärkeimmät ostokriteerit .....	95
4.2.3	Puun imago korkea verrattuna kilpaileviin materiaaleihin .....	96
4.2.4	Puutuotteen ulkonäkö tärkeä kuluttajille .....	97
4.2.5	Kuluttajien mielikuvat positiiviset puutuotteiden markkinoinnista .....	98
4.2.6	Puutuotteiden ekologisuus ja kuluttajien käsitykset .....	99
4.2.7	Johtopäätöksiä .....	101
4.3	Asiakasrakenteen muutokset .....	101
4.3.1	Asiakaskunta pirstaloituu ja kuluttajaryhmien tarpeet erilaistuvat .....	101
4.3.2	Yksilöllisyys, korkea laatu ja ympäristöystävällisyys korostuvat puutuotteiden ominaisuuksina .....	102
4.3.3	Voimakas tarve kehittää puutuotteisiin liittyviä palveluja .....	103
4.3.4	Puutuotealan toimintamalleja ja markkinointia on kehitettävä .....	104
4.3.5	Johtopäätöksiä .....	105
4.4	Puutuotteiden vientimahdollisuudet uusille markkina-alueille: Kiina ja Venäjä .....	106
4.4.1	Tutkimusten tavoitteet ja aineistot .....	106
4.4.2	Kiinan omat puuvarat eivät riitä voimakkaasti kasvavan talouden ja teollisuuden tarpeisiin .....	106
4.4.3	Rakentamistarve kaupungeissa kasvaa .....	107
4.4.4	Puun käytölle rakentamisessa monia esteitä .....	107
4.4.5	Kotien sisustamiseen panostetaan .....	108
4.4.6	Kiinan markkinat kiinnostavat muitakin kuin suomalaisia .....	108
4.4.7	Venäjä muistuttaa markkina-alueena monessa suhteessa Kiinaa .....	109
4.5	Lopuksi .....	110
	Kirjallisuus .....	110
<b>5</b>	<b>Uusia puuoteratkaisuja .....</b>	<b>112</b>
	<i>Henrik Heräjärvi, Anna-Kaisa Rämö, Jari Lindblad ja Erkki Verkasalo</i>	
5.1	Mänty- ja koivupienpuun käyttömahdollisuudet rakennepuutuotteissa .....	112
5.1.1	Johdanto .....	112
5.1.2	Menetelmät .....	115
5.1.3	Tuloksia .....	115
5.1.4	Päätelmät .....	119
5.2	Rakennepuutuotteiden markkinat .....	119
5.2.1	Tutkimuksen sisältö ja toteutus .....	119
5.2.2	Tulokset ja päätelmät .....	120
5.3	Sahapilke – pilkottu polttopuu koivusahan tuotepaletissa .....	121
5.3.1	Johdanto .....	121
5.3.2	Aineisto ja menetelmät .....	122
5.3.3	Tulokset .....	124
5.3.4	Johtopäätökset .....	126
5.4	Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla .....	127
5.4.1	Johdanto .....	127
5.4.2	Mitä on ympäristösuorituskyky .....	127
5.4.3	Kirjallisuustutkimus ja asiantuntija- ja yritysraastattelut .....	128
5.4.4	Asumisen kuluttajien ja pientalo- ja korjausrakentajien mielikuvat .....	130
5.4.5	Johtopäätöksiä .....	131
5.5	Puun käytön laaja-alaistaminen ja maakunnallinen toiminta .....	132
5.5.1	PuuOske-toiminta .....	132
5.5.2	Pirkanmaan puutoimialan toimenpideohjelma .....	137
	Kirjallisuus .....	138

**6 Puuraaka-ainevarannon arvopotentiali – leimikoiden arvon vaihtelu ja ennustaminen sekä laatupuun saatavuus ..... 140**

*Jukka Malinen, Harri Kilpeläinen, Tapio Wall ja Erkki Verkasalo*

6.1	Johdanto .....	140
6.2	Leimikoiden myynti- ja käyttöarvon vaihtelu .....	141
6.2.1	Johdanto .....	141
6.2.2	Tutkimusaineisto .....	141
6.2.3	Apteerauksen simulointi.....	143
6.2.4	Puutavaralajikertymät ja myynti- ja käyttöarvon muodostuminen.....	143
6.2.5	Puutavaralajikertymien ja käyttöarvojen herkkystarkastelut.....	150
6.3	Leimikon puuston ominaisuuksien ja hakkuukertymän ennustaminen.....	152
6.3.1	Puutavaralajijakauman ennustaminen .....	152
6.3.2	Tukkivähennyksen ennustamisen tarkkuus .....	153
6.3.3	Laserkeilainpohjainen leimikon puustotunnusten ja hakkuukertymän ennustaminen.....	155
6.4	Laatupuun asiakaslähtöinen kasvatus: pohjoinen Keski-Suomi .....	157
6.5	Päätelmät .....	160
	Kirjallisuus .....	162

**7 Puutavaran mittausmenetelmät ja kuorihävikin hallinta ..... 164**

*Jari Lindblad, Erkki Verkasalo ja Antti Asikainen*

7.1	Tausta ja sisältö .....	164
7.2	Kuormainvaakojen hyödyntäminen puutavaran mittauksessa.....	166
7.3	Puutavaralajien alueelliset tuoretiheystaulukot .....	169
7.4	Puutavaran mittauksen tarkkuus.....	171
7.5	Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus Modus2000 –mittalaitteella .....	174
7.6	Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa .....	175
	Kirjallisuus .....	180

**8 Ohjelman tulosten yhteenveto ja soveltaminen ..... 183**

*Erkki Verkasalo*

8.1	Tulos- ja vaikuttavuustavoitteiden toteutuminen.....	183
A	Havupuun raaka-aineet ja jalostus.....	184
B	Lehtipuun raaka-aineet ja jalostus.....	186
C	Puutuotemarkkinat .....	188
D	Uusia puutuoteratkaisuja .....	190
E	Puuraaka-ainevarannon arvopotentialit .....	194
F	Puutavaran mittaus ja hävikit .....	196
8.2	Tutkimustiedon siirron menettelytavat.....	199
8.3	Jatkohankkeiden ja ohjelmien suuntaaminen .....	200
8.4	Muita suosituksia .....	205
	Liite 1. Ohjelman johtoryhmä ja ohjausryhmä.....	207
	Liite 2. Ohjelman hankkeet .....	208
	Liite 3. Ohjelman julkaisut.....	210
	Liite 4. Ohjelman tuotteet ja tiedonsiirron toimenpiteet .....	240

## Esipuhe

Käsillä oleva yhteenvetoraportti perustuu Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusohjelmassa Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki (PKM) tehtyyn työhön. Ohjelman tutkimuksissa käsiteltiin ennen kaikkea puuraaka-aineen käytön laajentamisen ja puutuotteiden valmistuksen monipuolistamisen mahdollisuuksia Suomen puutuoteteollisuudessa, puutuotemarkkinoihin ja puutuotteiden menekkiin liittyviä kysymyksiä kotimaassa ja eräissä vientimaissa, puuraaka-aineen ja leimikoiden arvopotentiaalia ja sen hyödyntämistä puukaupassa sekä puutavaran mittauksen kehittämisen vaihtoehtoja ja ratkaisumalleja.

Ohjelma- ja hanketyössä korostettiin puuvarojen hyödyntämisen, puuhuollon ja puutuotemarkkinoiden vuorovaikutusta, puutuotealan pk-yritysten ja jatkojalostuksen tietotarpeita, tutkijaryhmien verkottumista eri sidosryhmien kanssa ja tiedonsiirtoimintaa. Tutkimustiedon tehokas siirtäminen ja räätälöinti tiedonkäyttäjien tarpeisiin, aktiivinen sidosryhmäyhteistyö ja osallistuminen metsä- ja puualan yhteiseen ohjelmatoimintaan olivat merkittävässä osassa ohjelmassa ja sen hankkeissa. Täten näitä toimenpiteitä on selostettu raportissa verraten laajasti. Niiden hankkeiden tuloksia joita ei ole julkistettu laajasti käsitellään myös tavallista yksityiskohtaisemmin.

Tuotetun tiedon ja työkalujen avulla voidaan kehittää puunkäytön ja puukaupan toimintaedellytyksiä, tukea puunkäyttäjien liikevaihdon kasvua, parantaa puunkäytön kannattavuutta sekä edistää puun laatukasvatusta. Ohjelman tulokset tukevat mm. KMO-ohjelman (Kansallinen metsäohjelma) ja MSO-ohjelman (Metsäalan strateginen ohjelma: puutuoteteollisuuden ja puurakentamisen edistäminen) toteutusta, metsäteollisuuden tavoiteohjelmien ja valtioneuvoston osakeskusteluohjelman suunnittelua ja toimeenpanoa ja suomalaisen metsä- ja puualan tutkimuksen osallistumista kansainväliseen yhteistyöhön.

PKM-ohjelman tutkimukset olivat enimmäkseen suunnattua perustutkimusta ja soveltavaa tutkimusta ja osaksi ongelmanratkaisutehtäviä puutuotealan ja puunhankinnan piirissä. Tulokset ovat edelleen ajankohtaisia ja hyödyntämiskelpoisia, osa on sellaisia joilla oikea aika nostaa ne esille on käsillä vasta nyt. Useiden tutkimusten tulosten pohjalta on kehitetty edelleen jatkotutkimuksia ja kehittämistehtäviä ja johdettu kokonaan uusia aiheita, joita toteutetaan mm. Metlan tutkimus- ja kehittämisohjelmassa Uudistuvat puutuotearvoketjut ja puunhankintaratkaisut (PUU).

Ohjelmassa työskenteli lukuisa joukko Metsäntutkimuslaitoksen tutkijoita ja teknistä henkilökuntaa sekä yhteistyökumppaneita eri tutkimusorganisaatioista. Ohjelmalla oli aihepiirin asiantuntijoista koostunut ohjausryhmä, jolla oli tärkeä rooli tutkimuksen suuntaamisessa ja kehittämisessä sekä sidosryhmätyön ja tiedonsiirron edistämisessä. Ohjelman loppuevaluontiryhmä esitti myös tärkeitä näkökulmia ohjelmien ja hankkeiden suuntaamisesta jatkossa ja ehdotuksia ohjelmatoiminnan kehittämiseksi.

Haluan esittää lämpimät kiitokseni kaikille mainittujen ryhmien henkilöille sekä hankkeita rahoittaneille tahoille myötävaikuttamisesta ohjelma- ja hanketyön onnistumiseen.

Joensuussa, elokuussa 2012

*Erkki Verkasalo*  
*PKM-ohjelman johtaja*





# 1 Ohjelman käynnistäminen ja toteutustavat

*Erkki Verkasalo ja Raija-Riitta Enroth*

## 1.1 Tausta ja lähtökohdat

### 1.1.1 Muuttuva toiminta- ja kilpailuympäristö ja tietotarpeet

Puuraaka-aineen ja puunjalostuksen, puun toimitusketjujen sekä puutuotteiden markkinoiden ja markkinoinnin tutkimuksen synerginen yhteen saattaminen oli tullut tärkeäksi tavoitteeksi Suomen metsäklusterin tutkimus- ja kehittämistoiminnassa 2000-luvun alussa. Tuolloin oli juuri toteutettu ja oli parhaillaan suunniteltavana valtakunnallisia tutkimus- ja teknologiaohjelmia, mm. Metsäalan tutkimusohjelmat Wood Wisdom I ja II, suomalais-ruotsalainen Wood Material Science and Engineering Research Programme, Tekesin teknologiaohjelmia, PuuSuomi-toimintaohjelma ja Valtioneuvoston osaamiskeskusohjelma. Keskeistä näissä oli lopputuotemarkkinoiden ja puunjalosteiden valmistuksen, raakapuun tarjontapotentialin ja niiden parantamisen sekä puun myyntimahdollisuuksien linkittäminen yhteen arvoketjuiksi. Tutkimuksen rooli oli keskeinen strategisten tarpeiden, mahdollisuuksien ja rajoitteiden yhteensovittamiseksi.

Metsäklusterin kehittämiseksi oli koottu useita kansallisia työryhmiä, joiden tehtävänä oli klusterin tulevaisuuden visiointi ja tutkimus- ja kehittämistoiminnan innovointi. Metsätalouden tarpeisiin ja mahdollisuuksiin pohjautuva Kansallinen metsäohjelma oli yksi tulos tällaisesta työstä (Maa- ja metsätalousministeriö 1999). Keskeisiä perusteluja siinä esitetyille toimenpiteille olivat muun muassa tarpeet tehostaa nuorten metsien hoitoa ja samalla niistä saatavan puutavaran käyttöä, hakkuuvaiheeseen tulevien ojitettujen suometsien kasvukunnosta huolehtimista ja niiden hyödyntämistä sekä puuhuollon ja puukaupan toimivuutta. Metsien hoitorästit olivat metsien hoidon ehkä vakavin ongelma, joten nuorten metsien kunnostushakkuista saatavan kuten myös muun puutavaran menekin parantaminen oli tärkeä tavoite tulevaisuuden metsänkuvan sekä tarjolla olevan puuraaka-aineen määrän ja laadun kehityksen kannalta. Monipuolinen puunkäyttö ja toimiva puuhuolto olivat puolestaan elinehtoja sekä metsätalouden kannattavuudelle että metsäteollisuuden toimintaedellytyksille. Investointien kotimaiseen metsäteollisuuteen katsottiin riippuvan olennaisesti puuhuollon edellytyksistä.

Puun tarjonnasta markkinoille tunnettiin metsäteollisuudessa huolta jo 1990-luvun lopulla, alkusi metsäverotuksen muutostilanteen jälkeen ennustetun tarjonnan notkahtamisen ja myöhemmin metsänomistajakunnan rakenteen muutosten vuoksi. Mahdolliseen puupulaan oli jo varauduttu lisäämällä puuntuontia, johon olikin hyvät mahdollisuudet ensin Baltian maista ja sitten Venäjältä. Tuontipuun pohjalta tehtiin myös jossakin määrin investointeja puutuoteteollisuuteen, erityisesti koivu- ja havuvanerin ja kuusisahatavaran valmistukseen. Tosin tuontipuun varaan laskettiin puutuoteteollisuudessa huomattavasti vähemmän kuin sellu- ja paperiteollisuudessa, ja silloinkin lähinnä Itä- ja Kaakkois-Suomen tuotantolaitoksilla.

Puunmenekin veturina on teollisten ja muiden puuraaka-aineiden vakaa kysyntä. Tämä on ratkaisevasti sidoksissa puutuotteiden kilpailukykyyn ja menekkiin erityisesti vientimarkkinoilla.

Metsäteollisuustuotteiden, puuenergian sekä raaka- ja energiapuun kysyntää ovat leimanneet suhdanne- ja kausivaihtelut, jotka haittaavat taloudensuunnittelua sekä metsäteollisuudessa että metsätaloudessa. Kysynnän vaihtelut ovat olleet erityisen suuria metsäteollisuuden perustuotteissa, kuten jalostamattomassa sahatavarassa, markkinasellussa ja sanomalehtipaperissa. Tämän vaikeasti hallittavissa olevan tilanteen parantamiseksi on jo 1990-luvulta lähtien haluttu painottaa teollisen jatkojalostuksen kehittämistä erityisesti puutuotealalla.

Jatkojalostuksen ajateltiin myös helpottavan suomalaiselle perustuotannolle tyypillisistä korkeista raaka-aine- ja työkustannuksista johtuvaa haasteellista kilpailuasemaa erityisesti vientimarkkinoilla. Perustuotteiden kilpailutilanne oli vaikeutumassa monissa tuoteryhmissä eurooppalaisen tuotannon ylitarjontatilanteen ja uusien tuottajamaiden laajan markkinoille tuleminen vuoksi (Baltian maat, Venäjä, myöhemmin Saksa) 2000-luvun alussa. Tuotemarkkinoiden kilpailutilanteen kiristyminen oli tulossa myös jatkojalostusteollisuuden haasteeksi, ennen muuta huonekalu- ja liimalevyteollisuudessa. Tilanteen ratkaisemiseksi tarvittiin uusia keinoja, joiksi tarjottiin muun muassa raaka-aineen, ja varsinkin sen laadun optimaalista hyödyntämistä, räätälöityä massatuotantoa, uusien palvelukonseptien kytkemistä tuotteisiin sekä markkinointiviestinnän parantamista. Näiden mahdollistamiseksi tarvittiin myös uutta tutkimustietoa ja sen entistä tehokkaampaa hyödyntämistä.

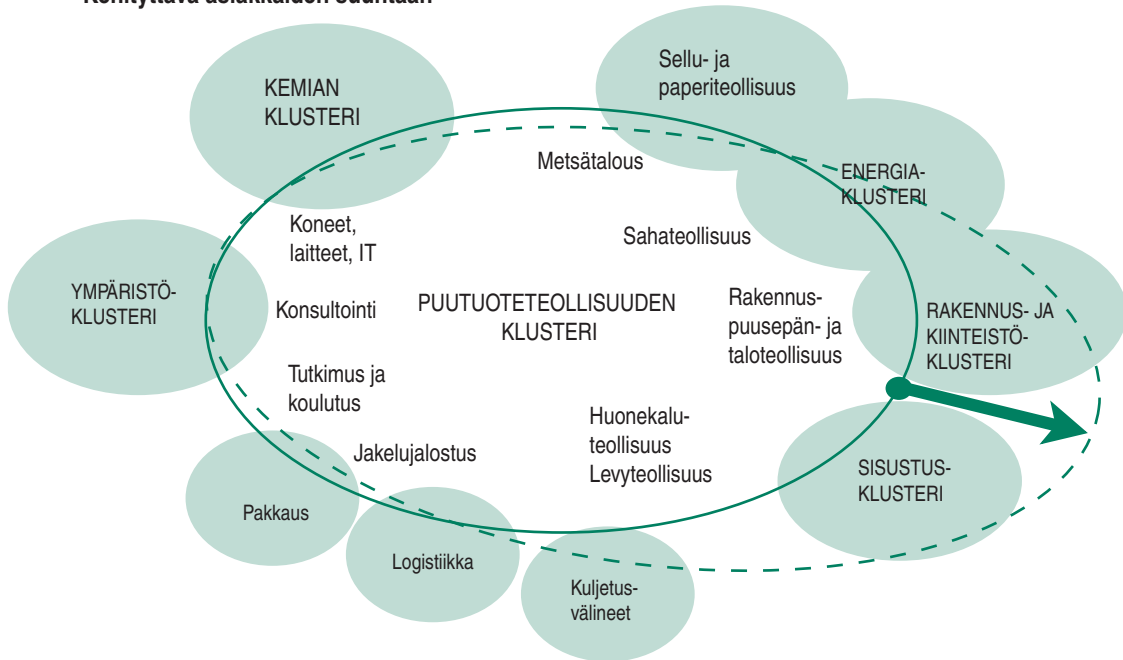
Kotimaisen puuraaka-aineen kysyntä oli kehittynyt myönteisesti 1990-luvun puolivälistä lähtien. Nähtiin kuitenkin, että kysynnän jatkuminen vahvana edellyttää entistä selvemmin asiakas- ja tuotelähtöistä näkökulmaa sekä puunkasvatuksessa että puukaupassa. Puutuotteiden valmistus ja markkinointi olivat jo muuttuneet asiakas- ja tuotelähtöisiksi, mutta toistaiseksi ei tunnettu tarkasti mitä vaikutuksia tällä kehityksellä olisi metsätalouden kannattavuuteen, toimintaedellytyksiin ja -tapoihin ja miten kehitys ylipäättään tulisi ottaa huomioon metsätalouden strategisessa ja operatiivisessa suunnittelussa.

Metsäteollisuus ry:n (1999) Visio 2010 perustui puunjalostusyriyten näkökulmaan omasta tulevaisuudestaan. Sen mukaan oli sekä kemiallisessa että erityisesti mekaanisessa puunjalostuksessa jatkossa korostettava yhä parempaa markkina- ja asiakaskohtaisten vaatimusten tuntemusta sekä erilaisten liiketoimintamallien omaksumista markkina-, tuote- ja yrityskohtaisesti. Vientimarkkinoilla tuli ottaa huomioon voimistunut kilpailu, etenkin puutuotteiden uusien itä-eurooppalaisten ja aasian halpatuottajien sekä vaihtoehtoisten materiaalien valmistajien kanssa. Toimintamallissa oli pyrittävä kokonaisten arvoketjujen yhteistyöhön ja saumattomaan toimivuuteen. Toisaalta metsäntuotteiden markkinanäkymiä ei voitu Vision 2010 arvioidenkaan mukaan ennustaa kovin selvästi, joten koko metsäklusterissa oli syytä pyrkiä monipuolisuuteen sekä riskien minimoimiseksi että erilaisten mahdollisuuksien säilyttämiseksi.

Puutuoteteollisuus laati myöhemmin oman tarkennetun visionsa 2020 (Metsäteollisuus ry 2006), jossa taustalla oli Euroopan puutuotealan Roadmap 2010 (Timwood AB 2004). Teollisuus ja tutkimus- ja kehittämisorganisaatiot laativat edelleen vision jalkauttamiseksi Puutuoteklusterin tutkimusstrategian vuonna 2008 (Metsäteollisuus ry. 2008). Visioon 2020 omaksuttiin klusteriajattelu, joka edellytti nopeaa siirtymistä uusiin strategioihin asiakkaiden suuntaan kehittymiseksi (kuva 1). Strategian keskeiset painoalueet, joihin oli pureuduttava jo 2000-luvulla, olivat sidosryhmien yhteistyönä laatimien luonnosten mukaan seuraavat:

1. puurakentamisen järjestelmät, jossa järjestelmäajattelu omaksutaan muilta tuotannonaloilta,
2. laadukas asuminen, sisustaminen ja muotoilu sekä näihin liittyvät puutuotteet,
3. tutkimus- ja kehittämistoiminnan volyymin kaksin- tai jopa kolminkertaistaminen vuoden 1999 tasolta.

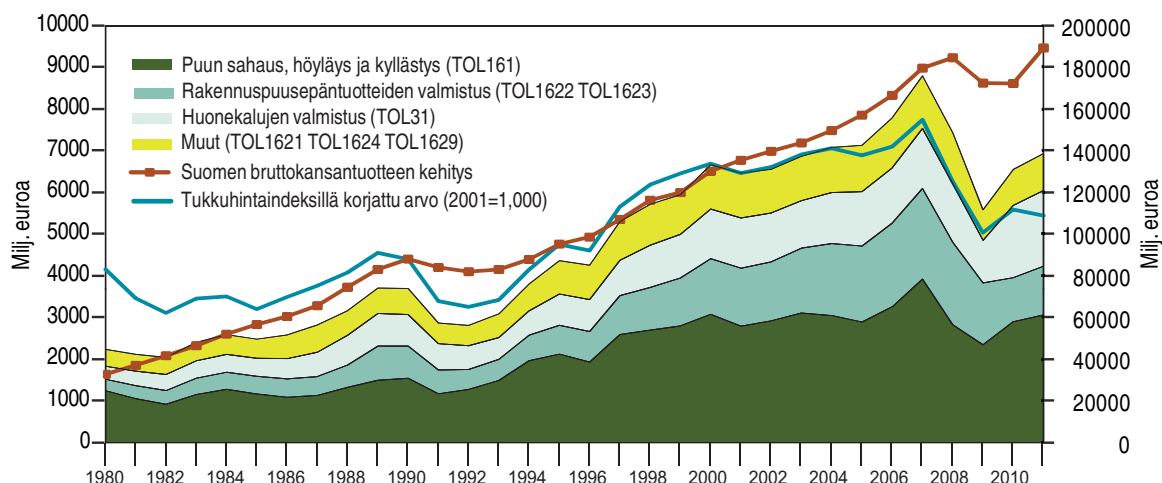
Uusiin strategioihin siirtyminen:  
Kehyttävä asiakkaiden suuntaan



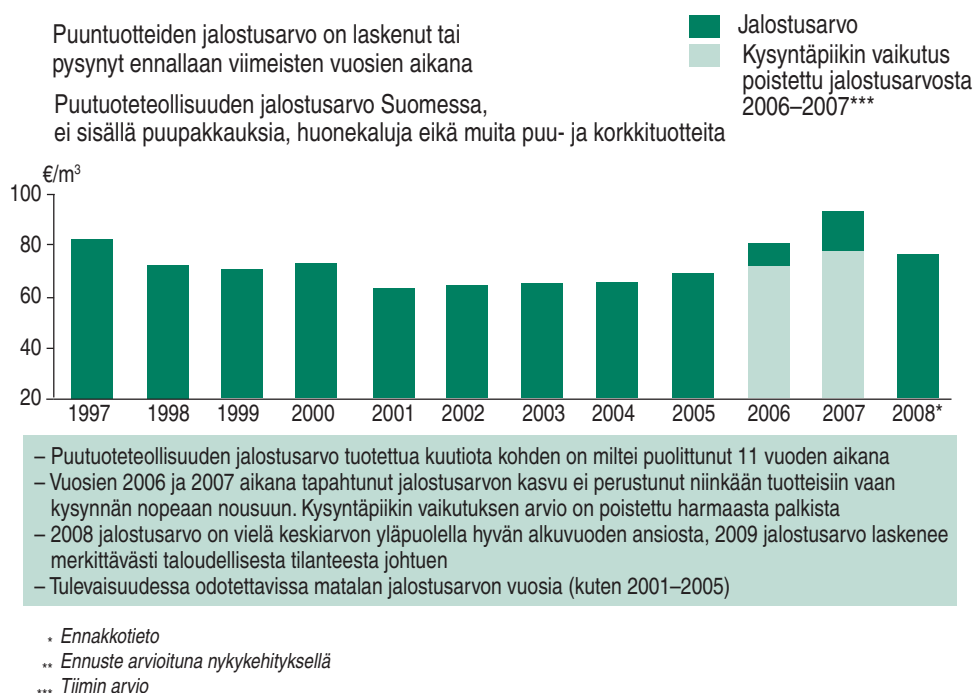
Kuva 1. Klusteriajattelu puutuoteteollisuudessa (Metsäteollisuus ry 2006).

Tarkoituksena oli hyödyntää ja vauhdittaa näköpiirissä ollutta siirtymistä kivi- ja betonirakentamisesta puurakentamiseen eurooppalaisissa talon- ja ulkorakentamisen käytännöissä. Puunkäytön edistämiseksi rakentamisessa olikin jo järjestetty näyttäviä kampanjoita sekä suomalaisin, yhteis-pohjoismaisin että yleiseurooppalaisin voimin. Samalla pyrittiin pureutumaan entistä tehokkaammin korjausrakentamiseen ja asuntojen sisustamiseen tarjoamalla niihin uusia puuhun perustuvia tuotteita ja valtaamalla takaisin puutuotteiden menettämiä markkinoita.

Suomalainen puutuoteala oli kehittynyt tuotannon bruttoarvon perusteella jättiaskelin 1990-luvun alun lamavuosien jälkeen (kuva 2). Tuotannon bruttoarvon ja myös työllisyyden myönteisen kehityksen rinnalla oli kuitenkin nähtävissä kilpailukyky- ja kannattavuusongelmia 2000-luvun alusta lähtien. Puutuotteiden jalostusarvo itse asiassa laski tai pysyi ennallaan tänä aikana, tuoteryhmästä riippuen (kuva 3). Tämä merkitsi tuotteiden yksikköarvon heikkenemistä eli määrien kasvun kohdistumista enemmän matalan jalostusasteen perustuotteisiin kuin korkeamman jalostusasteen tuotteisiin tai tuotteiden ja palveluiden yhdistelmiin. Tästäkin syystä oli pyrittävä kohottamaan tuotannon jalostusarvoa lisäämällä perustuotteiden väli- ja jatkojalostusta, jotta toimialan pitkän aikavälin kannattavuus ja vakavaraisuus kohenisivat ja selviytymiskyky vaihtelevissa suhdanteissa paranisi. Pk-sektorin teollisuudella oli erityisiä intressejä ja mahdollisuuksia lisätä ja kehittää puutuotteiden jalostusta.



**Kuva 2.** Suomen puutuoteteollisuuden bruttoarvon kehitys toimialoittain (vasen sarake) ja Suomen bruttokansantuotteen kehitys (oikea sarake) vuosina 1980–2011. Lähde: Tilastokeskus 5.10.2012 / Puu-Suomi-laatuohjelma / Pekka Salonen.



**Kuva 3.** Suomen puutuoteteollisuuden bruttoarvon kehitys toimialoittain vuosina 1997–2008. Laskentaperusteet: Tilastokeskus, Eurostat, VTT, Symbioosi Oy (Parvinen ym. 2009).

Kyky tuottaa erikoislaatuja ja jatkojalostaa perustuotteita kustannustehokkaasti olivat nousemassa keskeisiksi liiketoiminnan kehityssuunniksi puutuotealalla. Keskeiseksi ajuriksi arvioitiin tässä kehityksessä korkeaan tietä-taitoon perustuva osaamis pohjainen ja kustannustehokas ja markkinoiden ja asiakkaiden tarpeet ennakoivasti huomioon ottava toiminta sekä tuotevalikoimien ja -markkinoinnin että puunkasvatuksen ja -korjuun suunnittelussa ja toteutuksessa. Puuraaka-aineen laatu vaihtelun ja sen hallinnan tuntemus ja parantaminen puunhankinnassa ja puunkasvatuksessa sekä raaka-aineen tarjonnan laadun kaikinpuolinen kehittäminen sekä lyhyellä että pitkällä tähtäyksellä koettiin niinkään monipuolisesti vaikuttaviksi kehitystavoitteiksi.

Kasvavista puuvaroista huolimatta puutuoteteollisuuden tuotantoon oli vaikea saada enää määrällistä lisäystä kotimaisen raaka-aineen varassa, ottaen huomioon tekniset-taloudelliset ja organisatoriset rajoitteet, mutta raaka-aine oli saatava mahdollisimman laajasti puumarkkinoille kussakin tapauksessa sopivaan ja kannattavaan käyttötarkoitukseen. Tuotantoa ajateltiin voitavan laajentaa käyttämällä puunjalostuksessa myös vähemmän arvostettuja puuraaka-aineita, kuten harvennusten pienpuuta, lehtipuuta ja puutuoteteollisuuden sivutuotteita. Tavoitteena oli hyödyntää näitä uusissa puutuotteiden sovelluksissa, esimerkiksi osana rakennus-, sisustus- ja pihapiirijärjestelmiä ja kuljetus-, pakkaus- ja varastointijärjestelmiä. Samalla tarvittiin valmistusprosessien kehitystyötä ja liiketoiminta-, markkina- ja kilpailuympäristön analyysyjä. Puubiomassan hyödyntämisen katsottiin voivan avata uusia mahdollisuuksia puuteollisuuden sivutuotteiden ja myös hakkuista kertyvän biomassan vaihtoehtoiselle käytölle. Kemian teollisuus (esim. puun omiin ainesosiin perustuvat ns. ekoliimat ja -puunsuojausaineet, poltto- ja voiteluaineet) ja elintarvike-, lääke- ja kosmetiikkateollisuus (kylläkin pienehköin määrällisin raaka-ainetarpein) olivat vielä paljolti selvittämättömiä mahdollisuuksia puuraaka-aineen hyödyntämiseksi 2000-luvun alkupuolella.

Edellä esitetyn mukaisesti oli olemassa todellisia tarpeita laajentaa, monipuolistaa ja tehostaa puuraaka-aineen käyttöä puunjalostusteollisuudessa. Samalla oli syytä monipuolistaa puunkasvatusta pitäen kuitenkin koko ajan tavoitteena korkea laatu, joka vastaa asiakkaiden tarpeita. Metsäteollisuuden kannalta tällaisen kehityksen katsottiin todennäköisesti parantavan laaja-alaisesti puun tarjontaa ja kohentavan kilpailukykyä ja metsänomistajien kannalta lisäävän ja monipuolistavan puunmenekkiä ja täten kasvattavan metsäomaisuudesta saatavia tuottomahdollisuuksia ja kohentavan metsätalouden kannattavuutta.

Kaiken tämän kehityspotentiaalin taustalla oli luonnollisesti välttämätön tarve tuntea tarkemmin tuotemarkkinoita ja arvioida niiden tulevia muutoksia. Tämä edellytti ennakoivaa käsitystä suomalaisten puutuotteiden kilpailukykyä muualla valmistettavien kilpailevien tuotteiden kanssa ja varsinkin puutuotteiden kilpailukykyä suhteessa vaihtoehtoisista materiaaleista valmistettaviin tuotteisiin. Markkina-alueille asemoituminen ja tuote- ja asiakasryhmiin segmentoituminen edellyttivät markkina- ja kilpailija-analyysyjä ja kilpailukykyyn kannalta olennaisten vahvuuksien ja heikkouksien tunnistamista. Samoin tuli kiinnittää kasvavaa huomiota tuotearvostuksiin ja valintakriteereihin eri asiakasryhmissä.

Entistä tärkeämmäksi tuotemarkkinakysymykseksi oli tullut eurooppalaisiin ja kansallisiin tuotestandardeihin mukautuminen ja niihin soveltuvien tuotteiden kehittäminen. Tähän liittyi vaikuttaminen standardisointityössä muotoiltavien laskenta- ja arvotusmenetelmien oikeudenmukaisuuteen puumateriaalien ja -tuotteiden kannalta. Tätä varten tarvittiin ja tarvitaan edelleen objektiivisesti perusteltavissa olevaa tietoa mm. puun ja puutuotteiden teknisestä ja funktionaalisesta toimivuudesta ja ympäristösuorituskyvystä eri muodoissaan.

### **1.1.2 Ohjelman käynnistäminen**

Metsäntutkimuslaitoksessa (Metla) katsottiin, että sillä on metsäklusterin monitieteisenä ja laaja-alaisena tutkimusorganisaationa hyvät mahdollisuudet tutkia ja kehittää valittuja osia edellä esitetystä kokonaisuudesta, edellyttäen että osaamista laajennetaan puutuotealaa ja tuotemarkkinoita koskevista osista. Tältä pohjalta käytiin keskustelu tutkimusohjelman perustamisen tarpeista ja mahdollisuuksista.

Tutkimusohjelman käynnistämisen pontimina olivat kotimaisen puuraaka-aineen menekin turvaaminen, puunkäytön monipuolistaminen ja erikoistaminen ja metsäteollisuustuotteiden tulevan kysynnän asiakas- ja markkinalähtöinen arviointi muuttuvassa toiminta- ja kilpailuympäristössä. Puutuotealalle tarvittiin luvussa 1.1.1 kuvatussa lähtökohtatilanteesta johtaen entistä tarkempia tietoja puun laadusta ja sen vaihtelusta, ennustamisesta ja hallinnasta, tuotelähtöisiä ja markkinaehtoisia tarkasteluja varten sekä metsikön, rungon että rungonosan tasolla. Samoin kaivattiin tietoja eri käyttötarkoituksiin tarvittavan raaka-aineen saatavuudesta ja tuoteryhmälähtöisesti soveltuvista lähteistä (kotimainen puu, tuontipuu), runkojen apteerauksesta ja sen vaikutuksista yhtäältä jalostusarvoon ja toisaalta hakkuukertymiin ja kantorahatuloihin, raakapuun laadun mittauksesta ja hinnoitteluperiaatteista ja puutavaran laadun säilyttämisestä korjuun, kuljetuksen ja varastoinnin aikana (myös tuontipuu). Puunhankinnan rationalisoinnin osana oli tarkoituksenmukaista kehittää puutavaran määrän mittaukseen automatisoituja ja massan mittaukseen perustuvia ratkaisuja ja joustava ja yksinkertainen menetelmä markkinoille tulevien pienten puutavaraerien mittaukseen. Puutuoteollisuuden tarvitseman raaka-aineen korkean laadun varmistamiseksi ja laatupuun markkinoille saamiseksi oli tarpeen tutkia ja kehittää myös puun asiakaslähtöisen laatu- ja jalostusarvopohjaisen hinnoittelun perusteita ja menetelmiä.

Tuotemarkkinoiden ja niiden kehitysnäkymien tuntemus edellytti objektiivista tutkimustietoa suomalaisten puutuotteiden kilpailukyvyistä. Tarvetta oli myös vertaileviin analyysihin puutuotteiden kilpailukyvyistä suhteessa vaihtoehtoisiiin materiaaleihin erityisesti rakennus- ja kuluttajatuotteiden segmenteissä. Huomiota tuli kiinnittää tuotearvostuksiin ja valintakriteereihin eri asiakasryhmien piirissä, samoin kuin tulevaisuuden asiakasrakenteisiin. Uudet puuhun pohjautuvat tuotteet, puutuotteiden käyttö ja niiden arvostuskriteerien muutokset, tuotteiden kulloinkin kysyntä-tarjonta -tilanne ja sen arviointi sekä markkinointi- ja jakelukonseptit ja erilaisten markkinoinnin toimenpiteiden kohdentaminen tarjosivat sekä tieteelliseltä uutuusarvoltaan että metsätalouden kohdentuvilta seurausvaikutuksiltaan merkittäviä tutkimuksellisia haasteita.

Metlan toiminta-ajatuksen ja sen oman aseman kannalta katsottiin edellä mainittujen tutkimustarpeiden tyydyttäminen perustelluksi määräaikaisen, kohdennetun tutkimusohjelman muodossa seuraavista syistä:

1. Puunkäytön laajentamiseen ja monipuolistamiseen tähtävällä perusteita määrittävällä ja sovelluksia kehittäväällä ja esiintuovalla tutkimus- ja kehittämistyöllä oli syntynyt ajankohtainen tilaus sekä yhteiskunnan että liikemaailman tahoilta.
2. Symbioosisuhteessa elävien metsätalouden ja metsäteollisuuden intressejä oli syytä pyrkiä sovittamaan yhteen ja korostamaan toisiaan tukevien toimintojen tärkeyttä.
3. Puuraaka-aineen laatu vaihtelu ja sen hallinnan parantaminen puunhankinnan järjestelyihin liittyvin keinoin sekä raaka-aineen tarjonnan laadun kaikinpuolinen kehittäminen sekä lyhyellä että pitkällä tähtäyksellä ovat monipuolisesti vaikuttavia tutkimusaiheita.
4. Puuntuotanto ja -käyttö on taloudellista toimintaa, jolloin puunkäytön tehostamisessa korostuvat entistä enemmän puunkäytön tuotantotalous, asiakas- ja markkinalähtöiset näkökulmat ja puuta käyttävien yritysten talous. Näitä näkökulmia oli syytä kytkeä entistä lähemmin käytännön metsätaloutta edistävään tutkimukseen.
5. Puun käytön laaja-alaisuuteen tähtävä tutkimus- ja kehittämistoiminta oli määritelty yhdeksi Metlan kehitystavoitteeksi.
6. Kansallisen metsäohjelman perusteet kuten myös sen tavoitteiden saavuttaminen edellyttivät puun käytön turvaamista, laajentamista, monipuolistamista ja tehostamista.

7. Puun käyttöön ja käyttö- ja markkinointimahdollisuuksiin liittyvien tutkimusten ja niiden parissa työskentelevien tutkijoiden toisiaan täydentävä vaikutus oli hyödynnettävissä ja toiminnot myös tehokkaammin koordinoitavissa yleismetallaisessa, tulosityksikkörajat ylittävässä tutkimusohjelmassa kuin tulosityksikkövetoisissa erillishankkeissa.

PKM-tutkimusohjelman konkreettinen suunnittelu käynnistettiin keväällä 2001 tutkimushankkeessa ”Puuraaka-aineen laatu, mittaus ja hankinnan organisointi erikoistuvassa puunkäytössä”. Ohjelman sisältö suunniteltiin aluksi Metlan tutkijoiden ideointityön pohjalta, jossa taustalla olivat aihepiirin tutkimuksellisen historian tuntemus, yhteishanketoiminnassa ja muussa sidosryhmäyhteistyössä saadut ajatukset ajankohtaisista tutkimustarpeista sekä oman tutkimuksen sisällön jalostaminen ja osaamisen kehittäminen. Tavoitteena oli puun käytön edistämiseen tähtäävän tutkimusohjelman tarpeiden ja mahdollisuuksien määrittely, aihepiirin rajausta ja mahdollisten osallistujien kartoitus. Ylijohtaja Eljas Pohtila hyväksyi ohjelman käynnistämisen ehdotettuine hankkeineen monivaiheisen suunnittelukierroksen jälkeen tutkimusjohtajan esityksestä joulukuussa 2001. Ohjelman nimeksi muotoutui Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki (PKM). Kestoajaksi hyväksyttiin tässä vaiheessa 1.1.2002–31.12.2006. Ohjelman johtajaksi nimitettiin Erkki Verkasalo ja varajohtajaksi Raija-Riitta Enroth.

PKM-tutkimusohjelman suunnittelua jatkettiin tämän jälkeen tutkijakokouksissa, joissa muotoiltiin ohjelmalle toiminta-ajatus ja tarkennettiin tutkimus-, vaikuttavuus- ja kehitystavoitteita ja laadittiin ehdotukset ohjelman sisäiseksi johtoryhmäksi ja ulkopuolisista asiantuntijoista kutsuttavaksi, neuvoa antavaksi ohjausryhmäksi. Ohjelman johtoryhmän (yhdeksän jäsentä ja sihteeri, puheenjohtajana ohjelmajohtaja) ja ohjausryhmän (10 jäsentä, puheenjohtajana TkT Pekka Peura, UPM-Kymmene Oyj) kokoonpanot on esitetty liitteessä 1.

Ohjelman hankesuunnittelua toteutettiin ja tuloksia seurattiin ohjelman sisällä ohjelmajohtajan toimenpitein: tulos- ja kehityskeskustelut ohjelman ja hankkeiden välillä, hankkeiden vuosisuunnitelmat ja tulosraportit, hankkeiden rahoitusrekisteri, suoriterekisteri. Hankkeiden vuosisuunnitelmia käsiteltiin ja tuloksia seurattiin myös ohjelman tutkijakokouksissa ja johtoryhmässä (2–3 kpl/vuosi), ohjausryhmässä ja erityisesti vuotuisessa tulosneuvottelussa Metlan johdon kanssa.

## 1.2 Toiminta-ajatus ja tavoitteet

PKM-tutkimusohjelman toiminta-ajatukseksi määriteltiin:

*”Tutkimusohjelma tuottaa tietoa puuraaka-aineen vaihtoehtoisista teknis-taloudellisista ja markkinalähtöisistä käyttömahdollisuuksista puunkäytön ja puukaupan toimintaedellytysten kehittämiseksi.”*

Tiedon tuottaminen on tässä ymmärrettävä laajasti kattamaan uuden tiedon tuottamisen ja koaamisen, sen liittämisen olemassa olevaan tietoon ja kohdennetun tiedonvälityksen erilaisille tiedonkäyttäjille.

Ohjelmassa yhdistyi tietoa ja osaamista Metlan puutieteen, metsäteknologian, raakapuun ja puutuotteiden markkinoiden ja markkinoinnin sekä metsänkasvatuksen, metsien inventoinnin ja metsäpatologian tutkimusaloilta. Tukena oli yhteistutkimuskumppanien panos metsänhoidon, puuteknologian ja puumarkkinatieteen sekä rakennus-, kone-, prosessi- ja tietotekniikan aloilta.

Ohjelman vaikuttavuustavoitteiksi määriteltiin tulostoimintasuunnitelmassa:

- tukea Kansallisen metsäohjelman (KMO), Puu-Eurooppa kampanjan Puu rakentamisessa teema-alueen ja metsäteollisuuden tavoiteohjelmien (mm. Puutuoteteollisuuden Visio 2010, Puutuoteteollisuuden elinkeinopoliittinen ohjelma) toteutusta,
- tukea Valtioneuvoston osaamiskeskusohjelman 1999–2006 ja maakunnallisten kehittämisohjelmien toteutusta puu- ja metsäalaa liittyvissä kysymyksissä,
- sovittaa yhteen metsätalouden ja metsäteollisuuden puunkäyttöön liittyviä erilaisia tarpeita tutkimuksen keinoin,
- myötävaikuttaa tutkimuksilla kotimaassa toimivien puunkäyttäjien liikevaihdon kasvuun ja puunkäytön kannattavuuden parantamiseen, ja
- edistää puun markkinalähtöistä laatukasvatusta.

PKM-ohjelmalla haluttiin turvata kotimaisen puun menekkiä ja monipuolistaa puunkäyttöä ja arvioida metsäteollisuustuotteiden tulevaa kysyntää muuttuvassa toimintaympäristössä asiakas- ja markkinalähtöisesti. Ohjelmassa haluttiin korostaa puuvarojen hyödyntämisen, puuhuollon ja puutuotemarkkinoiden vuorovaikutusta, puutuoteteollisuuden väli- ja jatkojalostuksen ja pk-sektorin merkitystä ja tietotarpeita, tutkijaryhmän verkottumista eri sidosryhmien kanssa sekä tutkimustiedon välitystä ja teknologian siirtotoimintaa tiedonkäyttäjien tarpeisiin.

Tulosten kohderyhmiksi määriteltiin ennen kaikkea puunkäyttäjät ja metsänomistajat (molemmat etujärjestöineen) mutta myös julkiset hallinto-, kehittämis- ja rahoitusorganisaatiot ja puutuotteiden markkinoinnista ja menekin edistämisestä vastaavat organisaatiot.

Vaikuttavuustavoitteiden asetannan lähtökohdat täydentyivät ohjelman loppua kohden Euroopan metsäsektorin teknologiayhteisön strategisen tutkimusagendan (European FTP / SRA) ja Suomen metsäklusterin tutkimusstrategian (NRA) vahvistamisen ja lopulta Metsäklusteri Oy:n perustamisen ja Puutuotealan tutkimusstrategian valmistumisen myötä. Valtioneuvosto käynnisti myös uuden kansallisen osaamiskeskusohjelman 2007–2013, jossa Asumisen osaamisklusteri ja Uudistuva metsäteollisuus -klusteri antoivat virikkeitä myös PKM-ohjelman viimeisiin toimenpiteisiin.



PKM-tutkimusohjelmalle määriteltiin seuraavat tutkimukselliset tulostavoitteet, joihin hankkeiden tuli vastata konkreettisesti omilla tulostavoitteillaan ja sisällöillään:

- tuottaa ja koota yhteen tietoa puunkäytön monipuolistamisen perusteena olevan puuraaka-ainepotentiaalin ja varsinkin sen laadun antamista mahdollisuuksista kotimaassa toimivalle puutuoteteollisuudelle teknis-taloudellisin perustein, myös suhteessa ulkomaisiin puuvaroihin ja tuontipuuhun sekä puun kanssa kilpaileviin materiaaleihin,
- tuottaa ja koota yhteen tietoa kotimaisen puun kilpailukykyisistä ominaisuuksista ja niiden vaihtelusta sekä laadunhallinnan, tuotannon ohjauksen ja markkinointiviestinnän mahdollisuuksista puutuoteteollisuudessa, erityisesti väli- ja jatkojalostuksessa,
- tutkia ja osoittaa puunkäytön monipuolistamisen perustana olevia puutuotemarkkinoiden antamia mahdollisuuksia ja rajoitteita sekä suomalaisen tuotannon kilpailukykyä,
- tutkia ja osoittaa kotimaisen puutavaran ja sen ositteiden uusien ja vaihtoehtoisten käyttömahdollisuuksien teknis-taloudellisia ja markkinalähtöisiä edellytyksiä,
- tutkia ja osoittaa puutuoteteollisuudelle tarjolla olevan raaka-aineen laadun parantamisen mahdollisuuksia metsänkasvatuksen keinoin ja tuontipuuta hyväksi käyttäen,
- tutkia ja koota yhteen tietoa puupolttoaineiden ja puubiomassalähtöisen energian tuotannon ja käytön kehittämiseksi,
- tutkia puunkäytön monipuolistamisen vaikutuksia puuhuollon ja puukaupan toimintaedellytyksiin sekä puunmyyjien että puunostajien kannalta ja puuraaka-aineen vaihtoehtoisten loppukäyttötarkoitusten mukaan,
- seurata puutavaran mittauksen kehittämistarpeita ja tutkia uusia aines- ja energiapuun määrän ja laadun mittausten menetelmiä lähtökohtana puunkäytön tehostaminen mittausta rationaalisuudella ja mittauksen eri osapuolten edut turvaten.

Ohjelman loppupuolella käynnistettiin Metlassa Bioenergiaa metsistä tutkimus- ja kehittämisohjelma (BIO), johon energiapuuta koskevat tutkimukset siirrettiin vuonna 2007. Ohjelman tavoitteita tukeneet tuontipuun laadun tutkimukset tehtiin Metlan kansainvälisen metsätalouden tutkimusalan ohjauksessa ja hankkeissa, yhteistyössä po. tutkijaryhmän kanssa.

PKM-ohjelmaan liittyi myös Metlan oman tutkimustoiminnan kehittämistavoitteita, joista tärkeimmät olivat:

- kohentaa puutieteen, puumarkkinatieteen ja metsäteknologian tutkimuksen profilia ja tunnettua ja täsmentää asemoitumista suhteessa tutkimuksen aihealueisiin ja muihin tutkimusyksiköihin,
- erikoistua tutkimusalalla omille vahvuusalueille, joita vahvistetaan hankekohtaisesti liittämällä mukaan tarkoituksenmukaisessa laajuudessa ensisijaisesti muiden tutkimusorganisaatioiden osaamista ja/tai laajentamalla kohtuullisessa laajuudessa omaa osaamista,
- syventää omaa materiaalitieteen, logistiikan, puumarkkinoiden ja markkinoinnin tutkimuksen ja puun ominaisuuksien mittausten menetelmien osaamista,
- verkottaa tutkimus- ja kehittämisorganisaatioiden kanssa (ensisijaisesti kotimaisten, toissijaisesti ulkomaisten), ja
- verkottaa kotimaisten ja kotimaasta johdettujen metsäteollisuuden ja metsäkonevalmistuksen yritysten ja metsätalouden ja -teollisuuden etujärjestöjen kanssa.

## 1.3 Toimintastrategiat ja toteutustavat

### 1.3.1 Hankkeiden toteutus, tulosten raportointi ja julkaiseminen

PKM tutkimusohjelman koordinaatiota, kokonaissuunnittelua ja -seuranta toteutettiin ohjelman kestoajalle vahvistetun tulostoitimisuunnitelman pohjalta, jota noudatettiin hankkeissa ja seurattiin ohjelman sisällä ja ohjausryhmässä. Koordinoinnin pääperiaatteet olivat seuraavat:

- Kaikilla hankkeilla on käytettävissä vuotuisten toimintatavoitteiden mukaiset henkilö- ja raharesurssit.
- Hankkeille tarjotaan apua ulkopuolisen rahoituksen hankinnassa.
- Hankkeiden ja henkilöiden työmäärä on suunniteltu realistisesti ja riittävän joustavasti ja väljästi myös lyhytkestoisia toimeksiantotehtäviä ajatellen.
- Verkostosuhteet Metlan ulkopuolisiin tutkimusyksikköihin ja Metlan muihin tutkimusaloihin tuottavat yhteisiä konsortio- ja yhteishankerahoitushakemuksia (ml. PuuOSKE-yhteishankkeet, kansainväliset hankkeet).
- Ohjausryhmä toimii organisoidusti ja pyrkii myötävaikuttamaan ohjelman tavoitteiden toteutumiseen ja tutkimustulosten hyödyntämiseen.

Ohjelman tieteellisen sisällön profiloinnissa noudatettiin seuraavia lähtökohtia:

- Tutkimusten ongelmalähtöisyys ja tutkimusalakohtaisuus pyritään yhdistämään poikkiteollisiksi kokonaisuuksiksi.
- Tutkimukset ovat pääosin luonteeltaan julkista soveltavaa perustutkimusta, jota täydennetään sidosryhmätarpeiden vaatiessa räätälöidyn ongelmanratkaisun malleilla (palvelututkimukset).
- Keskitytään muutamaasi konkreettisiin painopistealueisiin, joilla vaikuttavuusodotukset ovat lupaavia ja joilla voidaan tarjota tukea kohderyhmille luvussa 1.2 määriteltyjen vaikuttavuustavoitteiden mukaisesti.

Tutkimusten konkreettisiksi painopistealueiksi määriteltiin: 1) lehtipuu (koivu, haapa); 2) männyn ja kuusen erityisominaisuudet; 3) pien- ja harvennuspuu ja puutuoteteollisuuden sivutuotteet; 4) puutuotteiden uudet markkinat ja kilpailu; 5) leimikoiden arvomuodostus; puunhankinnan materiaaliologiikka; puutavaran laadun parantaminen korjuussa, kuljetuksessa ja varastoinnissa; 6) aines- ja energiapuun määrän ja laadun mittaaminen. Ohjelman loppupuolella tulivat ajankohtaisiksi aiheiksi myös puurakentamisessa käytettävien materiaalien ja tuotteiden ominaisuudet ja niiden vaatimukset, ml. ympäristösuorituskyky, sekä mahdollisuudet saha- ja energiapuun hankinnan ja sahatavaran ja metsäenergiatuotteiden valmistuksen rinnakkaiseen toteutukseen.

Ohjelman tutkimustyössä toimitettiin seuraavin periaatein:

- Priorisoidaan yhteishankkeita muiden tutkimusyksiköiden ja elinkeinoelämän kanssa sekä akateemisia opinnäytetutkimuksia.
- Pyritään yhteiskonsortioin kansainvälisiin tutkimusohjelmiin: Wood Material Science and Engineering Research Programme, WoodWisdom-Net, EU:n 6. puiteohjelma, PuuOSke-hankkeet.
- Toteutetaan empiiristen aineistojen hankintaa ja käsittelyä suunnitelmallisesti ja taloudellisesti.

- Julkaistaan tulokset suunnitelmallisesti ja vaikuttavuuden kannalta sopivilla julkaisufoorumeilla: yhteishankkeiden loppuraportit (priorisoidaan Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjaa tai Metlan työraportteja -sarjaa), kotimaisten ja kansainvälisten tutkimusohjelmien sarjat, referoidut julkaisut (ensisijaisesti kansainvälisissä sarjoissa).
- Valmistetaan synteisijulkaisu ohjelman päätteeksi kaikkien hankkeiden tärkeimmistä tuloksista, johtopäätöksistä ja aihepiiriin jatkotutkimusten kokonaistarpeista.

Ohjelman tutkimustiedon välitystoiminnalle asetettiin seuraavat tavoitteet:

- Siirretään tutkimustulokset hyötykäyttöön vaikuttavasti ja tuotetaan perusteita uusien tutkimusten suunnitteluun (myös ohjelman päättymisen jälkeen).
- Seurataan aktiivisesti toimintaympäristöstä ja sen muutoksista johdettavia tutkimustarpeita olemassa olevilla instrumenteilla.
- Tarjotaan tukea Kansallisen metsäohjelman (KMO), metsäteollisuuden tavoiteohjelmien (mm. Visio 2010) ja metsäsektorin alueellisten kehittämisohjelmien toteutukseen.
- Tarjotaan ja organisoidaan tukea puutuoteollisuuden pk-sektorin kehittämiseen (PuuOske, PuuSuomi-toimintaohjelma).
- Järjestetään yhteensä 2–3 julkista tutkimuspäivää sekä ohjelman päätyttyä loppuseminaarin tärkeimmistä tuloksistaan ja niiden hyödyntämismahdollisuuksista.
- Ohjelman tutkijat ovat käytettävissä esitelmöimään ammatillisissa seminaareissa ja koulutustilaisuuksissa ja kirjoittavat artikkeleita alan ammattilehtiin.
- Ohjelman tutkijat antavat tarvittaessa lausuntoja rahoittajakäsittelyä varten ja osallistuvat alan kansallisten työryhmien ja hankkeiden ohjausryhmien toimintaan.

### 1.3.2 Tieteenalojen kehittäminen, asemointi ja profilointi

PKM-tutkimusohjelman pohjalta pyrittiin koordinoimaan puutieteen tutkimusta sekä tutkimusohjelman asiasisältöön liittyvää puumarkkinatieteen ja metsäteknologian tutkimusta entistä paremmin Metlan sisällä ja suhteessa muihin tutkimus- ja kehittämisorganisaatioihin, tavoitteena täydentävyys ja päällekkäisyyksien välttäminen. Henkilöstön rekrytoinneilla ja tutkimusmenetelmien valinnalla pyrittiin syventämään omaa osaamista osana luvussa 1.2 mainittuja kehittämistavoitteita. Tutkijakoulutusta pyrittiin edistämään systemaattisesti hankeratkaisuilla ja tutkijoiden tutkimusmetodologisia opintoja ja muun henkilöstön erikoistumisopintoja pyrittiin tukemaan työaikajärjestelyillä. Tutkimusten julkaisufoorumeita pyrittiin nostamaan ja kohentamaan asiakokonaisuuksien ja tieteenalojen pohjalta. Henkilöstölle järjestettiin vuosittain opintomatka ohjelman aihepiiriin liittyviin kohteisiin.

Toimintaympäristöstä ja sen muutoksista johdettavia tutkimustarpeita seurattiin aktiivisesti käytettävissä olleilla instrumenteilla: PuuOske / Puunkäytön laaja-alaistaminen, ohjelmajohtaja ja hankkeiden vetäjien henkilökohtaiset toimenpiteet ja kontaktit, osallistuminen kotimaiseen ja kansainväliseen ohjelmatyöhön, ohjausryhmätyöhön ja kehitysohjelmiin. Yhteistyötä koti- ja ulkomaisten tutkijoiden kanssa priorisoitiin (yhteishankkeet, osanotto muiden tutkimusyksiköiden ja -ohjelmien järjestämiin seminaareihin, kansainväliset tutkijakurssit), koska tutkijayhteisön palaute kansainväliseltä foorumilta koettiin tärkeäksi (IUFRO, COST). Ulkopuolisen rahoituksen hankintaa pyrittiin lisäämään ja tehostamaan, myös kansainvälisistä lähteistä.

## 1.4 Hankkeet ja resurssit

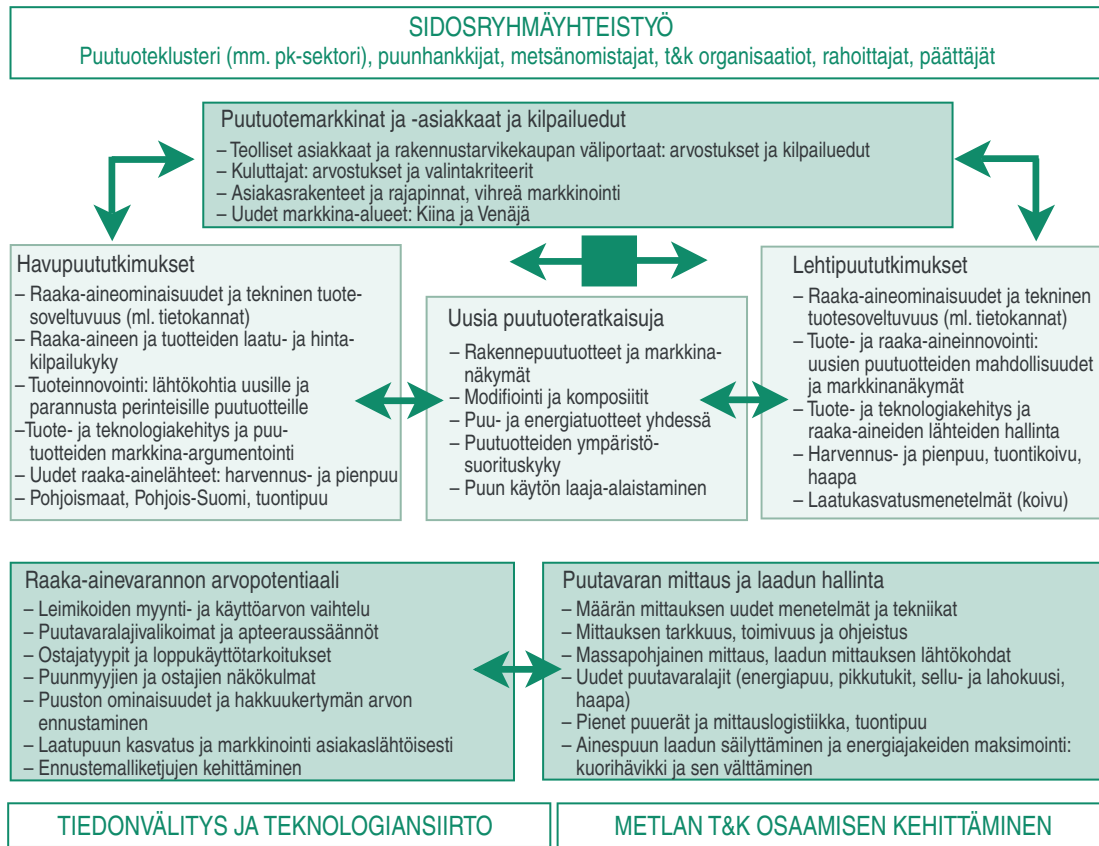
PKM-tutkimusohjelmassa oli käynnissä erityisen koordinointi- ja tiedonsiirtohankkeen lisäksi seitsemän temaattista tutkimus- ja kehittämishanketta, joita toteutettiin yhtä lukuunottamatta pääasiassa ulkopuolisesti rahoitettujen yhteis- ja asiakashankkeiden kautta. Ulkopuolista rahoitusta käyttäneitä hankkeita oli yhteensä 25 kpl, joista kansainvälisiä 6 kpl, valtakunnallisia 16 kpl ja maakunnallisia 3 kpl. Näistä oli varsinaisia uuden tutkimustiedon tuottamiseen tähdänneitä hankkeita 15 kpl, yhteishankkeiden valmisteluhankkeita 2 kpl ja erilaisia tiedonsiirtohankkeita 7 kpl. Asiantuntijapalveluiden toteuttamista varten oli oma hankkeensa (Puutieteen koulutus- ja kurssi-toiminta). – Ohjelman hankkeet on lueteltu liitteessä 2. Niistä on tarjolla lisätietoja Metlan internet-sivuilla koskien taustoja, tavoitteita, yhteistyötä ja tuloksia, ks. <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/index.htm>.

Ohjelma oli verkottunut hankkeiden kautta muiden metsäsektorilla käynnissä olleiden tutkimus- ja kehittämishankkeiden kanssa ja sillä oli tietopohjaa rakentavia yhteishankkeita kansallisessa Wood Wisdom -tutkimusohjelmassa, Tekesin Tukista Tuplasti -teknologiaohjelmassa ja suomalais-ruotsalaisessa Wood Material Science and Engineering Research Programme -ohjelmassa sekä EU:n Interreg 3a / Regio Karelia Naapurisuusohjelmassa, Pohjois- ja Itä-Suomen EMOTR-ohjelmissa ja Keski-Suomen ESR-ohjelmassa. Tiedonvälitystä ja osaamisen siirtoa pk-yrityksille toteutettiin tutkimushankkeiden lisäksi Puutuoteteollisuuden osaamiskeskusohjelmassa (Puu-Oske 1999–2006) teemahankkeella Puunkäytön laaja-alaihin. Maakunnallista tiedonsiirtoa tehtiin myös Pirkanmaan alueellisessa hankkeessa Pirkanmaan puutoimialan toimenpideohjelma (2006–07), joka kuului EU:n kansalliseen ALMA-ohjelmaan, ja osana Lapin, Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen edellä mainittuja alueellisia hankkeita. Erikseen on mainittava yhteistoiminta PuuSuomi toiminta- ja laatuohjelmien kanssa.

Ohjelman hankkeiden suorat kustannukset olivat kaikkiaan 5,5 milj. €, josta ulkopuolista rahoitusta oli 47 %. Ohjelmassa käytettiin henkilöstön työaika yhteensä 133 htv, josta oli tutkijatyötä 63 htv ja muun henkilöstön työtä 70 htv.

Ohjelman hankkeita rahoittivat julkisrahoittajista maa- ja metsätalousministeriö, sisäasiainministeriö (osaamiskeskusohjelma 1999–2006), opetusministeriö (Metsätieteen tutkijakoulu), Suomen Akatemia, Tekes ja Etelä-Savon, Keski-Suomen, Lapin ja Pirkanmaan TE-keskukset. Rahastoista ja säätiöistä myönsivät hankerahoitusta ja apurahoja Suomen Kulttuurirahasto, Puumiesten ammatikasvatussäätiö, Metsämiesten säätiö, Eino Kollin säätiö, Heikki ja Hilma Honkasen säätiö, Salorinteen säätiö, Alfred Kordelinin säätiö ja Niemi-säätiö. Muita hankerahoittajia olivat Visaseura ry, Joensuun Tiedepuisto Oy, Parkanon Säästöpankki ja Luoteis- ja Ylä-Pirkanmaan seutukunnat.

Kolme suurta ja 15 pk-sektorin keskisuurta puutuoteyritystä, neljä metsä- ja puuteollisuuskoneiden valmistajaa, kaksi metsäkeskusta, useat yhteismetsät ja metsänhoitoyhdistykset ja Metsähallitus olivat merkittävällä panoksella mukana ohjelman hankkeissa rahoittajina ja toimijoina. Hankkeet tekivät yhteistutkimusta kotimaassa mm. VTT:n silloisten yksiköiden Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (Otaniemi) ja Prosessit (Jyväskylä), Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen (PTT), Metsäteho Oy:n, Wood Focus Oy:n ja Puuinfo Oy:n kanssa sekä Joensuun, Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen ja useiden ammattikorkeakoulujen kanssa. Kansainvälisiä yhteishankkeita oli käynnissä ruotsalaisten, venäläisten ja saksalaisten yliopistojen kanssa.



**Kuva 4.** PKM-tutkimusohjelman sisältö tutkimusteemoittain jaoteltuna ja teemojen väliset vuorovaikutussuhteet hankkeiden toisiaan täydentävän vaikutuksen ja yhteistyön kautta.

Kuvassa 4 on esitetty se kokonaisuus ja vuorovaikutussuhteet tutkimusteemoittain, jonka ohjelman hankkeet tietotuotannollaan muodostivat. Tätä teema-aluejaottelua on käytetty loppujulkaisun seuraavissa osissa, joissa kunkin hankkeen tulokset asetuvat omaan lokeroonsa ohjelman kokonaisuudessa.

## Kirjallisuus

- Maa- ja metsätalousministeriö. 1999. Kansallinen metsäohjelma 2010. MMM:n julkaisuja 2/1999. 38 s.
- Metsäteollisuus ry. 1999. Visio 2010. Suomen metsäteollisuuden skenaario- ja strategiatyön loppuraportti. 42 s.
- Metsäteollisuus ry. 2006. Suomen puutuoteteollisuus 2020. Skenaario- ja strategiatyön loppuraportti. 47 s.
- Metsäteollisuus ry. 2008. Puutuoteklusterin tutkimusstrategia. 24 s.
- Parvinen, P., Alajoutsijärvi, K., Ollila, I., Häppölä, P. & Rosendahl, N. 2009. Suomalaisen puutuoteteollisuuden jalostusarvon kasvattaminen. Monistesarja. 79 s. Symbioosi Oy.
- Timwood AB. 2004. Roadmap 2010. Tiivistelmä. 32 s. Metsäteollisuus ry. Kooste julkaisusta: CEI Bois (toim.). Roadmap 2010 for the European Woodworking Industries. Tukholma/Bryssel, 4.3.2004.

## 2 Havupuun ominaisuudet, käyttömahdollisuudet ja laatukilpailukyky puutuotealalla

*Erkki Verkasalo, Mika Grekin, Seppo Nevalainen, Håkan Lindström, Tapio Wall, Jorma Fröblom, Reeta Stöd, Antti Lukkarinen ja Harri Kilpeläinen*

### 2.1 Tausta, tavoitteet ja sisältö

Mänty oli sekä tuotantomäärien että taloudellisen tuloksen suhteen tärkein puulaji sahateollisuudessa kuten myös puutuotealan jatkojalostuksessa 1990-luvun puoliväliin saakka. Kuusi ohitti tällöin männyn tuotantomäärissä, mutta männyn osuus kuten myös tuotteiden suhteellinen hinta kohosivat taas vuosien 2005/2006 jälkeen. Sahauksen suuntauksena oli 1990-luvulla keskittyä yksittäisillä tuotantolaitoksilla puulajin mukaan, varsinkin konsernien sisällä sahoja jaettiin joko mänty- tai kuusisahoihin. Monet kuusisahat ovat ottaneet männyn uudelleen tuotevalikoimaansa 2000-luvulla, yhtäältä sahattavan puun saatavuuden ja toisaalta tuotemarkkinoiden kansainvälisen kilpailutilanteen ja asiakkaille tarjottavien tuotevaihtoehtojen vuoksi.

Hakkuumahdollisuusarviot ovat viestittäneet mäntytukin kasvavista määristä keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä lähes koko maassa, ja vastaavasti kuusitukin niukkuudesta jo lyhyellä ja varsinkin keskipitkällä aikavälillä useilla tärkeillä sahausalueilla (Nuutinen ym. 2007). Pieniläpimitaisen sahauskelpoisen ja osittain pyöröpuuksi sorvauskelpoisen männyn ja jossain määrin myös kuusen hakkuumahdollisuudet ovat samalla kasvamassa merkittäviin mittasuhteisiin. Metsäklusterimme strategisia avainkysymyksiä on, miten toimien ja missä puutuoteryhmissä on mahdollista ja kannattavaa lisätä männyn käyttöä, mahdollisesti kuusta korvaten.

Puutuotealalla männyn jatkojalostusta on laajennettu olennaisesti tällä vuosituhannella rakennus-, rakennuspuusepän- ja sisustustuotteisiin, erityisesti pk-yrityksissä mutta myös muutamilla konsernien sahoilla. Jalosteita valmistetaan sekä aihioina, tuoteosina, lopputuotteina rakennusteollisuuden tuotejärjestelmiin ja kuluttajakäyttötarkoituksiin (sisustaminen, korjausrakentaminen, tee-se-itse -rakentaminen, yms.). Järeää mäntyä on ryhdytty käyttämään jossain määrin myös havuvarerien raaka-aineena. Männyn jatkojalostuksessa ja erityisesti kehittyneiden puutuotejärjestelmien suunnittelussa on edelleen nähtävissä runsaasti käyttämättä olevia mahdollisuuksia, joilla on hyvät mahdollisuudet tyydyttää kuluttajien ja teollisten asiakkaiden tuotevaatimuksia – erityisesti jos niihin voidaan liittää entistä parempia asiakaspalvelufunktioita ja toiminnallisia etuja.

Perinteinen mäntytukki, läpimitaltaan vähintään 15 cm ja pituudeltaan markkinatilanteesta ja käyttäjästä riippuen vähintään 3,1–4,3 m (maksimipituus 6,1 m), on edelleen pääasiallinen raaka-aine useimmille sahoille. Erityisen haluttuja ovat hyvälaatuiset tyvitukit, joiden mitta- ja laatuvaatimukset tosin voivat olla hyvinkin ankarat, joskus jopa 28 cm:n minimiläpimita ja lähes ehdoton suoruus. Myös erikoispuutavaralajeilla kuten pylväillä ja viilutettavilla tyvitukeilla on merkitystä eräillä hankinta-alueilla.

Pelko järeän puun niukkuudesta ja hinnan noususta mutta myös jatkojalostuksen antamat mahdollisuudet ovat nostaneet tavallista tukkia pienemmät sahattavat ja/tai pyöröpuuksi sorvattavat

pikkutukit, parrunaihiot ja sahakuidun todelliseksi tavaralajeiksi puumarkkinoilla. Näin on varsinkin Pohjois- ja Länsi-Suomessa, jossa nuorten ja pienirunkoisten männiköiden osuus on suurin. Näiden tavaralajien minimiläpimitta vaihtelee välillä 8–14 cm ja pituus välillä 2,5–4,6 m. Pikkutukkia tehdään yleisimmin 12–13 cm:n minimiläpimittaan ja 3,1–4,3 m:n pituuksiin.

Mänty- ja kuusitukkia on myös tuotu kohtalaisen suuria määriä 1990-luvun puolivälin jälkeen ennen kaikkea Venäjältä. Tuontitukilla on ollut merkitystä Itä- ja Pohjois-Suomen sahoille; varsinkin pitkiä, yli 5,2 m:n sahatukkeja on tarvittu täydentämään puuttuvia sahatavarapituuksia kauppaerien haluttuun keskipituuteen pääsemiseksi ja korkeahintaisten pitkien erikoiserien mahdollistamiseksi. Havuvaneri- ja kertopuutehtailla on puolestaan tarvittu suuria määriä järeitä kuusitukkeja täydentämään kaikissa suhteissa kotimaisen kuusen tarjontaa. Puutuoteteollisuutemme käyttämästä männystä on ollut 2000-luvulla kotimaan järeää tukkia 77–86 %, kotimaan pikkutukkia, parrunaihoita ja sahakuitua runsaat 9–15 % ja tuontitukkia 5–11 %, kuusesta vastaavasti kotimaan järeää tukkia 80–90 %, kotimaan pikkutukkia 3–5 % ja tuontitukkia 5–15 % (Metinfo 2010).

Myös kotimainen jatkojalostava teollisuus on potentiaalisesti pulaa sopivasta sahatavarasta, viilusta ja vanerista. Samalla tavalla kuin sahat ja viilu- ja vaneritehtaat ovat tuoneet tukkia, ovat myös rakennuspuusepäntehtaat, rakennuskomponenttien ja liimatun puun valmistajat ja puuelementti- ja hirsitalotehtaat tuoneet jossain määrin saha- ja höylätavaraa ja viiluja raaka-aineikseen. Niiden laadun ja soveltuvuutta lopputuotteisiin on ajoittain epäilty, eivätkä kokemuksetkaan ole olleet pelkättäviä myönteisiä. Vaihtelu ulkomaisten toimittajien välillä on samalla havaittu suureksi.

Pohjoismaisen mäntysahatavaran reaalihinta oli hitaassa mutta jatkuvassa laskussa viime vuosikymmenen loppupuolella aina 1970-luvulta lähtien. Tämän sanottiin johtuneen muiden havupuulajien ja muiden mäntytuottajien (Baltia, Venäjä) tulosta samoille markkinoille. Suurin kilpailu tuli kuitenkin ei-puuaineisten materiaalien taholta (teräs, betoni, alumiini, muovit ja muovikomposiitit, MDF). Nämä ovat pitkälle käyttökohteen mukaan optimoituja materiaaleja, joilla on etuina tasalaatuisuus, hyvä elinkaarikestävyys ja tuotteiden helppo asennettavuus käyttökohteeseen.

Mäntytuotteiden hintataso on sittemmin kohonnut uudelleen, ainakin suhteessa kuuseen ja muutenkin kuin vuosien 2005/2006 poikkeuksellisen hyvän puutuotteiden kysyntätilanteen vuoksi. Kuusen sahausmäärien kasvu Saksassa, Venäjällä ja myös Ruotsissa on samalla kiristänyt kilpailua vientimarkkinoilla. Mäntysahateollisuudellemme Venäjä on Baltian ohella ainoa merkittävä kilpailija johon nähden teollisuudellamme on kuitenkin vielä kilpailuetuja laadun hallinnassa ja asiakaspalvelussa. Työ- ja raaka-ainekustannuksissa edut ovat selvästi kilpailijoiden puolella, mutta nekin ovat pienenemässä. Markkinoiden kehittämisessä on ollut positiivista, että mäntytuotteiden markkinat ovat avautuneet suomalaiselle saha- ja jatkojalostusteollisuudelle Japaniin, ne ovat vahvistuneet perinteisillä markkina-alueilla Iso-Britanniassa ja Välimeren maissa, Euroopassa ja Pohjois-Afrikassa ja hyviä kasvumahdollisuuksia on ilmennyt mm. Ranskassa ja Aasiassa.

Pohjoisen männyn aiemmin hyviksi tunnustettujen erityisominaisuuksien merkityksen pienentämisestä ja jopa unohtumisesta oli nähtävissä merkkejä 1990-luvulta lähtien, erityisesti puutuotekaupan väliportaissa ja kuluttajien piirissä mutta myös teollisten loppuasiakkaiden markkinoilla. Mäntypuun piilevien vahvuuksien hyödyntämismahdollisuuksia ei selvästikään tunneta riittävästi ja on olemassa tarve määritellä strategiset materiaaliominaisuudet tuote- ja teknologiakehitystyötä varten – erityisesti nousevien tuoteryhmien kannalta (mm. rakennustuotteet, piha- ja ympäristörakentaminen). Loppukäyttäjien valintakriteerien sekä asiakasmarkkinoille asemoitumisen, tuoteryhmiin segmentoitumisen ja markkinointiviestinnän tarpeiden koetaan myös muuttuneen. Tämä korostaa tietopohjaisen, asiakasvaatimukset tunnustavan argumentoinnin tarvetta yhtäältä teollisten asiakkaiden ja toisaalta kuluttajien suuntiin.

Esimerkiksi FAO:n ennusteiden mukaan sahatavaran kulutus kasvaa maailmassa vain keskimäärin 0,9 % vuodessa seuraavan 10 vuoden aikana, ja erityisen hitaasti sahateollisuutemme päämarkkina-alueilla Euroopassa. Useimpien männyn tuoteryhmissä kilpailevien materiaalien, kuten muovikomposiittien, alumiinin, rakennusteräksen ja betonin hinnat ovat kuitenkin nousseet 2000-luvulla selvästi nopeammin ja niiden odotetaan nousevan edelleen nopeammin kuin puulla. Tämä johtuu siitä, että niiden raaka-aineiden saatavuus on öljy- ja mineraalipohjaisuuden vuoksi jatkossa vaikeutumassa ja niiden kysyntä on jatkuvassa kasvussa kehittyvillä talousalueilla.

Rakentamisen ja asumisen tuotemarkkinoilla puulla on myös etulyöntiasema uusiutuvana raaka-ainelähteenä ja hiiltä sitovana materiaalina, olettaen että rakennusten, tuotteiden ja materiaalien ympäristösuorituskyvyn laskentastandardit muotoutuvat käynnissä olevissa standardisointiprosesseissa objektiivisin perustein eri materiaaleja vertaileviksi. Kuluttajatutkimusten mukaan puuta pidetään inhimillisenä ja ekologisenä materiaalina, jota halutaan käyttää, mikäli tuotteet ovat pitkäikäisiä ja helppohoitoisia, turvallisia ja terveellisiä, visuaalisesti vetoavia ja antavat erilaisia toiminnallisia etuja arkipäivän elämään. Puupohjaisten tuotteiden imago on jo nyt hyvä ja niiden hintakilpailukyky voidaan olettaa paranevan edelleen jo 5–10 vuodessa ja varsinkin pitemmällä tähtäyksellä.

Metsäntutkimuslaitoksessa (Metla) toteutettiin puuntutkimuksen piirissä 2000-luvulla sarja puuteieteellisiä ja -teknologisia ja puumarkkinatieteellisiä tutkimuksia, joiden tavoitteina oli:

- tuottaa uusia ja nostaa esille vanhoja tietoja ja järjestää tiedonsiirtoa ja asiantuntijapalvelua pohjoismaisen päätehakkuista saatavan männyn kilpailukykyisistä ominaisuuksista ja niiden vaihtelusta puutuoteteollisuuden tärkeissä tuoteryhmissä markkinointiviestinnän, tuote- ja teknologiakehityksen ja raaka-aineen hankinnan suuntaamisen tueksi (Verkasalo ja Kilpeläinen 2004, Lindström ym. 2005, 2009, Nevalainen 2005, Verkasalo ym. 2005, 2007a, 2008a, Grekin 2006a,b,c, 2007a,b, Grekin ja Verkasalo 2007, 2010a,b, Gyawali ja Grekin 2007, Lindström ja Nylinder 2007, Verkasalo ja Kettunen 2007, Grekin ja Surini 2008);
- määrittää sahapuukelpoisten puutavaralajien hakkuukertymiä ja hankintakustannuksia suomalaisista harvennusmänniköistä, analysoida puuaineen, puutavaran ja puutuotteiden teknisiä ominaisuuksia ja hankinnan ja käytön kannattavuutta sekä määritellä raaka-aineelle soveltuvia tuotteita ja niiden saantoa, laatua ja arvopotentiaalia sahojen jatkojalostuksen ja harvennuspuukaupan kehittämisen tarpeisiin (Verkasalo ja Fröblom 2002, Wall ym. 2005a, Stöd ja Kilpeläinen 2006, Stöd ym. 2006, Stöd 2009, Stöd ja Verkasalo 2011, ks. myös Stöd ym. 2003, Verkasalo ym. 2006);
- tutkia männyn ja kuusen normaali- ja erikoistavaralajien teknis-taloudellista saatavuutta Pohjois-Suomen nykypuustoissa ja 5–20 vuoden aikajänteillä siten, että tukkitavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset vastaavat puu- ja rakennustuotemarkkinoilla kysytyjä lopputuotteita ja soveltuvat mahdollisimman hyvin alueen puustojen erityispiirteisiin (Lukkarinen ym. 2007, Verkasalo ym. 2008c, Salminen ym. 2009), ja pohjoisen kuusen ominaisuuksia ja soveltuvuutta vaativiin rakennus- ja rakennuspuusepäntuotteisiin (Lukkarinen 2005, 2009, Lukkarinen ym. 2005).

Tutkimukset suunniteltiin ja organisoitiin PKM-tutkimusohjelman tutkimushankkeessa 3354 Männyn laatutekijät puutuoteteollisuudessa. Päätehakkuumäntyä koskeneet tutkimukset tehtiin suomalais-ruotsalaisen tutkimusohjelman Wood Material Science and Engineering Research Programme hankekonsortiossa Specific properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing (SPWT, 2003–2007), jossa Metla toteutti hankkeen 602882 Pohjoismaisen männyn kilpailukykyiset ominaisuudet rakennuspuusepäntuotteissa, rahoittajana Suomen Akatemia. Näihin tutkimuksiin hankittiin empiirinen aineisto



(2002) ja järjestettiin asiantuntijaryhmätoiminta (2004–2006) maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusmäärärahoista myönnettyllä rahoituksella (hankkeet 7112 ja 7151). Tutkimuksia täydennettiin Metsätieteen tutkijakoulun rahoituksella (väitöskirjaprojekti).

Harvennusmätntyä koskeneet tutkimukset tehtiin Wood Wisdom -tutkimusohjelmassa Metlan ja VTT:n hankekonsortiossa. Harvennusmännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen (2000–2004) ja Metlan tutkimukset samannimisessä Metlan hankkeessa 7054. Konsortion rahoittajina olivat maa- ja metsätalousministeriö, Tekes ja viisi keskisuurta sahayritystä. Lisäksi tehtiin Metlan omalla rahoituksella esitutkimus puuraaka-aineen hankinnasta harvennusmänniköistä normaali- ja pikkutukkeja käyttävien sahojen ja metsähakkeen käyttäjien tarpeisiin (Wall ym. 2005b). Tutkimuksia täydennettiin Metlan omalla, useiden säätiöiden ja rahastojen ja Metsätieteen tutkijakoulun rahoituksella (väitöskirjaprojekti).

Sahapuun saatavuuden ja kuusen erityisominaisuuksien tutkimukset Pohjois-Suomessa tehtiin Lapin puuohjelman aloitteesta käynnistetyssä hankkeessa 7135 Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta (2003–2006), jonka rahoittivat Lapin TE-keskus (EU:n EMOTR-ohjelmasta), maakunnassa toimivat puutuoteteollisuuden yritykset, yhteismetsät ja metsänhoitoyhdistykset, Metsähallitus ja Metla.

Näiden lisäksi tutkittiin PKM-ohjelman tutkijoiden toimesta Metlan kansainvälisen metsätalouden tutkimusryhmän johtamassa hankkeessa ”Venäjän puun laatu ja metsäalan kaksisuuntainen tietopalvelu, 2005–2008” venäläisestä tuontikuusesta ja -männystä saatavan sahatavaran laatu ja soveltuvuutta jalosteisiin suomalaiseen puuhun vertaillen (Verkasalo ym. 2007b, 2008b, Hautamäki ym. 2010a,b, Wall ym. 2010; ks. myös Hanhijärvi ym. 2005, Ranta-Maunus 2007, Hanhijärvi ja Ranta-Maunus 2008). Hanketta rahoittivat EU:n Interreg 3a Regio Karelia Naapuruusohjelma, kaksi puutuoteyritystä ja Metla. Jatkotutkimuksiin saatiin lisärahoitusta Puumiesten ammattikasvatussäätiöltä.

## **2.2 Pohjoismaisen männyn vahvuudet ja laatukilpailukyky**

### **2.2.1 SPWT-konsortio**

Pohjoismaisen männyn erityisominaisuuksia tutkittiin SPWT-konsortiossa kirjallisuuteen ja empiirisiin aineistoihin pohjautuen, Metlassa rakennuspuusepän-, sisustus- ja huonekalutuotteiden kannalta ja Ruotsin maatalousyliopiston eli SLU:n Forest Products –yksikössä rakennustuotteiden kannalta. Konsortioon kuului laajoja puumarkkinatieteellisiä tutkimuksia, jotka tehtiin kysely- ja haastattelumenetelmin: SLU:n Forest Products –yksikössä saha- ja jatkojalostusteollisuuden piirissä niiden innovaatiotoiminnasta ja tuotekehityksestä painottaen mätntyä käyttävää teollisuutta (ajurit, prosessit, mahdollisuudet, esteet, tulokset), Helsingin yliopistossa asiakkaiden piirissä Iso-Britannian ja Saksan teollisten loppukäyttäjien liiketoimintaympäristössä tapahtuvista muutoksista sekä pohjoismaisten puutuotteiden toimittajien lisäarvotarjoukselle asetettavista vaatimuksista (tuote, palvelu, informaatio ja sen saatavuus).

Konsortion sisäistä kehittämis- ja ideointityötä, tutkimus- ja kehittämistyön lähtötilanteen kartoitusta, tavoitteiden priorisointia ja relevanttisuuden varmistamista kuten myös markkinointiargumentoinnin, tuote- ja teknologiakehityksen ja liiketoiminta- ja asiakasnäkökulmien pohdintaa sekä tiedonsiirtoa varten kutsuttiin erityinen asiantuntijaryhmä. Tämä kokoontui neljä kertaa konsortion kestoaikana ja sen kanssa yhteistyössä järjestettiin konsortion loppuseminaarit Ruotsissa ja Suomessa. Asiantuntijaryhmässä oli konsortion tutkimusryhmien lisäksi edustajia puutuo-

teyrityksistä (ohjausryhmän jäsenet 5 kpl, kutsutut jäsenet 12 kpl), puutuotealan suomalaisista ja ruotsalaisista etujärjestöistä (4 kpl) ja tutkimus- ja kehittämisorganisaatioista (5 kpl). Konsortion ohjausryhmässä oli yritysedustajien lisäksi edustus Wood Material Science and Engineering Research Program –ohjelmasta (2 kpl) ja osallistuneiden tutkimusyksiköiden osahankkeista (4 kpl).

Konsortio toteutettiin Metlan johdolla kumppaneina edellä mainitut tutkimusyksiköt sekä neljä suomalaista puutuoteyritystä ja yksi ruotsalainen puutuoteyritys. Tulokset on esitelty tiivistetyksi konsortion loppuraportissa (Verkasalo ym. 2007a) ja yksityiskohtaisesti Suomessa ja Ruotsissa järjestettyjen loppuseminaarien esitelmissä ja niiden lyhennelmissä ([www.woodwisdom.fi](http://www.woodwisdom.fi) -> *Wood Material Science and Engineering* -> *Events* -> *SPWT Expert Meeting 07122006 Uppsala, Nordic pine in wood products industries and customer markets*). Asiantuntijaryhmäkokousten muistiot ja tiedonsiirtomateriaalit ovat saatavissa Metlasta. Mainittakoon erikseen tutkijaryhmien yhteistyönä konsortion tärkeimmistä johtopäätöksistä laatima SWOT-analyysi ”Entistä dynaamisempi ja kilpailukykyisempi mäntyteollisuus pohjoismaissa” (Roos ym. 2007).

### 2.2.2 Kirjallisuustarkastelu

Metla vertaili tarkastelujen pohjaksi pohjoista mäntypuuta tärkeimpiin kilpaileviin havupuulajeihin ja ei-puuaineisiin materiaaleihin kirjallisuudesta saatavissa olleiden tietojen perusteella (kuva 1). Pohjoismaista mäntyä vertailtiin kilpaileviin puulajeihin yhtäältä rakennuspuusepän-, sisustus- ja huonekalutuotteiden, ja toisaalta rakenteellisten, mekaanista lujuutta ja jäykkyyttä vaativien käyttökohteiden kannalta. Ensin mainitussa tuoteryhmässä vertailussa olivat mukana jättituija (*Thuja plicata*), ponderosamänty (*Pinus ponderosa*), loblollymänty (*P. taeda*) ja radiatamänty (*P. radiata*), jälkimmäisessä tuoteryhmässä kontortamänty (*P. contorta*), kuusi (*Picea abies*) ja douglaskuusi (*Pseudotsuga menziesii*). Ei-puuaineisten materiaalien osalta pohjoismaista mäntypuuta verrattiin tärkeimpiin kilpaileviin materiaaleihin kolmessa tuoteryhmässä: rakennuspuusepäntuotteissa (tapaus: ikkunanpuitteet), ulkoverhouksissa ja rakenteellisissa käyttökohteissa.

Pohjoismaisen männyn puuaineen tiheys on likimain keskitasoa kilpaileviin havupuulajeihin verrattuna (taulukko 1). Männyn keskimääräiset lujuus- ja jäykköysarvot ovat kuitenkin korkeampia useimpiin vaihtoehtoihin verrattuna; ainoastaan loblollymänty ja pohjoisamerikkalainen douglaskuusi ovat lujuudeltaan kotoista mäntyä parempia. Männyn lujuusjakauma on varsin laaja, mikä korostaa asiakaskohtaisen lujuuslajittelun merkitystä mutta mahdollistaa varsin korkean erikoislujien laatujen saannon.

Erityisesti puun jatkojalostuksessa ja loppukäytössä on tiheyden itsensä lisäksi olennaista sen tasaisuus. Mikäli tiheuserot puun ytimen ja pinnan välillä ovat suuria, näkyy se puutuotteiden epätasaisena kutistumisena, muodonmuutoksina ja halkeiluherkkyytenä kuivauksessa ja käytössä kuten myös mekaanisissa liitoksissa ja rakenteellisessa käytössä haitallisena lujuuden ja jäykkyyden vaihteluna. Ominaisuudet vaihtelevat kaikilla puulajeilla melko paljon yksittäisten puiden sisällä sekä puiden, metsiköiden ja maantieteellisten alueiden välillä. Useimmissa tapauksissa lujuus- ja jäykköysominaisuuksien vaihtelu on suoraa seurausta puuaineen tiheyden vaihtelusta. Männyllä vaihtelu on yleensä sitä pienempää mitä pohjoisempi on puun alkuperä, joten pohjoinen mänty on mekaanisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan tasalaatuisempaa kuin eteläisiltä alueilta peräisin oleva. Vaikka pohjoisen männyn tiheys ja siihen yhteydessä olevat ominaisuudet ovat keskimäärin alemmalla tasolla, hidas kasvu ja suhteellisen pienet oksat kompensoivat tätä vaikutusta.

**Nordic Scots Pine vs. Selected Competing Species and Non-Wood Substitute Materials in Mechanical Wood Products Literature Survey**

Mika Grekin



**METLA** [www.metla.fi](http://www.metla.fi)

**Contents**

Preface .....	5
<b>1 Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Nordic Scots pine vs. competing species .....</b>	<b>7</b>
2.1 Description of the selected tree species .....	7
2.1.1 Scots pine - <i>Pinus sylvestris</i> L. ....	7
2.1.2 Western red cedar - <i>Thuja plicata</i> D. Don. ....	8
2.1.3 Ponderosa pine - <i>Pinus ponderosa</i> Laws. ....	9
2.1.4 Loblolly pine - <i>Pinus taeda</i> L. ....	10
2.1.5 Radiata pine - <i>Pinus radiata</i> D. Don. ....	11
2.1.6 Lodgepole pine - <i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> Engelm. ....	12
2.1.7 Norway spruce - <i>Picea abies</i> (L.) Karst. ....	13
2.1.8 Douglas-fir - <i>Pseudotsuga menziesii</i> Mirb. ....	13
2.2 Comparison of species for joinery, interior, and furniture products .....	14
2.3 Comparison of species for structural products .....	22
2.4 Conclusions .....	29
<b>3 Nordic Scots pine vs. non-wood substitute materials .....</b>	<b>30</b>
3.1 Joinery products, case window frames .....	30
3.1.1 Introduction .....	30
3.1.2 Aluminium .....	31
3.1.3 Unplasticised polyvinyl chloride (PVC-U) .....	34
3.1.4 Steel .....	35
3.1.5 Comparison of wood and non-wood substitute materials in window frames .....	35
3.2 Exterior cladding (siding) .....	36
3.2.1 Introduction .....	36
3.2.2 Brickwork .....	39
3.2.3 Concrete .....	39
3.2.4 Glass .....	40
3.2.5 Portland cement plaster, render, stucco .....	40
3.2.6 Wood-plastic composites .....	41
3.2.7 Plastics .....	42
3.2.8 Cement-bonded wood composites .....	42
3.2.9 Steel .....	43
3.2.10 Comparison of wood and non-wood substitute materials in claddings .....	43
3.3 Structural products .....	46
3.3.1 Introduction .....	46
3.3.2 Breeze-blocks and aerated concrete blocks .....	46
3.3.3 Concrete .....	47
3.3.4 Engineered wood products (EWP) .....	48
3.3.5 Steel .....	48
3.3.6 Comparison of wood and non-wood substitute materials in structural products .....	49
<b>4 Conclusions .....</b>	<b>52</b>
<b>References .....</b>	<b>54</b>
<b>Appendix: Numerical data concerning wood properties of selected tree species .....</b>	<b>63</b>

**Kuva 1.** Kirjallisuustarkastelun sisältö (Grekin 2006a, 2007b).

**Taulukko 1.** Pohjoismaisesta männystä ja eräistä muista havupuulajeista saadun sahatavaran tyypillinen ilmakuivatiheys (kosteussuhde 12 %) (Grekin 2006a, 2007b).

Puulaji	Latinalainen nimi	Ilmakuivatiheys, kg/m <sup>3</sup>
Jättituija	<i>Thuja plicata</i>	330
Kuusi	<i>Picea abies</i>	380
Kontortamänty	<i>Pinus contorta</i>	420
Mänty	<i>Pinus sylvestris</i>	430
Douglaskuusi	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	490
Loblollymänty	<i>Pinus taeda</i>	520

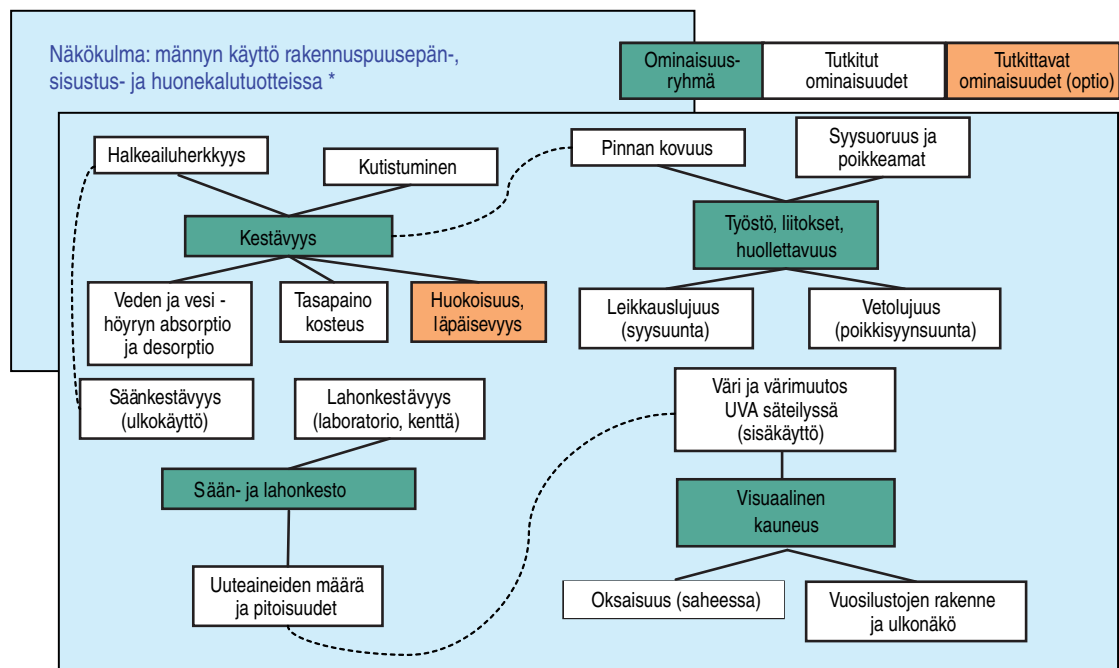
Pohjoisen männyn valttina useimpiin puulajeihin verrattuna on myös puuaineen tasalaatuisuus. Koska vuosilustot ovat melko kapeita ja puuaineen tiheys kohtuullisen korkea ytimenkin lähellä, sen ympärillä on vähemmän nuorpuuta joka on myös laadultaan ilmeisesti parempaa kuin esim. nopeakasvuisella radiatamännyllä. Täten nuorpuu ei aiheuta männyllä läheskään yhtä suuria kuivaus-, työstö- ja käyttöongelmia eikä se heikennä myöskään samassa suhteessa lujuttua, jäykkyyttä ja kovuutta. Suhteellisen tasaisen vuosilustorakenteen ja värin ansiosta pohjoinen mänty so-pii yleensä hyvin niihin käyttökohteisiin, joissa materiaali jää näkyviin (esim. paneloinnit, listat, huonekalut); tosin sydän- ja pintapuun väri vaihtelu ja vaihtelevan laatuiset ja suuret oksat voivat häiritä muuten tasaista visuaalista ilmettä. Männyn työstäminen, liimaus, pintakäsittely ym. onnistuvat yleensä helposti, kunhan käytetään sopivia menetelmiä, työkaluja ja -koneita ja käsitte-lyaineita. Vertailussa mukana olleiden havupuulajien välillä ei ole suuria eroja työstettävyydessä, niiden puuaines on melko suorasyistä mutta tekstuuri vaihtelee melko tasaisesta karkeaan.

Männyn merkittävimpinä puutteina pidetään heikkoa pitkäaikaiskestävyyttä lahottajasieniä vastaan maakosketuksessa, monia kilpailijoita rajallisempaa kosteudensietokykyä sateille alttiissa käytössä ja yleensä pehmeyttä kulutuskestävyyttä vaativissa tuotteissa. Epävarmuutta männyn käytölle sisätiloissa voivat aiheuttaa haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), joskin niiden määrästä sisäilmassa ja todellisista terveysvaikutuksista puutuotteiden käytössä on varsin vähän tutkittua tietoa.

Kilpaileviin ei-puuaineisiin materiaaleihin verrattuna männyn ja yleensäkin puun heikkouksia ovat edellä mainittu ominaisuuksien suuri vaihtelu, kosteuseläminen ja useimpien ominaisuuksien anisotropia eli säteen-, tangentin- ja pituussuuntaisten ominaisuuksien selvä poikkeaminen toisistaan. Suurimpina vahvuuksina voidaan pitää suurta lujuutta suhteessa tiheyteen (massaan), ympäristöystävällisyyttä ja helppoa kierrätettävyyttä sekä sitä, että puu on historiallisesti kauan käytetty, perinteinen materiaali, jonka käyttöönotto ja käsittely eivät vaadi kalliita erikoistyökaluja tai -menetelmiä. Erilaiset yhdistelmäaeriat (esim. puu-alumiini, puu-muovi) ja kokonaan uudet materiaalit (esim. polystyreeni, ABS-muovi, huokoinen PVC, muovien ja biomateriaalien komposiitit) ovat yleistymässä puun perinteisissä käyttökohteissa. Näissä ei-puuaineiset materiaalit voivat tukea erällä ominaisuuksillaan ja hinnallaan myös männyn käyttöä ja mänty voi tuoda kokonaisuutena muun muassa ekologisen imagon ja luonnonmateriaalin ulkonäön kautta.

### 2.2.3 Kokeellisten tutkimusten tuloksia

*Metlan tutkimuksissa* tuotettiin ja systematisoitiin tietoa pohjoismaisen männyn markkina- ja asiakaslähtöisesti olennaisimmista ominaisuuksista edellä mainituissa loppukäyttöryhmissä (kuva 2). Tässä tutkittiin ominaisuuksien tasoa viidellä maantieteellisellä alueella Suomen Lapista ja Koillismaalta Etelä-Ruotsin Smoolantiin ja analysoitiin ja mallinnettiin ominaisuuksien maantieteellistä,



\* SLU / Dept. Of Forest Products tutki samasta aineistosta männyn rakennustuoteominaisuuksia (kimmomoduuli, lujuus, muodonmuutos kuivauksessa).

Kuva 2. Kokeellisten tutkimusten sisältö (Grekin 2007b).

kasvupaikka- ja puustotekijöiden aiheuttamaa sekä metsikön runkojen välistä ja niiden sisäistä vaihtelua. Taustaksi vertailtiin myös päätehakkuupuustojen laatua eli dimensioita ja vikaisuutta alueiden välillä. SLU:n rinnakkaiset tutkimukset käsittelivät mäntyyn ja saheaihioiden taivutuslujuutta ja -jäykkyyttä ja muodonmuutoksia kuivauksessa.

Tutkimuksia varten kerättiin metsikkö-, koepuu- ja puunäyteaineisto (kuva 3). Jokaiselta alueelta valittiin 12 päätehakkuuikäistä metsikköä ositetulla satunnaisotannalla kivennäismaiden mäntyvaltaisista päätehakkuuvaiheen metsiköistä, joista kuhunkin perustettiin yksi ympyräkoela edustavaksi arvioituun kohtaan. Tältä mitattiin ja laadutettiin pystyyn kaikki männyt ja valittiin kahdeksan kaatokoepuun otos varsinaisiin puuainesta koskeviin tutkimuksiin tukki- ja pikkutukikokoisten puiden läpimitta-alueelta ( $\geq 14$  cm). Yhteensä aineisto käsitti siis 60 koealaa ja 480 kaatopuuta. Jokaisesta kaatokoepuusta otettiin seitsemän koepölkkyä tyvi-, väli- ja latvatukki-osa ja näistä systemaattisesti kiekkonäytteet. Pidemmät, 70 cm:n pölkkyt läpisahtiin sahe-aihioksi ytimeä ulospäin. Näistä mitattiin suoraan erilaisia visuaalisia ominaisuuksia ja otettiin puunäytteitä varsinaisiin puuaineksen fysikaalisiin ja mekaanisiin tutkimuksiin. Lyhyemmät 20 cm:n pölkkyt pilkottiin niistä puuaineen mittauksia varten.

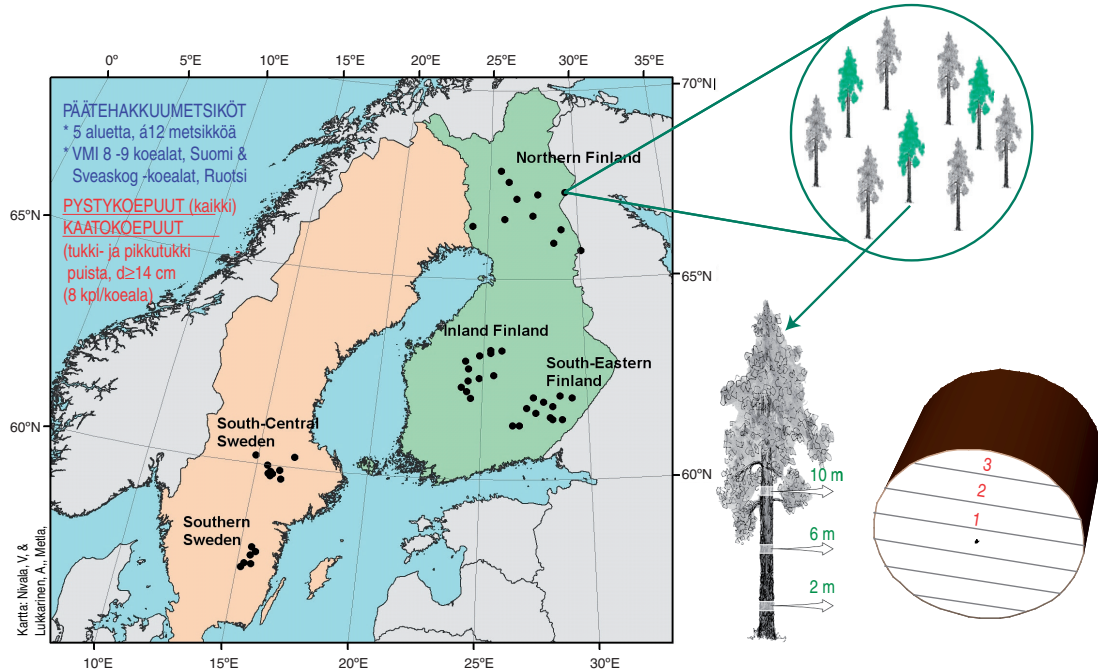
Kaatokoepuut apteerattiin normaali- ja erikoispuutavaralajeiksi ulkoisten mitta- ja vikatiетоjen perusteella Metlassa kehitetyllä simulaattorilla. Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 14 cm:n mäntypuuston keskimääräinen käyttöosan tilavuus vaihteli välillä 130 m<sup>3</sup>/ha Pohjois-Suomessa ja 270 m<sup>3</sup>/ha Etelä-Ruotsissa. Tyvitukin ja normaalitukin osuus kokonaistilavuudesta oli suurin Etelä- ja Keski-Ruotsissa ja pieneni pohjoiseen päin. Pikkutukin osuus oli sinänsä pieni, mutta kuitenkin selvästi suurin Pohjois-Suomessa josta se pieneni etelään päin. Vain Pohjois-Suomi poikkesi olennaisen paljon ja Keski-Suomi jonkin verran muista alueista hakkuukertymän ja sen puutavaralajirakenteen suhteen. Runkojen muotovikoja (lenkous, mutkat) esiintyi suurimmassa osassa koepuita, ja niitä oli runsaimmin eteläisimmillä alueilla.

Virheetöntä puuainesta sisältänyt osa saheiden peräkkäisten oksakiehkuroiden välillä oli Pohjois-Suomessa selvästi muita alueita lyhyempi ja oksakulma sitä jyrkempi mitä pohjoisempaa puu oli peräisin, kun taas erityisesti kuolleet oksat olivat suurempia etelässä, erityisesti Etelä- ja Keski-Ruotsissa (kuva 4).

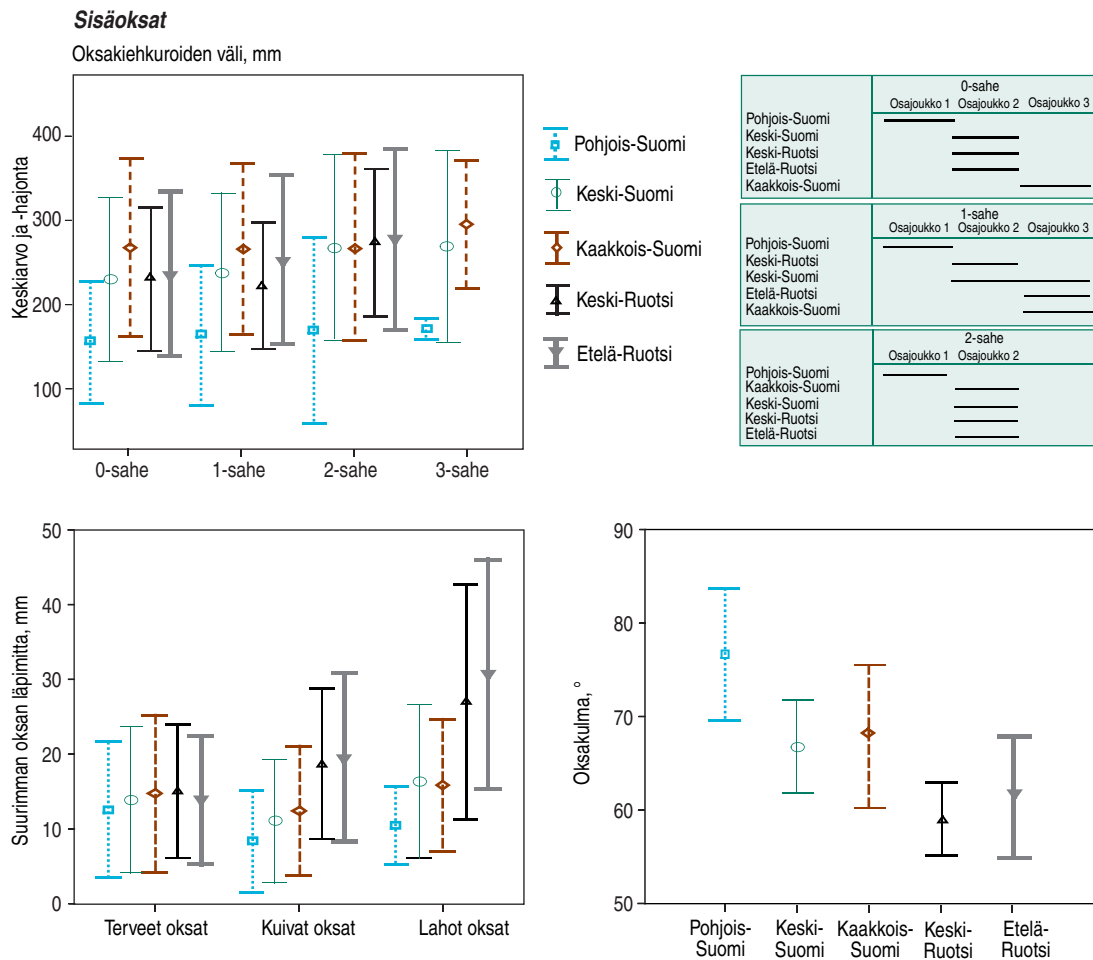
Oksakiehkuroiden väliset virheetöntä puuainetta sisältävät alueet olivat saheaihioiden sinänsä pisimmät Kaakkois-Suomessa. Suuret oksavälit ovat eduksi mm. sormijatkettavien rakennuspuusepän- ja sisustustuotteiden ja huonekalu- ja kalustetuotteiden kuten myös niiden komponenttien ja elementtiratkaisujen valmistuksessa.

Pohjoisen ilmaston lyhyt kasvukausi ja vuosittain vaihtelevat kasvuolosuhteet kuten myös kasvupaikkojen tavallinen niukkaravinteisuus vaikuttavat siis männyn kasvuun ja tätä kautta laatukehitykseen. Kasvukauden pituutta kuvaava tehollinen lämpösumma vaihteli tutkituilla alueilla välillä 800 d.d. Pohjois-Suomessa ja 1350 d.d. Etelä-Ruotsissa. Pituus- ja paksuuskasvu oli Pohjois-Suomessa keskimäärin alle puolet siitä mitä se oli Etelä-Ruotsissa ja Kaakkois-Suomessa.

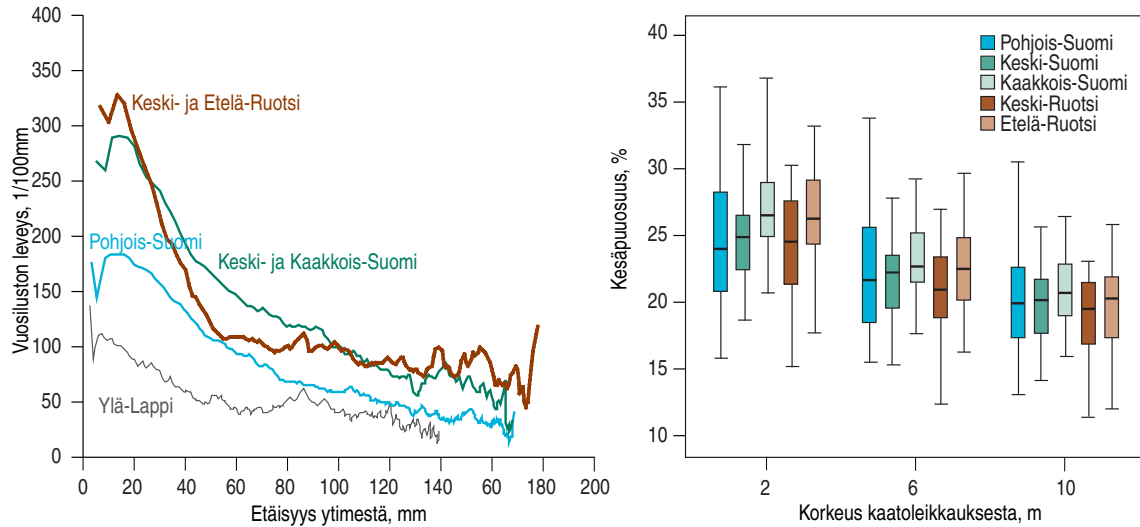
Vuosilustot ovat pohjoisessa ohuita ja vuosirenkaissa on prosentteina vähemmän kasvukauden loppupuolella muodostuvaa tummaa kesäpuuta kuin etelämpänä (kuva 5). Syntyvien vuosirenkaiden leveys muuttuu pohjoisessa vähemmän puun iän mukana kuin etelämpänä, joten puuaine on tasalaatuisempaa lähes kaikissa suhteissa. Vakioläpimitassa männyt ovat sitä vanhempia ja niissä on sitä enemmän usein tavoiteltua sydänpuuta mitä pohjoisemmassa ollaan (kuva 6).



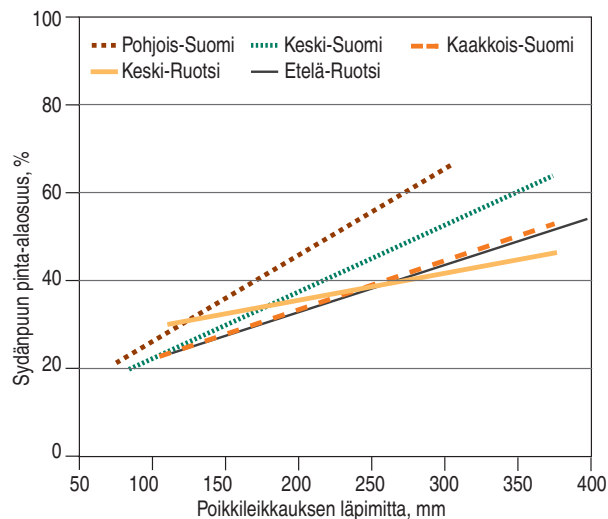
Kuva 3. Empiiristen aineistojen otanta ja saheaihioiden valmistus (Grekin 2007b).



Kuva 4. Mäntysaheiden keskimääräiset oksakiehkuroiden välit (ylh.), tuoreiden, kuivien ja lahojen oksien paksuudet (alh. vas.) ja oksakulmat rungon vaippapinnassa alueittain (alh. oik.) ja niiden sisäinen vaihtelu (keskihajonta) (Verkasalo ym. 2005, Grekin 2007b).

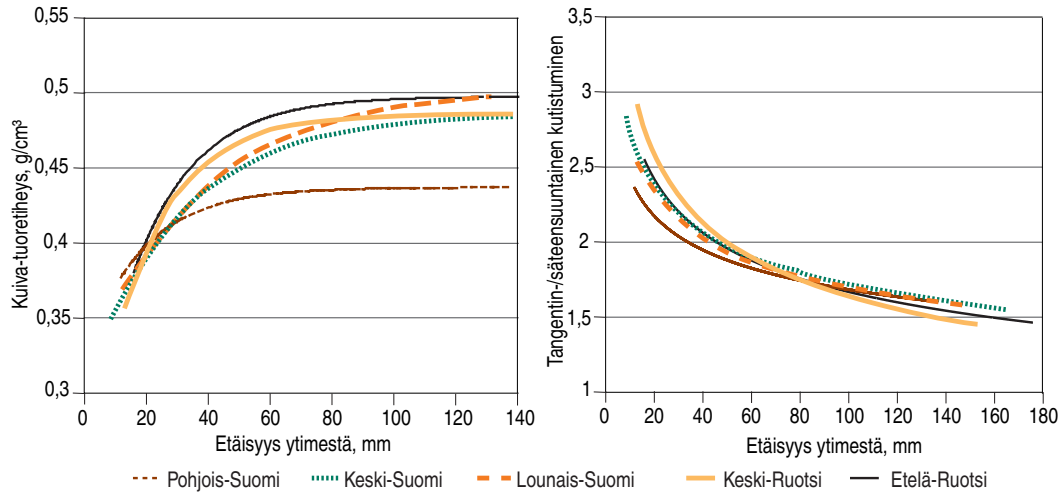


**Kuva 5.** Männyn vuosiluston leveyden alueittainen vaihtelu ytimestä pintaan (vas.) ja kesäpuun keskimääräinen osuus alueittain korkeusaseman mukaan ja alueiden sisäinen vaihtelu (keskihajonta) (oik.) (Grekin 2007b, Grekin ja Verkasalo 2007).



**Kuva 6.** Männyn sydänpuun osuuden alueittainen vaihtelu pölkyn poikkileikkauksen läpimitan mukaan (Verkasalo ym. 2005, Grekin 2007b).

Puuaineen tiheys ja mekaaniset ominaisuudet ovat yleisesti sitä paremmat, mitä eteläisempi on männyn alkuperä. Trendi ei ole kuitenkaan suoraviivainen, vaan lähinnä pohjoisin mänty eroaa tässä suhteessa epädullisesti muista alueista, ja Keski-Suomi on jo lähellä eteläisimpiä alueita. Poikkeuksena on puuaineen halkeiluherkkyyteen ja mekaanisten liitosten kestävyysvaikuttava vetolujuus puunsyitä vastaan, joka kasvaa etelästä pohjoiseen päin. Myös pinnan kovuus on pohjoisella puulla varsin edullinen mm. lattiamateriaalien ja huonekalujen kannalta, koska kuormitukset kohdistuvat käytännössä pistekuormitusta laajemmalle pinnalle. Pohjoinen mänty soveltuu suuren sydänpuuosuuden (kuva 6) ja verraten tasaisen tiheyden (kuva 7) ansiosta hyvin käyttökohteisiin, joissa vaaditaan mittatarkkuutta ja muotopysyvyyttä sään ja olosuhteiden vaihdellissa (mm. ikkunat, ulko-ovet, ulkokuoraukset (varauksin), piha- ja ympäristörakentaminen, hirsi- ja puuelementtitalot). Samoin vaikuttavat ydintä ympäröivän nuorpuun pieni osuus ja parempi laatu kuten myös pienempi kutistumisen anisotropia (kuva 7).



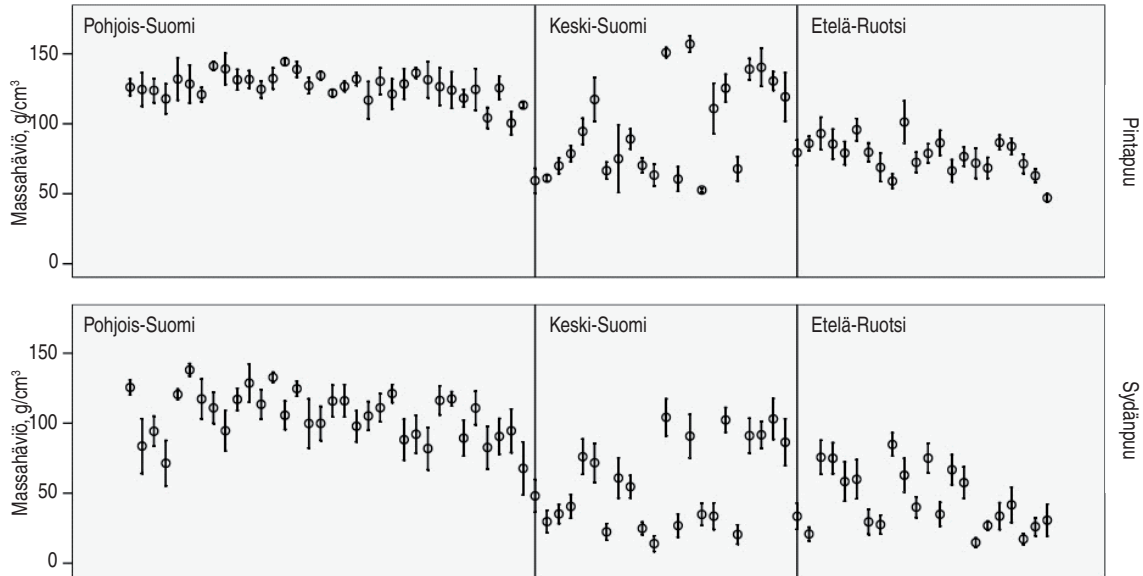
**Kuva 7.** Männyn tyvitukkiosan kuiva-tuoreiheyden (vas.) ja kutistumisen anisotropian (oik.) alueittainen vaihtelu ytimestä pintaan kahden metrin korkeudelle (Grekin 2007b, Grekin ja Verkasalo 2010a).

Puuaineen keskimääräinen kuiva-tuoreiheys vaihteli välillä  $403 \text{ kg/m}^3$  (Pohjois-Suomi) ja  $449 \text{ kg/m}^3$  (Etelä-Ruotsi). Tiheysero tyvi- ja latvatukin välillä oli keskimäärin  $60 \text{ kg/m}^3$ . Mekaanisten ominaisuuksien vaihtelu noudatteli kuiva-tuoreiheyden vaihtelua. Pienten virheettömien koekappaleiden keskimääräinen syynsuuntainen leikkauslujuus vaihteli pohjoissuomalaisen latvatukin  $7,8 \text{ MPa}$ :sta eteläruotsalaisen tyvitukin  $9,6 \text{ MPa}$ :iin, Brinell-kovuus  $13,3 \text{ MPa}$ :sta  $17,7 \text{ MPa}$ :iin, syynsuuntainen puristuslujuus  $40,9 \text{ MPa}$ :sta  $55,0 \text{ MPa}$ :iin, taivutuskimmokerroin  $10,0 \text{ GPa}$ :sta  $14,0 \text{ GPa}$ :iin ja taivutusmurtolujuus  $79,4 \text{ MPa}$ :sta  $106,8 \text{ MPa}$ :iin. Ainoastaan kohtisuoraan puunsyitä vastaan mitattu vetolujuus oli riippumaton kuiva-tuoreiheydestä; se vaihteli Etelä-Ruotsin noin  $3,2 \text{ MPa}$ :n ja Pohjois-Suomen noin  $3,9 \text{ MPa}$ :n välillä.

Kuivatun, käsittelemättömän männyn puuaineen väri vaihteli hieman tutkittujen alueiden välillä, ja sydän- ja pintapuun värierio oli suurin pohjoisilla alkuperillä. Sekä sydän- että pintapuu tummuvat huomattavasti UV-säteilyssä, värinmuutos oli suurin eteläisillä alkuperillä. UV-säteily pienentää sydän- ja pintapuun värieroa ja tavallaan haalistaa puuaineen ulkonäköä. Säteilyjakson jälkeen värierio olikin suurin eteläisillä alkuperillä.

Puuaineen lahonkestävyyttä tutkittiin standardin EN 113 mukaisin pikalahotuskokein. Koejärjestely simuloi erittäin vaativia käyttöolosuhteita, joita voi käytännössä esiintyä vain silloin kun puu on jatkuvassa maakosketuksessa. Sydänpuun massahäviö kokeen aikana oli keskimäärin  $105 \text{ g/cm}^3$  Pohjois-Suomessa,  $60 \text{ g/cm}^3$  Keski- ja Kaakkois-Suomessa ja  $45 \text{ g/cm}^3$  Keski- ja Etelä-Ruotsissa. Vastaavat massahäviöt olivat pintapuussa noin  $25\text{--}40 \text{ g/cm}^3$  suuremmat. Kokeen rajuudesta kertoo osaltaan se, että A-luokan kyllästetyn puutavaran massahäviö oli samalla tasolla eteläruotsalaisen sydänpuun kanssa. Sydänpuun massahäviö vaihteli huomattavasti enemmän yksittäisten puiden sisällä kuin puiden tai metsiköiden välillä. Metsiköiden välillä lahonkesto vaihteli Pohjois-Suomessa pintapuussa vain vähän mutta sydänpuussa paljon, kun taas Keski-Suomessa ja Etelä-Ruotsissa vaihtelu oli molemmissa tapauksissa suurempaa (kuva 8).





**Kuva 8.** Männyn pinta- ja sydänpuunäytteiden massahäviö pikalahotuskokeissa (*Coniophora puteana*) metsäkoittain kolmella alueella (keskiarvot ja keskihajonnat, näytteet kahden metrin korkeudelta) (Nevalainen 2005).

**SLU:n tutkimuksissa** tuotettiin uutta tietoa männyn puu-, tukki- ja puuaineominaisuuksista koskien erityisesti puumateriaalin lujuutta ja jäykkyyttä, mutta myös muotopysyvyyttä. Rasisaalojen eli äänen nopeuden ja resonanssitaajuuden mittaukseen perustuvia tekniikoita tutkittiin puille ja tukeille sovellettuina lujuuden (jäykkyyden) ja muotopysyvyyden mukaisen lajittelun kehittämisen tueksi. Molemmat tekniikat tähtäävät dynaamisen kimmokertoimen laskentaan mittaustulosten kautta.

Lyhyiden, 60–65 cm:n sahekappaleiden otoksesta mitattiin taivutuslujuus ja kimmokerroin rikkovalla menetelmällä, sekä erilaiset viat, lähinnä oksat sisältäneistä että virheettömistä koekappaleista vikojen vaikutusten määrittämiseksi ja taivutusominaisuuksien vertailemiseksi alueiden välillä. Toisesta lyhyiden sahekappaleiden (35–65 cm) otoksesta mitattiin veden absorptio ja turpoamisen aiheuttamat muodonmuutokset. Lisäksi tutkittiin puuaineen kimmokertoimen yhteyksiä tiheyteen, taivutuslujuuteen, lämpötilaan ja kosteuteen, oksien kokoon ja lyhyiden saheiden muodonmuutoksiin sahojen automaattisten lajittelumenetelmien ja koneiden kehitystyötä varten.

Ensimmäisessä osatutkimuksessa tutkittiin ja mallinnettiin päätehakkuvaiheen männyn pystypuiden ja tukkien kimmokerrointa keski- ja eteläruotsalaisesta aineistosta. Kimmokertoimen vaihtelu osoittautui hyvin suureksi puiden ja pölkkyjen välillä ja puiden sisällä korkeuden ja säteen suunnassa. Mäntytukkien kimmokertoimen vaihtelu oli tässä tutkimuksessa samanlaista kuin mitä on aiemmin havaittu esim. kuusituokeilla, joten samanlainen yhteys on todennäköisesti voimassa myös kummankin puulajin rakennussahatavaralla. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet useilla havupuulajeilla selvän yhteyden rakennussahatavaran laatuluokan ja tukeista määritetyn kimmokertoimen välillä.

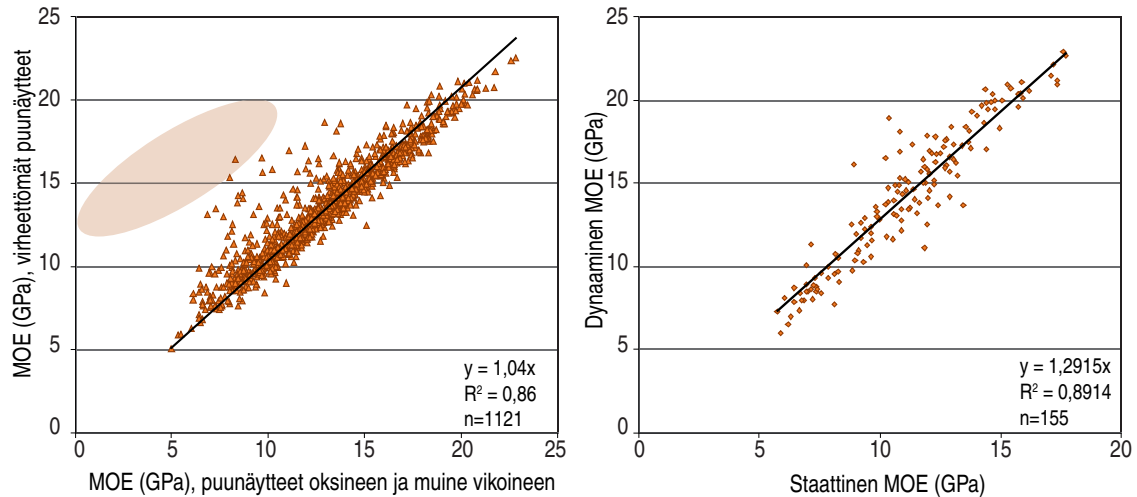
Koska kimmokertoimen vaihtelu on suurta saman metsikön puiden välillä, metsikössä on puita jotka tuottavat matalan kimmokertoimen tukkeja ja joista saadaan huonoa rakennussahatavaraa, ja vastaavasti puita jotka tuottavat korkean kimmokertoimen tukkeja ja jotka tuottavat erinomaista rakennussahatavaraa. Kimmokertoimen vaihtelua puiden ja tukkien sisällä voidaan selittää regres-

siomalleilla, joissa selittäjinä on ao. metsikön kasvuolosuhteita ja puiden ominaisuuksia kuvaavia muuttujia. Mäntypuun kimmokerroin oli korkein lähellä tyveä aleten selvästi siitä ylöspäin. Kimmokerroin oli korkeimmillaan silloin kun puu kuului metsikön alempiin latvuserrokseen, oli pitkä suhteessa rinnankorkeusläpimittaan (pieni kapaneminen), oli suuri tilavuudeltaan (hakkuukypsä iäkäs puu) ja sisälsi paljon näkyviä kuolleita oksia (suuri latvuskilpailu). Puun kimmokerrointa selittävien regressiomallien selityksasteet olivat parhaimmillaan 46–62 %.

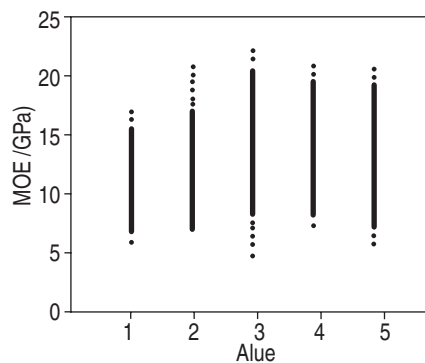
Toisessa osatutkimuksessa tutkittiin männyn puuaineen tiheyden vaihtelua ja mallinnettiin tiheyttä ja kimmokerrointa runkojen sisällä kaikilta viideltä alueelta kerätyssä aineistossa, joka käsitti noin 1120 puunäytettä rungon ytimestä ulospäin ja kolmelta korkeudelta. Tiheys ja kimmokerroin kasvoivat odotetusti ytimestä ulospäin. Kimmokertoimen ja tiheyden korrelaatio oli suhteellisen heikko. Aiempien tutkimusten perusteella mikrofibrillikulmalla, joka kuvaa selluloosamolekyylien keskimääräistä järjestäytyneisyyttä trakeidien seinämässä, on suuri vaikutus puuaineen kimmokertoimeen. Vakiotiheydessä havaittu lähes kaksinkertainen vaihtelu kimmokertoimessa voitaneen paljolti selittää mikrofibrillikulman eroilla.

Lasketun dynaamisen kimmokertoimen ja rikkovalla testillä määritetyn staattisen kimmokertoimen välillä todettiin 155 pienen, virheettömän näytteen testauksen perusteella voimakas riippuvuus (selityksaste 89 %) (kuva 9). Sekä dynaamisen että staattisen kimmokertoimen tulokset viittasivat systemaattisiin alueittaisiin eroihin (kasvua pohjoisesta etelään), mutta vain pohjoisin alue erosi merkittävästi muista alueista (kuva 10). Alueelliset erot kimmokertoimessa ja taivutusmurtolujuudessa olivat johdettavissa pääasiassa tiheyseroista. Tiheyserojen vaikutus heikkeni ja alueelliset erot pienenevät tarkasteltaessa erilaisia vikoja sisältäneitä puunäytteitä; eteläisemmässä puussa oli enemmän ja suurempia oksia ja mahdollisesti enemmän lylypuuta kuin pohjoisemmassa puussa. Kimmokerroin ja murtolujuus alenivat odotetusti puun tyveltä latvaan.

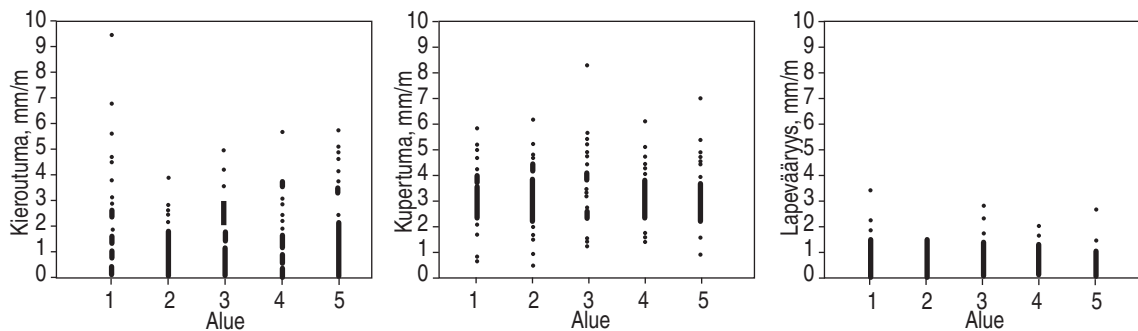
Kolmannessa osatutkimuksessa tutkittiin turvotuskokeilla lyhyiden mäntysahekappaleiden muotopysyvyyttä (kierous, kuperuus, lapevääryys, syrjävääryys) suhteessa veden absorptioon suomalaisella ja ruotsalaisella aineistolla. Lukuisten tekijöiden todettiin suuntaavan ja rajoittavan muodonmuutoksia kosteusmuutosten (absorptio ja desorptio) seurauksena. Teoriassa veden absorptio on suorassa suhteessa trakeidien dimensioihin ja soluseinän paksuuteen (puuaineen tiheyteen), trakeidien suuntautuneisuuteen (kierteisyys, syykulma) ja puuaineen hienorakenteeseen (hemiselluloosapitoisuus, mikrofibrillien suuntautuneisuus). Saheissa havaitut paikalliset poikkeamat ja viat puuaineksessa, kuten suuret oksat, syykulma oksien ympärillä, kierteisyys ja runsas lylypuu näyttivät vaikuttavan muotopysyvyyteen. Tulokset saattoivat koetekniikan vuoksi myös yliarvioida muotovikaantumista suhteessa täysipituisten saheiden todelliseen vikaantumiseen. Alueiden välillä ilmeni joitakin eroja lähinnä kieroutumisessa, mutta tulokset eivät sisänsä viitanneet systemaattiseen maantieteelliseen vaihteluun tai puuluokkien eroihin muotopysyvyydessä (kuva 11).



**Kuva 9.** Männyn 60–65 cm:n sahekappaleista oksineen ja muine vikoineen määritetyn dynaamisen kimmokertoimen yhteys virheettömäksi korjatun saheaihion dynaamiseen kimmokertoimeen (vas.; varjostettu alue tarkoittaa suurioksaista kappaleita, joita ei otettu huomioon tasoitusmallin laadinnassa) ja pienille virheettömille puunäytteille lasketun dynaamisen kimmokertoimen ja rikkovalla testauksella määritetyn staattisen kimmokertoimen välinen riippuvuus (Lindström ja Nylinder 2007, Verkasalo ym. 2007a).



**Kuva 10.** Männyn 60–65 cm:n sahekappaleiden virheettömän puuaineen staattiset kimmokertoimet alueittain: 1 = Pohjois-Suomi, 2 = Keski-Suomi, 3 = Kaakkois-Suomi, 4 = Keski-Ruotsi, 5 = Etelä-Ruotsi (Lindström ja Nylinder 2007).



**Kuva 11.** Männyn 30–65 cm:n sahekappaleista turvotuskokeissa määritetyt kieroutumat (vas.), kupertumat (kesk.) ja lapevääritykset (oik.) alueittain: 1 = Pohjois-Suomi, 2 = Keski-Suomi, 3 = Kaakkois-Suomi, 4 = Keski-Ruotsi, 5 = Etelä-Ruotsi (Lindström ja Nylinder 2007).

## 2.2.4 Johtopäätöksiä

Puutuotealalla on lupaavat mahdollisuudet kasvavaan ja monipuolistuvaan liiketoimintaan männyn käytön pohjalta keskipitkällä ja varsinkin pitkällä tähtäimellä. Myönteinen arvio perustuu puuraaka-aineen uusiutuvuuteen, hyvään ympäristösuorituskykyyn ja tuotteiden hyvään imagoon, modernin tuote- ja teknologiakehityksen ja kehittyvien arvoketjujen antamiin mahdollisuuksiin ja vaihtoehtoihin materiaaleihin perustuvien tuotteiden hintojen ilmeiseen kohoamiseen. Bioenergian ja ilmastomuutoksen torjunnan kautta on myös tulossa uusia liiketoimintamahdollisuuksia puutuotealalle.

Suomalaisessa puutuoteteollisuudessa on tarpeen etsiä erilaisia mahdollisuuksia korvata kuusta männyllä eri tuoteryhmissä, joten männyn teknisten ominaisuuksien tuntemus korostuu entisestään. Yleinen näkemys on, että männyn parissa on tehty varsin vähän innovaatiotyötä sekä brändien ja imagon rakentamista. Männyn hyödynnettäviä ominaisuuksia tuotekehityksessä ja markkinoinnissa ovat perinteisten houkuttelevan visuaalisen ilmeen, vähäisen elämisen, helpon työstettävyyden ja monien ominaisuuksien kohtalaisen hyvän ennustettavuuden lisäksi ennen kaikkea korkea lujuuspotentiaali, hyvä stabiliteetti, tietyin varauksin hyvä säänkestävyys, hyvissä kasvuoloissa usein pitkät oksavälit, nuorpuun vähäisyys, sydänpuun hyvät erityisominaisuudet ja ilmeisesti luontaisten uuteaineiden hyvät hyödyntämismahdollisuudet esimerkiksi ns. ekologisissa puunsuojausaineissa ja puuliimoissa, jopa luontaisesti antiseptisten puupintojen kehitystyössä.

Oleennaista on segmentoida näitä kysymyksiä tuoteryhmittäin ja asemoida liiketoimintaa suhteessa tavoiteltuihin markkinoihin, asiakasrajapintoihin ja todellisiin kilpailijoihin. Mäntypuun vahvuudet ovat hyödynnettävissä perinteisten rakennuspuusepän- ja sisustustuotteiden (ikkunat, ovet, lattiat, portaat, paneelit, listat) lisäksi ennen kaikkea rakennuskäytössä (puuelementti- ja hirsitalojen kantavat rakenteet, liimatut mahdollisesti monikerroksiset palkit, pilarit, yms.). Samoja mahdollisuuksia voidaan käyttää erilaisissa komponenteissa, järjestelmäratkaisuisissa ja rakennepuutuotteissa (EWP), joita tehdään teollista esivalmistusta soveltaen. Männyn pitkäaikaiskestävyys on unohdettu monilta osiltaan, mutta uusi tuleminen lienee mahdollista sään- ja jopa lahonkestävyyden kautta, mikäli näiden ominaisuuksien luontainen vaihtelu saadaan hallintaan. Samoin rakenteellisin ratkaisuin, suojauskäsittelyin ja riittävin paksuuksin mäntyä voidaan käyttää kosteuden sietoa edellyttävissä tuotteissa kuten ulkovuorauksissa, alapohjissa ja katteiden alusrakenteissa. Vielä lupaavampi ja monipuolinen käyttökohte on piha- ja ympäristörakentaminen eri muodoissaan. Tähän kaikkeen tarvitaan mittausinformatiikan ja prosessien hallinnan yhdistämistä. Tuotteiden myynnin ja valmistuksen ja raaka-aineen hankinnan ja varastojen optimointi molemmin suuntaisin informaatiovirroin ja toiminnan ohjauksen keinoin on sinänsä jo arkipäivää monilla sahoilla.

Kuluttajien ja muiden loppukäyttäjien arvostusta varten tarvitaan teknistä informaatiota puumateriaalien ja -tuotteiden ominaisuuksista ja käyttö- ja hoito-ohjeita. Näillä vastataan odotuksiin tuotteiden funktionaalisuudesta eli kyvystä tyydyttää toiminnallisia vaatimuksia ja helpottaa arkipäivän elämää. Tämän ohella on ekologinen imago ja kestävyys jatkossa tärkeässä asemassa. Mäntytuotteiden osalta tähän liittyy tuotekehityksen haasteita, kuten sisustustuotteiden ja kalusteiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden hallinta, hirsitalojen energiatehokkuus ja kenties tulevaisuuden puutalojen homehtumisriski (tiiviiden ratkaisujen myötä ja ilmaston muuttuessa mahdollisesti lämpimämmäksi ja kosteammaksi). Puuraaka-aineen varmistettu alkuperä ja puunhankintaketjun päästöt lienevät sen sijaan jo hyvin hallinnassa.

Hakkuiden piiriin tulee 10–20 vuodessa kasvavia määriä viljelymänniköitä, joiden puuraaka-aineen todellisesta kelpoisuudesta puutuoteteollisuuden erilaisiin tuoteryhmiin ja sopivista valmistusmenetelmistä on vähän tietoa. Tässä huomioon otettavia mahdollisuuksia ovat esimerkiksi pää-

tehakuupuuston laatuun vaikuttaminen intensiivisillä harvennushakkuilla ja laatuharvennuksen periaatteilla, lihotuslannoitusten ja pystykarsinnan hyödyntäminen, puutuotteiden valmistustekniikan kehittäminen ja erikoissahauksen, -kuivauksen ja -työstöjen soveltaminen tällaisen puun hyödyntämiseen sekä erityisesti massiivipuun uudet mekaanisesti ja varsinkin fysikaalisesti ja/tai kemiallisesti modifioidut jalosteet, komposiittituotteet ja rakennepuutuotteet.

Sivutuotteiden vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet lisääntyvät ja niiden merkitys ja markkina-arvo kasvavat, koska käyttö sähkö- ja lämpöenergian tuottamiseen ja biojalostamojen raaka-aineena saattaa yleistyä. Todennäköisesti sahoille ja jatkojalostuslaitoksille syntyy hajautettua bioenergia- ja biojalostamotoimintaa, joka muuttaa liiketoiminnan konsepteja ja lisää tietotarpeita sivutuotteiden kemiallisesta ja fysikaalisesta olemuksesta ja niiden hyödyntämismahdollisuuksista.

Kysymys sinänsä on, missä suhteessa Suomessa kannattaa panostaa männyn hyödyntämisessä rakennustuotteisiin ja tuotejärjestelmiin, joissa on suuret markkinat mutta paljon kilpailua ja tuotantotaloudellisesti pienet yksikkökatteet. Vai onko syytä painottaa edelleen visuaalisesti vaativia tuotteita, joissa on suhteellisen pienet markkinat mutta vähemmän kilpailua, paikkaa uniikkisuudelle ja designille ja kenties suuremmat yksikkökatteet. Entä tarjoaisiko pakkaus- ja kuljetussektori jatkossa tähänastisia arvokkaampia käyttökohteita myös männylle sillä perusteella, että erityisesti elintarvikkeiden kuljetukset ja varastointi kasvavat sekä globaalisti että paikallisesti.

## **2.3 Harvennuskannan hankinta ja sahaus**

### **2.3.1 Lähtökohdat**

Harvennuspuun ja muun pienpuun merkitys metsäteollisuuden raaka-aineena on ollut kasvussa 1990-luvulta lähtien, ennen muuta harvennuskannan kasvavista hakkuumahdollisuuksista johtuen (Nuutinen ym. 2007). Valtakunnan metsien 10. inventoinnin tulosten perusteella ensiharvennuksia tulisi kuluvalla kymmenvuotiskaudella tehdä Suomessa 2,2-kertainen määrä edellisellä kaudella toteutuneisiin harvennuksiin verrattuna. Kaiken kaikkiaan kasvatushakkuiden osuuden hakkuukertymästä on ennustettu nousevan 48 prosenttiin vuoteen 2035 mennessä, kun vastaava osuus oli 32 prosenttia vuonna 2006. Lisäksi harvennuspuun käyttömääriin tulee vaikuttamaan päätehakuiden järeän tukin osuuden odotettavissa oleva pieneneminen.

Edellä kuvattu kehitys tarkoittaa huomattavaa lisäystä pieniläpimittaisen puun hakkuumahdollisuuksissa myös puutuoteollisuudelle. Harvennuskannikoissa puuston ikä on tyypillisesti 25–60 vuotta ja rinnankorkeusläpimitta vain 12–25 cm, joten harvennuspuun taloudellisesti mielekästä mekaanista jalostusta vaikeuttavat sahaus- tai sorvauskelpoisen puutavaran pieni hehtaarikohtainen kertymä ja pölkkyjen ja saheiden pienet dimensiot. Olennaisia käytön esteitä ovat tarvittavat lisäinvestoinnit sahaukseen/sorvaukseen ja kuivaukseen, epävarmuus pienpuutuotteiden vallitsevista ja odotettavissa olevista markkinoista ja hintatasoista – kuten myös vajavaiset tiedot nuoren puuaineen hyvistä ja huonoista ominaisuuksista ja niiden hallinnasta puutuoteprosesseissa ja tuotteissa.

Pieniläpimittaisen männyn ja kuusen koneellinen veistäminen rakennusparruiksi alkoi Suomessa jo 1950-luvulla. Pikkutukkien teollinen sahaus alkoi erällä pk-sahoilla 1970-luvulla. Sahaus alkoi levitä laajasti vasta 1990-luvun alun lamavuosien jälkeen kuusen ja männyn terveoksisen latvatukin sahauksella erityisesti huonekalusahatavaran ja -liimalevyn kysynnän kasvun myötä. Sittemmin tuoteryhmät ovat laajentuneet sisustamisen tee-se-itse tuotteisiin ja muuhun höylätavaraan, piha- ja ympäristörakentamisen puutavaraan (paineekyllästettynä tai pintakäsitteltyinä) ja

osin lattiamateriaaleihin, ikkunoihin, oviin ja rakennusliimapuuhun. Harvennusleimikoiden pikkutukit ovat tulleet sahauskeeseen ja osin pyöröpuun sorvaukseen varsinaisesti vasta vuosituhaten vaihteessa. Pikkutukkien ohella puutuoteteollisuus hankkii ja käyttää mitoiltaan ja laadultaan samankaltaisia puutavaralajeja, sahakuitua ja parrunaihioita.

Harvennusmännyn sahauskeksen päätuote on kuitenkin perussahatavara, verraten harvoin dimensioin ja laaduun. Monet puutuoteyritykset ovat kuitenkin panostaneet voimakkaasti 1990-luvun puolivälistä lähtien pikkutukista valmistettaviin höylättyihin ja profiloituihin ja myös pidemmälle jalostettuihin tuotteisiin. Erilaisten väljalosteiden valmistus onkin yleistynyt mm. huonekalu-, rakennuspuusepän- ja liimapuuteollisuuden tarpeisiin ja määrämittäisiksi ja -laatuiseksi, sormijatketuiksi, liimatuiksi ja tarvittaessa kyllästetyiksi tuoteosiksi talonrakentamiseen ja valmisteloteollisuudelle, piha- ja ympäristörakentamiseen sekä rakentamisen ja sisustamisen tee-se-itse tuotteisiin. Sorvattuja ja kartiokkaita tuotteita tehdään esim. aita- ja rakennetolpiksi, valaisin- ym. pylväiksi ja muihin julkisiin ja pihojen ulkorakenteisiin.

Harvennusmännystä valmistettaviksi sopivat myös platform- ja pre-cut-rakentamisessa tarvittavat määrämittaiset komponentit (esim. talopakettien runkotolpat, välipohjien kannattajat, ristisidepuut) ja hirsitalojen liimahirret ja -pilarit. Lujuuslajitellusta sahatavarasta ja liimapuusta voidaan tehdä kantavia rakenteita ja isompiakin kokonaisuuksia. Korjausrakentaminen on yksi tärkeä käyttökohde: vaikka talojen uudisrakentamisen arvioidaan kasvavan kokonaisuudessaan vain muutaman prosentin vuosivauhtia, kasvaa korjausrakentaminen voimakkaasti.

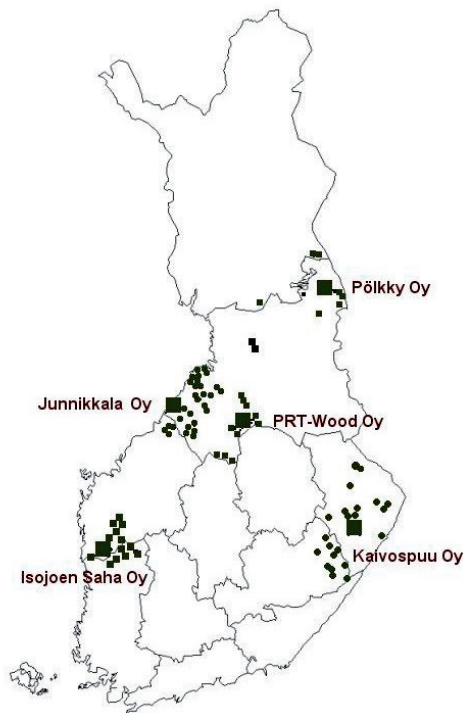
Pienpuun käytön todellinen aluevaltaus ovat fysikaalisesti ja kemiallisesti modifioidut puutuotteet, kuten lämpökäsitelty puu, puristepuu ja mäntyöljykyllästetty puu. Uusi pienpuun käyttömahdollisuus olisi myös lastuista, leikkeistä yms. liimaamalla, puristamalla ja mitallistamalla valmistettavissa rakennepuutuotteissa (EWP). Tämän tuoteryhmän markkinat ovat olemassa Pohjois-Amerikassa, mutta kehittyneet heikosti Euroopassa.

Havupienpuuta jalostavat lähinnä pienet ja keskisuuret itsenäiset sahat ja veistämöt, jotka ostavat suuren osan tarvitsemastaan puuraaka-aineesta pystykaupoilla suoraan yksityismetsistä. Pikkutukin käyttö vähentää kertymänsä mukaisessa suhteessa omassa liiketoiminnassa tarpeettoman kuitupuun määrää. Täydennystä pikkutukkien puuraaka-aineen hankintaan saadaan toimituskau-poista (mm. Metsähallitus ja yhteismetsät) ja vaihtokaupoista muilta yhtiöiltä.

Pienpuun sahaus on ollut sahoille yleensä huonosti kannattavaa liiketoimintaa. Käytännön esimerkit osoittavat kuitenkin suuria eroja yksittäisten sahayritysten välillä. Suomessa on useita menestyneitä, normaalitukin ohella pikkutukkia, sahakuitua ja/tai parrunaihioita säännöllisesti jalostavia yrityksiä, erityisesti pk-sektorilla. Tämä viittaa oppimisprosessin, osaamisen ja kokemuksen suureen merkitykseen sekä puunhankinnan järjestelyissä ja tuotantoteknologian valinnoissa että erityisesti tuotteiden asemoinnissa, segmentoinnissa ja differoinnissa ja markkinointi- ja jakelukanavien valinnassa.

### **2.3.2 Harvennusmännyn kannattavat hankintakohteet ja sahaustulos**

Metlan ja VTT:n hankekonsortio Harvennusmännyn hankinnan ja sahauskeksen kehittäminen toteutettiin yhteistyössä viiden keskisuuren sahayrityksen kanssa, jotka sijaitsevat Väli- ja Pohjois-Suomessa (kuva 12). Toteutuksessa oli mukana myös Metsähallitus. Tavoitteena oli määrittää ominaisuudet, soveltuvuus ja valintakriteerit sellaisille harvennusmäntyleimikoille ja niistä saatavalle puutavaraalle, joita sahauskeollisuus voi hyödyntää kannattavasti sahatavaran ja jatkojalostuksen täsmämateriaalien valmistuksessa (mm. liimalevyt ja muut jatkojalosteiden aihiot).



**Kuva 12.** Tutkimukseen osallistuneiden sahayritysten ja inventoitujen harvennusmäntyleimikoiden sijainti (Wall ym. 2005a).

Erityisesti pyrittiin tutkimaan lyhyiden tukkipituuksien ja pienten latvaläpimittojen käytön vaikutukset verrattuna ns. normaalitukkien yleisesti käytettäviin pituuksiin ja minimiläpimittoihin harvennusmännyn hankinnassa (hakkuukertymä, tukkikertymä ja -jakauma ja niiden herkkyysanalyysit, korjuun ja kaukokuljetuksen tuottavuus ja kustannukset ja puutavaralajien tehdashinta) ja sahauksessa (sahatavaran saanto, arvosaanto, laatujaakauma, kannattavuus, herkkyysanalyysit). Edellä mainitut asiat tutkittiin kunkin yhteistyösahan puunhankinta-alueella leimikoiden pystypuustojen inventoinnein ja hakkuukertymien simuloinnein, empiirisiin korjuututkimuksiin sekä kaatokoepuiden runkopankkianalyysien ja sahauksen simuloinnein.

Tutkimusaineistot sijoittuvat Väli- ja Pohjois-Suomeen, painottuen Pohjois- ja Etelä-Pohjanmaalle ja Pohjois-Karjalaan (kuva 12). Näin voitiin tehdä harvennusmännyn hankinnan kannalta tärkeimpiä alueita kattava ja johdonmukainen analyysi puutavaran käyttökelpoisuudesta puutuoteteollisuudelle aina metsästä sahausprosessiin ja lopputuoteaihoihin saakka. Leimikkoinventointien aineisto käsitti yhteensä 203 mäntyvaltaista metsikköä sekä kivennäismailta (156 kpl) että turvemailta (47 kpl), joissa ensiharvennus (124 kpl) tai myöhempi harvennus (79 kpl) oli metsänhoidollisesti ajankohtainen ja leimikoista voitiin saada sahapuuta silmävaraisesti arvioiden ainakin pikkutukkeina. Tutkittujen leimikoiden puustot olivat metsänhoidolliselta tasoltaan keskimääräistä parempia.

Leimikoihin rajattiin 2–5 kpl koelajoja pystykoepuiden mittauksia ja laatuarviointeja varten, tavoitteena vähintään 40 ainespuun vähimmäismitat täyttäneitä mäntyä leimikkoa kohti. Pystykoepuiksi kertyi näin yhteensä 8508 mäntyä. Sahauskelpoisiksi puutavaralajeiksi määriteltiin normaalikokoinen tukki (latvaläpimitta 150+ mm, pituus 3,7–6,1 m), tyvitukki (latvaläpimitta 200+ mm, pituus 3,1–4,0 m), pikkutukki (latvaläpimitta 120–149 mm, pituus 3,1–4,6 m) ja lyhyttukki (latvaläpimitta 100–179 mm, pituus 2,5–3,4 m). Runkojen apterauksen simuloinnissa otettiin huomioon sahauskelpoisuutta rajoittavat viat, jotka määritettiin verraten ankarin mutta eri leimikoissa yhdenmukaisiin kriteereihin. Harvennuksessa poistettavat puut valittiin tietokonelaskentana laatu- ja alaharvennuksen periaatteella sillä täsmennyksellä, että rungon laatuviikojen vuoksi sahauskelvottomat ja täten ehdottomasti poistettavat puut oli valittu jo maastomittausten yhteydessä.

Tekninen laatu oli mäntyharvennuspuulla merkittävästi päätehakkuupuuta huonompaa ja laadun vaihtelu oli suurta. Harvennuskertymän laatu parani hieman siirryttäessä ensiharvennuksista myöhempiin harvennuksiin. Laatuja alensivat erityisesti runkoviat – mutkat, lenkous ja rangantvaihdot – jotka vaikuttavat välillisesti ja merkittävästi myös puuaineen laatuun. Sisäisen laadun tarkastelu osoitti kooltaan ja laadultaan sahauskelpoisten harvennuspuurunkojen tuottaman oksattoman puun määrän käytännön sahauksen kannalta merkityksettömäksi, mutta puumateriaalin muuten pääosin terveeksaiseksi ja oksat ohuiksi (< 30 mm).

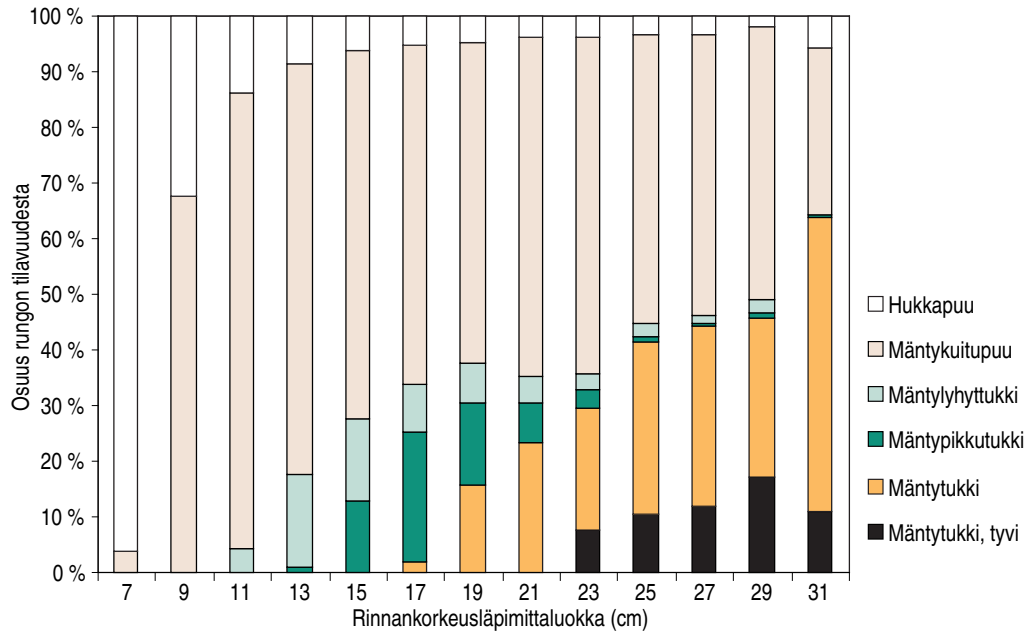
Sahauskelpoisen puutavaran määrä oli tutkituissa leimikoissa odottamattomankin pieni. Kivennäismailla sahattavien tavaralajien hakkuukertymä oli eri kasvupaikoilla ensiharvennuksissa keskimäärin 4–8 m<sup>3</sup>/ha (7–12 % hakkuukertymästä) ja myöhemmissä harvennuksissa 8–12 m<sup>3</sup>/ha (19–29 % hakkuukertymästä), turvemaiilla vastaavasti ensiharvennuksissa 2–5 m<sup>3</sup>/ha (6–9 % hakkuukertymästä) ja myöhemmissä harvennuksissa 0–7 m<sup>3</sup>/ha (0–11 % hakkuukertymästä). Sahapuun hakkuukertymä oli alle 5 m<sup>3</sup>/ha kivennäismailla 58 prosentissa ja turvemaiilla 72 prosentissa tutkituista leimikoista. Sahapuuta harvennuksessa yli 20 m<sup>3</sup>/ha tuottaneita leimikoita oli kivennäismailla 8 % ja turvemaiilla 4 %. Jo muutamalla pikku- ja lyhyttukkipituudella päästiin lähes maksimaaliseen sahapuun hakkuukertymään. Lyhyttukki kohotti sahapuun kertymää enemmän kuin perinteinen pikkutukki.

Pikku- tai lyhyttukkien hankinta lisää siis sahattavan puun kertymiä harvennusmänniköissä suhteellisesti paljon, mutta hehtaarikohtaiset kertymät ovat silti varsin pieniä. Jo yhdellä tai kahdella lyhyellä tukkipituudella ja yhdellä pieniläpimittaisella, normaalitukin ohella hankittavalla puutavaralajilla saavutetaan noin 95 % sahapuun suurimmasta mahdollisesta kertymästä. Pikkutukin hankinta lisää kertymiä eniten rinnankorkeusläpimittaluokissa 15–19 cm ja lyhyttukin hankinta rinnankorkeusläpimittaluokissa 13–15 cm (kuva 13). Normaalitukki on eniten 19 cm:n läpimittaluokasta ylöspäin, joten erityisesti myöhemmissä harvennuksissa normaalitukki on syytä pitää mukana korjattavien sahapuutavaralajien joukossa.

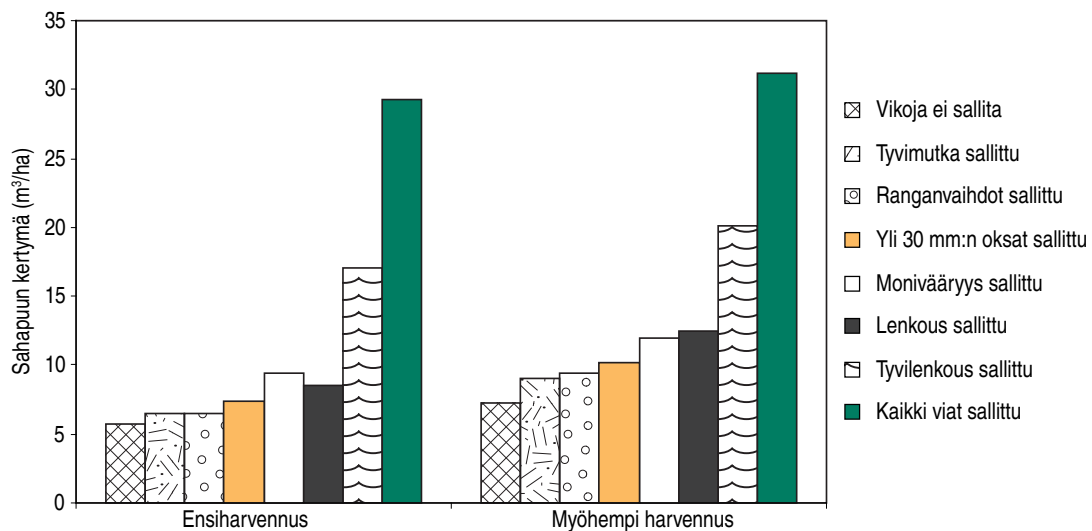
Runkovikojen vaikutusta sahattavien puutavaralajien kertymiin tarkasteltiin myös jättäen kaikki viat tai yksittäisiä vikoja ottamatta huomioon apterauksessa (kuva 14). Sahapuun ns. maksimikertymätilanteessa, kun mitään runkovikoja ei otettu huomioon apterausta rajoittavina tekijöinä, sahattavien puutavaralajien kertymä olisi ollut ensiharvennuksissa 29 m<sup>3</sup>/ha ja myöhemmissä harvennuksissa 31 m<sup>3</sup>/ha. Ero oli suuri verrattuna kaikki runkoviat huomioon ottaneen apterauksen tulokseen, jossa sahattavien puutavaralajien kertymä oli ensiharvennuksissa 6 m<sup>3</sup>/ha ja myöhemmissä harvennuksissa 7 m<sup>3</sup>/ha. Kaikkien runkovikojen salliminen olisi kohottanut sahapuun osuutta ensiharvennuksissa 9 prosentista 49 prosenttiin ja myöhemmissä harvennuksissa 13 prosentista 65 prosenttiin. Runkovioilla on siis ratkaisevan suuri vaikutus sahapuun hakkuukertymään, myöhemmissä harvennuksissa suhteellisesti suurempi kuin ensiharvennuksissa.

Sahojen kannattaa kohdistaa mäntyharvennuspuun hankinta vain hyvää metsänhoidollista tasoa oleviin runsaspuustoihin harvennuskohteisiin. Erityisesti ensiharvennuksissa puuston järeyden rajoittaa teknisten vikojen ohella merkittävästi sahapuun saatavuutta. Käytännössä kertymät ovat ensiharvennuksissa yleensä liian pieniä sahapuun kannattavaan hankintaan, ja vasta toisista harvennuksista alkaen saadaan kohtuullisia määriä sahapuuta. Lisäksi kertymät ovat kivennäismailla selvästi suurempia kuin ojitetuilla turvemaiilla, joilla sahapuuta saadaan yleensä hyvin niukasti. Sahapuun kertymiä voidaan kasvattaa yli kaksinkertaisiksi, mikäli sahaus- ja jatkojalostusteknologia mahdollistaa lenkojen pikku- tai lyhyttukkien sahauksen.





**Kuva 13.** Puutavaralajien tilavuusosuudet harvennusmäntyrunkojen kokonaistilavuudesta koko aineistossa rinnankorkeusläpimittaluokittain, kun runkoviati on otettu huomioon apterauksessa (Wall ym. 2005a).



**Kuva 14.** Harvennuskäytön sahattavien puutavaralajien hehtaarikohtaiset kertymät ensiharvennuksissa ja myöhemmissä harvennuksissa, kun yksittäisiä runkoviatoja on sivuutettu sahapuuosuutta rajoittavina tekijöinä (Wall ym. 2005a).

Sahauskelpoisen puun rajallisen kertymän kääntöpuoli on suuri kuitupuun ja/tai energiapuun kertymä. Täten pienpuuta sahaava yritys, jolla ei ole omaa käyttöä kuitupuulle, ei voi käytännössä toimia ainakaan kokonaan oman pystypuun hankinnan varassa, vaan toimituspuun saatavuus on välttämättömyys.

Harvennuskäytön korjuukokeisiin valittiin neljä leimikkoa Metsähallituksen mailta Lieksasta (kaksi ensiharvennusta, kaksi myöhempää harvennusta). Harvennuspuiden tunnetusti korkeat korjuukustannukset johtuvat pienen hakkuukertymän ja rungon koon ohella mm. jäävän puuston huomioon ottamisesta runkovaurioiden välttämiseksi ja sopivan puustopääoman säilyttämiseksi.

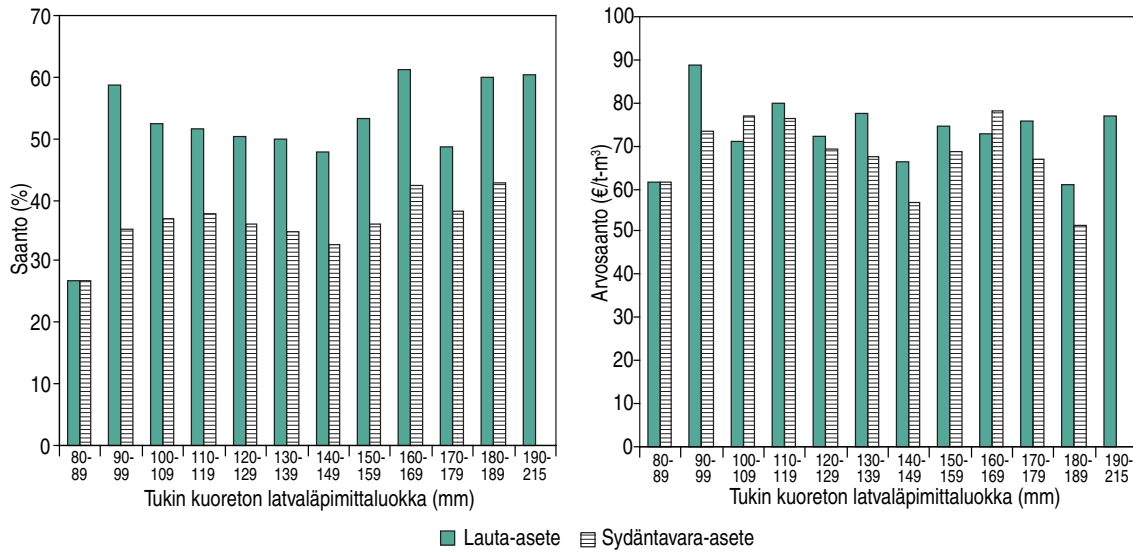
si, pölkkyjen pienestä koosta ja suuresta lukumäärästä sekä pikku- ja lyhyttukkeja hankittaessa ”ylimääräisistä” pieniläpimittaisista ja lyhyistä puutavaralajeista. Hakkuu oli kokeissa lyhyitä tukkipituuksia käyttäen (2,5 ja 3,1 m) 10 %, lähikuljetus 20 % ja kaukokuljetus 9 % kalliimpaa kuin tavanomaisia puutavaralajeja käyttäen. Lyhyiden puutavaralajien korjuu ja kaukokuljetus oli keskimäärin 14 % kalliimpaa kuin tavanomaisia puutavaralajeja hankittaessa. Harvennumännyn puutavaralajin tehdashinta oli niiden keskimäärin alemman kantohinnan vuoksi lyhyttukkilohkoilla kuitenkin 6 % alempi kuin tavanomaisin puutavaralajein hakatuilla lohkoilla.

Pystypuuinventoiduista harvennumänniköistä valittiin 40 kpl kaatokoepuuleimikoiksi, joista kustakin otettiin viisi kaatokoepuuta, yhteensä 200 kpl. Kaatokoepuiksi valittavan rungon rinnankorkeusläpimitan tuli olla vähintään 12 cm ja jokaisesta valitusta rungosta tuli saada vähintään yksi 2,4 metriä pitkä, kuorelliselta latvaläpimitaltaan vähintään 8 cm:n paksuinen ja sahapuun minimilaatuvaatimukset täyttävä pölkky. Rungot katkottiin näihin sahapuun mittoihin, ja saadut pölkkyt läpisahattiin keskihalkaisulla 23 mm paksuiksi saheiksi. Saheet kuvattiin molemmilta läpeminnoiltaan VTT:n konenäköjärjestelmällä tukin ja rungon tarkan geometrian, sisäisen oksaisuuden ja muun vikaisuuden määrittämistä varten. Numeerisesti kuvatuista saheista koottiin uudeen virtuaaliset tukit ja rungot. Näille tehtiin erilaisia simulointeja sahatuotteiden valmistuksen kannattavuudesta ja varsinkin tukin pituuden vaikutuksista erikseen lauta- ja sydäntavara-aseteille. Saheiden ja aihoiden saannon ja laatuluokkajakauman ja sahauksen arvosaannon määrittämisessä käytettiin VTT:n WoodCim® -simulointimallia. Runkopankkiaineiston sahaussimuloinnit perustuivat kaatokoepuihin, mutta tukkipituuden vaikutuksia koskeneissa laskelmissa runkopankkiaineiston mäntyrungot apteerattiin vuoron perään 2,2, 2,8, 3,4, 4,0 ja 4,6 m:n tukkipituuksiin.

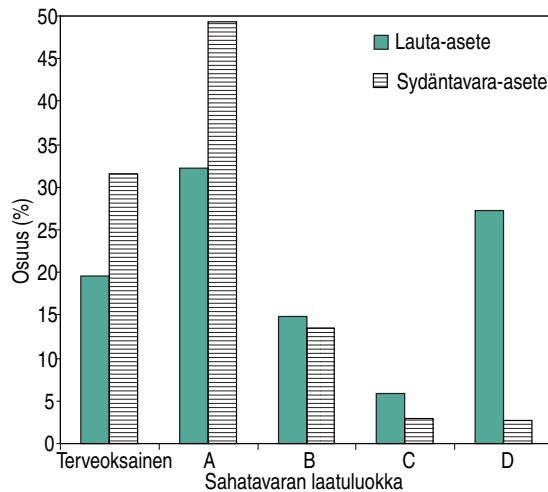
Tulokset pienikokoisesta männystä saatavan sahatavaran saannosta ja laadusta olivat tässä tutkimuksessa varsin hyviä aiempiin käsityksiin verrattuna. Sahatavaran saanto, arvosaanto ja laatuluokkajakauma olivat pikku- ja lyhyttukeilla odotusten mukaisesti heikommat kuin normaalitukeilla (kuvat 15 ja 16). Sahaustulos oli näiden kriteerien perusteella parempi lyhyillä tukkipituuksilla kuin pitkillä, mikä johtui sekä vajasärmäisyyden vähenemisestä että laatuluokkaa alentavien vikojen osumisen todennäköisyyden pienemisestä. Toisaalta sahatavaran ostajat suosivat vähintään 4,2 m:n sahepituuksia, jolloin saheiden käsittely ja varastointi on helpompaa ja pilkkomismahdollisuudet jatkojalostuksessa ovat monipuolisemmat. – Käytännössä tukkien käyttösuhde sahatavaran kuutiometriä kohti on ollut 1990-luvun lopulla mäntypikkutukkeja sahattaessa tasolla 2,8–3,2 (sahaustekniikasta riippuen), joissakin tapauksissa jopa 4,1 (minimiläpimitta noin 10 cm). Nykyisin parhaat pikkutukkien sahaukseen suunnitellut sahat pääsevät tasolle 2,4–2,6 (vrt. normaalitukkisahat 1,95–2,35).

Simulointien perusteella harvennumännyn tukkien sahaus olisi lauta-aseteilla käytetyillä lähtöarvoilla kannattavaa 120 mm:n kuorettomasta läpimittaluokasta ylöspäin 30 dm:n moduulipituista ja 140 mm:n läpimittaluokasta ylöspäin koko tukin pituista sahatavaraa valmistettaessa. Vastaavasti sydäntavara-aseteilla sahaus olisi kannattavaa vasta 150 mm:n läpimittaluokasta ylöspäin moduulipituuisella sahatavaralla, ja tulos olisi tukin pituisella sahatavaralla aina negatiivinen. Tukin läpimitta vaikutti lauta-aseteilla hieman enemmän sahauksen tulokseen kuin sydäntavara-aseteilla.

Sahauksen peruslaskelmien lähtöarvot valittiin varovaisuusperiaatteella pyrkien välttämään tuotteiden hintatason yliarviointia tai tukkien tehdashintatason aliarviointia. Sahattaessa tukit sahatavaran moduulipituuksiin lauta-aseteilla sahauskustannusten lasku 10 prosentilla, tukin tehdashinnan lasku 20 prosentilla ja tuotteiden keskihinnan nousu 10 prosentilla vaikuttivat kukin siten, että tukin positiivisen sahaustuloksen tuottava kuoreton läpimitta pieneni 140 mm:stä 130 mm:iin. Sydäntavara-aseteilla sahattaessa läpimittaraja laski vastaavasti 150 mm:stä 120–130 mm:iin. Kustannusten tai hintojen muuttuessa päivittäisiin suuntiin nollatulosta ei ollut mahdollista saavuttaa.



**Kuva 15.** Harvennumännyn sahatavaran saanto (vas.) ja arvosaanto (oik.) lauta- ja sydäntavara-aseteilla tukin latvaläpimittaluokittain kuoretonta tukkitilavuutta kohti. Tukit simuloitu kaatokoepuista Metlan apteeraussimulaattorilla saatujen tukkien pituuksiin (Wall ym. 2005a).



**Kuva 16.** Harvennumännyn sahatavaran tilavuuden laatuluokkajakauma lauta- ja sydäntavara-aseteilla. Tukit simuloitu kaatokoepuista Metlan apteeraussimulaattorilla saatujen tukkien pituuksiin (Wall ym. 2005a).

Sahattaessa kaikista kaatokoepuista vain lyhyitä tukkeja (2,2 m) sahatavaran saanto oli keskimäärin 4 prosenttiyksikköä korkeampi kuin sahattaessa vain pitkiä tukkeja (4,6 m). Terveksäisen sahatavaran osuus tuotannosta oli lyhyillä tukeilla 85 % ja pitkillä tukeilla 41 %. Lyhyillä tukeilla sahaus suhteellinen arvosaanto tukin tilavuutta kohti oli kuitenkin heikompi kuin pitkillä tukeilla, esim. läpimittaluokassa 140 mm ero oli 18 prosenttiyksikköä.

Kaatokoepuuaineistosta mitatun rungon suurimman ulkoisen elävän ja kuolleen oksan sijainnin ja kuorellisen läpimitan sekä rungon tuore- ja kuivaoksarajojen perustella tehtiin rungon sisäoksin läpimittaa ja oksan sijaintikorkeutta kuvaavat regressiomallit. Samoin tutkittiin sahausarvosuhteiden riippuvuutta rungon ja tukin dimensioista ja ulkoisesta oksikkuudesta. Tukin pituuden vaikutus oli huomattava. Tässä tarkastelussa, joka perustui rungon optimaaliseen apteeraukseen

puutavaralajien kokonaisarvon pohjalta, arvosanto oli sydäntavara-aseteilla sahattaessa 2,2 m:n tukeilla 16,8 €/tukki-m<sup>3</sup> korkeampi kuin 4,6 m:n tukeilla. Vastaava ero oli lauta-aseteilla sahattaessa noin 14,3 €/tukki-m<sup>3</sup>.

Runkojen katkonnassa sovellettujen apteerausvaihtoehtojen välillä oli suuria eroja sahauksen arvosannossa sekä keskimäärin että rinnankorkeusläpimittaluokittain. Arvosanto oli paras harvennumänniköiden tyyppillisissä rinnankorkeusläpimittaluokissa (13–25 cm), kun käytettiin kaikki tutkitut puutavaralajit sisältänyttä apteerausvaihtoehtoa (pl. 23 cm:n luokka). Tämän apteerausvaihtoehtoon paremmuus muihin vaihtoehtoihin pieneni rungon läpimitan kasvaessa. Sahauksen arvosanto oli suhteellisesti korkein läpimittaluokissa 17–19 cm ja 23 cm. Normaalitykin lisäksi joko pelkän pikku- tai lyhyttukin sisältäneissä vaihtoehtoisissa parhaat arvosannot saatiin pääosin samoista läpimittaluokista, mutta niiden väliset suhteelliset erot olivat suuremmat.

Simuloitaessa moduulipituista sahatavaraa tuotti lauta-asete korkeamman suhteellisen keskimääräisen arvosannon kuin sydäntavara-asete. Asetesarjojen ero oli pieni normaali- ja lyhyttukin sisältäneissä vaihtoehtoisissa (3–5 yksikköä) mutta melko suuri kaikki puutavaralajit sisältäneessä vaihtoehtoisissa (13 yksikköä). Normaali- ja pikkutukit vaihtoehtoisissa sydäntavara-asete tuotti kuitenkin 5 yksikköä korkeamman arvosannon kuin lauta-asete. Simuloitaessa tukin pituisia tuotteita tuotti lauta-asete kaikilla apteerausvaihtoehtoisilla keskimäärin vajaan 10 yksikköä korkeamman arvosannon kuin sydäntavara-asete. Kummallakin asetesarjalla pikkutukin sahaaminen tuotti keskimäärin lähes saman arvosannon kuin kaikkien puutavaralajien sahaaminen. Pikku- ja lyhyttukivaihtoehtojen ero oli varsinkin lauta-aseteilla tukin pituisia tuotteita sahattaessa suurempi kuin moduulipituisia tuotteita sahattaessa.

Kun sahalla käytetään normaalia lyhyempiä ja läpimitaltaan pienempiä tukkeja, vaatii niiden käsittely varta vasten suunnitellut tukki- ja sahauslinjat sekä erityisjärjestelyjä kuivauksessa. Pienet tukit ja saheet asettavat suuret nopeus- ja tehokkuusvaatimukset tuotantolinjalle. Tämä on ratkaistu käytännössä sahan toimintojen automatisoinnilla ja erillisellä pikkutukkien lajittelu- ja sahauslinjalla varsinaisen järeän tukin tuotantolinjan ohessa.

Harvennumännyn sahauksen kannattavuuden marginaalit ovat pienet, mikä korostaa tarvetta tarkkaan kustannuseurantaan ja toiminnan tehokkuuden jatkuvaan seurantaan. Lopullinen kannattavuus lienee pitkälti sahakohtaista. Lyhyet tukkipituudet parantavat sahauksen kannattavuutta olennaisesti, mikäli lyhyelle sahatavaralle on todelliset markkinat. Samoin pyrkimys sahan tuotteiden loppukäytön mukaiseen apteeraukseen ja aihiomittojen mukaiseen sahaukseen parantaa kannattavuutta.

Männyn pikku- ja lyhyttukkien sahauksen kannattavuutta voidaan parantaa valmistuskustannuksia alentamalla tai tuloja kasvattamalla. Valmistuskustannusten alentamiseksi: 1) yksikkökustannusten alentaminen on ensisijaisen tärkeää, 2) raaka-aineen hinnan on oltava kohtuullisessa suhteessa tuotteen hintaan, 3) sahaus on automatisoitava mahdollisimman pitkälle, 4) suurtuotannon edut on otettava huomioon, 5) valmistusprosessin on oltava logistisesti ja teknisesti yksinkertainen, 6) sahan suunnittelu on tehtävä pientukkien ehdoilla. Tulojen kasvattamiseksi: 1) tukkien käyttösuhdetta on pienennettävä (tukkimittaus ja optimointi, sahausrako, mittojen valvonta, käyräsahausmahdollisuus), 2) laatu- ja arvosantoa on kasvatettava, 3) saheista ja sivutuotteista on saatava parempi hinta, 4) tuotantolinjat on suunniteltava tuotteiden mukaan, 5) tuotantoon on otettava mukaan jatkojalostustuotteita. Pienten ja lyhyiden tukkien sahaus on sekä logistiikan että kustannusten suhteen kannattavinta erityisesti niitä varten suunnitelluilla tuotantolinjoilla. Tällaiset ovat mielekkäitä myös normaalitukkien sahauslinjojen rinnalla.

### 2.3.3 Harvennumännyn puuaineen ominaisuudet

Harvennusten nuorella, pieniläpimittaisella männyllä on havaittu tiettyjä etuja puutuotteiden raaka-aineena normaaliin järeään tukkiin verrattuna, esimerkiksi terve- ja pienioksaus ja eräissä suhteissa tasalaatuisuus (ominaisuuksien pieni vaihtelu rungon sisällä). Ongelmia on silti ilmennyt enemmän. Harvennusemetsistä sahoille päätyvä pikkutukki poikkeaa tukkiprofililtaan ja puuaineen ominaisuuksiltaan järeästä tukista. Harvennuksissa poistettavien puiden yleinen lenkous ja mutkaisuus tarkoittavat sitä, että ne sisältävät normaalia enemmän kuivausta vaikeuttavaa ja työstettävyyttä ja käytössä tärkeitä teknisiä ominaisuuksia heikentävää lylyä (reaktiopuuta). Nämä muotoviat heikentävät myös niihin liittyvän epäpyöreiden ja kartiokkuuden kautta sahatavaran saantoa, joskin pieni läpimitta on tässä suurin yksittäinen syy saannon alhaisuuteen (luku 2.3.2).

Harvennumännyn poikkeavana ominaisuutena voidaan pitää myös nuorpuun suurehkoa osuutta, joskin nuorpuuongelma on pohjoisten havumetsien nuorissakin puissa pieni verrattuna esimerkiksi Keski-Euroopan tai USA:n etelävaltioiden nopeakasvuisiin havupuulajeihin. Suurin osa nuoren harvennumännyn puuaineesta on helposti pintakäsiteltävää ja kyllästettävää pintapuuta. Mitta- ja muotopysyvää ja eräissä suhteissa säänkestävää sydänpuuta on vastaavasti ehtinyt muodostua vain vähän.

Päättehakkupuuta suuremman nuorpuun osuuden ja vanhan puun hidaskasvuisten pintalustojen puuttumisen vuoksi harvennuspuun tiheys on männyllä alempi, lujuus- ja jäykkyysominaisuudet heikommät ja puun kuivausmuodonmuutokset suuremmät. Oksatonta puuta on rungon pintaosissa vielä vähän ja runkomuotoviat heikentävät vielä pieniläpimittaisella puulla sahaussaantoa enemmän kuin järeällä puulla. Lisäksi puun laatuun vaikuttaa erityisesti ensiharvennuksilla se, ettei harvennuskertymä päättehakkuun kertymän tavoin muodostu leimikon parhaista puista.

Myöhempien harvennusten tyvitukeista tehdyn mäntysahatavaran taivutusominaisuudet ovat kuitenkin osoittautuneet hyväksi puutuoteyritysten teettämissä tuotetestauksissa, ja päättehakkupuuhun nähden vähintään vertailukelpoisiksi korkeaa lujuutta ja jäykkyyttä edellyttäviin rakennustuotteisiin. Ensiharvennumännyn sahatavara on tässä suhteessa selvästi huonompaa varsinkin tukkien tullessa viljavilta kasvupaikoilta, ja vastaa lähinnä myöhempien harvennusten latvatukkien sahatavaraa.

Männyn latvapikkutukeissa ja osin myös harvennusten tyvi- ja välitukeissa on etua terveoksaudesta. Toisaalta oksatonta pintapuuta on vain myöhempien harvennusten tyvitukeissa. Rungon sisäinen oksaisuuslaatu vaihtelee suuresti leimikoiden välillä ja vähintään yhtä paljon niiden sisällä. Harvennumännyn kuivat ja tuoreet oksat ovat tyvitukeissa pieniä, sillä tuoreet oksat eivät ole ehtineet kasvaa paljoa paksuutta; toisaalta kuivien oksien karsiutuminen on vasta alussa.

Mäntyharvennuspuun varsin vähän tunnettuja ominaisuuksia tutkittiin useissa Metlan hankkeissa 2000-luvulla. Niissä tarkasteltiin teknistä laatua ja puuaineen visuaalisia ominaisuuksia Harvennumännyn hankinnan ja sahauksen kehittämisen -hankkeen aineiston eräillä ositteilla Itä- ja Etelä-Suomesta (luku 2.3.2) sekä puuaineen ja puutuotteiden tärkeimpiä fysikaalisia ja mekaanisia ominaisuuksia Pohjois-Karjalasta hankitulla erillisaineistolla. Tämä käsitti kuusi leimikkoa ensiharvennuksia (60 koepuuta, 82 tukkia), neljä leimikkoa toisia harvennuksia (40 koepuuta, 173 tukkia) ja kaksi leimikkoa päättehakkuita (20 koepuuta, 181 tukkia).

Tuoreen oksan läpimitta oli harvennumännyn sisällä rungon tyvellä keskimäärin 6–17 mm ja latvaosissa 12–37 mm, riippuen etäisyydestä ytimeen. Pääsääntöisesti sisäoksien paksuus pieneni hieman kasvupaikan ravinteisuuden heikentyessä, esim. tuoreesta kankaasta tai vastaavas-

ta kuivahkoon keskimäärin 1–4 mm. Vakioetäisyydellä ytimestä tuoreen oksan läpimitta oli sitä pienempi, mitä suurempi oli puun rinnankorkeusläpimitta. Turvemailla tuoreet oksat olivat rungon ylemmissä osissa hieman paksumpia kuin vastaavalla korkeudella kivennäismailla, mutta rungon alemmissä osissa oksat olivat samanpaksuisia maapohjasta riippumatta. Tuoreet oksat olivat 8 m:n korkeuteen saakka sitä ohuempia mitä pienempiä olivat männikön keskiläpimitta ja -pituus ja mitä korkeammalla olivat alimmat tuoreet oksat ja kuivat oksat. Rungon sisällä oli tuoreita oksia keskimäärin 3–7 kpl/m. Tuoreiden oksien lukumäärässä ei ollut juurikaan eroja kasvupaikkaluokkien välillä. Kivennäismaihin verrattuna esimerkiksi 40 mm:n etäisyydellä ytimestä oksia oli turvemaila hieman vähemmän runkojen tyviosissa mutta enemmän 5 m:n korkeudelta ylöspäin.

Rungon sisällä tuore oksa muuttuu kuivaksi (kuolleeksi) oksaksi tietyllä etäisyydellä ytimestä. Oksan kylestyessä puun vuosilustot peittävät kuivuneen oksan rungon sisään. Kuivan oksan keskimääräinen läpimitta oli rungon sisällä tyviosassa 8–15 mm riippuen etäisyydestä ytimeen. Vakioetäisyydellä ytimestä kuivien oksien keskiläpimitta kasvoi lievästi puun latvaa kohti, kivennäis- ja turvemaiden välillä ei ollut mainittavaa eroa tässä suhteessa. Kasvupaikan ravinteisuuden heikentyessä tuoreesta kankaasta tai vastaavasta kuivaksi pieneni kuivankin oksan keskimääräinen läpimitta 1–4 mm; muutos oli rungon latvaosissa suurempi kuin tyviosissa. Kuivien oksien keskiläpimitta pieneni puuston ikääntyessä ja paksuuntuessa, runkoluvun ja pituuden kasvaessa ja kuiva- ja tuoreoksarajan kohotessa. Rungon sisässä oli kuivia oksia keskimäärin 2–10 kpl/m. Kuivien oksien lukumäärä väheni huomattavasti puun latvaa kohti ja lukumäärä oli suurimmillaan lähes poikkeuksetta 40 tai 60 mm:n etäisyydellä ytimestä. Etenkin kuivien oksien määrä oli turvemailla suurempi kuin kivennäismailla.

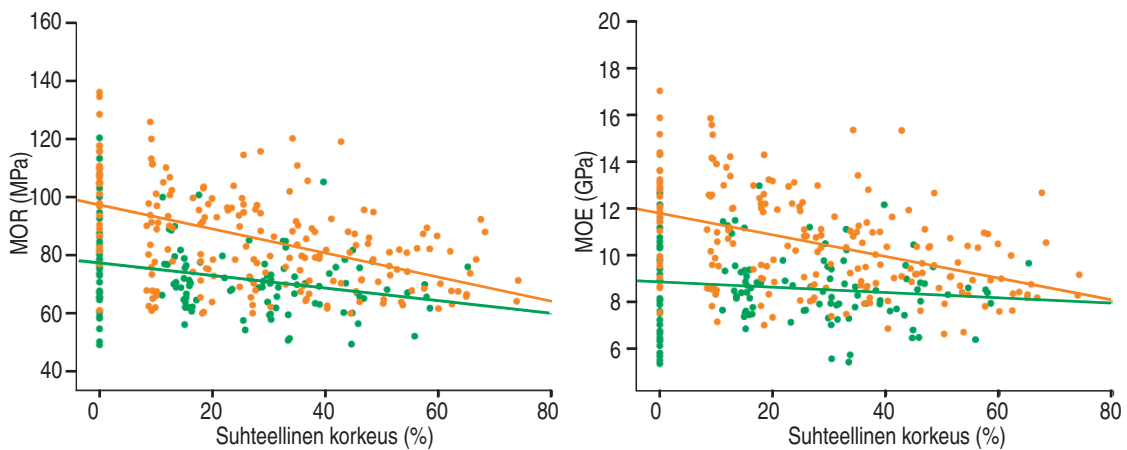
Tutkituissa harvennusmännnyissä mustien ja lahojen oksien keskimääräinen läpimitta oli tasaisesti 8–11 mm kaikilla etäisyyksillä rungon ytimestä kaikissa rinnankorkeusläpimittaluokissa. Läpimitta kasvoi rungon tyviosissa maaperän muuttuessa niukkaravinteisemmaksi ja oli turvemailla keskimäärin pienempi kuin kivennäismailla. Mustia ja lahoja oksia oli rungon tyviosissa keskimäärin 2–3 kpl/m. Selvää säännönmukaista vaihtelua esiintyi runkojen sisällä ainoastaan siten, että lukumäärä laski hieman tyvestä latvaan ja ytimestä pintaan. Rungon latvaosien pintaosissa oli tällaisia oksia vain poikkeustapauksissa.

Puuaineen fysikaalisista ominaisuuksista tutkittiin muun muassa kuivatuoretiheyttä sekä puun kutistumisen ja turpoamisen määrää ja anisotropiaa. Puuaineen kuivatuoretiheys oli odotusten mukaisesti alempi ensiharvennusmännnyllä ( $437 \text{ kg/m}^3$ ) kuin toisen harvennuksen männnyllä ( $470 \text{ kg/m}^3$ ) tai päätehakkuumännnyllä ( $456 \text{ kg/m}^3$ ). Leimikkotyypien erot ilmenivät lähes samansuuruisina sahatavaran ilmakeuveyskertoimissa ( $\rho_{12}$ ) (ensiharvennus  $467 \text{ kg/m}^3$ , toinen harvennus  $495 \text{ kg/m}^3$ , päätehakkuu  $482 \text{ kg/m}^3$ ). Ensiharvennusten tyvitukkien tiheys oli verrannollinen toisten harvennusten ja päätehakkuiden väli- ja latvatukkien tiheyteen.

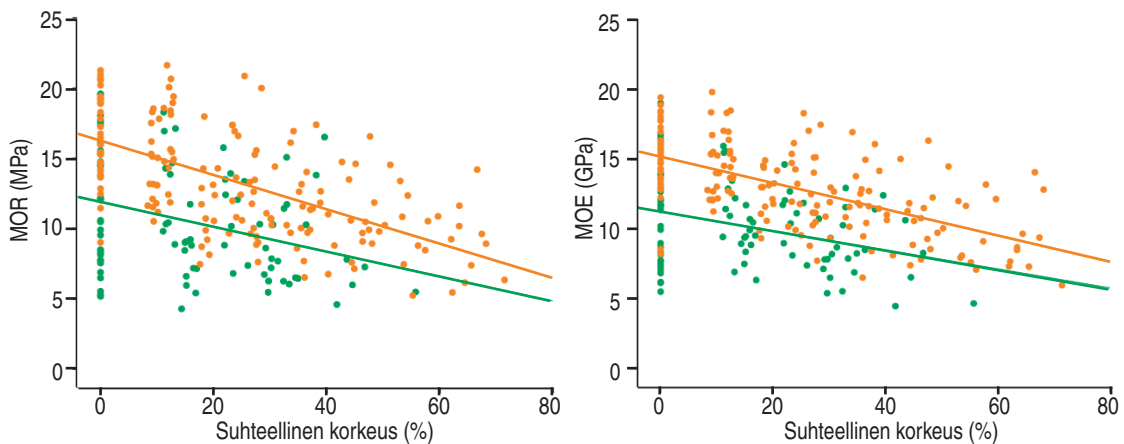
Puuaine kutistui keskimäärin tuoreesta absoluuttisen kuivaksi kuivattaessa säteen suunnassa 4 % ja tangentin suunnassa 7 %, ja tilavuus vastaavasti 11 %. Kutistuminen ja turpoaminen vaihtelivat hyvin vähän leimikkotyypien välillä. Kutistuma oli säteen suunnassa ja tilavuudesta mitattuna männnylle tavallisella tasolla, ja tangentin suunnassa jopa hieman pienempi. Kutistumisen anisotropia eli tangentin ja säteen suuntaisen kutistuman suhde oli täten pieni, toisen harvennuksen puulla vain 1,67 ja ensiharvennuspuullakin 1,80 (vrt. päätehakkupuun 1,84). Tällä perusteella kutistumisen anisotropia ei olisikaan harvennusmännnyllä niin vaikea ilmiö hallittavaksi kuivauksessa, työstössä, mekaanisissa liitoksissa ja käytössä kosteudelle alttiissa kohteissa kuin on ajateltu, ainakaan sydäntavaran osalta. Anisotropia ei vaihdellut juurikaan rungon säteen suunnassa, vaikka tangentin suuntainen ja tilavuuden kutistuminen kasvoivat ytimestä pintaan, mikä viittaa kohtuul-

liseen stabiilisuuteen sekä sydäntavaralla että laudoilla. Kutistumisen mittaukset tehtiin yleisen käytännön mukaisesti absoluuttiseen uunikuivuuteen. Kuivattaessa sahatavaraa vientikosteuteen (16–20 %) tai puusepänkosteuteen (6–12 %) on mahdollista, että päätehakkuupuun sahatavara on kuitenkin stabiilimpaa kuin harvennuspuun sahatavara, koska viimeisten kosteusprosenttien poistaminen keinollisesti ilmeisesti tasaa erilaisten puumateriaalien eroja kuivauslaadussa.

Pienten virheettömien näytteiden taivutuslujuutta ja kimmokerrointa testattiin syrjätaivutuskokeilla standardien ISO 3133 ja ISO 3349 ja sahatavaran taivutusominaisuuksia standardin SFS-EN 408 mukaisesti. Ensiharvennusten tyvitukkien puuaine vastasi taivutusominaisuuksiltaan myöhempien hakkuiden väli- ja latvatukkeja. Toisen harvennuksen tukkien puuaine vastasi taivutuslujuudeltaan päätehakkuupuuta, mutta kimmokerroin oli jonkin verran alempi. Virheettömän puuaineen taivutuslujuuden ja -kimmokerroimen arvot olivat ensiharvennumännillä keskimäärin 72 MPa ja 9 GPa, ja toisen harvennuksen männillä 85 MPa ja 10 GPa (kuva 17). Sahatavaran taivutuslujuus oli ensiharvennuksissa keskimäärin 42 MPa ja kimmokerroin 10 GPa, toisissa harvennuksissa vastaavasti 53 MPa ja 13 GPa (kuva 18).



**Kuva 17.** Harvennumännyn virheettömän puuaineen taivutusominaisuudet suhteessa tukin suhteelliseen korkeusasemaan rungossa. MOR = taivutusmurtolujuus, MOE = kimmokerroin. Vihreä = ensiharvennus, oranssi = toinen harvennus (Stöd ja Verkasalo 2011).



**Kuva 18.** Harvennumännyn sahatavaran taivutusominaisuudet suhteessa tukin suhteelliseen korkeusasemaan rungossa. MOR = taivutusmurtolujuus, MOE = kimmokerroin. Vihreä = ensiharvennus, oranssi = toinen harvennus (Stöd ja Verkasalo 2011).

Pienistä virheettömistä näytteistä standardien ISO 3787 ja ISO 3347 perusteella puunsiiden suunnassa määritetyt puristuslujuus ja leikkauslujuus vaihtelivat vain vähän metsikkötyypeittäin. Puristuslujuus oli keskimäärin 39 MPa, joka on mäntypuulle aiemmissa tutkimuksissa todettuihin verrattuna merkittävästi heikompi tulos. Leikkauslujuus oli ensiharvennuspuulla noin 8 MPa ja toisen harvennuksen puulla 9 MPa; keskiarvot olivat molemmissa tapauksissa hieman pienempiä kuin päätehakkuupuulla.

Tulokset osoittivat mäntyensiharvennuspuun laadun ja lujuuden selvästi myöhemmistä hakkuista saatavaa puuta huonommiksi ja ominaisuuksien vaihtelun suureksi. Toisen harvennuksen puutavaran lujuusominaisuudet mahdollistavat käytön päätehakkuupuuta korvaavana materiaalina, vaikka oksaisuuslaatu ei olekaan päätehakkuupuun veroista. Harvennusmännyn käyttö vaativissa loppukäyttökohteissa asettaa siis varsin tiukat vaatimukset raaka-ainelähteelle.

### 2.3.4 Pikkutukki-energiahaakeyhdistelmät harvennusmännyn hankinnassa

Mikäli puutavaran hankintaa ja käyttöä sahateollisuuden ja jatkojalostuksen tarpeisiin halutaan lisätä harvennusleimikoista kannattavasti, on sahapuun hehtaarikohtaista kertymää ja samalla osuutta kokonaiskertymästä tarpeellista lisätä (luku 2.3.2). Eräs mahdollisuus tähän voi olla normaali- ja pikkutukkien ja rankahakkeena tai koko- ja osapuuhakkeena korjattavan energiapuun rinnakkainen talteenotto, jolloin rungot voitaisiin katkoa tehokkaasti sahapuun saannon maksimoimiseksi ja hukkapuun osuuden minimoimiseksi. Lisääntyvä pienpuun kysyntä energiakäyttöön voi antaa mahdollisuuksia tähän toimintamalliin. Toimintamallissa ei korjattaisi välttämättä lainkaan kuitupuuta. Malli soveltuu siis lähinnä itsenäisten sahojen ja energiapuun käyttäjien puuraaka-aineen yhteishankintaan, myös metsänhoitoyhdistysten, puuenergiaosuuskuntien ja lämpölaitosyrittäjien toimesta. Soveltuvuus vaihtelee epäilemättä sekä alueellisesti että ajallisesti kuitupuun kysynnän ja hintatason mukaan. Avainkysymyksiä ovat tavaralajien suhteelliset kertymät ja hinnat käyttöpisteessä, leimikkotason kantorahatulot, hankintakustannukset ja niiden allokointi saha- ja energiapuulle sekä hankinnan organisointitapa, aikataulut ja logistiikka.

Metlassa tehtiin asian tiimoilta esitutkimus vuonna 2005, jossa tarkasteltiin Harvennusmännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen -hankkeessa kerättyä aineistoa männiköiden ensiharvennuksista ja toisista harvennuksista (203 leimikkoa, ks. luku 2.3.2). Työssä vertailtiin normaalitukit (minimiläpimitta 15 cm, pituus 3,1–5,5 m) ja pikkutukit (läpimitta 10–15 cm tai 12–15 cm, pituus 2,8–4,6 m) käsittäneen sahapuun ja lopusta rungonosasta ja sahapuuksi liian pienistä tai huonolaatuisista puista saatavan karsitun energiapuuran (minimiläpimitta 4 cm, pituus 2–5 m, ml. tyveykset ja leikot minimiläpimitta 10 cm, pituus 1,5–2,0 m) tai karsimattoman koko- tai osapuun (ml. tyveykset ja leikot) korjuuta normaalitukin ja kuitupuun (minimiläpimitta 6 cm, pituus 2,5–5,5 m) ja normaali- ja pikkutukin ja kuitupuun korjuuseen. Leimikoista tarkasti mitatut ja laadutetut rungot apteerattiin tietokonesimulaattorilla em. puutavaralajeiksi ja laskettiin niiden hehtaarikohtaiset kertymät harvennuspoistumassa. Energiapuun kertymät laskettiin myös biomassana (kuiva-ainetonneja) ja energiasisältönä (tehollinen lämpöarvo kuiva-aineena, GJ). Lisäksi tehtiin laskelmat tarkasteltujen korjuumenetelmien yksikkökustannuksista yksioteharvesterin ja kuormatraktorin korjuuketjussa, puutavaralajien tienvarsihinnasta sekä hehtaarikohtaisista kantorahatuloista.

Sovellettaessa tukin mitta- ja laatuvaatimuksia tarkasti harvennusmänniköissä oli sahauskelpoisen puun kertymä normaalitukin ja kuitupuun sisältävässä korjuussa hyvin pieni, 1–3 m<sup>3</sup>/ha. Lyhyiden pikkutukkien (minimiläpimitta 10 cm) sisällyttäminen korjuuseen nosti kertymää mutta kuitenkin toivottua vähemmän, ensiharvennuksessa tasolle 3–6 m<sup>3</sup>/ha (4–7 %) ja toisessa harven-



nuksessa tasolle 6–8 m<sup>3</sup>/ha (12–21 %) . Kertymä riippui tässäkin tarkastelussa kasvupaikan viljavuustasosta ja oli kivennäismailla korkeampi kuin turvemilla. Pikkutukit käsittivät vähintään kaksi kolmasosaa kertymän tilavuudesta ja vähintään 80 % sahapuupölkkyjen lukumäärästä. Kertymä voi kasvaa olennaisesti, mikäli eriasteisesti vikaisia pölkkyjä voidaan kelpuuttaa sahaukseen. Pahin sahapuun kertymää alentava runkovika on tyvilenkous, jota sallimalla sahapuun kertymä voidaan kohottaa ensiharvennuskäytännössä keskimäärin 2,4-kertaiseksi ja myöhemmissä harvennuksissa 2,8-kertaiseksi (luku 2.3.1).

Tehtäessä normaali- ja pikkutukkien lisäksi energiapuurankaa kasvoi sahauskelpoisen puun kertymä vain vähän, alle yhden kuutiometrin hehtaarilla. Energiapuun kertymä oli kaikissa leimikkotyypeissä 2–4 m<sup>3</sup>/ha suurempi kuin vastaava kuitupuun kertymä. Energiapuun kertymä oli tällöin ensiharvennuksessa 57–69 m<sup>3</sup>/ha ja toisessa harvennuksessa 28–51 m<sup>3</sup>/ha. Myyntipuun kokonaiskertymä kasvoi 2–5 m<sup>3</sup>/ha. Hukkapuun osuus pieneni 50–80 %, alle kahteen kuutiometriin hehtaarilla.

Tehtäessä normaali- ja pikkutukkien lisäksi energiapuuta karsimattomana koko- ja osapuuna kasvoi sahapuun kertymä kuten energiapuurankaa tehtäessä, mutta energiapuun kertymä oli odotetusti suurempi. Energiapuun kokonaiskertymä (ilman viherainetta) oli ensiharvennuksessa 68–84 m<sup>3</sup>/ha ja toisessa harvennuksessa 34–61 m<sup>3</sup>/ha. Käytännössä kaikki hukkapuu siirtyi energiapuuhun.

Harvennuskäytännön korjuun yksikkökustannukset olivat energiapuun sisältävissä korjuuvaihtoehdoissa 1–3 €/m<sup>3</sup> korkeammat kuin normaalitukin ja kuitupuun korjuussa (taulukko 2). Lyhyiden pikkutukkien korjuu nostaa jo sinänsä korjuu- ja kaukokuljetuskustannuksia, joten energiapuun sisältävät vaihtoehdot lisäsivät tähän verrattuna kustannuksia vain vähän; karsitun rangan sisältävä korjuu oli ensiharvennuksessa jopa hieman halvempaa. Koko- ja osapuun sisältänyt korjuu oli kokonaisuutena kalliimpaa kuin karsitun rangan sisältävä korjuu, ero oli ensiharvennuksissa 1,6 €/m<sup>3</sup> ja toisessa harvennuksessa 0,8 €/m<sup>3</sup>.

**Taulukko 2.** Korjuun tuottavuus ja kustannukset männikön ensiharvennuksessa ja toisessa harvennuksessa eri korjuumenetelmissä (apteerausvaihtoehdot: Wall ym. 2005b).

	Korjuumenetelmä (apteerausvaihtoehdot)							
	Normaalitukki + kuitupuun (3)		Normaali- ja pikkutukki + kuitupuun (1)		Normaali- ja pikkutukki + karsittu ranka (4)		Normaali- ja pikkutukki + koko- ja osapuun (5)	
	1. harv.	2. harv.	1. harv.	2. harv.	1. harv.	2. harv.	1. harv.	2. harv.
	Tuottavuus, m <sup>3</sup> /ha							
Harvesteri	11,7	16,4	9,1	15,2	11,2	11,9	9,9	10,6
Kuormatraktori	15,1	14,8	14,8	14,4	13,6	13,3	11,8	11,6
	Kustannukset, €/m <sup>3</sup>							
Korjuu yht.	9,7	8,0	11,6	8,4	10,9	10,7	12,3	11,9
Kantohinta	13,3	14,2	14,1	15,8	6,6	8,8	8,4	10,3
Tienvarsihintaa	23,0	22,2	25,7	24,2	17,5	19,5	20,7	22,2



## 2.4 Mänty- ja kuusitukin saatavuus ja kuusen erityisominaisuudet Pohjois-Suomessa

### 2.4.1 Tavoitteet

Metlassa toteutettiin Lapin Puuohjelman (2000–2006) aloitteesta tutkimus- ja kehittämishanke Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta Rovaniemen ja Joensuun yksiköiden, kolmen pohjoissuomalaisen puutuoteyrityksen ja Metsähallituksen yhteistyönä vuosina 2003–2006. Näkökulma oli korostetusti pohjoissuomalainen ja tavoitteet tältä pohjalta seuraavat:

- osoittaa objektiivisesti pohjoiselle männylle ja kuuselle kilpailukykyä antavat erityisominaisuudet puutuotteiden markkinoinnin, tuotantoteknologian ja raaka-ainehankinnan tukemiseksi,
- määrittää männyn osalta miten suuria määriä ja mitä laatuja ja dimensioita Lapin seutukunnista ja Pohjois-Pohjanmaan pohjoisista osista on saatavissa yhtäältä ns. normaali- ja poikkeuspuutavaralajeja ja toisaalta puutuotealan alueellisten kehitysnäkymien perusteella tarpeellisia erikoispuutavaralajeja,
- määrittää kuusen osalta miten suuria määriä ja mitä laatuja ja dimensioita Lapin seutukunnista (erityisesti Lounais-Lappi) ja Pohjois-Pohjanmaan pohjoisista osista (erityisesti Koillismaa) on saatavissa normaali- ja pikkutukkeja,
- määrittää tuotelähtöisesti pohjoisen männyn ja kuusen potentiaaliset käyttökohteet puutuoteteollisuudessa ja jatkojalostuksessa ja antaa suosituksia käyttökohteista puun määrällisten, laadullisten ja teknis-taloudellisten ominaisuuksien ja potentiaalisten tuotteiden perusteella.

Pohjoisen männyn erityisominaisuuksien tutkimus ja niitä koskevien tulosten raportointi sisällytettiin SPWT-konsortion puutieteellisiin ja -teknologisiin osiin (luku 2.2.3). Tutkimuksia täydennettiin erityisaineistolla Ylä-Lapista, jota koskevat tulokset raportoitiin erikseen Raaka-ainetta pohjoisesta puusta -hankkeen jäsenille ja maakunnan sidosryhmille (Grekin 2006c, Verkasalo ym. 2008a).

### 2.4.2 Mänty- ja kuusitukin saatavuus

Mäntytukkia on hakattu Lapissa noin miljoona kuutiometriä vuodessa, Pohjois-Pohjanmaalla hieman vähemmän ja tukin osuus hakkuukertymästä on ollut noin kolmannes 2000-luvun ns. normaaleina puukauppavuosina (Metinfo 2010). Mänty on ylivoimainen ykköspuulaji Pohjois-Suomen puutuoteteollisuudelle. Kuusitukin merkitys on selvästi pienempi, sitä on hakattu vuosittain Lapissa vain runsas 200 000 m<sup>3</sup> eli 28 % kertymästä, Pohjois-Pohjanmaalla kuitenkin puoli miljoonaa kuutiometriä eli 47 % kertymästä. Lapissa mäntytukin hakkuut ovat yli kaksinkertaistuneet 1990-luvun alusta, ja kuusitukillakin kohonneet lievästi. Tukkihakkuut ovat kasvaneet selvästi myös Pohjois-Pohjanmaalla, joskin hieman lievemmin kuin Lapissa. Kuusitukkien hakkuut ovat ripeän kasvun jälkeen kääntyneet jopa laskuun vuoden 2000 jälkeen.

Lapin tuotantolaitoksilla sahattiin vuonna 2006 mäntyä 728 000 m<sup>3</sup> ja kuusta 169 000 m<sup>3</sup>. Männystä oli kotimaan normaalitukkia 713 000 m<sup>3</sup> ja pikkutukkia 15 000 m<sup>3</sup>, kuusesta normaalitukkia 130 000 m<sup>3</sup>, pikkutukkia 5000 m<sup>3</sup> ja lisäksi tuontikuusta 33 000 m<sup>3</sup> (Metinfo 2010). Pohjois-Pohjanmaalla sahattiin vastaavasti mäntyä noin 1,65 milj. m<sup>3</sup> ja kuusta 578 000 m<sup>3</sup> (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2006). Männystä oli kotimaan normaalitukkia 1,255 milj. m<sup>3</sup>, pikkutukkia noin 300 000 m<sup>3</sup> ja tuontitukkia 96 000 m<sup>3</sup>, kuusesta normaalitukkia 537 000 m<sup>3</sup>, pikkutukkia 5000 m<sup>3</sup>

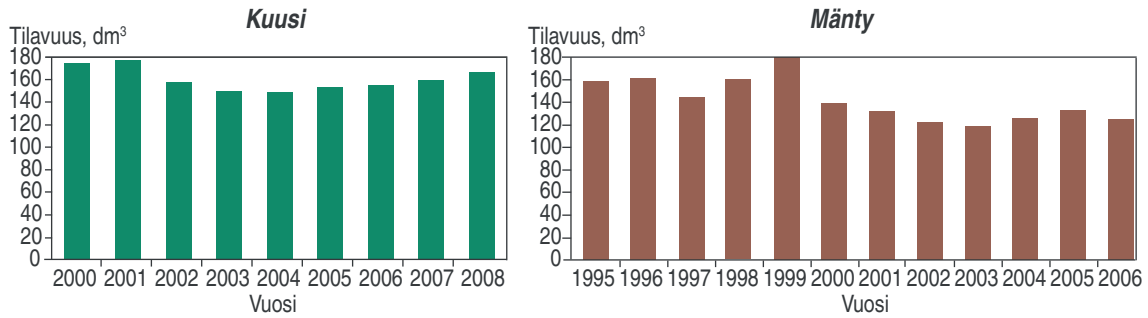
ja tuontitukkaa 33 000 m<sup>3</sup> (Metinfo 2010). Yksinomaan Koillismaan sahat sahasivat tukkia yhteensä 1,09 milj. m<sup>3</sup>, josta tuli yli puolet Lapin läänistä, runsas kolmannes Oulun läänistä ja alle kymmenesosa Venäjältä (Salonen 2007).

Hakkuu- ja puunkäyttömäärien erot osoittavat, että tukkipuuta virtaa Pohjois-Suomessa huomattavat määrät maakuntien välillä sahojen ja hirsitalotehtaiden sijainnin ja luontaisten puunhankinta-alueiden mukaisesti. Oulujoen pohjoispuolella sahauksen suuret keskittymät ovat Koillismaan kunnissa ja Kemissä. Näille tulee tukkia myös Ylä-Kainuusta ja Oulun läänin eteläosista. Sahausta on myös Tervolassa, Haukiputaalla ja Keski-Lapin kunnissa. Oulujoen eteläpuolella on useita keskisuuria sahoja Kala- ja Pyhäjokilaaksossa. Tänne tulee tukkia myös Keski-Pohjanmaalta, Keski-Suomesta ja Pohjois-Savosta. Pikkutukin sahaus laajassa mittakaavassa ja omilla sahauslinjoillaan on ollut tyypillistä Koillismaalla 1990-luvun loppuvuosista lähtien ja eteläisissä jokilaaksoissa jo 1980-luvulta lähtien. Tukkaa on tuotu Venäjältä lähinnä Koillismaan ja jossain määrin Kemin sahoille, sinne joinakin vuosina myös Ruotsista. Tunnetumpaa on tukin vienti Ruotsiin. Mäntytukkia vietiin Suomesta vuonna 2006 kaikkiaan 277 000 m<sup>3</sup>, tämä meni käytännössä Pohjois-Ruotsin sahoille ja oli peräisin erityisesti Länsi- ja Keski-Lapista (Salonen 2007).

Tukin vuotuisia hakkuita voitaisiin 10. valtakunnan metsien inventoinnin tulosten perusteella lisätä välittömästi Lapissa yli 400 000 kuutiometrillä ja Pohjois-Pohjanmaalla yli 350 000 kuutiometrillä (Nuutinen ym. 2007). Tästä on mäntyä Lapissa 75 % ja Pohjois-Pohjanmaalla 85 %. Näissä hakkuumahdollisuuksissa eivät ole mukana nykyisten tai varausten piirissä olevien suojelualueiden puustot.

Lisähakkuiden mahdollisuuksista huolimatta Pohjois-Suomen sahojen suurin huoli on tukin jatkuva ja tasainen saatavuus. Laadukkaan, kustannustehokkaasti hankittavissa olevan raaka-aineen saatavuus on muodostunut avainkysymykseksi erityisesti Lapin puutuoteteollisuuden kehittämiseksi. Tähän asti tukin hakkuumahdollisuuksia ovat rajoittaneet eniten suojelualueiden muodostaminen ja muut metsänkäytön rajoitteet, jotka on kohdennettu nimenomaan Lappiin ja Koillismaalle, sen ohella Kainuuseen ja Pohjois-Karjalaan. Suurin este tukin saatavuudelle piilee kuitenkin metsänomistuksen rakennemuutoksessa ja metsänomistajien epävarmoissa puunmyyntihaluisissa. Kiistely maankäytöstä metsätalouden, matkailun ja porotalouden välillä on tuonut lisää epävarmuustekijöitä. Viime vuosien korjuukelien epävarmuus ja talvien lyhentymisen sekä alemman tiestön heikkenevä kunto ovat myös haittoina. Pohjois-Suomessa metsäverouudistuksen pelättiin muutosvaiheen jälkeen pienentävän puuntarjontaa joksikin aikaa jopa 30 %, mutta tämä huoli osoittautui aiheettomaksi puunhintatason noustessa ennätyslukemiin vuosina 2006–2007.

Tukin saatavuutta rajoittaa ja sen kokoa pienentää Pohjois-Suomessa, erityisesti Lapissa metsien rakenteen painottuminen 1950–1970 -lukujen voimakkaan metsänuudistamisen ja metsäojitustoiminnan seurauksena yhä nuorempiin ikäluokkiin sekä puunkäytön piirissä olevien vanhojen metsien väheneminen. Tukin keskikoko onkin pienentynyt Pohjois-Suomen sahoilla jatkuvasti 1960-luvulta lähtien, joskin tämä on johtunut viimeisen 15 vuoden aikana myös pikkutukkien lisääntyneestä sahauksesta (kuva 19). Tukin pienentymisen rinnalla on sen laatuluokkajakauma heikentynyt ja parhaat sahatavaralaadut ovat vähentyneet. Sahauksen käytösuhde on kuitenkin parantunut sahaustekniikan kehittyessä ja sahatavaran dimensioiden monipuolistuessa. – Toisaalta nykyisten nuorten metsien nopea kasvu ja järeytyminen johtavat siihen, että mäntytukkipuun kasvatuksessa voidaan eräiden arvioiden mukaan päästä pohjoisessakin jopa 70 vuoden kiertoaikaan, luonnonmetsien yli 120 vuoden sijasta. Tämä enenevässä määrin viljelymetsätalouden tuottama puu näkyy tukkipuun hakkuumahdollisuuksissa varsinaisesti vasta 20–30 vuoden kuluttua.



**Kuva 19.** Kuusi- ja mäntytukkien keskitilavuuden muutokset pohjoissuomalaisessa sahayrityksessä vuodesta 1995 lähtien (Metlan aineistot).

Pohjois-Suomen keskisuuret sahat ovat jo pitkään kehittäneet tuotteistojaan laajentamalla jatkojalostusta ja keskittämällä voimavaroja asiakastuotteisiin, erikoismittoihin ja erikoislaatuihin. Tämä on ollut elintärkeää, jotta mitoiltaan pienentyttyä ja laadultaan heikentyttyä tukkisumaa on voitu sahata kannattavasti. Jatkojalostuksella on voitu kohentaa myös tällaisista tukeista tyypillisesti syntyvän vajaasärmäisen tavaran arvoa. Samalla on kuitenkin pidetty kiinni perinteisistä perusahatavaraalaaduista ja niitä ostavasta asiakaskunnasta. Laadultaan tavanomaiset ja heikot tukit, myös pikkutukit sahataan edelleen pääasiassa massatuotantoperiaatteella.

Pohjois-Suomen puutuoteteollisuudessa tuotekannan kehittäminen on ollut ja on jatkossakin suurelta osin männyn entistä tarkempaa ja pidemmälle vietyä hyödyntämistä. Sahatavaran jatkojalostuksessa on mahdollisuuksia tunnistettu ja hyödynnetty vaativissa rakennuspuusepäntuotteissa (mm. ovet, ikkunat, portaat), erikoisrakentamisessa (ulkokäyttökohteet, pihapiiri- ja terassituotteet), sisustamisessa (lattiat ja lattiapäällysteet, sisustuspaneelit) mutta ennen kaikkea hirsitaloissa ja puuelementtitaloissa. Huonekaluteollisuuden tarvitseman mäntysahatavaran ja -jalosteiden kysyntä näyttää myös olevan jossain määrin elpymässä vuosituhannen vaihteen romahduksen jälkeen.

Männyn jalostaminen rakennustuotteiksi (rakennusliimapuu, pilarit ja palkit, kevyet rakenteet) on kasvava mahdollisuus Pohjois-Suomessakin. Rakennustuotemahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää männyllä vielä enemmän kuin kuusella koneellisen lujuuslajittelun käyttöönottoa. Tällöin männyn kuusta runsaampi erikoislujien laatujuen saatavuus voidaan realisoida suurimmalla mahdollisella saannolla.

Mahdollisuudet laajentaa tuotekantaa ovat kuusella selvästi mäntyä rajallisemmat. Muutamat pohjoisen puutuoterytykset ovat kuitenkin olleet kiinnostuneita lisäämään paikallisen kuusen käyttöä. Pääasiassa kysymys on käytöstä rakennustuotteissa (massiivi- ja liimapuiset kantavat rakenteet ja niiden osat, liimahirret ja -pilarit, valmistalot), jossain määrin rakennuspuusepänteollisuudessa (sisäpaneelit ja muu laadukas höylätavara, ovi- ja huonekaluteollisuuden materiaalit).

Pohjois-Suomen tukkipuustojen erityispiirteet tarjoavat mahdollisuuksia mutta asettavat myös rajoitteita puutavaralajien tekoon. Sahatavaran ja muiden ensiasteen tuotteiden loppukäytön vaatimukset määrittelevät mitta- ja laatuvaatimukset hakattaville tukeille ja erikoispuutavaralajeille.

Tutkimuksissa määriteltiin aluksi männylle ja kuuselle mielenkiintoiset puutavaralajit tutkijaryhmän ja Lapin ja Koillismaan puutuoteteollisuuden edustajien asiantuntijatyönä. Lähtökohtina olivat yhtäältä Pohjois-Suomessa toimivan puutuoteteollisuuden lähivuosisikymmenien raaka-ainetarpeet näköpiirissä olevien lopputuoteryhmien kannalta tarkasteltuina ja toisaalta realistiset tuotemahdollisuudet alueen tukki- ja pikkutukkikokoisen puuston ominaisuudet huomioon ottaen.

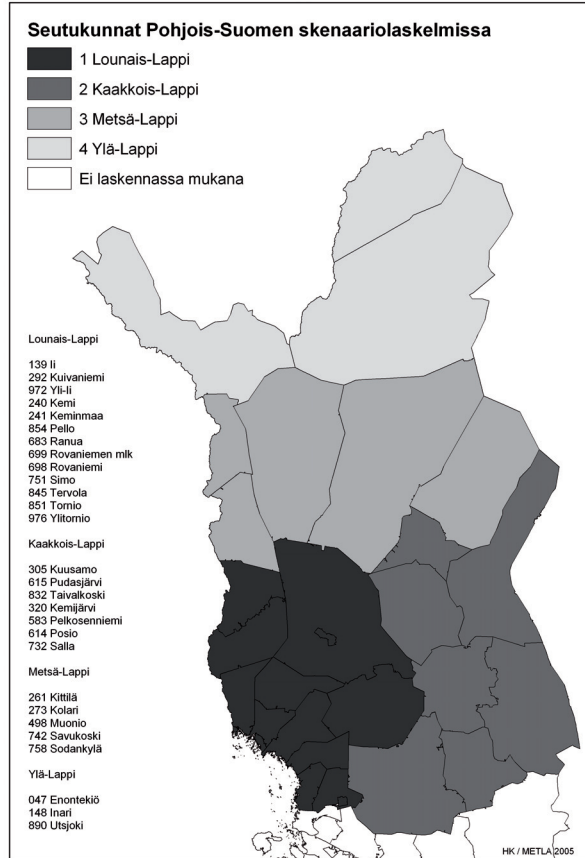
**Taulukko 4.** Puuston apteerauksessa käytetyt puutavaralajit, niiden yksikköhinnat ja mitta- ja laatuvaatimukset sekä männyn apteerausvaihtoehdot (puutavaralajien yhdistelmät ) (Lukkarinen ym. 2007, Salmi-  
 nen ym. 2009).

	Hinta, €/m <sup>3</sup>	Pituudet, m	Minimilata- läpimitta, cm	Oksia ei sallita	Kuivat oksat sallitaan	Isot oksat sallitaan	Muut viat sallitaan
<b>Mänty</b>							
1	Normaalitukki	39	3,7–5,2	15,0		x	
2	Tyvitukki	45	3,7–5,2	20,0	x		
3	Sydänpuutukki	50	2,8–5,2	22,5		x	
4	Terveoksainen latvatukki	32	2,8–5,2	12,0			
5	Hirsitukki	40	3,7–5,2	23,0		x	x
6	Lyhyt rakennuspuuse- päntukki	45	2,8–5,2	15,0	x		
7	Lyhyt rakennustukki	35	2,8–5,2	15,0		x	x
8	Pikkutukki	30	2,8–5,2	12,0		x	
9	Kuitupuu	13	2,5–5,5	6,0		x	x
<b>Kuusi</b>							
10	Normaalitukki	35	4,3–5,2	16,0		x	
11	Pikkutukki	28	2,8–5,2	12,0		x	
12	Kuitupuu	16	2,5–5,5	6,0		x	x
<b>Koivu</b>							
13	Tukki	31	4,0–6,7	20,0		x	
14	Kuitupuu	12	2,5–5,5	6,0		x	x
<b>Muu lehtipuu</b>							
15	Kuitupuu	10	2,5–5,5	8,0		x	x

#### Männyn apteerausvaihtoehdot

Apteerausvaihtoehdot	
1	Tyvitukki Normaalityukki
2	Tyvitukki Normaalityukki Pikkutukki
3	Normaalitukki Sydänpuutukki
4	Tyvitukki Normaalityukki Terveoksainen latvatukki
5	Tyvitukki Normaalityukki Pikkutukki Terveoksainen latvatukki
6	Normaalitukki Hirsitukki
7	Normaalitukki Lyhyt rakennuspuusepäntukki
8	Normaalitukki Lyhyt rakennustukki Lyhyt rakennuspuusepäntukki

Näiden puutavaralajien yhdistelminä määritettiin männylle kahdeksan ja kuuselle kaksi apteerausvaihtoehtoa; kuusella toinen sisälsi normaalitukin ja kuitupuun lisäksi pikkutukin (taulukko 4). Hakkuissa poistettavat rungot apteerattiin Metlan apteeraussimulaattorilla, jossa hyödynnetään runkojen dimensio- ja vikatiedot. Apteeraussimulaattori jakaa hakattavat rungot ainespuuhun ja hukkapuuhun ja ainespuun edelleen eri puutavaralajeihin.



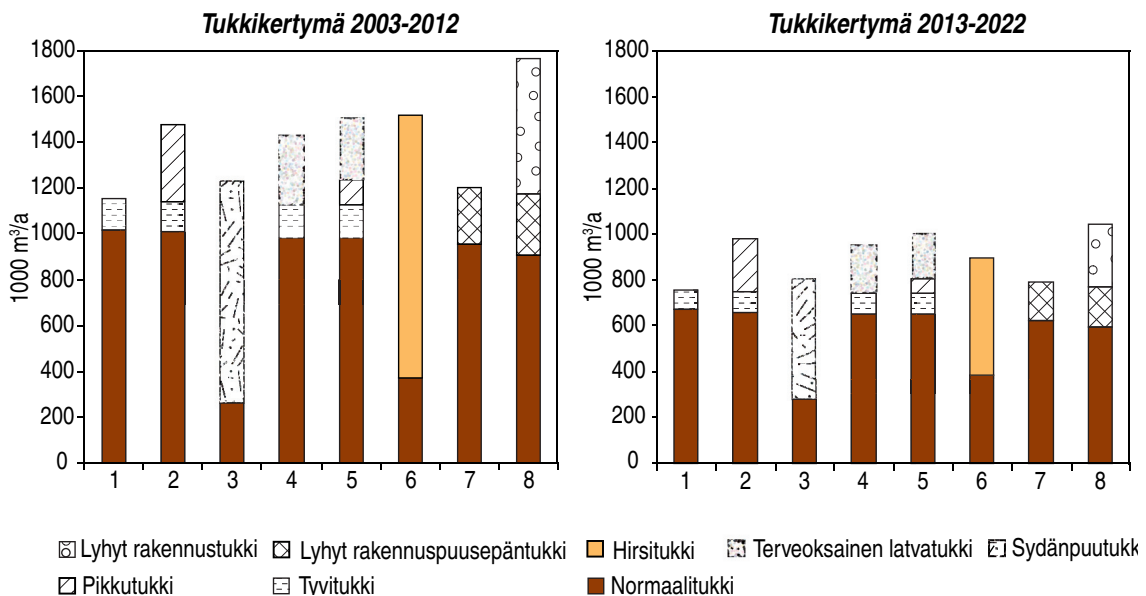
**Kuva 20.** Pohjois-Suomen aluejako mänty- ja kuusisahapuun saatavuuslaskelmissa (Lukkarinen 2007, Salminen ym. 2009).

Menetelmällä laskettiin mitä sahattavien puutavaralajien dimensioita ja laatuja ja kuinka suuria määriä on saatavissa nykypuustoista ja seuraavan 20 vuoden aikana hakattavissa olevasta puustosta kehitysluokittain neljästä puuston erityispiirteiden ja tuotantolaitosten sijainnin perusteella muodostetusta seutukunnasta (kuva 20). Samalla kehitettiin laskentamenetelmiä nykyisten ja tulevaisuuden puutavaralajimäärien ja -suhteiden selvittämiseksi ja arvioitiin eri kuljetusetäisyyksiltä hankittavan puutavaran tehdashintaa saha- ja kuitupuun käyttöpisteissä.

Laskenta-aineistona käytetyt alueittaiset puustotiedot saatiin männyllä VMI 9:n kuviotiedoista, jotka päivitettiin Metlan MOTTI-simulaattorilla vuodelle 2005. Männyllä puustojen vikaisuustiedot kerättiin Lapista ja Koillismaalta tämän hankkeen ja SPWT-konsortion osa-aineistoksi kerätyn maastoaineiston tukki- ja pikkutukkikoon kaatokoeputista, yhteensä 112 metsikköä/koealaa ja 896 kaatokoeputta, ja yleistettiin VMI 9:n koepuille läpimittaluokittain. Kuusella käytettiin suoraan VMI 9:n koepuiden vikatietoja. Nykypuustossa hakkuukertymät ja niiden rakenne laskettiin suoraan VMI-aineistojen perusteella. Tulevien vuosikymmenten saatavuusanalyysia varten simuloitiin puuston kehitys ja hakkuut MOTTI-simulaattorilla 5-vuotiskausittain. Tulevaisuuden hakkuupotentiaalin määrittämisessä täsmätettiin vuotuisten kokonaiskertymien arviot Metlan julkaisemien MELA-hakkuumahdollisuusarvioiden tasolle.

Männyn pystypuusto oli tutkitulla alueella (pl. suojelualueet ja -varaukset) 260 milj. m<sup>3</sup> (VMI 9). Tästä oli puolet sahapuuta sen pääasiallisissa lähteissä eli metsämaan uudistuskypsissä metsiköissä (70 milj. m<sup>3</sup>) ja varttuneissa kasvatusmetsiköissä (vajaa 60 milj. m<sup>3</sup>), ja puolet näitä nuoremmissa metsämaan metsiköissä ja kitumailla. Männyn ainespuuvaranto oli noin 225 milj. m<sup>3</sup>, josta sahapuuta oli apteerausvaihtoehdosta riippuen 40 miljoonasta kuutiometrillä vajaan 80 miljoonaan kuutiometriin. Sahapuun osuus oli suurin apteerauksissa nro 2 ja 5 eli kun hakkuissa tehtiin normaalitukkia, tyvitukkia ja runkopikkutukkia tai näiden lisäksi terveksaista latvapikkutukkia. Tyvi- ja normaalitukin apteerauksen (nro 1) mukainen minimisahapuuosuus ylittyi yli neljänneksellä lyhyet rakennus- ja rakennuspuusepäntukit sisältäneessä apteerauksessa (nro 8), noin viidenneksellä hirsitukit sisältäneessä apteerauksessa (nro 6) ja noin kymmenyksellä sydänpuutukit sisältäneessä apteerauksessa (nro 3). Suurimman sahapuuosuuden tuottaneessa apteerauksessa pikkutukkien yhteisosuus kaikesta sahapuusta oli uudistuskypsissä metsiköissä 20 %, varttuneissa kasvatusmetsiköissä 40 % ja nuorissa kasvatusmetsiköissä vajaa 50 %.

Mäntysahapuun vuotuisen hakkuupotentiaalin arvio oli tutkitulla alueella apteerausvaihtoehdosta riippuen 1,1–1,8 milj. m<sup>3</sup> kymmenvuotiskaudelle 2003–2012, mutta vain 0,8–1,1 milj. m<sup>3</sup> kymmenvuotiskaudelle 2013–2022 (kuva 21). Järeän tukin saatavuus olisi siis parantumassa ensimmäisellä ennustekaudella mutta vaikeutumassa seuraavalla kaudella, nykyisilläkin suojelualueilla ja -varauksilla. Ensimmäisellä kaudella sahapuun kertymä oli suurin apteerauksessa nro 8 ja tämän jälkeen lähes tasasuuruinen apteerauksissa nro 2, 4, 5 ja 6. Toisella kaudella sahapuun kertymä oli edelleen suurin apteerauksessa nro 8, mutta ero oli pieni verrattuna apteerauksiin nro 2 ja 5. Pohjois-Suomen sahat ovat poteneet jonkinasteista tukkipulaa viimeiset 15 vuotta. Sahattavan männyn saatavuus tulisi tulevaisuudessa olemaan haastavaa näidenkin tulosten valossa.



**Kuva 21.** Männyn tukkitavaralajien kertymän ennusteet eri apteerausvaihtoehdoilla tarkastellulla alueella Pohjois-Suomessa. Puutavaralajit ja apteerausvaihtoehdot: ks. taulukko 4. (Lukkarinen 2007).



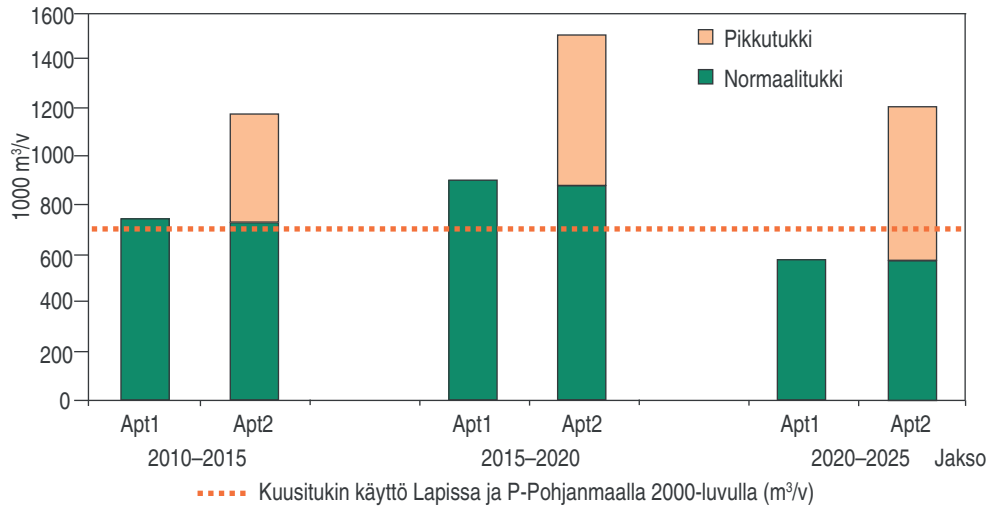
Tavallista väljempien tukkipituuksien ja -läpimittojen sekä useiden erikoispuutavaralajien käyttö parantaa mäntysahapuun kertymää olennaisesti Pohjois-Suomen keskimäärin pienikokoisissa, huonomuotoisissa mutta puuaineeltaan erikoisuuksia sisältävissä mäntypuustoissa. Runko- ja latvapikkutukit ovat tärkeimmät erikoispuutavaralajit, joskin niistä saatavalla sahatavaralla on tällä hetkellä varsin vähän käyttökohteita. Edellä viitattiin mäntytuonekalujen mahdolliseen uuteen tulemiseen ja männyn rakennustuotekäytön odotettavissa olevaan nousuun. Huonekalumänty tunnetaan hyvin, mutta sen markkinoille saaminen riippuu lähinnä tuotteiden kysyntä-tarjontatilanteesta ja hintakilpailukyvyistä. Mäntyä ei tunneta vielä hyvin rakennuspuuna. Tämä loppukäyttö näyttäisi joka tapauksessa tarjoavan lisämahdollisuuksia myös Pohjois-Suomen pikkutukeille, koska nimenomaan harvennusten tyvipikkutukeista on saatu kokeiden mukaan hyvin lujaa sahatavaraa (luku 2.3.2). Lisävaatimuksena on tietysti mittansa ja muotonsa säilyttävää sahatavaraa tuottava kuivaus. Piha- ja ympäristörakentamisen markkinoiden laajenemista suomalaiselle männylle on odotettu jo 10 vuotta. Toteutuessaan nämä ovat suuri mahdollisuus pikkutukista saatavalle sahatavaralle ja pyöreälle puulle, koska materiaali on ilmeikstä, riittävän lujaa ja helppoa suojata ekologisilla kyllästys- ja pintakäsittelymenetelmillä.

Hirsi- ja sydänpuutukit ovat pikkutukkien jälkeen tärkeimmät erikoispuutavaralajit. Niillä on jo vakiintunut kysyntä puumarkkinoilla. Hirsitalomarkkinoiden tulevaisuus riippuu kylläkin monista tekijöistä, kuten rakennusten tulevista energiatehokkuusnormeista ja niihin sopeutumisesta, taajamien kaavoitusmääräyksistä ja vientimarkkinoilla hirsitalotoimitusten laajenemisesta luksuskohdeiden kallista hintaluokasta keskiluokan ihmisten asumisratkaisuihin sopiviksi.

Huomionarvoista on, että lyhyiden, esimerkiksi 2,8 m:n rakennus- ja rakennuspuusepäntukkien hakkuilla voidaan tehostaa huomattavasti mäntyrunkojen sahapuuosuuden hyödyntämistä. Näinkin lyhyet tukkipituudet ovat mahdollisia eräiden lopputuotteiden mittavaatimusten perusteella. Käytännössä hyödyntäminen on mahdollista lähinnä silloin, kun sahayritys käyttää sahatavaran omassa jatkojalostuksessa tai sahatavaran toimitusketju esimerkiksi komponenttien valmistajille, talotehtaille, rakennustarvikeliikkeille tai rakennusyriyksille on välitön.

Kuusen tukkipuuvaranto oli tutkitulla alueella (pl. suojelualueet ja -varaukset) noin 13 milj. m<sup>3</sup> (VMI 10). Suurimmat kuusitukkivarat ovat Kaakkois-Lapissa (Itä-Lappi ja Koillismaa), 5,9 milj. m<sup>3</sup>. Lounais- ja Metsä-Lapissa kuusen tukkivarannot ovat kummassakin noin 3,4 milj. m<sup>3</sup>, mutta Ylä-Lapissa vain 0,2 milj. m<sup>3</sup>. Kuusen normaalitukin hakkuupotentiaalin arvio oli koko tarkastelualueella 0,7–0,9 milj. m<sup>3</sup> vuodessa kymmenvuotiskaudelle 2010–2020, mutta vain vajaa 0,6 milj. m<sup>3</sup> vuodessa kaudelle 2020–2025 (kuva 22). Tulosten perusteella kuusitukin saatavuus vaikeutuu 2020-luvulla etenkin Kaakkois- ja Metsä-Lapin alueilla, joissa on eniten vanhoja kuusimetsiä, paksusammalmaita ja myös suojelualueita. Hakkuumahdollisuudet sen sijaan paranevat Lounais-Lapin alueella koko tarkastelukauden ajan (2010–2025), siitä huolimatta että kuusitukin hakkuumahdollisuuksien hyödyntämisaste on ollut siellä tarkastelluista alueista korkein.

Tavallista väljempien tukkipituuksien ja -läpimittojen käytöllä sekä pikkutukin hyödyntämisellä voidaan parantaa olennaisesti myös kuusisahapuun kertymää Pohjois-Suomessa. Pikkutukin täysimääräiset hakkuut lisäisivät sahapuun kertymää 70 %, ja pienentäisivät vastaavasti kuitupuun kertymää 25 %. Kuusen pikkutukin vuotuinen hakkuupotentiaali on koko tarkastelualueella jo nyt huomattava, ja se nousee 0,4 milj. m<sup>3</sup>:sta 0,6 milj. m<sup>3</sup>:iin tarkastelukauden aikana. Nuorista metsistä alkaa kertyä yhä enemmän pikkutukia ja kuusen hakkuut ovat siirtymässä viljaville maille. Tähän viittaa myös se, että pikkutukin hakkuumahdollisuudet kasvaisivat 2020-luvulla enää vain Lounais-Lapissa.



**Kuva 22.** Kuusen tukkitavaralajien kertymän ennusteet eri apteerausvaihtoehdoilla tarkastellulla alueella Pohjois-Suomessa. Puutavaralajit ks. taulukko 4. (Salminen ym. 2009).

Puuston kasvun kohentuminen on ollut Pohjois-Suomen metsissä niin nopeaa, että VMI-10 tuloksiin perustuvat MELA-laskelmat lupaavat jo suurempia hakkuumahdollisuuksia varsinkin mänty-tukille kuin tässä esitetyt saatavuusanalyysit. Hakkuumahdollisuudet kehittyvät molemmissa laskelmissa samansuuntaisesti eri vuosijaksoilla, mutta eivät MELA-laskelmien mukaan pienene jälkimmäisellä kaudella yhtä paljon kuin tämän saatavuusanalyysin mukaan (Nuutinen ym. 2007).

Tulevaisuudessa toteutuvien hakkuukertymien ennustaminen on epävarmaa johtuen mm. hakkuiden todellisesta kohdentumisesta erilaisiin leimikoihin (milloin hakataan, mitkä metsiköt hakataan, päätehakkuuta ja/vai harvennuksia). MOTTI-simulaattorissa käytettyjen kasvumallien tiedetään aliarvioivan männyn kasvua ainakin Pohjois-Suomessa. Viljelymetsien luonnonsyntyisiä parempaa kasvua ja todennäköisesti niistä poikkeavaa laatua ei voitu ennakoida täysimääräisesti tehdyissä laskelmissa, joskaan viljelymetsien puu ei vaikuta tämän tutkimuksen ennustejaksoilla sahapuun kertymiin kuin korkeintaan harvennushakkuiden osalta. Puustojen kehitysennusteiden riskien vuoksi tämän tutkimuksen kaltaisia laskelmia ei voida tehdä kohtuullisella luotettavuudella esitettävä pidemmille ennustejaksoille, ennen kuin puustojen odotettavissa olevasta kehityksestä saadaan lisätietoa.

### 2.4.3 Kuusen erityisominaisuudet Pohjois-Suomessa

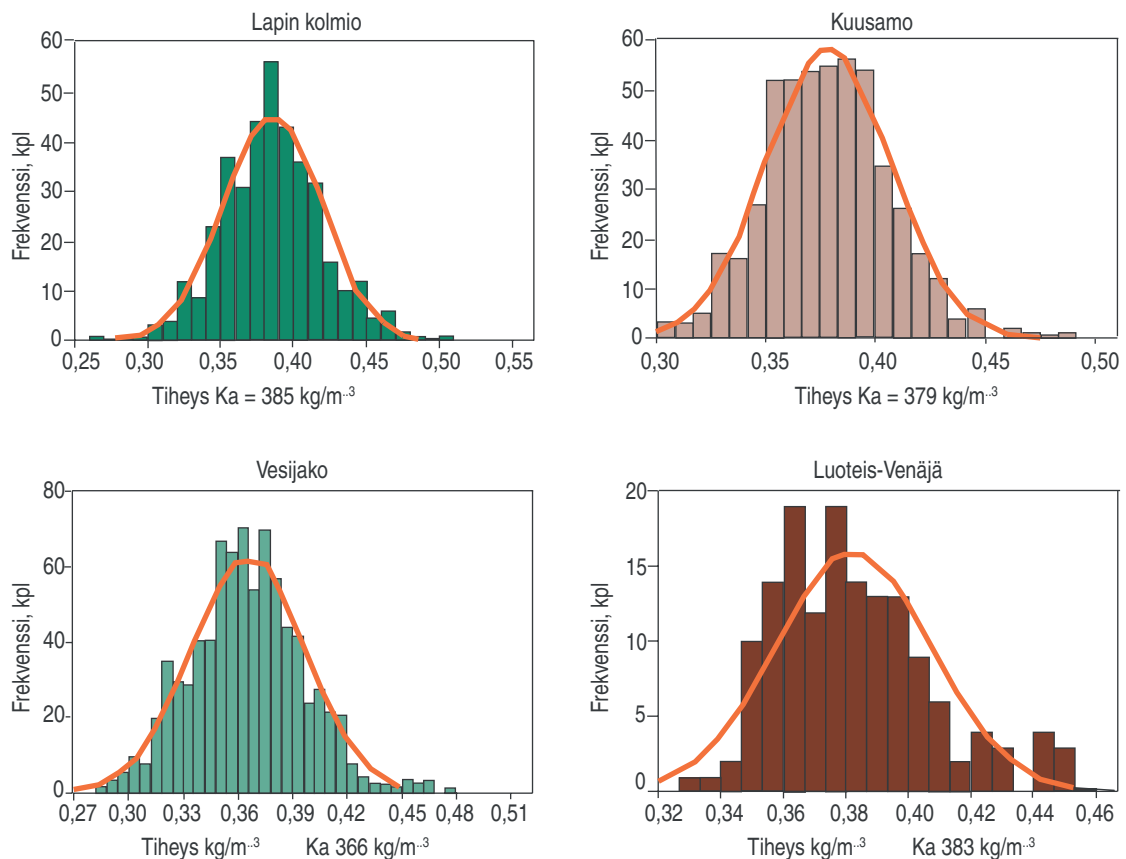
Kuusisahatavaran tuotanto on Lapissa keskittynyt Lapin kolmion alueelle, jossa sijaitsevat myös maakunnan tärkeimmät kuusivarannot. Pohjois-Pohjanmaan pohjoisosissa kuusta sahataan Koillismaalla ja Haukipudas-Ii alueella. Lapin kolmion pk-sahojen tuottamasta kuusesta valtaosa menee lähialueen talotehtaiden, ristikkovalmistajien ja liimapalkkien valmistajille. Pohjois-Pohjanmaan pohjoisten osien sahojen tuottama kuusitavara menee paljolti vientiin ja kotimaan jatkojalostajille. Kuusisahatavaran yleisiä käyttökohteita ovat rakennusten kantavat rakenteet kuten runkotolpat, liimapalkit ja kattoristikot, rakennusten ulkoverhoukset sekä rakennuspuusepänteollisuuden käyttämät liimalevyt ja sisustuspaneelit.

Pohjois-Suomen kuusitukin tärkeimpien puutuoteominaisuuksien ja kuusisahatavaran käytettävyyden ja alueellisten vaihteluiden tutkimusten kohteeksi valittiin metsiköitä Lapin kolmiosta, Kuusamosta ja lisäksi Luoteis-Venäjältä (Vienan Karjala). Verrokkiaineisto kerättiin Itä-Hämees-

tä (Vesijako), jota pidetään yhtenä maamme parhaimmista kuusialueista. Puuaineen fysikaalisista ominaisuuksista tutkittiin mm. vuosiluston leveyttä, kesäpuun määrää ja puuaineen tiheyttä. Rakennuskäytössä tärkeistä lujuusominaisuuksista selvitettiin ennen kaikkea sahatavaran taivutusmurtolujuutta ja jäykkyyttä (kimmokerroin) ja lisäksi puuaineen syynsuuntaista leikkauslujuutta. Lisäksi tutkittiin rakennuspuusepänkäytössä olennaisten piirteiden kuten oksaisuuden, pihkatasujen ja lyllyn esiintymistä eri alueilla. Puunäytteiden ja saheiden mittaukset tehtiin Metlan Sallan toimipaikassa ja sahatavaran lujuuden ja jäykkyyden testaukset Kymen ammattikorkeakoulussa Kotkassa.

Puuaineen tiheys on myös kuusella yksi keskeisimpiä puun mekaanisia ominaisuuksia selittäviä tekijöitä. Korkea tiheys johtaa korkeisiin sahatavaran mekaanisiin ominaisuuksiin, kuten lujuuteen, jäykkyyteen ja kovuuteen. Toisin kuin männyllä, tiheys kasvaa kuusella siirryttäessä Suomessa etelästä pohjoiseen sen teollisen käytön alueella (kuva 23).

Tiheydestä johtuvat erot materiaalien lujuudessa tulivat selvästi esille tutkittaessa kuusen leikkauslujuutta. Leikkauslujuus kuvaa halkeiluherkkyyttä, mekaanisten liitosten kestävyyttä samoin kuin ruuvien ja naulojen pitokykyä. Leikkauslujuus oli keskimäärin paras Lapin kolmiossa, 8,7 MPa, ja Kuusamossa, 8,3 MPa, ja olennaisesti pienempi Hämeessä, 7,5 MPa. Vaikka puuaineen tiheys oli Luoteis-Venäjällä yhtä korkea kuin Pohjois-Suomessa, oli leikkauslujuus ilmeisesti pienten alkavien halkeamien ja muiden sisävikojen vuoksi huonompi, 7,3 MPa.



**Kuva 23.** Kuusen puuaineen kuiva-tuoretiheys tutkituilla alueilla (Lukkarinen 2009).

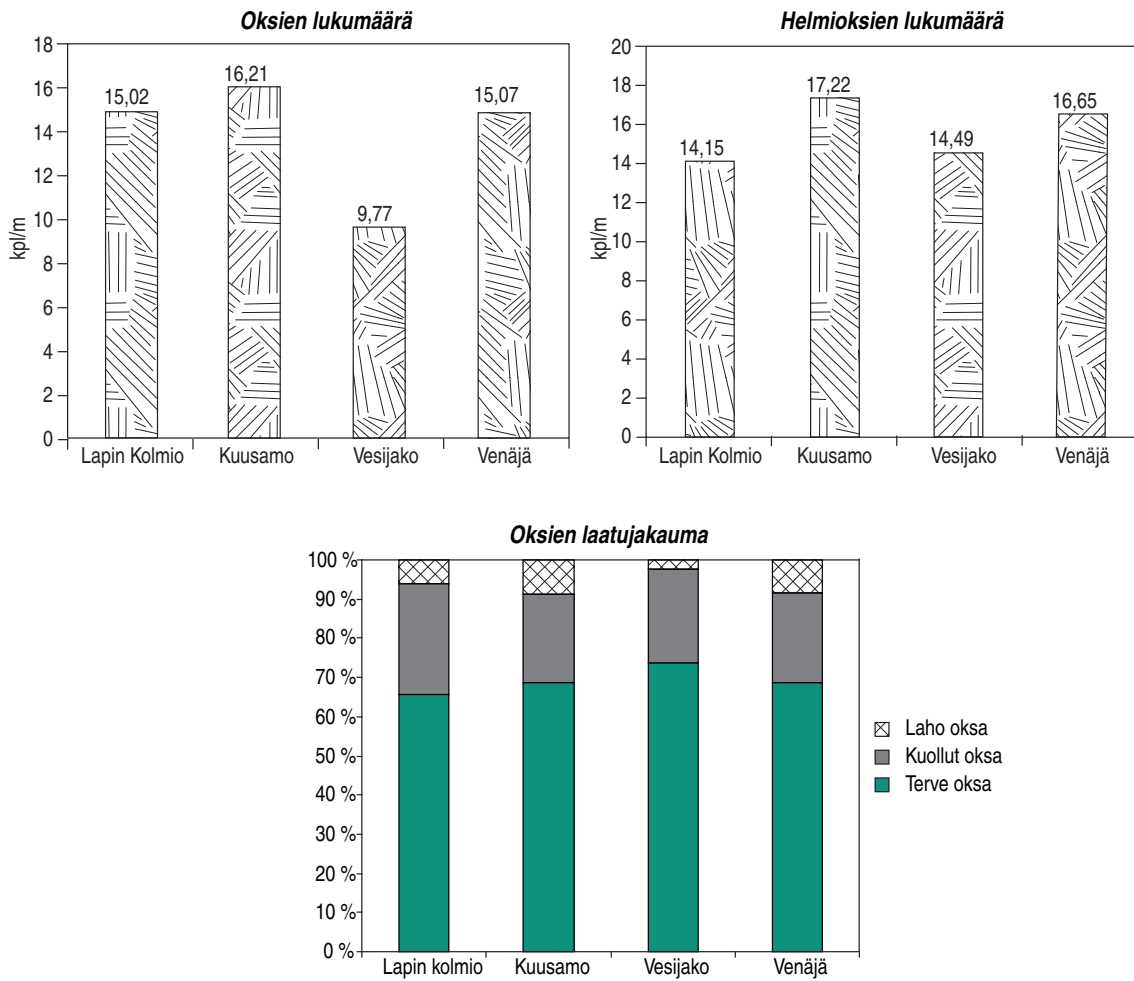
Sahatavaran murtolujuuden ja kimmokertoimen alueellista vaihtelua tutkittiin poikkileikkaukseltaan 44 mm × 100 mm koekappaleilla syrjätaivutuskokeilla standardin EN 408 mukaisesti. Lujuudeltaan parhaimmaksi osoittautui Lapin kolmion kuusi, jonka keskiarvo oli 45,6 MPa. Kuusamossa ja Hämeessä lujuus oli keskimäärin lähes sama, n. 43,5 MPa, mutta Luoteis-Venäjällä heikoimpi 40,0 MPa. Kimmokerroin oli puolestaan korkein Hämeessä, 12,6 GPa, samalla tasolla Lapin kolmiossa ja Kuusamossa, n. 11,8 GPa, mutta Luoteis-Venäjällä vain 10,9 GPa. Sahatavaran kimmokerroin on lujuutta herkempi yksittäisille teknisille vioille, kuten oksille ja pienille halkeamille.

Tyvitukeista valmistetut saheet osoittautuivat lujuusarvoiltaan keskimäärin paremmiksi kuin muista tukeista valmistetut. Pieniläpimittaisista tukeista valmistetut saheet osoittautuivat paremmiksi kuin suuriläpimittaisista tukeista valmistetut. Pohjoiselle kuuselle tyypillisen korkean hakkuiän havaittiin heikentävän saheiden lujuutta. Luoteis-Venäjän sahatavaran muita alueita heikommat mekaaniset ominaisuudet voidaan siis ainakin osittain selittää runkojen muita alueita korkeammalla iällä ja tukkien suuremmalla latvaläpimitalla. Korkean lujuuden omaavalla pohjoissuomalaisella kuusella näyttäisi olevan hyvä kilpailukyky hyviä mekaanisia ominaisuuksia vaativissa rakenteissa.

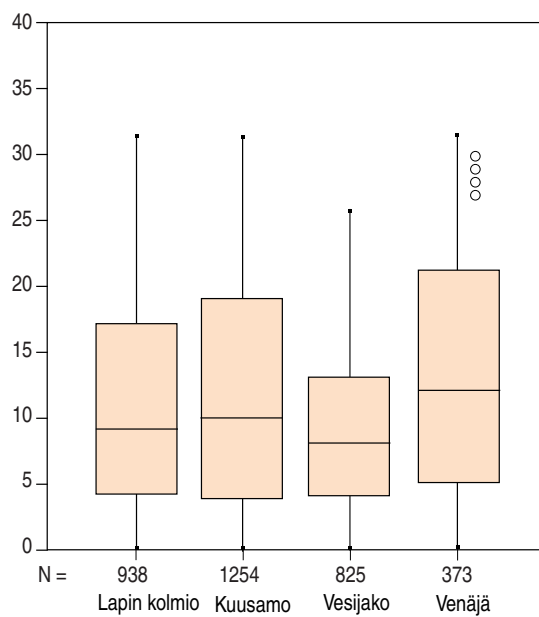
Visuaalisesti ja käyttökäytännöllisesti haitalliset pihkaraot runsastuvat kuusella tyvestä latvaan päin ja kuusen tyvitukeissa pihkarakojen on parhaimmillaan vain puolet siitä mitä latvatukeissa. Kuusella siis tyvitukki soveltuu pihkarakojen vähäisyyden puolesta parhaiten korkealaatuisten sisustuspaneelien ja rakennuspuusepäntuotteiden valmistukseen. Pihkarakojen esiintyminen yleisimmin Koillismaahan aineistossa, jonka tyvitukeista saaduissa saheissa niitä oli rakojen juoksumetrillä noin kaksinkertaisesti parhaimman alueen eli Hämeen aineistoon verrattuna. Erot pihkarakojen määrässä olivat pieniä Hämeen, Lapin kolmion ja Luoteis-Venäjän tyvitukkien välillä. Korkeat maat olivat todennäköisesti syynä pihkarakojen runsauteen Kuusamossa.

Havupuun reaktiopuu eli lyly on tummaa, painavaa ja kovaa puuta, jota syntyy kallistuneiden, lenkojen tai mutkaisten puiden koveralle puolelle ja oksiin. Lyly aiheuttaa sahatavarassa värivikaa ja sen vähäinenkin esiintyminen aiheuttaa sahatavaran halkeilua ja voimakasta vääntyilyä. Lylyä esiintyi kuusitukeista otetuissa kiekkonäytteissä useimmin Luoteis-Venäjällä ja Lapin kolmiossa, useammin kuin Hämeessä ja Kuusamossa. Kuusamossa lylyä oli vähemmän kuin muilla alueilla. Lylyä havaittiin yhtä paljon rungon eri korkeuksilla. Kuusella lylyä esiintyy epäsäännöllisemmin kuin männyllä rungon eri osissa ja sen vaikutusalueella rungossa on vaikea ennustaa sekä korkeuden että säteen suunnassa.

Pohjoisen kuusen oksaisuusominaisuuksia ei ole pidetty sen vahvuutena visuaalisuutta edellyttävissä tuotteissa. Tämä ilmeni myös tässä tutkimuksessa siten, että Hämeen sahatavarassa oli oksia kokonaisuudessaan huomattavasti vähemmän mutta terveitä oksia oli suhteellisesti hieman enemmän kuin muilla alueilla (kuva 24). Kuusamossa ja Luoteis-Venäjällä oli vastaavasti enemmän pieniä helmioksia ja suhteellisesti enemmän lahoja oksia kuin Hämeessä ja Lapin kolmiossa. Oksaisuuserot näyttivät olevan yhteydessä kasvialueiden viljavuuteen ja korkeuteen meren pinnasta, laho-oksaisuus myös tukkipuuston ikään. Sahatavara oli myös suorasyisempää Hämeessä ja Lapin Kolmiossa kuin Koillismaalla ja varsinkin Luoteis-Venäjällä (kuva 25). Poikkeamat suorasyisyydestä ovat usein yhteydessä pieneen tukkikokoon, suureen kartiokkuuteen (varsinkin pienet tyvitukit) ja lenkouteen, ja saattavat johtua myös sahaustavasta ja -laitteistosta (tukin suuntaaminen).



Kuva 24. Kuusisahatavaran oksaisuus tutkituilla alueilla (Lukkarinen 2009).



Kuva 25. Kuusisahatavaran vinosyisyys tutkituilla alueilla (Lukkarinen 2009).

## 2.5 Venäläisestä tuontikuusesta ja -männystä saatavan sahatavaran laatu ja soveltuvuus puutuotteisiin – vertailukohtana suomalainen puu

### 2.5.1 Tausta ja tavoitteet

Kuusi- ja mäntytukin tuonti Suomeen alkoi kasvaa voimakkaasti 1990-luvun lopulla tukkien kysynnän kasvun ja kotimaisen tukin hinnan nousun myötä (Metinfo 2010). Tukkia tuotiin aluksi Baltian maista, mutta tuonti siirtyi sittemmin selvästi Venäjälle. Erityisesti venäläinen kuusitukki ja varsinkin järeät ja pitkät tukit kehittyivät nopeasti tärkeäksi raaka-aineeksi useille sahoille ja havuvareritehtaille erityisesti Itä-Suomessa. Sahatavaran kotimaisen jatkojalostuksen lisääntyessä syntyi myös mielenkiintoa ja tarvetta tuoda myös sahatavaraa ja/tai aihioita Venäjältä, varsinkin silloin kun sahatavaran vientiin suuntautuneiden yritysten tuotteilla oli hyvä kysyntä ja korkea hintataso kohdemaissa. Sahatavaran ja ensiasteen jalosteiden tuonnin Venäjältä arvioitiin olevan kasvussa, varsinkin jos pyöreän puun tuonti vaikeutuisi – kuten sittemmin tapahtui Venäjän raakapuun vientitullimaksujen suurten korotusten vuoksi vuonna 2008. Esitettiin myös arvioita, että metsäverotuksen muuttuessa kokonaan myyntituloverotukseksi vuonna 2006 tulisi tapahtumaan ainakin tilapäinen taantuma kotimaisen raakapuun, erityisesti havutukin tarjonnassa, mikä korostaisi omalta osaltaan tuontipuun tarvetta. Tämä arvio osoittautui vääräksi tullien hintatason kohotessa ennätyslukemiin vuosina 2006–2007 (luku 2.4.2.)

Mikäli saha- ja/tai jatkojalostusyrietykset haluavat käyttää venäläistä kuusta ja mäntyä niille parhaiten sopivissa kohteissa, hinnoitella ne oikein raaka-aineen tuonnissa ja tuotteiden myynnissä ja valita sopivat raaka-ainelähteet ja toimittajat Venäjältä, niiden on oltava tietoisia raaka-aineen hyvistä ja huonoista puolista sekä rakennustuotekäytön että rakennuspuusepäntekäytön kannalta. Venäläisen puutavaran laadusta ja soveltuvuudesta eri valmistajien ja tuoteryhmien tarpeisiin ei ole ollut kuitenkaan selvää käsitystä.

Kaikkien rakennusmateriaalien kauppaan on tulossa CE-merkintäpakko, joka osoittaa sen alkuperän ja soveltuvuuden ao. käyttötarkoitukseen. Käytännössä ostajat ovat osoittaneet epäluuloja venäläistä alkuperää olevista tukeista sahattua sahatavaraa kohtaan esimerkiksi siten, että tällainen rakennusmateriaali on jouduttu joskus luokittelemaan ja hinnoittelemaan alempaan lujuusluokkaan kuin vastaava suomalaista alkuperää oleva materiaali. Tämä on puolestaan johtanut myyntitulojen menetykseen niille rakennussahatavaran valmistajille, jotka ovat käyttäneet merkittäviä määriä venäläistä puuraaka-ainetta. Ei ole kuitenkaan todennettu, onko menettelylle perusteita puumateriaalin todellisen lujuuden tai sitä selittävien tekijöiden pohjalta. Rakentamisessa on tuoteosan lujuuden ja jäykkyyden lisäksi olennaista oikea ja tasainen kosteus, suoruuus ja pysyminen suorana käytön aikana. Kotimaisen ja venäläisen materiaalin ominaisuuksista ei ole ollut käytettävissä vertailevia tietoja näissäkään suhteissa. Venäläisen sahatavaran vaihtelevasta mittatarkkuudesta, kosteudesta ja teknisestä kunnosta on sitä vastoin saatu huonojakin käytännön kokemuksia.

Erityisesti kuusisahatavaran jatkojalostuksen tärkeimmät tuoteryhmät ovat höylätavara (sisäkäyttöön), sisäovet, huonekalut, portaikot ja lattiamateriaalit, ulkuvuoraukset ja ikkunaluukut sekä lujuuslajiteltu sahatavara, liimapuu, kattoristikot ja muut rakennustuoteosat. Näissä käyttökohteissa olennaisia teknisiä kriteerejä ovat edellä esitettyjen lisäksi työstettävyys- ja liimattavuusominaisuudet. Nämä ovat yhteydessä sekä visuaaliseen ilmeeseen (vuosilustojen leveys ja rakenne, oksaisuus, vinosyisyys) että fysikaalisiin ja hienomekaanisiin ominaisuuksien (tiheys, kutistuminen, leikkauslujuus, poikittaisvetolujuus, kovuus).

Havusahatavaran markkinat rakennustuotetarkoituksiin ovat olleet kasvussa 1990-luvulta lähtien. Pohjoismainen kuusi on osoittanut vahvuutensa Euroopassa korkean laatutasonsa ja täsmällisten toimitustensa ansiosta. Myös männylle on etsitty uutta käyttöä vastaavissa tarkoituksissa. Mänty on osoittautunut halutuksi materiaaliksi mm. pilari-palkki järjestelmissä, vaikka mäntyä ei ole pidetty varsinaisesti rakennuspuuna. Euroopassa kuusi ja kuusen kaltaiset puulajit ovat ykkösrakennuspuuta. Muualla maailmassa Japani on ollut tienavaaja pohjoismaisen kuusen ja männyn käyttöön otossa. Muita melko merkittäviä markkina-alueita ovat jo nyt Itä-Aasian muut maat, USA ja Australia.

Kuusen ja varsinkin männyn käytön kehittämisen kannalta on tärkeää saada ne tunnetuiksi ja tunnustetuiksi materiaaleiksi rakentamisen piirissä sekä Euroopassa että kaukomarkkinoilla. Tämä edellyttää todistettua, vertailevaa tietoa puulajien ominaisuuksista rakentamisessa ja niiden saamista eri maiden rakentamismääräysten, rakennustuotteiden merkintäkäytäntöjen ja kaupallisten lajittelustandardien piiriin. Pohjoismaisen kuusi- ja mäntysahatavaran lujuutta ja jäykkyyttä on tutkittu merkitykseen nähden melko vähän, vaikka virheetöntä puuainetta on tutkittu runsaasti. Eteläisistä kilpailevista havupuulajeista (mm. loblolly-, ponderosa-, kontorta- ja radiatämänty) on vastaavasti saatavilla paljonkin tutkittua tietoa mm. USA:sta, Australiasta, Uudesta Seelannista ja Etelä-Afrikasta (ks. myös luku 2.2.2).

Kuusi tunnetaan Euroopassa siis hyvin, ja pohjoismaista kuusta pidetäänkin monessa suhteessa hyvänä rakennusmateriaalina. Mänty tunnetaan rakennuspuuna huonommin. Sen hyvinä ja hyödyntämiskelpoisina ominaisuuksina pidetään lujuutta, stabiiliteettia (mitta- ja muotopysyvyys) ja sydänpuun säänkestävyyttä (tietyissä rajoissa). Männyn ongelmana pidetään ominaisuuksien esim. kuusta suurempaa vaihtelua ja tästä johtuen haastavampaa hallintaa. Jotta niin männyn kuin kuusen käyttöä voidaan laajentaa kansainvälisesti, puulajin ja sen ominaisuuksien yleensä on oltava lähtökohtana ja vasta toissijaisesti on painotettava kunkin puulajin ominaisuuksien alueellista vaihtelua. Tukiin perusjalostajan ja sahatavaran jatkojalostajan kannalta alueelliset erot ovat kuitenkin tärkeitä tekijöitä ohjattaessa raaka-aineiden hankintaa, tuotteiden laadunhallintaa ja asiakassuhteiden hoitoa.

Metlassa suunniteltiin vuonna 2005 edellä esitetyltä pohjalta runko tutkimuksille, joiden tavoitteena oli määrittää empiirisesti Venäjältä Itä-Suomeen tuotavissa olevasta kuusisahatavarasta sekä visuaalisia ominaisuuksia että erityisesti lujuus- ja työstöominaisuuksia vaativien rakennustuotteiden ja rakennuspuusepäntuotteiden valmistuksen kannalta käyttäen vertailukohtana kotimaista kuusiraaka-ainetta. Keskeisessä osassa oli venäläisen kuusisahatavaran ominaisuuksien vastavuus kaupallisten lujuusluokitusten kanssa ja soveltuvuus erikseen valittaviin rakennus- ja rakennuspuusepäntä käytön lopputuotevaihtoehtoihin. Tutkimuksen konkretisoituessa laajennettiin tavoitteita koskemaan myös mäntysahatavaraa.

Tutkimuksilla tavoiteltiin seuraavia hyötyvaikutuksia puutuoteteollisuuden kannalta:

*Perussahaus:*

- Asiakaslähtöisen puunhankinnan varmistaminen
- Tuote- ja laatuperustaisen raaka-aineen tuottaminen teollisuudelle
- Raaka-aineen käytön teknis-taloudellinen tehostaminen
- Raaka-aineen entistä tarkempi hyödyntäminen
- Raaka-aineen alueellisten erityisominaisuuksien identifointi ja niiden merkityksen esille tuominen markkinoinnissa ja tuotteiden laatukriteereissä
- Tuotteiden kansainvälisen kilpailukyvyyn ja hinnoittelun parantaminen
- Raaka-ainetietämyksen kohentaminen edellytykseksi toimivalle partneriyhteistyölle jatkojalostajien kanssa

*Jatkojalostus:*

- Oikean, tuoteperustaisen raaka-aineen hankinnan tehostaminen ja turvaaminen lähitulevaisuudessa
- Puun alueellisten erityisominaisuuksien ja mahdollisten etujen tarkempi hyödyntäminen yritysten tuotannossa
- Tutkimuksessa identifioitujen raaka-aineominaisuuksien merkityksen esille tuominen markkinoinnissa ja tuotteiden laatuksiteereissä
- Tuotteiden kansainvälisen kilpailukyvyyn ja hinnoittelun parantaminen
- Raaka-ainetietämyksen kohentaminen edellytykseksi toimivalle partneriyhteistyölle Venäjällä toimivien perussahaajien kanssa

## 2.5.2 Tutkimusten sisältö ja aineistot

Tutkimukset toteutettiin osaksi Metlan hankkeen Venäjän puun laatu ja metsäalan kaksisuuntainen tietopalvelu yhteistyönä VTT:n hankkeen Combined strength grading system for sawn timber (Combigrade) kanssa vuosina 2005–2007 ja osaksi Metlan omina tutkimuksina vuosina 2006–2008.

Metla ja VTT keräsivät tutkimukseen yhteisen aineiston Suomesta kolmelta suuralueelta ja Venäjältä kahdelta lähialueelta peräisin olleesta kuusi- ja mäntytukista ja tutkivat yhdessä sahatavaran ominaisuuksia rakennustuotteiden kannalta. Metlan tutkimuksin tuotettiin yhteiseen tarkasteluun vertailevia tuloksia tukkien ja puuaineen ominaisuuksista ja sydäntavaran tiheydestä, lujuudesta ja jäykkyydestä alueittain, tukin läpimittaluokittain ja rungon eri osista peräisin olevan sahatavaran välillä (rajoitetusti).

Metlan omana työnä tutkittiin kuusen ja männyn sydäntavaran kaupallisia laatuluokkajakaumia ja niiden ennustamista yhtäältä tukin vaippapinnasta ja päistä määritettävissä olevien morfologisten ominaisuuksien ja toisaalta saheista mitattavissa olevien morfologisten, fysikaalisten ja mekaanisten ominaisuuksien perusteella sekä tukin ja sahatavaran ominaisuuksien alueellisia eroja. Metla teki itsenäisesti myös kuusen rakennuspuusepäntuotteita koskeneita tutkimuksia: laboratoriotutkimuksia visuaalisista, fysikaalisista ja työstettävyysominaisuuksista (mm. oksaisuus, pihkaraot, vinosyisyys, lustorakenne, luontaiset väri- ja lahoviat, tiheys), tehdaskokeet puusepäntuotteen ja halkaisukelpoisuudesta, lautojen visuaalinen laatu (NT-luokitus). Näissä tutkimuksissa oli näkökulmana kuusisahtavaran jatkojalostus ja jalosteet lähtien joko venäläisestä tai suomalaisesta puutavarasta.

Tutkimuksiin kerättiin aineistot suomalaisille sahoille toimitetuista tukeista talvella 2005/2006, yhteensä 1162 kuusitukia ja 1107 mäntytukia ja vähintään 44 tukkia alkuperäaluetta ja tukin läpimittaluokkaa (5 kpl) kohti. Tutkitut alueet olivat Suomessa Itä-Suomi (Savo-Karjala), Länsi-Suomi (Satakunta-Etelä-Pohjanmaa-Pirkanmaa) ja Pohjois-Suomi (Kainuu), Venäjällä vastaavasti Vologdan lääni (hitaan puunkasvun aluetta) ja lisäksi kuusella Karjalan tasavalta ja osaksi Novgorodin lääni ja männyllä Novgorodin lääni (nopean puunkasvun alueita). Suomalaisten tukkien alkuperä voitiin tunnistaa leimikon mutta venäläisten tukkien alkuperä vain junakuljetusten lähtöaseman tarkkuudella. Aineistoa voidaan pitää laajana, mutta venäläisten leimikoiden alkuperän epätarkkuudet ja puutavaran mahdollinen lajittelu ennen toimituksia suomalaisille tehtaille merkitsee tiettyä epävarmuutta niitä koskevien tulosten yleistettävyydessä.

Metla valitsi koetukit tutkimuksessa mukana olleille sahoille kultakin alueelta tulleista tukkitoimituksista viiteen läpimittaluokkaan ositettuna satunnaisotantana. Sahoilla tukit mitattiin, laadutettiin ja tasattiin 4,5 m:n pituuteen ja niiden päistä otettiin kiekkonäytteet vuosilistoraken-



teen ja puuaineen kuiva-tuoretiheyden mittauksesta ja sydän- ja reaktiopuun määrän silmävaraista määrittystä varten (Sallan toimipaikassa). Tukit sahattiin ja kuivattiin vientikosteuteen (16–22 %) Kymen ammattikorkeakoulun opetussahalla Kotkassa. Sahausasetteet olivat yksinkertaistuksia todellisista kaupallisista asetteista, ja ne tähtäsivät jatkokokeisiin haluttuihin sydäntavaradimensioneihin tukin läpimittaluokittain: 38 × 100, 50 × 100, 50 × 150, 63 × 300 (2EXLOG = kaksi kappaletta), 44 × 200 (4EXLOG = neljä kappaletta). Saheet jaettiin rakennustuotteiden ominaisuuksien tutkimuksiin (VTT:n Otaniemen laboratorio) ja rakennuspuusepäntuotteiden ominaisuuksien tutkimuksiin (Metla, Joensuun yksikkö ja Sallan toimipaikka). Itä-Suomen, Karjalan tasavallan ja Vologdan kuusitukkien kolmesta tukkiluokasta otettiin Metlan hankkeen ja Kymen ammattikorkeakoulun rinnakkaishankkeen tarpeisiin myös 22 × 100 mm:n sivu- ja pintalaudat.

Rakennustuotetutkimuksiin ohjatuista sydäntavaraosaheista, yhteensä 921 kpl kuusesta ja 934 kpl männystä, mitattiin tarkasti laatu- ja vikatieidot, määritettiin rikkovien testausten kohdealueet ja otettiin vuosilusto- ja tiheysnäytteet. Tämän jälkeen tehtiin taivutuskokeet kimmokertoimen ja murtolujuuden määrittämiseksi (EN 408). Saheet lujuusluokiteltiin teoreettisesti C-luokituksen vaatimusten mukaisesti (EN 338, koneellisen lujuuslajittelun kriteeristö).

Rakennuspuusepäntuotetutkimuksiin ohjatuista sydäntavaraosaheista, yhteensä 1162 kpl kuusesta ja 1069 kpl männystä, mitattiin tärkeimmät visuaaliset ominaisuudet ja tekniset viat ja saheille tehtiin visuaalinen laatulajittelu (NT-laadut) ja visuaalinen lujuuslaatulajittelu (T-laadut = INSTA 142 -luokituksen sovellus). Kuusen sivu- ja pintalautoista (230 kpl) mitattiin visuaaliset ominaisuudet ja tekniset viat ja niille tehtiin NT-laatuluokitus (3 dm:n moduulipituuksille tasaten).

Otos sydäntavaraosaheista, yhteensä 420 kpl, puusepäntuotettiin ja halkaistiin pystysuunnassa 2–3 saheeksi Kemijärven Puutuote Oy:ssä. Näihin kokeisiin valittiin kaikilta alueilta kolme sahadimensiota seuraaviin jatkojalosteisiin soveltumisen määrittämiseksi: 38 × 100, halkaistuna sisustuspaneeliksi; 50 × 150, halkaistuna ulkovooraauksiin, 63 × 200, halkaistuna lattialautoiksi ja halkaisemattomana hirsilamelleiksi. Eri dimensiot oli sahattu tukkien eri läpimittaluokista, joten dimensiot edustivat samalla erikokoisia tukkeja ja osin eri-ikäistä puuta. Paksuin dimensio edusti tukkiluokkaa 275–304 mm ja keskimääräinen ja pienin dimensio edustivat tukkiluokkia 205–274 mm ja 155–169 mm. Saheista mitattiin muotoviat, pääty- ja pintahalkeamat ja muut tekniset viat ja kontrolloitiin kosteus ennen ja jälkeen jalostusprosessien.

Kuusi- ja mäntysahatavaran laatuluokkajakaumien ja laatuluokittaisten markkinahintojen perusteella tehtiin laskelmia sahatavaran alueellisista arvoeroista ja vertailtiin NT-lajittelun, T-lajittelun ja C-lajittelun vaikutuksia sahatavaran arvoon alueittain. Samoin tarkasteltiin visuaalisen lajittelun ja lujuuslajittelun tuloksia eri alueilla, kun ensin lajiteltiin lujuuslajiteltavista saheista visuaalisesti parhaat omiksi laaduihin ja visuaalisesti lajiteltavista saheista lujuuslaadultaan parhaat omiksi laaduihin.

### 2.5.3 Tukkien ja puuaineen laatu ja sahatavaran lujuus

Kuusitukit, erityisesti väli- ja latvatukit olivat Karjalan tasavallassa selvästi suurempia ja Novgorodissa hieman suurempia kuin Suomessa ja Vologdassa. Tämä kuvasti sekä tukkipuiden suurempaa kokoa että tukin pienempää saantoa rungoista venäläisissä hakkuissa. Mäntytukit olivat puolestaan Länsi- ja Pohjois-Suomessa ja Vologdassa suurempia kuin Novgorodissa ja Itä-Suomessa, mikä saattoi olla sattuma. Sekä kuusi- että mäntytukit olivat Venäjällä oksikkaampia kuin Suomessa. Tukkien suoruuslaatu oli muita alueita huonompi Karjalan tasavallassa ja Novgorodissa ja

kuusella myös Pohjois-Suomessa; erot olivat selvimmät väli- ja latvatukeilla. Tukkien alueelliset laatuerot olivat kuusella ulkoisen luokituksen mukaan selvästi pienemmät kuin männyllä. Käytännön puunhankinnassa on havutukin ulosotto prosentti ollut päätehakkuuleimikoissa Venäjällä yleensä vain 30–65 %, kun se on Suomessa normaalisti 70–90 %.

Kuusella sekä tyvitukit että varsinkin muut tukit olivat kaikki ulkoiset laatuennukset huomioon ottaen laadukkaimpia Itä-Suomessa ja muita alueita heikkolaatuisempia Karjalan tasavallassa ja Pohjois-Suomessa. Tyvitukkien osuus oli normaali Itä-Suomessa (41 %), Länsi-Suomessa (52 %), Vologdassa (55 %) ja Pohjois-Suomessa (70 %), mutta poikkeuksellisen suuri Karjalan tasavallassa (67 %). Männyllä laatu luokiteltiin vain tyvitukit, joiden laatu jakauma oli selvästi paras Itä-Suomessa ja tämän jälkeen Länsi-Suomessa; Pohjois-Suomen ja Vologdan ja varsinkin Novgorodin tukit olivat selvästi heikkolaatuisempia. Tyvitukkien osuus oli normaali Novgorodissa ja Itä-Suomessa (48 %) ja Vologdassa ja Länsi-Suomessa (58 %), mutta tavallista suurempi Pohjois-Suomessa (78 %). Tavallista korkeammat tyvitukkien osuudet kuusella Karjalan tasavallassa ja männyllä Pohjois-Suomessa vaikuttavat tulosten tulkintaan puuaineen ja sahatavaran laadusta.

Tukkiaineistossa todettiin kuusella kolminkertainen kuorihävikki Karjalan tasavallassa kaikkiin muihin alueisiin verrattuna. Männyllä kuorihävikki oli selvästi suurin Länsi-Suomessa ja seuraavaksi suurin Vologdassa mutta Novgorodissa hyvin pieni. Suurta kuorihävikkiä pidetään tyypillisenä venäläisessä puunhankinnassa, lukuun ottamatta sydäntalvea, jolloin tämän aineiston kuusitukit oli hakattu Vologdassa ja mäntytykit Novgorodissa. Kuoren mahdollisimman täydellinen säilyminen on etu tukkien hankinnassa, sillä kuori suojaa puutavaraa kuivumiselta, pintahalkeilulta ja väri- ja lahavioilta ja on tärkeä lämpöenergian lähde sahoille. Käytännön kokemusten mukaan suomalaisen tukkien hankinnan etuina ovat hyvä laadun hallinta korjuussa ja varastoinnissa ja nopea toimitusketju kannolta käyttöön (halutut ja tarkat tukkipituudet, hyvin pieni vikaantuminen kuljetuksessa ja varastoinnissa). Venäjällä puutavaran toimittajakohtaiset laatu erot ovat suuria, mikä on havaittu vaihteluna mm. tukkien hylkyprosentissa.

Kuusen ja männyn puuaineen laadussa ilmeni alueellisia eroja ilmeisesti osin kasvukauden pituuden ja kasvupaikkojen viljavuuden eroavaisuuksien vuoksi. Venäjän ja Suomen välillä eroja aiheuttanevat jopa enemmän erilaiset metsänkasvatuksen perinteet ja normit (säännöllisyys, metsänuudistaminen, harvennusten teko, kiertoajat).

Kuusitukit olivat kiekkomittausten perusteella keskimäärin leveälustoisimpia eli harvaisyimpiä Itä- ja Länsi-Suomessa (2,3 mm ja 2,1 mm) ja ohutlustoimpia eli tiivissyimpiä Pohjois-Suomessa ja Vologdassa (1,5 mm). Karjalan tasavallassakin luston leveys oli ilmasto- ja kasvupaikkaoloihin nähden pieni (1,9 mm). Kesäpuun osuus noudatteli pääsääntöisesti samaa järjestystä alueittain. Se vaihteli Vologdan 23 prosentista Itä-Suomen 29 prosenttiin, mutta oli sekin odottamattoman alhainen Karjalan tasavallassa, 24 %. Sydänpuun osuus oli puolestaan Venäjän molemmilla alueilla säännöllisesti korkeampi kuin Suomessa (72 % vs. 66–69 %), mikä kuvasti venäläisten puustojen korkeampaa hakkuuikää. KAR-arvon eli oksa-alasumman perusteella saheet olivat oksaisimpia Itä-Suomessa, vähäoksaisimpia Pohjois-Suomessa ja Vologdassa ja tällä välillä Länsi-Suomessa ja Karjalan tasavallassa. Suomalainen puuaines oli suhteellisesti terveoksisempää ja venäläinen kuivaoksisempää.

Kuusisahatavaran tiheys (kosteussuhde 12 %) vaihteli alueittain välillä 420–457 kg/m<sup>3</sup>, kimmo kerroin välillä 10,3–11,2 GPa ja lujuus välillä 42,0–47,0 MPa. Tiheys oli kuuselle normaalilla tasolla – yleisarvio Suomessa on noin 450±30 kg/m<sup>3</sup>. Lujuus- ja jäykkyystulokset olivat kuusella melko korkeita ja alueelliset erot melko pienet. Tiheys oli Pohjois-Suomessa (hidas kasvu) merkittävästi muita alueita korkeammalla tasolla ja Karjalan tasavallassa (nopea kasvu) muita alueita

matalammalla tasolla. Kimmokerroin oli merkitsevästi korkeampi Pohjois- ja Länsi-Suomessa ja Vologdassa kuin Itä-Suomessa ja Karjalan tasavallassa. Lujuudessa alueelliset erot tasoittuivat edelleen. Pohjois-Suomi ja Vologda olivat sen suhteen korkeammalla tasolla kuin Itä-Suomi ja Karjalan tasavalta, mutta Länsi-Suomi poikkesi merkitsevästi vain Pohjois-Suomesta ja Karjalan tasavallasta. Tukkiluokan vaikutus tiheyteen ja kimmokertoimeen oli epäselvä, isoimmista tukkiluokissa keskiarvot olivat jopa lievästi alhaisemmat kuin keskikokoisissa (isot tukit nopeakasvuisia). Lujuus aluksi nousi ja sitten laski tukkiluokan suuretessa, vaikka sahedimension pitäisi periaatteessa vaikuttaa päinvastoin. Tiheys ja varsinkin kimmokerroin ja lujuus kasvoivat ytimen viereisestä saheesta seuraavaan saheeseen. Tiheyseroa ei tosin ilmennyt Venäjällä, johon syinä olivat todennäköisesti metsien harventamattomuus ja pitkät kiertoajat; tulos viittasi myös puuaineen vikaisuuteen ytimen lähellä eli sydänhalkeamia ja lylypuuta.

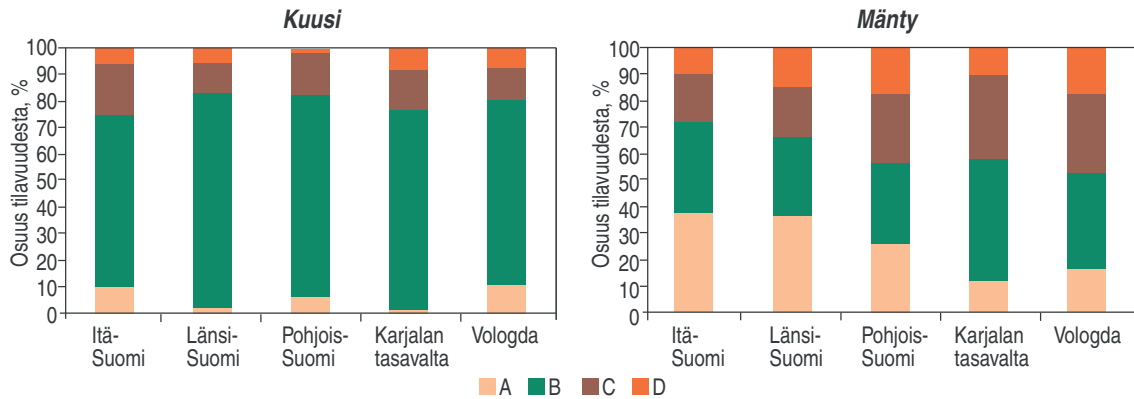
Mäntytukit olivat kiekkomittausten perusteella keskimäärin leveälustoisempia Novgorodissa ja Vologdassa (1,9 mm) kuin Itä- ja Länsi-Suomessa (1,7 mm) ja varsinkin Pohjois-Suomessa (1,4 mm). Kesäpuun osuus oli vastoin oletuksia korkein Pohjois-Suomessa (37 %) ja alhainen varsinkin Novgorodissa (24 %) mutta myös Länsi-Suomessa (26 %). Sydänpuun osuus oli Venäjän molemmilla alueilla oletusten mukaisesti korkeampi kuin Suomessa (68–70 % vs. 60–65 %). KAR-arvon perusteella saheet olivat oksaisimpia Itä- ja Länsi-Suomessa ja vähäoksisimpia Venäjällä ja Pohjois-Suomessa.

Mäntysahatavaran tiheys (kosteussuhde 12 %) vaihteli alueittain välillä 436–495 kg/m<sup>3</sup>, kimmokerroin välillä 9,2–11,2 GPa ja lujuus välillä 31,8–46,6 MPa. Tiheys oli männylle melko matalalla tasolla, ilmeisesti tukkien sivu- ja pintalautaosien puuttumisen ja pienten tukkien tavallista suuremman osuuden vuoksi – yleisarvio Suomessa on noin 505±50 kg/m<sup>3</sup>. Ilmeisesti tästä syystä suomalaisen männyn lujuus- ja jäykkyysarvot olivat osin jonkin verran alhaisempia kuin aiemmissä tutkimuksissa. Tiheys, lujuus ja kimmokerroin olivat Suomen alueilla kuitenkin säännöllisesti, selvästi ja merkitsevästi korkeammat kuin Novgorodissa tai Vologdassa. Kimmokerroin ja lujuus olivat lisäksi Pohjois-Suomessa merkitsevästi korkeammat kuin Länsi- ja Itä-Suomessa. Tiheys ja kimmokerroin kasvoivat tukkiluokan suuretessa, Suomessa selvemmin kuin Venäjällä, mutta lujuus korkeintaan lievästi (sahedimensio vaikutti tulokseen).

Tiheys ja varsinkin kimmokerroin ja lujuus kasvoivat sekä kuusi- että mäntysahatavaralla ytimen viereisestä saheesta seuraavaan saheeseen, Suomessa selvemmin kuin Venäjällä (harvennuskäytännöt, kiertoajat). Äärevä laatujauma antaa mahdollisuuksia huippulaatujen merkittävään saantoon mutta lisää riskiä vaikeasti markkinoitavien ja heikkohintaisista laatuojen kertymisestä. Äärevä laatujauma korostaa tehokkaan ja tarkan lajittelun tarvetta jo tukkivaiheessa.

#### 2.5.4 Sahatavaran laatuokkajakaumat

Kuusen sydäntavarassa oli NT-lajittelussa eniten A-lankkuja eli ns. puusepän laatuja Itä-Suomessa ja Vologdassa, kuitenkin vain noin 10 %, ja vähiten Karjalan tasavallassa ja Länsi-Suomessa, 2 % (kuva 26). Kuusen valtalaatu on B-lankut, jota oli eniten Länsi-Suomessa (yli 80 %) ja vähiten Itä-Suomessa ja Vologdassa (65–70 %). Huonoja laatuja eli C- ja D-lankkuja oli myös eniten Itä-Suomessa ja Karjalan tasavallassa ja vähiten Länsi- ja Pohjois-Suomessa. Ongelmallisinta laatua D (hylky) oli Venäjällä lähes 10 %, Pohjois-Suomessa vastaavasti vain 2 %. Sydäntavaran laatujauma oli kokonaisuutena tasaisin Pohjois-Suomessa ja äärevin Itä-Suomessa ja Karjalan tasavallassa. Myös lautojen laatujauma oli Venäjällä selvästi äärevämpi kuin Suomessa, niistä oli sekä parhaita (A1–A4) että huonoimpia laatuja (C) enemmän sekä Karjalan tasavallassa että Vologdassa kuin Itä-Suomessa. A-laatuojen osuus oli kaikilla alueilla kuitenkin alle 20 %.



**Kuva 26.** Kuusen (ylh.) ja männyn (alh.) sydäntavarasaheiden visuaaliset laatuluokkajakaumat alueittain, NT-lajittelu (Hautamäki ym. 2010 a).

Männyn sydäntavarasta saatiin selvästi eniten parhaita rakennuspuusepän- ja huonekalulaatuja (A-lankkuja) Itä- ja Länsi-Suomessa, noin 35 %, Pohjois-Suomessakin 25 %, mutta Novgorodissa ja Vologdassa vain 11 % ja 16 % (kuva 26). B-lankut ovat männylläkin yleisin sydäntavaran laatuluokka, mutta niiden osuuden alueelliset erot olivat käänteiset A-laatuun verrattuna. B-laatu oli eniten Novgorodissa, ja Vologdassakin enemmän kuin Suomen alueilla. Tästä huolimatta huonoja laatuja eli C- ja D-lankkuja oli kokonaisuutena vähiten Itä-Suomessa ja sen jälkeen vähiten Länsi-Suomessa, yhtä paljon Pohjois-Suomessa ja Novgorodissa ja eniten Vologdassa. Ongelmallisinta laatua D (hylky) oli Vologdassa ja Pohjois-Suomessa paljon, lähes 20 %, ja Itä-Suomessa ja Novgorodissa vähiten, noin 10 %. Sydäntavaran laatujaakauma oli Novgorodissa ja myös Vologdassa tasaisempi kuin Suomen alueilla.

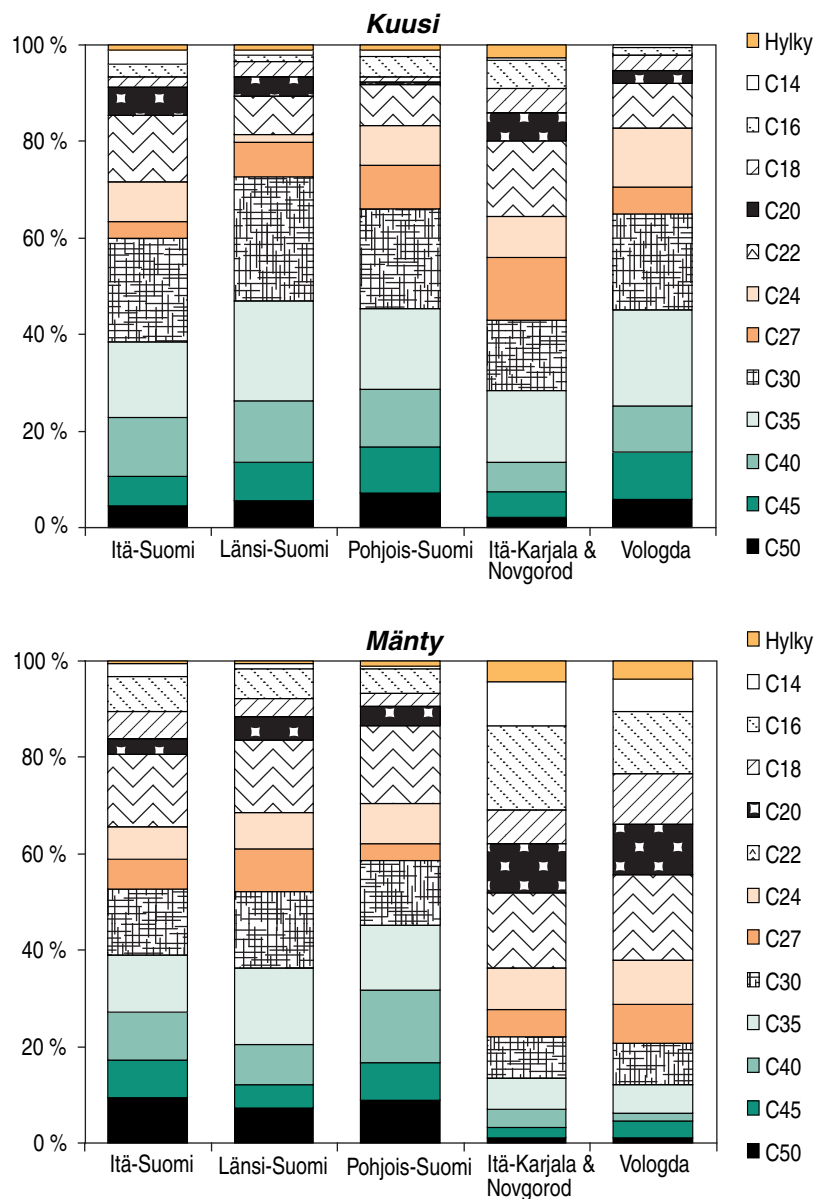
Saheiden todellisen lujuuden mukainen jakauma on perusta lujuuslajittelupotentiaalille eli eri lujuusluokkien mahdolliselle saannolle. Riippuu yhtäältä lujuuslajittelumenetelmän suorituskyvystä ja toisaalta markkinoiden tarvitsemista, eri tasoille hinnoiteltavista kaupallisista lujuusluokista, miten hyvin tämä potentiaali pystytään hyödyntämään. Testatun lujuuden mukaan huippulujuuksia laatuja olisi mahdollista saada sydäntavarasaheista hyvin paljon, jos ne voitaisiin varmasti erottaa sahatavarasumasta käytännön lajittelumenetelmillä ja niistä olisi mahdollista saada lisähintaa rakennustuotemarkkinoilla.

Kuusen saheiden lujuus oli eri alueilla vähintään 30 MPa (C30) 82–92 prosentissa kappaleista, suurin Pohjois-Suomessa ja Vologdassa ja pienin Länsi-Suomessa. Lujuus oli vastaavasti vähintään 40 MPa (C40) 58–74 prosentissa kappaleista, osuus oli tässä edelleen suurin Pohjois-Suomessa ja pienin Länsi-Suomessa mutta melko pieni myös Karjalantaasavallassa. Näitäkin korkeampia lujuusluokkia oli saatavissa, Pohjois-Suomessa huomattavasti ja muillakin alueilla paljon, esim. C50-luokkaa 45 % ja 26–33 %. Vaativien lujuusluokkien standardisointi siis suurentaisi hieman kuusen hyödynnettävän lujuuden alueellisia eroja.

Männyn saheiden lujuus oli eri alueilla vähintään 30 MPa (C30) Suomessa 81–89 prosentissa ja Venäjällä 54–60 prosentissa kappaleista ja vähintään 40 MPa (C40) Suomessa 57–64 prosentissa ja Venäjällä 22–27 prosentissa kappaleista. Näitä korkeampia lujuusluokkia oli saatavissa Suomessa huomattavan paljon, esim. C50-luokkaa 31–42 %. Vologdassakin esiintyi C50-luokkaa jonkin verran (12 %), mutta Novgorodissa niukasti (3 %). Lujuuslaatuvaatimusten nostaminen ja vaativien lujuusluokkien standardisointi suurentaisi siis paljon männyn hyödynnettävän lujuuden alueellisia eroja ja suosisi kokonaisuutena suomalaista mäntyä.

Sahatavaran koneellisen lujuuslajittelun vaatimukset määritellään standardissa EN338, jossa asetetaan lajiteltaville populaatioille minimiarvot karakteristiselle tiheydelle, kimmokertoimelle ja taipuusturmoltolujuudelle. Rikotut kuusi- ja mäntysaheet lajiteltiin näillä kriteereillä C-luokkiin (kuva 27).

Kuusen saheista täytti luokan C30 vaatimukset eli normaalin hyvän lujuuslaadun Länsi-Suomessa yli 70 %, Pohjois-Suomessa ja Vologdassa 65 % ja Itä-Suomessa 60 %, mutta Karjalassa vain runsaat 40 %. Alueelliset erot pienenevät hieman, jos tavoiteltiin korkeampien luokkien vaatimuksia. Luokan C40 saheita oli Pohjois-Suomessa vajaat 30 %, Vologdassa ja Länsi- ja Itä-Suomessa 20–25 % ja Karjalassa runsaat 10 %. Luokan C50 vaatimukset täytti enää 4–8 % saheista, Karjalassa vain 2 %. Alennettaessa lujuusluokan vaatimuksia sahatavarakaupassa usein tyydyttylle tasolle C24 olivat Pohjois- ja Länsi-Suomi ja Vologda samalla tasolla, hyväksytyjä saheita oli runsaat 80 %, mutta Itä-Suomi ja Karjalassa näitä jäljessä (70 % ja 65 %).



**Kuva 27.** Kuusen (ylh.) ja männyn (alh.) sydäntavaraosaheiden laskennalliset lujuuslaatuokkajakaumat sahatavaran tilavuudesta EN338 standardin vaatimusten perusteella (Verkasalo ym. 2007b, 2008b).

Tässä tutkimuksessa parhaiden visuaalisten laatujen ottaminen erilleen NT-lajittelussa vaikutti jäljelle jääneiden kuusisaheiden lujuuslaatujakaumiin kaikkien alueiden sydäntavara-aineistossa vasta kun lujuuslajitteluun jäivät vain C- ja D-laadut. Näistä täytti C30-luokan vaatimukset 53 % (kaikki saheet 62 %), C40-luokan vaatimukset 18 % (kaikki saheet 23 %) ja C50-luokan vaatimukset 6 % (sama kuin kaikilla saheilla).

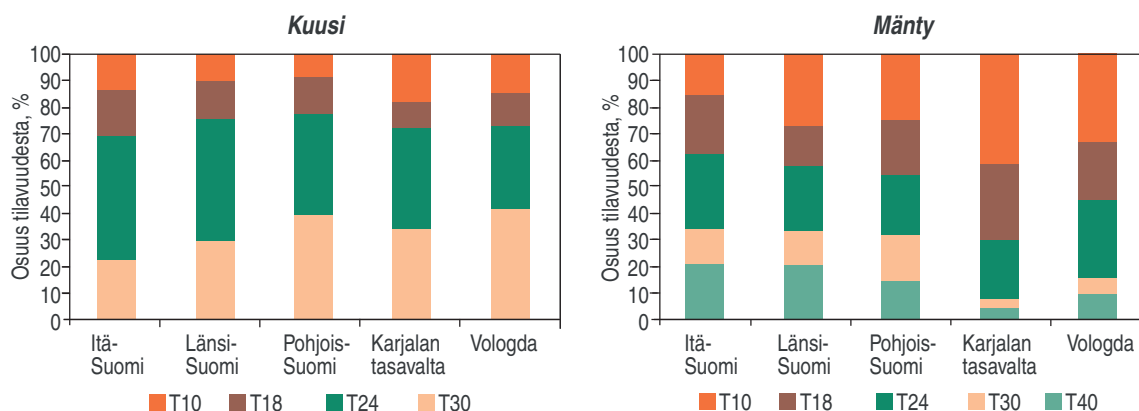
Kuusen visuaalisessa käytössä arvokkaan A-laadun myyminen omina erinään esim. puusepäntehtaille ja muille jatkojalostajille ei näytä vaikuttavan lujuuslaatuina myytävään kuusisahatavaraan. B-laadun käyttö esim. ulko- ja sisävuoraukseen sen sijaan laskenee lujuuslaatuina myytävän sahatavaran luokkaa. B-laadun enemmistöosuus kuusen laatujaumassa antaa kuitenkin hyvät mahdollisuudet jakaa saheet sekä visuaalisin perustein että lujuuden mukaan määräytyviin käyttötarkoituksiin. B-laadun paremmat saheet myydäänkin käytännössä yleensä visuaalisen lajittelun ja huonommat saheet lujuuslajittelun perusteella, jos tavoitellaan tyypillisiä lujuuslaatuja C24–C30 (tai C40).

Männyn saheista täytti luokan C30 vaatimukset Pohjois-Suomessa vajaat 60 %, Länsi- ja Itä-Suomessa noin 55 % mutta Vologdassa ja Novgorodissa vain runsaat 10 %. Suuret erot Suomen ja Venäjän alueiden välillä toki pienenevät, jos tavoiteltiin korkeampien luokkien vaatimuksia. Luokan C40 saheita oli Pohjois-Suomessa vielä runsaat 30 %, Itä-Suomessa noin 25 % ja Länsi-Suomessa 20 %, mutta Venäjällä vain noin 5 %. Luokan C50 vaatimukset täytti saheista Suomessa 6–9 % ja Venäjällä noin 1 %. Alennettaessa lujuusluokan vaatimuksia tasolle C24 olivat parhaita lujuuslaatualueita edelleen Pohjois-, Länsi- ja Itä-Suomi (tässä järjestyksessä, hyväksytyjä saheita 65–70 %), ja Venäjän alueet olivat edelleen selvästi jäljessä (hyväksytyjä saheita noin 35 %).

Männyllä on parhaiden visuaalisten laatujen ohjaaminen rakennuspuusepän-, sisustus- ja huonekalukäyttöön selvä tavoite. Tässä tutkimuksessa parhaiden visuaalisten laatujen ottaminen erilleen NT-lajittelussa jopa nosti jäljelle jääneiden saheiden C30-laadun vaatimukset täyttäneiden saheiden osuutta kaikkien alueiden sydäntavara-aineistossa, A-laadun erilleen lajittelu 44 prosenttiin ja A- ja B-laatujen erilleen lajittelu jopa 58 prosenttiin (vrt. kaikki saheet 41 %). Kiristetäessä C-lajittelun vaatimuksia tasolle C40 tai C50 ei pelkän A-laadun erilleen lajittelu vaikuttanut jäljelle jääneiden saheiden lujuuslajittelun tulokseen, mutta A- ja B-laatujen erilleen lajittelu laski C50 vaatimukset täyttäneiden saheiden koko aineistossakin pienen osuuden (7 %) vielä pienemmäksi (3 %). Tulokset vahvistivat perusteluja männyn A- ja B-laatujen lajitteluun visuaaliseen käyttöön. Vasta hyvin korkeat lujuusluokkavaatimukset edellyttäisivät B-laadun käyttöä lujuuslajiteltuun sahatavaraan visuaalisen lajittelun sijasta.

Suomalaisilla sahoilla käytetään edelleen yleisesti visuaalista, ihmissilmän varassa toteutettavaa lujuuslajittelua. Visuaalinen lujuuslajittelu suosii suurilla varmuusvaroilla keskilaatuisia sahatavara-sumia, mutta syrjii merkittävästi huippulaatuisia saheita sisältäviä sumia. Menettely johtaa kokonaisuudessaankin todellista lujuutta alhaisempiin saantoihin eli paljon hyväksyttäviä saheita joutuu hylkyyn tarpeettomasti. Tosin käytännössä myöskään koneellisessa, ei-rikkovassa lujuuslajittelussa ei pystytä hyödyntämään täydellisesti sahatavaran luontaista lujuutta.

Kuusen saheista täytti T-lujuuslajittelun luokan T30 vaatimukset eli normaalin hyvän lujuuslaadun Vologdassa ja Pohjois-Suomessa runsaat 40 %, Karjalan tasavallassa vajaat 35 %, Länsi-Suomessa 30 % mutta Itä-Suomessa vain 23 % (kuva 28). Alueelliset erot tasoittuivat alennettaessa lujuusluokan vaatimuksia sahatavara-kaupassa joskus tyydytylle tasolle T24. Länsi- ja Pohjois-Suomi olivat tässä korkeimmalla tasolla, hyväksytyjä saheita oli runsaat 75 %, ja Vologda, Karjalan tasavalta ja Itä-Suomi hieman alempana (noin 70 %). Hylkyä eli huonointa hyväksyttävää luokkaa T18 heikompi saheita oli Venäjän alueilla ja Itä-Suomessa enemmän kuin Pohjois- ja Länsi-Suomessa.



**Kuva 28.** Kuusen (ylh.) ja männyn (alh.) sydäntavaraosien visuaaliset lujuuslaatuokkajakaumat alueittain, T-lajittelu, INSTA 142 -vaatimusten mukaan (Hautamäki ym. 2010 a).

Parhaiden visuaalisten laatujen ottaminen erilleen NT-lajittelussa vaikutti myös T-lujuuslajittelussa jäljelle jääneiden saheiden lujuuslaatuokkajakaumiin kaikkien alueiden sydäntavara-aineistossa vasta kun lujuuslajitteluun jäivät vain C- ja D-laadut. Vaikutus oli kuitenkin paljon suurempi kuin EN338-lajittelussa, sillä saheista täytti luokan T30 vaatimukset enää vain 7 % (kaikki saheet 34 %) ja luokan T24 vaatimukset 24 % (kaikki saheet 74 %). Lähes 60 % saheista oli silloin hylkyä (vrt. kaikki saheet 13 %).

Männyn T-lujuuslajittelussa lajiteltiin erikseen myös luokka T40 eli vaativien käyttökohteiden mukainen lujuuslaatu. Tämän vaatimukset täytti saheista Itä- ja Länsi-Suomessa runsaat 20 %, Pohjois-Suomessa 15 %, Vologdassa 10 % ja Novgorodissa 4 % (kuva 28). Suomen ja Venäjän alueiden erot tulivat entistä selvemmiä tavoiteltaessa luokan T30 vaatimuksia. Nämä täyttäneitä saheita oli Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomessa runsaat 30 % mutta Vologdassa vain 15 % ja Novgorodissa 8 %. Erot Suomen sisällä olivat suuremmat ja Suomen alueiden ero Venäjän alueisiin edelleen suuri tyydyttäessä luokan T24 vaatimukseen. Hylkyä eli alle huonoimman hyväksyttävän luokan T18 jääneitä saheita oli ymmärrettävä määrä vain Itä-Suomessa, Vologdassa ja Novgorodissa ihmeteltävän paljon ja Länsi- ja Pohjois-Suomessakin yli normaalin.

Männyn parhaiden visuaalisten laatujen NT-lajittelu vaikutti selvästi ja yhtenäisesti T-lujuuslajittelun tulokseen, EN308 lajittelusta poiketen. A-laadun lajittelu erilleen alensi kaikkien alueiden sydäntavara-aineistossa T40-laadun tasolle 4 %, T30-laadun tasolle 12 % ja T24-laadun tasolle 25 %, kun vastaavat osuudet olivat kaikki saheet mukaan lukien 14, 25 ja 50 %. A- ja B-laatujen erilleen lajittelu alensi T40-laadun tasolle 2 %, T30-laadun tasolle 7 % ja T24-laadun tasolle 23 %. T-lajittelun tuloksesta oli hylkyä alun perinkin lähes 30 %, mutta A-laadun erilleen ottamisen jälkeen lähes 40 % ja A- ja B-laatujen erilleen ottamisen jälkeen yli 55 %.

### 2.5.5 Puusepätkuivaus ja halkaisun kuusisahasatavaran laatu

Kuusen puusepätkuivaus- ja halkaisukokeissa tutkittiin kierouden, kuperuuden ja syrjä- ja lapeväyyden sekä ydinhalkeaminen esiintymistä saheissa. Kuivauskuormien mitat olivat 3,7 m × 4,2 m × 1,3 m. Paksuin dimensio 63 × 200 ja muut dimensiot 38 × 100 ja 50 × 150 kuivattiin omina erinään yhteistyöyrityksen muun saman dimension sahatavaran joukossa. Kokeissa käytettiin kuusen teollisia kaavoja, kestoaltaan 169 h dimensioilla 63 × 200 ja 96 h dimensioilla 38 × 100 ja 50 × 150. Alkukosteus oli kaikilla dimensioilla 21–22 % ja toteutunut loppukosteus 10 % dimensioilla 38 × 100 ja 63 × 200 ja 12 % dimensioilla 50 × 150.

Saheiden kierous oli ennen puusepäнкуivausta dimensioiden keskiarvona Karjalan tasavallassa korkeampi kuin muilla alueilla, 10 mm vs. 8 mm. Saheet olivat sitä kierompia mitä paksumpi oli dimensio. Puusepäнкуivauksen jälkeen kierous oli keskimäärin 6–10 mm. Se oli pienentynyt kaikilla muilla alueilla paitsi Itä-Suomessa, jossa se oli tässä vaiheessa suurin. Puusepäнкуivauksen jälkeen hylättiin halkaisukokeista alun perin 420 saheesta 11 % ylisuuren, yli 14 mm:n kieroutumisen vuoksi. Ylikieroutuneita saheita oli eniten Itä-Suomessa ja vähiten Pohjois-Suomessa ja Vologdassa. Kappaleista mitattu kierous pieneni selvästi halkaisussa, varsinkin Itä-Suomessa. Kierous oli enää keskimäärin 5–7 mm, mutta edelleen Itä-Suomessa hieman korkeampi kuin muilla alueilla. Halkaisu ei kuitenkaan pienentänyt kieroutta lainkaan pienimmällä dimensiolla, mutta vähän keskimmaisella ja huomattavasti paksuimmalla dimensiolla. Paksuimmasta dimensioista halkaistujen kappaleiden kierous olikin pienin. Tyvitukeista saadut saheet olivat Itä-Suomessa hieman kierompia kuin muista tukeista saadut sekä ennen että jälkeen halkaisun, mutta tulos oli Venäjällä päinvastainen.

Saheiden kieroutumisen pitäisi olla yhteydessä suureen mikrofibrillikulmaan, joka liittyy mm. nopeaan kasvuun ja lylypuun esiintymiseen. Itä-Suomen ja Karjalan tasavallan saheiden osin muita alueita suurempi kierous ilmensi nopean kasvun vaikutusta, samoin kuin kierouden positiivinen korrelaatio saheen dimensioiden kanssa. Lylyisyyden kieroutumista lisäävä vaikutus tuli esille vasta silloin, kun sitä oli havaittavasti saheen molemmissa päissä. Yleensä muita tukkeja lylyisempien tyvitukkien kierous tuli kuitenkin esiin vain yhdellä Suomen alueella. Venäjällä väli- ja latvatukkien huonohko laatu johti ilmeisesti päinvastaiseen tulokseen. Toisaalta halkaisu palautti kappaleiden suoruutta eniten juuri nopeakasvuisella kuusella paksuissa dimensioissa.

Saheiden kuperuus vaihteli alueittain vain vähän ennen puusepäнкуivausta ja oli dimensioiden keskiarvona 1,3–1,5 mm, Itä- ja Länsi-Suomessa ja Vologdassa hieman korkeampi kuin Pohjois-Suomessa ja Karjalan tasavallassa. Kuperuus oli kaikilla alueilla paksuimmassa dimensiossa suurempi kuin muissa dimensioissa. Puusepäнкуivauksessa kuperuus oli kasvanut eri alueilla keskimäärin 1,7–2,0 millimetriin, pienimmässä dimensiossa vähän mutta muissa dimensioissa 2–3 -kertaiseksi. Halkaisussa kappaleiden kuperuus aleni taas lähes puoleen ja lopputulos oli kaikilla alueilla samalla tasolla, 2,1–2,3 mm. Kuperuus aleni paksuimmassa ja keskimmaisessa dimensiossa niin paljon, että se oli paksuimmasta dimensioista halkaistuissa kappaleissa enää hieman korkeampi ja keskimmaisesta dimensioista halkaistuissa samalla tasolla kuin pienimmästä dimensioista halkaistussa. Tyvitukeista saadut saheet olivat kaikilla alueilla hieman kuperampia kuin muista tukeista saadut sekä ennen että jälkeen halkaisun.

Voimakas kupertuminen liittyy yhtäältä tukin pintaosiin (vuosirenkaiden suuntautuminen) ja toisaalta leveisiin vuosilustoihin (nopea kasvu). Tulokset paksuimmasta dimensioista ja samalla suurimmasta tukkiluokasta ja tyvitukeista saaduista kappaleista ilmensivät puun nopean kasvun vaikutusta. Kupertumisen suurin pieneneminen paksuimpien kappaleiden halkaisussa on sinänsä itsestään selvää halkaisun teknisen periaatteen vuoksi. Lylyisyyden ei havaittu vaikuttaneen kupertumiseen.

Saheiden lapevääryys oli ennen puusepäнкуivausta dimensioiden keskiarvona eri alueilla 1,3–2,3 mm, kaikilla dimensioilla Länsi- ja Pohjois-Suomessa suurempi kuin muilla alueilla. Lapevääryys oli tällöin samalla tasolla eri dimensioilla. Puusepäнкуivauksessa keskimääräinen lapevääryys kasvoi tasolle 2,1–2,7 mm, eniten Itä-Suomessa ja Venäjällä jossa lapevääryys olikin tämän jälkeen selvästi suurempi kuin Pohjois-Suomessa ja hieman suurempi kuin Länsi-Suomessa. Lapevääryys kasvoi sitä enemmän mitä pienempi oli dimensio. Halkaisun jälkeen kappaleiden lapevääryys oli selvästi pienempi kuin ennen halkaisua, 1,5–1,8 mm, ja lähes sama eri alueilla. Lapevääryys oli edelleen suurin pienimmällä dimensiolla, ja suurempi suurimmalla dimensiolla kuin keskimmaisella. Tyvitukeista saadut saheet olivat Länsi- ja Pohjois-Suomessa ennen halkaisua hieman lapeväämpiä kuin muista tukeista saadut, mutta tätä eroa ei havaittu enää halkaisun jälkeen.



Suuri lapevääryys ennen puusepäнкуivausta oli Pohjois-Suomen saheilla yhteydessä tukkien lenkouteen. Tämä yhteys ilmeni Venäjällä vasta puusepäнкуivauksen jälkeen. Tukkien lenkouden todettiin lisäksi jossain määrin lapevääryyttä. Lenkouteen liittyvällä lylyllä ei kuitenkaan todettu vaikutusta. Lapevääryyden suurin pieneneminen paksuimpien kappaleiden halkaisussa on sinänsä itsestään selvää halkaisun teknisen periaatteen vuoksi.

Saheiden syrjävääryys vaihteli ennen puusepäнкуivausta dimensioiden keskiarvona vain vähän, 1,2–1,5 mm, ja oli kaikilla dimensioilla Pohjois-Suomessa ja Vologdassa hieman pienempi kuin muilla alueilla. Syrjävääryys oli suunnilleen samalla tasolla eri dimensioilla. Puusepäнкуivauksessa keskimääräinen syrjävääryys kasvoi tasolle 1,7–1,9 mm, ja oli kuivauksen jälkeen suurin Karjalan tasavallassa ja Länsi-Suomessa. Syrjävääryys kasvoi sitä enemmän mitä pienempi oli dimensio. Kappaleiden syrjävääryys ei muuttunut halkaisussa millään dimensioilla. Tyvitukeista saadut saheet olivat Venäjällä ennen halkaisua hieman syrjäväärempiä kuin muista tukeista saadut. Näin oli halkaisun jälkeen myös Länsi- ja Pohjois-Suomessa. Tukin lenkous lisäsi syrjävääryyttä, enemmän kuin mutkat. Samoin vaikutti lyly, jos sitä oli saheen molemmissa päissä.

Ydinhalkeamien pituusosuus saheen koko pituudesta oli ennen halkaisua kaikkien dimensioiden keskiarvona suurin Karjalan tasavallassa, 40 %, ja pienin Pohjois-Suomessa, 30 %. Halkeamat olivat tällöin pienimmässä dimensiossa selvästi pienemmät kuin muissa dimensioissa. Paksuimmassa dimensiossa halkeamat olivat yhtä pitkiä eri alueilla, mutta Länsi-Suomessa pienimmässä ja keskimmaisessa dimensiossa muita dimensioita lyhyempiä. Halkaisu vaikutti hyvin eri tavoin kappaleiden halkeiluun eri alueilla. Halkeilu paheni selvästi Itä- ja Länsi-Suomessa ja Vologdassa mutta ilmeni vastaavasti lievempänä Pohjois-Suomessa ja Karjalan tasavallassa; näin tapahtui erityisesti paksuimmassa tukkiluokassa. Tyvitukeissa halkeamat olivat ennen halkaisua Länsi-Suomessa ja Vologdassa pitempiä kuin muissa tukeissa, mutta halkaisun jälkeen tulokset olivat epäyhtenäisiä.

Halkeilun suuruus Venäjällä ja suurissa tukkiluokissa liittyy puuston korkeaan ikään (sisävikojen). Leveiden vuosilustojen pitäisi lisätä halkeilua, mutta tämä havaittiin vasta halkaisun jälkeen ja isojen tukkiluokkien saheissa. Ydinhalkeilu voi olla yhteydessä myös kupertumiseen. Tämä yhteys havaittiin paksuimmassa ja keskimmaisessa dimensiossa puusepäнкуivauksen jälkeen.

Tulosten tarkastelu vaatii tilastotieteellisten analyysien tarkentamista. Sattuman mahdollisuus otannassa on myös otettava huomioon eri alueiden sahatavaran jatkojalostuskelpoisuuden vertailussa. Kriittisimmät tekijät jalostuskelpoisuuden arvioinnissa ovat taipumukset ydinhalkeiluun ja kieroutumiseen. Dimension  $38 \times 100$  käyttösuosituksista halkaistuna sisustuspaneeliksi voidaan todeta Länsi- ja Pohjois-Suomen ja Vologdan sahatavaran lievät edut Itä-Suomen ja Karjalan saheisiin verrattuna ydinhalkeamien ja myös lape- ja syrjävääryyden syntymisen todennäköisyyden perusteella. Dimension  $50 \times 150$  käyttöä halkaistuna ulkovuoraukseen voidaan suositella erityisesti Länsi-Suomen sahatavarasta muita alueita vähäisemmän ydinhalkeilun nojalla, varsinkin Karjalan tasavaltaan verrattuna, jossa syrjävääryys oli vastaavasti keskimääräistä suurempaa. Pohjois-Suomen dimension  $63 \times 200$  käyttöä halkaisemattomana lamellihirsiin voidaan suositella keskimääräistä vähäisemmän kieroutumistaipumuksen nojalla, varsinkin Karjalan tasavaltaan verrattuna jossa kupertuminen ja ydinhalkeilu olivat vastaavasti keskimääräistä suurempia. Tämän dimension käyttöä halkaistuna lattialaudoiksi voidaan suositella erityisesti Pohjois-Suomen ja Vologdan sahatavarasta, jossa ydinhalkeilu oli selvästi muita alueita vähäisempää.

## Kirjallisuus

- Grekin, M. 2006a. Nordic Scots Pine vs. Selected Compering Species and Substitute Materials in Mechanical Wood Products. Literature Survey. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 36. 64 p. + Appendices. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp036.htm>.
- Grekin, M. 2006b. Wood colour in sapwood and heartwood of Nordic Scots pine and the changes under UV radiation. Julkaisussa: Kurjatko, S., Kúdela, J. & Lagana, R. (eds.). Proceedings of the 5th IUFRO symposium Wood Structure and Properties '06 held on September 3–6, 2006 in Sliač - Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. Ss. 233–238.
- Grekin, M. 2006c. Ylä-Lapin puuaineen ominaisuudet. Raportti Raaka-ainetta pohjoisesta hankkeelle. PowerPoint, 30 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Grekin, M. 2007a. Color and color uniformity variation of Scots pine wood in the air-dry condition. Wood and Fiber Science 39(2): 279–290.
- Grekin, M. 2007b. Suomalainen ja ruotsalainen mänty rakennuspuusepän-, sisustus- ja huonekalutuotteiden raaka-aineena. Tuloksia kirjallisuustarkastelusta ja empiirisistä tutkimuksista viideltä osa-alueelta. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 18–21, PowerPoint, 37 s. ja 17 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>.
- Grekin, M. & Surini, T. 2008. Shear strength and perpendicular-to-grain tensile strength of Scots pine wood from mature stands in Finland and Sweden. Wood Science and Technology 41(7): 548–564.
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2007. Modelling the variation in latewood proportion of Scots pine wood from Finland and Sweden. Julkaisussa: Van Acker, J. & Usenius, A. (eds.). Modelling the wood chain: Forestry - Wood industry – Wood product markets. Proceedings of the COST Action E44 conference, Helsinki, Finland, 17–19 September 2007. Ss. 111–116.
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2010a. Variations in Basic density, Shrinkage and Shrinkage Anisotropy of Scots Pine Wood from Mature Mineral Soil Stands in Finland and Sweden. Baltic Forestry 16(1): 113–125.
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2010b. Variation in and Modelling for Brinell hardness of Scots pine wood from Finland and Sweden. Käsikirjoitus.
- Gyawali, B. & Grekin, M. 2007. A Report on Applied Period in Metla Joensuu Unit: Resistance of Nordic Scots Pine Wood Against Weather. University of Joensuu, Faculty of Forestry. 34 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Hanhijärvi, A. & Ranta-Maunus A. 2008. Development of strength grading of timber using combined measurement techniques. Report of the Combigrade – project – Phase 2. VTT Publications 686. VTT, Espoo. 55 p. [verkkodokumentit] <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2008/P686.pdf>.
- Hanhijärvi, A., Ranta-Maunus, A. & Turk, G. 2005. Potential of strength grading of timber with combined measurement techniques. Report of the Combigrade – project – Phase 1. VTT Publications 568. 81 p. + App. 6 p. [verkkodokumentti] <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2005/P568.pdf>.
- Hautamäki, S., Kilpeläinen, H., Kannisto, K., Wall, T. & Verkasalo, E. 2010a. Factors Affecting the Appearance Quality and Visual Strength Grade Distributions of Scots pine and Norway spruce Sawn Timber in Finland and North-Western Russia. Baltic Forestry 16(2): 217–234.
- Hautamäki, S., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2010b. Factors affecting bending strength and stiffness of Scots pine and Norway spruce sawn timber in Finland and North-Western Russia. Käsikirjoitus.
- Lindström, H., Grekin, M., Reale, M. & Råberg, U. 2005. Modulus of elasticity in Scots pine timber trees. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01–04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01–04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA-ENGREF, Nancy-France.
- Lindstrom, H. & Nylinder, M. 2007. Suomalainen ja ruotsalainen mänty rakennustuotteiden raaka-aineena. Tuloksia tutkimuksista viideltä maantieteelliseltä alueelta. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 16–17, PowerPoint, 26 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>.

- Lindström, H., Reale, M. & Grekin, M. 2009. Using non-destructive testing to assess modulus of elasticity of *Pinus sylvestris* trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24(3): 247–257.
- Lukkarinen, A. 2005. Pohjois- ja Etelä-Suomen kuusen ominaisuudet vaativien rakennustuotteiden kannalta. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 15 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/antti-lukkarinen.pdf>.
- Lukkarinen, A. 2009. Pohjoisen kuusen ominaisuudet vaativissa rakennustuotteissa ja rakennuspuusepäntuotteissa. Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuotealalla. Kutsuseminaari, 15.4.2009. Digipolis – Kemin teknologiakylä, Auditorio Horisontti, Kemi. Lyhennelmä, 2 s., PowerPoint, 19 s. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2009/kuusiseminaari>.
- Lukkarinen, A., Salminen, H., Repola, J., Korhonen, K.T., Kilpeläinen, H., Verkasalo, E., Lehtonen, M. & Hynynen, J. 2007. Männyn lopputuotelähtöisten tavaralajien saatavuusanalyysi Pohjois-Suomessa tärkeimpien käyttökohteiden, raaka-ainepohjan ja hankintakustannusten pohjalta. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 22–24, PowerPoint, 15 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>.
- Lukkarinen, A., Verkasalo, E. & Riekkinen, M. 2005. Comparison between predicted and measured strength and stiffness of Norway spruce lumber from Finland and north-west Russia. Julkaisussa: 14th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 2<sup>nd</sup> – 4<sup>th</sup> May 2005, Hannover, Germany. Abstracts, s. 54. PowerPoint, 14 s.
- Metinfo. 2010. Puun käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen Tilastopalvelu. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/puunkaytto>.
- Nevalainen, S. 2005. Decay resistance of Scots pine in Finland and Sweden. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01–04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01–04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA-ENGREF.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Salminen, O. & Härkönen, K. 2007. Alueelliset hakkuumahdollisuudet valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella, maastotyöt 2004–2006. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2007: 215–248.
- Pohjois-Pohjanmaan liitto. 2006. Pohjois-Suomen puumarkkinoiden kehittäminen. Moniste, 131 s. Pohjoinen puutuoteteollisuus – asumisen ja sisustamisen tekijä -kehittämishohjelma, Oulu.
- Ranta-Maunus, A. 2007. Strength of Finnish grown timber. VTT Publications 668. VTT, Espoo. 60 p. + App. 3 p. [verkkodokumentti] <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P668.pdf>.
- Roos, A., Wang, L., Juslin, H. & Verkasalo, E. 2007. SWOT analyysi – entistä dynamisempi ja kilpailukykyisempi mäntyteollisuus pohjoismaissa. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 32–35, PowerPoint, 12 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>.
- Salonen, P. 2007. Lapin raakapuun käyttö ja riittävyys sekä metsäsektorin aluetaloudellisia vaikutuksia. Moniste, 24.4.2007. 2 s. PuuSuomi-laatuohjelma ja Metsäkeskus Keski-Suomi, Jyväskylä.
- Salminen, H., Verkasalo, E., Korhonen, K.T., Repola, J. & Kilpeläinen, H. 2009. Kuusisahapuun saatavuus Pohjois-Suomessa. Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuotealalla. Kutsuseminaari, 15.4.2009. Digipolis – Kemin teknologiakylä, Auditorio Horisontti, Kemi. Lyhennelmä, 2 s. PowerPoint, 10 s. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2009/kuusiseminaari/>.
- Stöd, R. 2009. Anisotropic shrinkage and swelling of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from thinning forests in Finland. Julkaisussa: Ispas, M. & Gurau, L. (eds.). ICWSE 2009 – Proceedings of the International Conference “Wood Science and Engineering in the Third Millennium”, 7<sup>th</sup> edition. “Transilvania” University of Brasov, Romania, 04–06 June 2009. Ss. 15–20.
- Stöd, R. & Kilpeläinen, H. 2006. Knot properties of Scots pine saw timber trees from thinning stands. Julkaisussa: Kurjatko, S., Kúdela, J. & Lagana, R. (eds.). Proceedings of the 5th IUFRO symposium Wood Structure and Properties '06 held on September 3–6, 2006 in Sliac – Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. Ss. 149–154.
- Stöd, R., Kilpeläinen, H. & Wall, T. 2006. Yield and Technical Quality of Scots Pine Saw Timber from Thinnings on Drained Peatlands and Mineral Soils in Finland. *Baltic Forestry* 12(2): 170–183.

- Stöd, R., Tantt, V., Sirén, M. & Verkasalo, E. 2003. Jäävän puuston ja poistuman tekninen laatu ensiharvennumänniköissä. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/2003: 439–464.
- Stöd, R. & Verkasalo, E. 2011. Bending strength and stiffness of sawn timber and clear wood of Scots pine from commercial thinnings. *Käsikirjoitus*.
- Verkasalo, E. & Fröblom, J. 2002. Development of procurement and saw milling of Scots pine from thinnings. Tiivistelmä: Harvennumännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Marttila, S. (eds.). *Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998–2001). Final Report. Report 3/2002. Ss. 333–340.*
- Verkasalo, E., Grekin, M. & Lukkarinen, A. 2008a. Ylä-Lapin männyn kilpailukykyiset ominaisuudet sahatavarassa ja jatkojalostuksessa. Ivalon metsäpäivä, 16.9.2008. PowerPoint, 47 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). 2007. Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. 35 s. [verkkodokumentti] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>.
- Verkasalo, E. & Kilpeläinen, H. 2004. Saw Timber Recovery and Selected Physical and Mechanical Properties of Wood from Scots Pine on Drained Peatlands in Finland. Julkaisussa: Päivänen, J. (ed.). *Wise Use of Peatlands. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Peat Congress, Tampere, Finland, 6–11 June 2004. Vol. 1. Oral presentations. International Peat Society, Jyväskylä. Ss. 521–530.*
- Verkasalo, E., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Hanhijärvi, A. 2007b. Suomalaisen ja venäläisen mänty- ja kuusisahatavaran taivutusominaisuuksien vertailu. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (eds.). *Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 29–31, PowerPoint, 20 s. [verkkodokumentti] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>.*
- Verkasalo, E., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Kannisto, K. 2008b. Venäjän tuontikuusen laatu ja arvo vaativissa rakennustuotteissa ja rakennuspuusepäntuotteissa – vertailukohtana suomalainen kuusi. PowerPoint, 34 s. [verkkodokumentti] <http://www.idanmetsatieto.info>.
- Verkasalo, E., Korhonen, K.T. & Lukkarinen, A. 2008c. Saha- ja erikoispuun saatavuus Pohjois-Suomessa – hakkuumahdollisuudet ja puun käytön kehittäminen puuston erityispiirteiden ja tuotesoveltuvuuden pohjalta. *Puumies* 53(5): 16–19.
- Verkasalo, E., Nylinder, M. & Roos, A. 2007a. Specific wood and timber properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing (SPWT). Julkaisussa: Poppius-Levlin, K. & Johansson, B. (eds.). *Wood Material Science and Engineering Final Report. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2007. Ss. 67–87.*
- Verkasalo, E., Riekkinen, M. & Lindström, H. 2005. Specific wood and timber properties and competitive ability of Nordic Scots pine in mechanical wood processing. Julkaisussa: Teischinger, A. & Van Acker, J. (eds.). *Proceedings of the COST Action E44 Conference "Broad Spectrum Utilisation of Wood"; COST Action E44 "Wood Processing Strategy", June 14th–15th 2005, BOKU Vienna, Austria. Lignovisionen special edition. Lignovisionen* 9: 27–38.
- Verkasalo, E., Stöd, R., Heräjärvi, H., Kilpeläinen, H., Lindblad, J. & Wall, T. 2006. Suometsien puuraaka-aineen laatu ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Julkaisussa: Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). *Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatus ja käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 947: 276–333.
- Wall, T., Fröblom, J., Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Heikkilä, A., Song, T., Stöd, R. & Verkasalo, E. 2005a. Harvennumännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 943. 129 s. + liitteet 13 s.
- Wall, T., Kilpeläinen, H., Kannisto, K. & Verkasalo, E. 2010. Venäläisen ja suomalaisen kuusisahatavaran laatu ja arvo puutuotteissa. Tutkimus- ja kehittämishankkeen loppuraportti. *Käsikirjoitus*.
- Wall, T., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2005b. Parallel procurement of small-diameter logs for saw milling and forest chips for energy in commercial thinnings of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Finland. Julkaisussa: Asplund, D. (ed.). *Bioenergy in Wood Industry 2005, 12.–15.9.2005 – Book of Proceedings. FINBIO Publication* 32. Ss. 233–240.

### 3 Lehtipuututkimukset

*Henrik Heräjärvi, Risto Hagqvist, Jari Lindblad ja Pentti Niemistö*

#### 3.1 Johdanto

Puun kannattava jalostaminen vaneri-, viilu- ja sahateollisuudessa ja erityisesti puusepän erikoiskäyttötarkoituksissa edellyttää sen ominaisuuksien laajaa tuntemista. Lehtipuiden kohdalla keski- ja huippulaatuisten tuotteiden arvoero on suuri. Koivu on ylivoimaisesti tärkein lehtipuumme puunkäyttäjille ja metsänomistajille. Vaikka Suomessa olevat koivun lähteet tunnetaan määrällisesti hyvin, on laadullinen arviointi ollut vaikeaa johtuen ominaisuuksien vaihtelusta alueiden, metsiköiden ja runkojen välillä, rungon sisäisestä vaihtelusta puhumattakaan. Esimerkiksi viljelykoivikoiden puun laatu ja jalostus- ja käyttötekniset ominaisuudet ovat olleet enimmäkseen arvailujen varassa. Edelleen, tuontikoivutukkien laatuksymyksistä ei ole julkaistu tutkimuksia. Vastaavasti kotimaisen metsähaavan ja nykyisin viljelymateriaalina käytettävän hybridihaavan puuaineen ominaisuuksien eroja on tutkittu paperinteon kannalta, mutta tutkimustietoa ei ole ollut juurikaan tarjolla käytöstä puutuotteina.

Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistettiin puuntutkimuksen piirissä lehtipuuraaka-aineiden saatavuuteen, ominaisuuksiin ja käyttöön liittyvien tutkimusten sarja jo vuonna 1998, joka jatkui aina vuoteen 2008. Lehtipuututkimukset ja niihin liittyvä tiedonsiirtotoiminta olivat yhtenä PKM-tutkimusohjelman painopistealueena koko sen kestoajan. Hankkeissa tutkittiin laajasti raudus-, hies- ja visakoivun sekä metsä- ja hybridihaavan metsiköiden, runkojen, tukkien ja puuaineen ominaisuuksia ja niiden vaihtelua kuten myös ominaisuuksien hallintaa ja osin muokkausta puutuotealan eri käyttötarkoitusten kannalta. Lisäksi tutkittiin metsänhoidollisten keinojen, erityisesti raudus- ja visakoivun pystykarsinnan hyötyjä ja taloudellista kannattavuutta. Koivututkimukset tehtiin tutkimushankkeen 3353 Lehtipuun käytön monipuolistaminen kautta ja haapatutkimukset tutkimushankkeen 3355 Mekaanisen puunjalostuksen uudet jatkojalosteet kautta.

Raudus- ja hieskoivututkimuksia on tehty omissa hankkeissaan kotimaiselle päätehakkuu- ja harvennuskoivulle ja tuontikoivulle. Tutkimusraporttien ja ammattilehtiartikkelien lisäksi on julkaistu vuonna 2008 kaksi kirjaa. ”Koivun kasvatus ja käyttö” -kirja (Niemistö ym. 2008) on laajin olemassa oleva koivua käsittelevä teos metsänhoidon, puunhankinnan, metsäammattilaisten, metsänomistajien, opiskelijoiden ja muiden koivusta kiinnostuneiden käyttöön. ”Visakoivun kasvatus ja käyttö” -kirja (Hagqvist ja Mikkola 2008) on länsimaiden ensimmäinen kattava tietolähde visakoivusta kiinnostuneille.

Seuraavassa on lueteltu lehtipuuhankkeet, joista raportoidaan tässä PKM-ohjelman tuloksina:

---

335301	Lehtipuun käytön monipuolistaminen
335302	Erikoispuun kasvattaminen raudus- ja visakoivikoissa
3355	Puutuoteteollisuuden uudet jalosteet (osia)
7090	Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin
7145	Metsä- ja hybridihaapa puutuotteiden raaka-aineena
7173	Uudet menetelmät visa- ja viilukoivun kasvatuksessa
7210	Venäjän puun laatu ja metsäalan kaksisuuntainen tietopalvelu (koivuosa)
50146	Tuontikoivutukin laatuvaihtelut
50070	Rauduskoivun pystykarsinnan kannattavuus
50119	Koivukirja 1
50154	Koivukirja 2

---

### 3.2 Päätehakkuukoivututkimukset

Puutuoteteollisuuden kotimaisista lehtipuuraaka-aineiden lähteistä ovat luontaisesti syntyneet, päätehakkuukäiset ja -kokoiset koivupuustot taloudellisesti tärkeimpiä ja ne myös tunnetaan puuteknologisessa mielessä parhaiten. Niitä on tutkittu laajasti Metlassa 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa, mm. kahdessa väitöskirjassa (Verkasalo 1997, Heräjärvi 2002b). Laajimmat tutkimukset tehtiin Wood Wisdom –tutkimusohjelmassa Metlan koordinoimassa hankekonsortiossa ”Kotimaisen koivun, haavan ja lepän ominaisuudet ja niiden hyödyntäminen mekaanisessa puuteollisuudessa”, rahoittajina Suomen Akatemia (1998–2001) ja maa- ja metsätalousministeriö (2002). Näihin tutkimuksiin perustui myös edellä mainittu väitöskirja suomalaisen raudus- ja hieskoivun ominaisuuksista sahauskassa ja jatkojalostuksessa (Heräjärvi 2002b). Lehtipuukonsortion tulokset on julkaistu tiivistetysti konsortion loppuraporteissa (Verkasalo ym. 2001, 2002).

Uusia päätehakkuukoivututkimuksia ei käynnistetty PKM-ohjelmassa, mutta lehtipuukonsortion päättymisen jälkeen valmistuneiden tulosten raportointi toteutettiin ohjelman hankkeissa (mm. Heräjärvi 2002a,b, 2003a,b, 2004a,b,c, 2008, Heräjärvi ja Verkasalo, 2002, Kaurala ym. 2004, Nevalainen 2006; ks. myös Verkasalo ym. 2006b). Tutkimusraporteissa julkaistiin laajoihin empiirisiin aineistoihin perustuen seuraavia tuloksia luontaisesti syntyneistä, etelä- ja välisuomalaisista päätehakkuukäisistä koivuraaka-aineositteista (kivennäismaiden puhtaat raudus- ja hieskoivikot sekä kuusivaltaiset raudus- ja hieskoivusekametsiköt, turvemaiden puhtaat hieskoivikot ja havupuuvallaiset sekametsiköt):

- runkojen ja tukkien ulkoisista dimensioista ja laadusta ja saheiden visuaalista ominaisuuksista ja laadusta ja niiden vaihteluista sekä ositteiden välisistä laatueroista eri tasoilla; lisäksi laatueroja ilmentäviä riippuvuussuhteita kuvaavia ennustemalleja puutuotekäytön, erityisesti sahausksen ja jatkojalostuksen kannalta,
- puuaineen fysikaalisten ja mekaanisten ominaisuuksien vaihtelusta eri vaihtelun lähteiden tasoilla ja ominaisuuksien ennustamisen ja hallinnan mahdollisuuksista, ja
- leimikoiden ja runkojen puukaupallisesta arvosta ja arvoeroista vaihtoehtoisin puutavaralajitavoittein.

Tulosten perusteella annettiin suosituksia raudus- ja hieskoivun laatuksivatituksen suunnittelua, tukkipuulähteiden laadun ja arvon määrittystä, apteerausta, lajittelua, sahausta ja oikeiden käyttökohteiden tunnistamista varten.

Seuraavassa kuvataan tiivistetysti raaka-aineositteiden keskeisimpiä eroja eräillä koivurunkojen ulkoisen ja sisäisen laadun mittareilla..

Runkojen keskimääräinen järeys kivennäismailla oli sekametsissä suurempi kuin puhtaissa koivikoissa. Tämä ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti seurausta nopeammasta kasvusta sekametsissä vaan pikemminkin korkeammasta iästä päätehakkuuvaiheessa tai parhaiten kasvavien koivujen valikoitumisesta jäämään sekametsiköihin harvennuksissa. Puhtaissa, täystiheissä koivikoissa on mukana aina myös pienempiä ja heikkokasvuisempia koivuja. Oksien lukumäärä, laatu (terveet, kuivat, lahot) ja sijoittuminen rungon pituussuuntaisiin vyöhykkeisiin vaihtelevat hies- ja rauduskoivuissa ja erityyppisissä metsiköissä siten, että metsikkö- ja puustotietojen pohjalta oksikkuutta on vaikea ennustaa. Tyven oksien kuoleminen ja karsiutuminen on kuitenkin nopeampaa ja tehokkaampaa sekametsiköissä kasvaneissa puissa. Erityisesti sekametsiköissä kasvaneet hieskoivot voivat olla oksikkuuslaadultaan hyviä. Kivennäismaiden hieskoivujen runkomuoto ei ole vastaavassa järeydessä huonompi kuin rauduskoivujenkaan. Turvemaiden hieskoivot sen sijaan ovat yleensä mutkaisempia kuin kivennäismaiden koivot. Koivurunkojen pintaviat (korot, käävät, vesaoksat, jne.) ja lahoviat liittyvät yleensä puiden yli-ikäisyyteen, joskus myös korjuuvaurioihin ja hieskoivuilla turvemaihin kasvupaikkana.

Puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset ovat oleellinen tekijä päätehakkuukoivikoista saatavissa olevien kantorahatulosten kannalta: sallittujen tukkipituuksien lyhentäminen aiheuttaa apteeraustulokseen jopa 35 prosenttisyksikön suhteellisen arvonnousun koivukuutiometriä kohti. Hyvälaatuisissa koivikoissa on erikoispuutavaralajeilla suuri merkitys kantorahan muodostuksessa.

Puuaineen tiheys runkojen eri osissa vaihtelee molemmilla koivulajeilla samalla tavalla. Tiheys on suurimmillaan tyvellä ja lähellä rungon pintaa, jossa solut ovat (iäkkäimmän jälleen tuottamia (raudus: > 520 kg/m<sup>3</sup>, hies: > 480 kg/m<sup>3</sup>) ja alenee kohti latvaa ja rungon ydintä eli ns. nuorpuualueilla (raudus: 470–500 kg/m<sup>3</sup>, hies: 450–480 kg/m<sup>3</sup>). Puuaineen mekaaniset ominaisuudet, joista tässä tutkimuksessa määritettiin kimmokerroin, taivutusmurtolujuus, puristuslujuus ja pinnan kovuus (Brinell) ns. pienistä virheettömistä koekappaleista tehdyin mittauksin, noudattelevat pääpiirteissään tiheysvaihteluista runkojen eri osissa. Niinpä hieskoivun lujuusarvot ovat n. 5–10 % rauduskoivua heikommat.

Tulokset vahvistivat käsitystä, että rauduskoivu on monessa suhteessa (mm. järeys, puuaineen tiheys) hieskoivua parempi raaka-aine puutuotteiden valmistuksen kannalta, mutta myös hieskoivu kasvaa erityisesti kivennäismailla hyviin tukkimittoihin ja sen puuaine kestää useimmissa tapauksissa vertailun rauduskoivuun esim. mekaanisten ominaisuuksien osalta. Hieskoivun oksat

ovat tavallisesti hennompia kuin rauduksen, ja oikein kasvatettuna hieskoivu tuottaa tekniseltä laadultaan erinomaista tyvitukkia. Ongelma on, että havupuuvaltaisissa sekametsissä kasvaessaan hieskoivu on päätehakkuun koittaessa usein yli-ikäistä ja siksi lahoista, kun päätehakkuu tehdään havupuuston kehityksen ehdoilla. Rauduskoivun tärkein etu hiekseen nähden on sen suurempi järeyys päätehakkuuikässä, ja nopeampi järeytyminen viljavilla kivennäismailla kasvaessaan.

### 3.3 Harvennuskoivututkimukset

Harvennuskoivikoista saatavan pieniläpimittaisen koivutukin sahaus ja jatkojalostus alkoi kiinnostaa Suomessa 1990-luvun lopussa, kun syntyi kokonaan uusia koivuhuonekaluja ja niiden aihioita ns. oksakoivusta valmistavia tehtaita ja vanhat oksatonta tai vähäoksaista koivua käyttäneet huonekalutehtaat kasvoivat ja laajensivat tuotevalikoimaansa. Harvennuskoivuraaka-aineesta ei ollut käytettävissä hakattavien leimikoiden kertymä- tai laatutietoja puunhankinnan ja jalostuksen tueksi. ”Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin” -hankkeessa (7090, 2001–2003) määritettiin erityyppisistä harvennuskoivikoista saatavissa olevan sahauskelpoisen puutavaran määrä ja laatu ja tutkittiin puuaineen fysikaalisia ja mekaanisia ominaisuuksia, sahatavaran ja huonekalukomponenttien saantoa ja laatuja jakaumaa sahaustapaa ja -asetteita varioiden. Lisäksi vertailtiin sahatavaran kuivaustulosta ilma- ja keinokuivauksessa. Hankkeen rahoittivat Etelä-Savon TE-keskus (EU:n EMOTR-ohjelmasta) sekä kolme keskisuurta koivutuoteyritystä, yksi sahateknologiayritys ja Metla.

Hankkeessa kerättiin laaja empiirinen aineisto luontaisesti syntyneistä ja istutetuista puhtaista koivikoista sekä kuusi-koivusekametsistä Etelä-Savosta, Kymen alueelta, Pohjois-Savosta, Pohjois-Karjalasta, Keski-Suomesta ja Päijät-Hämeestä. Tulokset on julkaistu laajasti kotimaisilla ja kansainvälisillä foorumeilla (Lehtimäki 2002, Lindblad ym. 2003, Möttönen ym. 2004, Kilpeläinen ym. 2008, 2011, ks. myös Verkasalo ym. 2005, Heräjärvi 2008, Tahvanainen ym. 2008). Seuraavassa kuvataan tiivistetysti tutkimusten keskeisiä tuloksia.

Harvennuskoivujen heikko runkomuoto, yleisimmin moniväryys tai mutkaisuus, on esiintyessään yleensä sahatukiksi apterauksen estävä tekijä. Pystypuuarviointien perusteella sahapuuosuus vaihteli metsikkötyypistä ja käytetyistä mitta- ja laatuvaatimuksista riippuen välillä 15–25 %, eniten sahatukia saatiin istutuskoivikoista ja vähiten luontaisesti syntyneistä puhtaista koivikoista (yleensä hieskoivuvaltaisia). Kuitupuun ja pikkutukin pituus- ja läpimittavalikoiman vaikutus pikkutukkikertymään oli noin 5–10 prosenttiyksikköä. Edellä mainitut koskevat apterausta tiukkojen laatuvaatimusten mukaan, käytännön puunkorjuussa kertymä arvioitiin noin 10 prosenttiyksikköä korkeammaksi.

Sahatukin kertymät ovat parhaat myöhemmissä harvennuksissa. Ensiharvennuskoivikoissa kuitupuun ohessa saatavan sahatukin osuus on pääsääntöisesti niin pieni, että sitä kannattaa korjata vain poikkeustapauksissa. Lyhyiden tukkipituuksien ja useamman kuin yhden tukkipituuden salliminen kasvattaa sahatukkikertymää merkittävästi, samoin kuitupuun pituusvaihtoehtojen lisääminen.

Harvennuskoivikoista erityisesti tavoiteltavan terveoksaisten sahatavaran osuus oli suurin ulkoisesti oksikkaista tukeista saaduissa saheissa, oksalaadusta (elävä/kuollut) riippumatta. Saheiden terveiden oksien paksuus kasvoi vajaan senttimetrin ja kuolleiden oksien paksuus aleni hieman rungon tyveltä latvaan. Oksattoman sahatavaran osuus oli pieni, mutta luonnollisesti suurin oksattomista tukeista saaduissa saheissa.



Tukkien lenkouden kasvaessa tasolta alle 5 mm/m tasolle yli 15 mm/m aleni täyssärmäisen sahatavaran osuus 5–10 prosenttiyksikköä. Tukkien mutkaisuuden vaikutus sahaustulokseen oli samaa suuruusluokkaa, kun mutkaisuus vaihteli tasolta alle 10 mm/m tasolle yli 15 mm/m. Simuloitaessa eri läpimitta-, lenkous- ja mutkaisuusluokkien tukkien käyrä- ja suorasahausta ei täyssärmäisen sahatavaran osuuksissa havaittu eroja sahaustapojen välillä. Syinä käyräsahaustuksen hyötyjen pienuuteen on koivupikkutukkien epäsäännöllinen mutkaisuus tasaisen lenkouden sijasta, pienen läpimitan lisäksi.

Ilmakuivatun koivun puuaineen pinnan Brinell-kovuus ja tasapainokosteus vakioidussa ympäristöoloissa ovat hieman korkeammat kuin keinokuivatun puun. Talvella kaadetuissa koivuissa puuaineen pinnan Brinell-kovuus on 1–1,5 MPa korkeampi kuin kesällä tai syksyllä kaadetuissa koivuisa. Eroja voidaan selittää mm. vuodenaikojen mukaan vaihtelevalla puun uuteainekoostumuksella.

Tutkimusten tulokset palvelevat paitsi pieniläpimittaisen koivun käytöstä kiinnostunutta puutuoteteollisuutta, myös metsänomistajia jotka haluavat korkeamman tuoton koivikoiden harvennushakkuista: kuitupuuvaltaisen hakkuun yhteydessä voi ja kannattaa korjata myös pikkutukkia, jos sille on lähiseudulla tiedossa ostaja. Pieniläpimittaista koivua käyttävän huonekaluteollisuuden väheneminen Suomessa 2000-luvun alun nousukauden jälkeen on kuitenkin johtanut koivun pikkutukin kysynnän alenemiseen.

Harvennuskovikoiden laatukysymyksiä sivuttiin myös tuontikoivutukin laatua käsitelleessä tutkimuksessa (Arponen 2007, Arponen ym. 2008), jossa tuontivaneritukkien vertailuaineistoksi kerättiin vaneritukkiotos kakkosharvennusvaiheen viljelyrauduskoivikoista (ks. luku 3.4). Härkösen ym. (2008, 2009) tutkimuksissa analysoitiin hirvieläinten vaurioittamien koivujen laatua tavoitteena määrittää runkojen ulkoisten vikojen perusteella niiden kasvatuskelpoisuus. Tulokset osoittivat, että hirven koivuntaimeen aiheuttamaa runkomuotovikaa voidaan vielä ensiharvennuksen aikaan käyttää puun kasvatuskelpoisuuden ja sisälaadun indikaattorina. Selvä mutka hirven vaurioittamassa kohdassa runkoa on ongelma tukin suoruuksivaatimusten kannalta ja tarkoittaa myös todennäköistä lahovikaa. Vähäinen tässä vaiheessa havaittavissa oleva runkomuotovika osoittaa hirvivaurion parantuneen kelvollisesti, ja rungon sisälaadun olevan todennäköisesti jatkokasvatuksen kannalta kelvollinen.

### 3.4 Tuontikoivututkimukset

Tuontikoivutukin osuus kotimaisen koivuvaneriteollisuuden puunkäytöstä on ollut 2000-luvun alkupuolella noin kolmannes, kääntyen kuitenkin laskuun vuonna 2007 Venäjän asettamien raakapuun vientitullien vuoksi. Tuontikoivua on käytetty jossain määrin myös Itä-Suomen koivusahoilla. Venäläisen koivun laatukysymyksiin haettiin vastauksia PKM-ohjelman tutkijoiden toimesta Metlan kansainvälisen metsätalouden tutkimusryhmän johtamassa hankkeessa ”Venäjän puun laatu ja metsäalan kaksisuuntainen tietopalvelu, 2005–2008”. Hanke rahoitettiin EU:n Interreg 3a / Regio Karelia –naapurisuusohjelmasta, jota täydensivät tukirahoitukset yhdeltä puutuote yritykseltä ja Metlasta.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli määrittää Suomen itärajan takaisilta lähialueilta eli Karjalan tasavallasta ja Leningradin ja Vologdan lääneistä saatavissa olevan koivutukin laatu vaihteluita ja laadun alueellisia eroja (Arponen 2007, Arponen ym. 2008, Heräjärvi ja Arponen 2008; ks. myös Verkasalo ym. 2006a, 2007, Verkasalo ja Heräjärvi 2009). Venäjältä kerättyjen tuontikoivutukkien vertailuaineistoksi kerättiin materiaalia Pohjois-Karjalan alueelta valituista toiseen kertaan

harvennetuista viljelyrauduskoivikoista. Seuraavassa on kuvattu tutkimuksen keskeiset tulokset. Venäläiset koivutukkimestiköt olivat ehkä odottamattomasti hieskoivuvaltaisia. Hakattava tukki-puusto on yleensä vanhempaa kuin Suomessa, ja tukki on pääsääntöisesti järeää ja vähäoksaista. Siitä saadaan myös keskimäärin hyvälaatuisempaa viilua kuin kotimaisesta toisen harvennuksen viljelyrauduskoivutukista. Venäläisissä tukeissa on lisäksi se ero kotimaisiin nähden, että hakkuu on tehty usein miestyönä, jolloin tukkien pinnan laatu on hyvä. Tämä myötävaikuttaa paitsi puutavaran värin säilymiseen virheettömänä, myös pintaviilujen saantoon ja laatuun. Hakkuukoneella hakatuissa tukeissa pinta on usein vaurioitunut karsintaterien ja syöttörullien jäljiltä. Olennaista puuta ostaessa olisi tuntea puutavaran toimittaja; tukki on toimittajasta riippuen hyvä- tai huonolaatuista. Jotkut toimittajat mm. erottelevat välivarastoissa tukkisuman parhaat yksilöt ja myyvät ne viilutyvinä Eurooppaan. Tällöin suomalainen vaneri- tai sahatukin ostaja saa tehtaalle lähinnä huono- ja keskilaatuisia tukkeja. Myös puutavaran käsittely hankinnan aikana kuten myös varastointijat ja -olosuhteet vaihtelevat.

Venäläiset koivutukit – kun ne on hakattu paikallisin voimin – katkotaan yleensä tasametreittäin määrämitoille laatutekijöistä piittaamatta. Apteerauksesta ei näin ollen voida puhua. Tukkipituudet määräytyvät käytännöllisistä syistä kuten junavaunujen pituuksien murto-osina. Kotimaiseen koivuun verrattuna venäläinen tukki sisältää paljon sydänlahoa ja oksavikoja, jotka eivät kotimaisten apteerausohjeiden mukaan ole sallittuja.

Tulosten perusteella annettiin suosituksia venäläisen tuontikoivun ja kotimaisen viljelyrauduskoivun laadun hallinnasta ja käytöstä vaneri- ja sahateollisuuden päätuoteryhmiin. Tuontitukkeja koskevien tulosten hyödyntämistä vaikeuttaa tuonnin tyrehtyminen Venäjältä raakapuun vientitullien myötä. Kotimaisten viljelykoivikoiden harvennushakkuista kertyvien tukkien laadusta saatu tieto on sitä vastoin jatkossakin hyödynnettävissä, ja täydentää tähänastisia tietoja kasvatusvaiheen viljelyrauduskoivun ulkoisesta laadusta ja sisävikaisuudesta (esim. Niemistö ym. 1997).

### 3.5 Rauduskoivun pystykarsintatutkimukset

Koivun pystykarsintaa on tehty tähän asti lähes yksinomaan oksasahalla, aiemmin myös ns. keppikarsintana, ja kaikki koivun karsintaa käsitelleet tutkimukset ovat pohjautuneet aineistoihin, joissa karsintavälineenä on käytetty oksasahaa. Koivikoita on kuitenkin alettu pystykarsia myös oksasaksilla, mutta satunnaistapauksia lukuun ottamatta vasta 1990-luvulta lähtien. Oksasaksien tai -leikkureiden käytön eduista tai haitoista on esitetty vain hypoteeseja. Samalla suuren osan varttumassa olevista viljelyrauduskoivikoista on arveltu olevan hyvinkin karsimiskelpoisia (esim. Niemistö ym. 1997).

PKM-ohjelman lehtipuututkimuksiin sisällytettiin näistä syistä myös koivun pystykarsinnan tutkimus uusilla menetelmillä. Tutkimus toteutettiin Puumiesten ammattikasvatussäätiön ja UPM Metsän tukirahoituksella (hanke 50070 Rauduskoivun pystykarsinnan kannattavuus). Tavoitteena oli tarkastella oksaleikkureilla pystykarsittujen rauduskoivujen teknistä laatua ja taloudellista arvoa (Kannisto 2005, Kannisto ja Heräjärvi 2006) sekä vertailla oksasahalla ja -leikkureilla karsituihin puihin syntyvän värivikaantumisen riskiä ja karsittujen oksien kyljestymisnopeutta (Schatz 2006, Schatz ym. 2008). Tutkimuksissa tarkasteltiin erityisesti ohileikkaavilla oksasaksilla tehdyn rauduskoivun pystykarsinnan runkopuuhun aiheuttamia vikoja ja taloudellista kannattavuutta sekä metsänomistajan että puunkäyttäjän kannalta. Puiden teknisiä ominaisuuksia ja taloudellista arvoa vertailtiin pystykarsittujen ja karsimattomien koepuiden välillä, ja laskettiin pystykarsinnan tuottama arvonlisä metsänomistajalle ja viilu- ja sahateollisuudelle.

Kanniston ja Heräjärven (2006) tutkimuksen perusteella leikkaavilla oksasaksilla huolellisesti tehty pystykarsinta ei lisää merkittävästi runkopuun lahovikoja rauduskoivulla. Oksista runkopuuhun leviävät viat eivät liioin etene karsimisen jälkeen muodostuneeseen oksattomaan pintapuuhun. Schatzin ym. (2008) tutkimuksessa havaittiin yksiselitteisesti oksaleikkurilla tehtävän karsinnan aiheuttavan vähemmän värivikoja kuin karsinnan oksasahalla. On kuitenkin ilmeistä, että myös sahalla tehty pystykarsinta on tyvitukin laatukehityksen kannalta parempi vaihtoehto kuin karsimatta jättäminen.

Teknisesti onnistunut, riittävän aikaisessa vaiheessa tehty pystykarsinta osoittautui hyvin kannattavaksi investoinniksi metsänomistajalle. Pystykarsituista puista sorvattu viilu sisälsi merkittävästi enemmän parhaita laatuluokkia kuin karsimattomista puista sorvattu. Myös pystykarsituista puista saadut saheet osoittautuivat laskelmien perusteella selvästi karsimattomista puista saatuja saheita laadukkaammaksi. Suurin pystykarsinnan tuottama arvonnousu kohdistui luonnollisesti puun pintaosista saatuihin, parhaita laatuluokkia oleviin pintaviiluihin ja saheisiin. Mitä ohuempana koivu pystykarsitaan, sitä enemmän ehtii muodostua oksatonta pintapuuta ennen päätehakkua. Karsinta kannattaakin tehdä hyvissä ajoin ennen ensiharvennusta, jolloin myös ensiharvennustyö helpottuu; kasvamaan jätettävät laadukkaimmat puut on valittu tarkoin jo pystykarsintaa tehtäessä ja harvennuksessa poistettavat, karsimattomat puut on helppo erottaa.

Jos päätehakkuu tehdään 29–30 cm:n rinnankorkeusläpimitassa, voi karsintasijoitukselle saada 4–5 prosentin tuoton (ilman julkista tukea). Pitkäaikaisista metsätalouden sijoituksista on Suomen olosuhteissa yleensä odotettavissa n. 2–3 prosentin tuotto sijoitetulle pääomalle. Sijoituksena kannattavin karsintatapa oli sisäisen korkokannan mukaan yksivaiheinen karsinta 4,5 metrin korkeuteen ja investoinnin nettohyötyänsä mukaan kaksivaiheinen karsinta 5,5 metrin korkeuteen. Se kumpi vaihtoehto on todellisuudessa metsänomistajalle edullisempi riippuu taloudellisista tavoitteista ja pystykarsintaan käytettävissä olevan pääoman määrästä. Jos metsänomistaja ei laske omalle työnsä kustannuksia, karsinnan kannattavuus paranee edellä esitetystä. Puhtaan viljelyrauduskoivikon ohella myös sekametsissä vähemmistöpuulajina kasvavien suorarunkoisten ja luontaisesti hyvin karsiutuneiden rauduskoivujen pystykarsinta voi olla taloudellisesti kannattavaa, koska pienellä työllä voidaan saavuttaa suuri arvonlisä. Karsintainvestoinnin kannattavuus ei ole erityisen herkkä tulonmuodostukseen vaikuttavien hinta- tai kustannustekijöiden muutoksille. Viilutyvien määrän tai hinnan laskun tai karsintakustannusten nousun täytyy olla merkittävä ennen kuin muutos tekee sijoituksesta tappiollisen, tutkimuksessa käytetyllä kahden prosentin laskentakorkokannalla.

Rauduskoivun pystykarsinta on aloitettava jo ennen ensiharvennusta valtapuiden rinnankorkeusläpimitan ollessa noin 8 cm ja iän ollessa kasvupaikasta riippuen 9–12 vuotta, jos karsinnasta halutaan saada suurin mahdollinen hyöty. Karsittaessa on säilytettävä puiden elävän latvuksen osuus vähintään 50 prosentissa puun pituudesta. Jos koivut halutaan karsia yli 4,5 metrin korkeuteen, karsinta kannattaa tehdä kahdessa vaiheessa. Tämä voitiin todentaa tutkimuksessa laaditulla oksan katkaisupisteen ja kyljestymispisteen välistä etäisyyttä ennustavalla mallilla, jollaista ei ole aiemmin ollut saatavilla koivulle.

Jos metsänomistajalla on riittävästi pääomaa toteuttaa koko suunnitellun alueen pystykarsinta kaksivaiheisella menetelmällä 5,5 m:n korkeuteen, eikä hänellä ole muita, sisäiseltä korkokannaltaan 4,7 prosenttia tuottoisampia vaihtoehtoisia sijoituskohteita tälle pääomalle, kannattaa hänen tehdä karsinta nettohyötyänsä parhaan tuoton tuottavalla menetelmällä ja päätehakkuu rinnankorkeusläpimitassa 29 cm. Jos sijoitettavaa pääomaa on niukasti ja metsänomistaja ei pysty kustantamaan koko alueen karsintaa, nousee taloudellisesti kannattavimmaksi vaihtoehdoksi yksivaiheinen karsinta 4,5 metrin korkeuteen ja päätehakkuu 29–30 cm:n rinnankorkeusläpimitassa. Korkokannan nousu vaikuttaa karsintamenetelmien keskinäiseen paremmuuteen huonontaan kalliimpien

kaksivaiheisten menetelmien kannattavuutta suhteessa yksivaiheisiin menetelmiin. Korkovaatimuksen noustessa yli 5,4–6,0 prosenttiin, muodostuu pystykarsinta kannattamattomaksi myös sisäiseltä korkokannaltaan parhaalla menetelmällä eli yksivaiheisella karsinnalla 4,5 m:n korkeuteen.

Pystykarsinta on kannattavaa myös tukkeja jalostavalle teollisuudelle. Karsituista tyvitukeista sorvatun viulun arvo pinnoitusviiluteollisuudelle oli keskimäärin 1,26 -kertainen yksivaiheisessa karsinnassa ja 1,33 -kertainen kaksivaiheisessa karsinnassa verrattuna karsimattomista puista sorvattuun viiluun. Karsituista tyvitukeista saatavan sahatavaran arvo oli keskimäärin 1,27 -kertainen verrattuna karsimattomista tyvitukeista saatavaan ja 1,62 -kertainen edellä mainittua suurempi jätettäessä sydäntavara tarkastelun ulkopuolelle. Karsinnasta koitunut arvonlisä oli luonnollisesti sitä suurempi mitä paksumpana tukit viilutettiin tai sahattiin.

## **3.6 Uudet raudus- ja visakoivun pystykarsinta- ja viljelykokeet**

### **3.6.1 Pystykarsinnan leikkaustekniikka, -ajankohta ja oksien paksuus**

Vanhoihin karsittuihin metsiköihin perustuvien tutkimusten perusteella oksien leikkaamista pidetään nykyisin oksasahaa turvallisempänä menetelmänä koivun pystykarsinnassa (ks. luku 3.5). Aikaisemmin on todettu, että karsinnan ajankohdalla sekä oksien paksuudella ja elossa ololla on vaikutusta värikoivon syntyymiseen ja leviämiseen koivun rungoissa (mm. Verkasalo ja Rintala 1998).

Leikkaamalla oksaan syntyvä haavapinta on sileä verrattuna sahauspintaan. Myös kuorivaurioiden riskiä pidetään pienempänä, josta syystä puuaineen infektoitumisen riski on mitä ilmeisemmin pienempi. Tätä hypoteesia tukevat myös viimeisimmät tutkimustulokset (luku 3.5). Tehtyjen tutkimusten perusteella koivun eläviä oksia ei pidä karsia puun lepokauden aikana syksyllä. Myös alkutalvella ja loppukesällä paksuuskasvun päättymisen jälkeen tehdystä karsinnasta on kielteisiä tuloksia. Parhaat tulokset on saatu kevättalven ja keskikesän karsinnoista, mutta kevään mahla-kaudesta on ristiriitaisia havaintoja.

Tieteellisesti päteviä, karsintamenetelmien yksiselitteisen vertailun mahdollistavia kestokokeita, jotka ottavat huomioon myös muut karsintatuloksen laatuun vaikuttavat tekijät, ei ole kuitenkaan perustettu koivulle. Aikaisemmissa kokeissa elävien oksien karsinta on tehty pelkästään oksasahalla. Sopivimmat karsinta-ajankohdat kevättalven ja loppukesän välisenä aikana ovat vielä täsmennyttä. PKM-ohjelmassa päätettiin perustaa näistä syistä uusi karsintakoesarja rauduskoivulle osana lehtipuututkimuksia. Myös visakoivulle perustettiin omia koeasarjoja hankkeessa 7173 Uudet menetelmät visa- ja viilukoivun kasvatuksessa, jonka rahoittivat Eino Kollin säätiö, Visaseura ry. ja Metla (ks. myös Hagqvist 2004a,b).

### **3.6.2 Koejärjestelyt - rauduskoivu**

Rauduskoivukoe sisältää 10 erilaista karsintakäsittelyä neljän metrin korkeuteen saakka ja karsimattoman kontrollin sekä kuivien oksien keppikarsinnan syksyllä ja keväällä (taulukko 1). Rungon alaoksat leikattiin ohileikkaavilla oksasaksilla ja kahdesta metristä ylöspäin vastaavasti varrellisella leikkurilla. Koealalta (600 m<sup>2</sup>) arvottiin kolme koivua kutakin karsintakäsittelyä kohden siten, että yksi kaadetaan ja tutkitaan viiden vuoden kuluttua ensiharvennuksen yhteydessä, toinen koivikon toisen harvennuksen yhteydessä ja kolmas säästetään päätehakkuuseen. Koe perustettiin samoilla järjestelyillä yhteensä kahdeksalle koealalle useissa metsiköissä Padasjoella ja Parkanossa vuonna 2004. Ensimmäiset koepuut kaadettiin keväällä 2010.

**Taulukko 1.** Rauduskoivun pystykarsintakokeiden koejärjestelyt.

Käsittely	Karsinta-aika	Karsintamenetelmä
A	19.3.	Oksasakset + varrellinen leikkuri
B	19.3.	Oksasaha
C	29.4.	Oksasakset + varrellinen leikkuri
D	3.6.	Oksasakset + varrellinen leikkuri
E	23.6.	Oksasakset + varrellinen leikkuri
F	15.7.	Oksasakset + varrellinen leikkuri
G	15.7.	Oksasaha
H	5.8.	Oksasakset + varrellinen leikkuri
J	26.8	Oksasakset + varrellinen leikkuri
K	26.8	Oksasakset + varrellinen leikkuri
L	16.9	Leikkuri
M	-	Karsimaton kontrolli
N	syksy	Kuivien oksien keppikarsinta
O	kevät	Kuivien oksien keppikarsinta

Koe perustettiin 8–10 metrin pituusvaiheessa olleisiin tasaisiin istutuskoivikoihin. Kasvupaikat olivat rauduskoivulle riittävän viljavaa peltoa tai keskitason mustikkatyyppejä viljavampaa metsämaata. Tutkimukseen valittiin koivikoita, joissa oksien luontainen karsiutumisen ei ollut vielä alkanut ja tulevan tyvitukin alueella oli erikokoisia eläviä ja kuolleita oksia ainakin 30 mm läpimittaisiin saakka. Puut ja niiden sijainti sekä oksien läpimitta ja sijainti rungossa mitattiin ennen karsintaa siten, että ne ovat myöhemmin paikannettavissa.

### 3.6.3 Koejärjestelyt - visakoivu

Visakoivun karsintakoe perustettiin vuonna 2005 Punkaharjulle ja Sysmään. Visakoivua päätettiin tutkia erillään rauduskoivusta, koska aiemmissa tutkimuksissa oli havaittu visakoivun sietävän oksien karsintaa ainakin vanhalla iällä rauduskoivua paremmin, ja toisaalta visakoivulla on usein tarvetta karsia paksumpia oksia kuin rauduskoivulla.

Tutkimusmetsiköiksi valittiin kolme noin 10-vuotiasta siementaimilla istutettua ja ennestään karsimatonta visakkoa, joissa visautuneiden puiden pituus vaihteli välillä 4–6 m. Peltomaiden metsiköissä oli puita, joiden paksuimmat oksat olivat läpimitaltaan yli 30 mm. Kaksi metsiköistä oli istutettu pellolle ja yksi mustikkatyypin metsämaalle.

Visakoivukoe sisältää 11 erilaista karsintakäsittelyä ja karsimattoman kontrollin (taulukko 2). Runkojen pienemmät alaoksat leikattiin metsiköstä riippuen 1,7, 1,8 tai 2,0 m:n korkeuteen ohileikkaavilla yhden käden oksasaksilla, ja paksuimmat oksat kahden käden ohileikkaavilla voimasaksilla. Koealalta arvottiin kaksi selvästi visautunutta koivua kutakin karsintakäsittelyä kohden

siten, että yksi kaadetaan ja tutkitaan 5–7 vuoden kuluttua ja toinen noin 15 vuoden kuluttua. Koe perustettiin samoilla järjestelyillä yhteensä yhdeksälle koealalle, joista kullakin on 24 koepuuta. Koeputut mitattiin ennen kokeen perustamista. Puustotunnukset mitattiin ympyräkoealoilta. Karsittujen oksien koko, sijainti ja laatu mitattiin karsinnan yhteydessä sekä kirjattiin mahdolliset karsinnan yhteydessä syntyneet vauriot.

Haarat ovat visakoivuissa hyvin yleisiä. Ne alentavat rungon laatua, mutta niiden käsittelyyn ei ole voitu antaa selviä ohjeita. Haaran leikkaaminen kokonaan pois voi aiheuttaa puun latvan katkeamisen tuulen tai lumikuorman vuoksi, ja hitaan kyljestymisen vuoksi myös lahovikoja. Jos oksan tai haaran läpimitan kasvua verrattuna runkoon halutaan rajoittaa, voidaan oksaa/haaraa typistää. Tällöin sitä lyhennetään ja siitä leikataan eläviä sivuhaaroja pois siten, että yhteyttävä lehvästö pienenee, mutta oksa/haara kuitenkin säilyy elävänä. Typistämisen jälkeen oksan/haaran kasvu heikkenee verrattuna päähaaraan. Typistämisen tarkoituksena on siis kasvattaa pää- ja sivurangan läpimittojen suhteellista eroa, jolloin sivurangan kokonaan poistaminen muutaman vuoden kuluttua on vaarattomampaa ja haavan kyljestyminen nopeampaa (Kokkala 2007). Oksien ja haarojen typistämistä käytetään yleisesti puutarhapuiden hoidossa.

Haarojen typistämisen pitkäaikaisvaikutusten tutkimukseksi perustettiin oma koe Metsähallituksen omistamalle visaviljelmälle Tammelaan heinäkuussa vuonna 2005. Koe käsitti yhteensä 30 koepuuta (pituus keskimäärin 3,5–4,0 m), joista puolesta tehtiin yhden latvahaaran typistys 30 cm:n pituiseksi heinäkuussa 2005 ja puolesta poistettiin vastaava haara kokonaan. Puut merkittiin pareittain ja käsittely arvottiin parin sisällä. Haaran läpimitta oli yleensä 15–25 mm, ja haara oli suunnilleen pääranan paksuinen. Puiden koko ja käsiteltyjen versojen sijainnit rungoissa mitattiin.

**Taulukko 2.** Visakoivun pystykarsintakokeiden koejärjestelyt.

Käsittely	Karsinta-aika	Karsintamenetelmä
A	22,3	Oksasaha
B	22,3	Oksasakset + voimasakset
C	27,4	Oksasakset + voimasakset
D	2,6	Oksasakset + voimasakset
E	22,6	Oksasakset + voimasakset
F	14,7	Oksasakset + voimasakset
G	14,7	Oksasaha
H	4,8	Oksasakset + voimasakset
I	25,8	Oksasakset + voimasakset
J	25,8	Oksasaha
K	15,9	Oksasakset + voimasakset
L	-	Karsimaton kontrolli

Typistetyt haaran tyngät poistettiin kesällä 2007. Puihin tehtiin lisäksi jonkin toisen oksan kärjen typistys kohtaan, jonka läpimitta oli 4–10 mm. Oksan kärki siis leikattiin pois. Kaikki puut kaadetaan 5–8 vuoden kuluttua kokeen perustamisesta ja niistä tutkitaan typistämiskäsittelyiden runkoihin aiheuttamat lahoviat ja runkojen katkeamiset. Kevyesti typistetyt oksat kerätään jo aikaisemmin näytteeksi ja niistä tutkitaan lahoviat.

Hyvinkäälle, Tuusulaan ja Sysmään perustettiin keväällä 2005 kolmen kokeen sarja, jonka tavoitteena on selvittää, voidaanko visakoivun harvalla välillä tehtävän istutuksen ja visakoivun siemenen metsäkylvön yhdistelmällä alentaa oleellisesti kloonivisakon erittäin kalliita perustamiskustannuksia pienentäen samalla suureksi ongelmaksi nousseiden hirvituhojen vaikutusta runsaan kylvötaimien määrän avulla. Kylvötaimista saatavien harvennushakkuutulojen oletetaan myös nostavan aikaisella ajoituksellaan kasvatuksen kannattavuutta ja parantavan latvuskilpailullaan kloonatun perustuuston laatua, runkomuotoa ja pituuskasvua. Oleellisimmat tutkittavat asiat ovat istutus- ja kylvötaimien kokoeron vaikutus metsikön kehitykseen sekä edullisen kylvön käyttökelpoisuus visakoivikon perustamismenetelmänä.

Vertailtavat kasvatusvaihtoehdot:

- Kloonitaimien istutus 400 kpl/ha + kylvö väleihin 1900 kylvöpistettä/ha
- Kloonitaimien istutus 625 kpl/ha + kylvö väleihin 2000 kylvöpistettä/ha
- Kloonitaimien istutus 902 kpl/ha
- Pelkkä kylvö 4217 kylvöpistettä/ha

Koejärjestely on arvottujen lohkojen menetelmä. Koeruudun koko on 20 m × 20 m, ja lohkojen määrä on 4 kpl. Yhden kokeen koeruutujen yhteismäärä on 16 kpl ja pinta-ala 0,64 ha. Kokeista saadaan ensimmäisiä tuloksia 5–10 vuoden kuluttua niiden perustamisesta.

### 3.7 Haapatutkimukset

PKM-ohjelman haapatutkimuksissa määritettiin metsä- ja hybridihaavan keskeiset puutekniset ominaisuudet ja erot sahatavaran ja eräiden jatkojalosteiden valmistuksen kannalta. Tutkimukset toteutettiin hankkeessa 7145 Luonnon- ja hybridihaavan ominaisuudet puutuoteteollisuuden kannalta (2003–2005). Metsäliitto Osuuskunta teki aloitteen tutkimuksesta ja vastasi hankkeen rahoituksesta Metlan ohella. Tutkimusten tulokset on julkaistu monipuolisesti kotimaisilla ja kansainvälisillä foorumeilla (Heräjärvi ja Junkkonen 2004, 2006, 2007, Heräjärvi ym. 2006, Junkkonen ja Heräjärvi 2006, 2008, Heräjärvi 2007, 2008, 2009, Borrega ym. 2009).

Tutkimusaineistot kerättiin yhteensä 12 haavikosta Etelä- ja Keski-Suomesta. Metsiköistä ja puustosta tehtiin erilaisia pystyvuomittauksia ja laadutuksia, ja metsiköistä otettiin yhteensä 75 tukkipuun kokoista kaatokoepuuta. Koepuut katkottiin tukeiksi, joiden päistä otettiin kiekkonäytteet kasvun ja puuaineen ominaisuuksien tutkimuksiin. Tukit sahattiin läpisaheiksi, jotka särmättiin ja kuivattiin kolmella eri tavalla (lämmenilmakuivaus, puristuskuivaus, lämpökäsittely). Tämän jälkeen saheista valmistettiin pieniä virheettömiä koekappaleita haapapuun fysikaalisten ja mekaanisten ominaisuuksien mittauksiin ja liimaus- ja lahotuskokeisiin. Aineiston käsittelyn välivaiheissa tehtiin monipuolisia mittauksia runkojen, tukkien ja saheiden laadusta.

Tulokset osoittivat, että haapalajien välillä on vain vähäisiä eroja runkomuodossa, oksikkuudessa ja fysikaalisissa ominaisuuksissa. Haapalajien kasvunopeus ja koko elinkaaren kasvurytmi sen si-

jaan poikkeavat toisistaan varsin selvästi. Hybridihaavan läpimitta kasvoi erittäin nopeasti ensimmäiset 15–20 vuotta; jolloin vuosiluston leveys oli tyviosassa jopa 7 mm, mutta tämän jälkeen sen kasvu taantui metsähaavan tasolle eli vuosiluston leveys aleni 3–4 mm. Noin 25. vuosiluston jälkeen hybrihaavan kasvu jäi jo metsähaavan kasvua pienemmäksi. Metsähaapa taas kasvoi tasaisesti 2,5–4 mm:n lustoja aina n. 50 vuoden ikään asti. Hybridihaavan puuaine oli keskimäärin hieman kevyempää kuin metsähaavan, 363 kg/m<sup>3</sup> vs. 376 kg/m<sup>3</sup>. Tämä näkyi myös jonkin verran huonompina mekaanisina ominaisuuksina.

Kun aineiston saheiden jakoa eri dimensioisiin lamelleihin tutkittiin simuloimalla, havaittiin 50 mm:n lamellileveydellä ja 200 mm:n minimipituudella saatavan oksattomina sormijatkoskelpoisina liimalevykomponentteina talteen jopa 70 % saheen pinta-alasta, kun haettiin yhdeltä lappeelta oksattomia komponentteja. Saanto laski tästä, jos valmistettiin suurempia ja/tai kahdelta lappeelta oksattomia komponentteja. Tärkeimmät sahatavaran viat, jotka pienensivät minimilaa-tuvaatimukset täyttäneiden sormijatkoskomponenttien kokoa, olivat oksat, sydänlaho ja vesisilo.

Erilaisilla kuivaus- tai modifiointitavoilla voidaan vaikuttaa paitsi haapapuun ulkonäköön myös sen fysikaalisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Lämpökäsittely ja puristuskuivaus alentavat puu-aineen tasapainokosteutta, mikä pienentää komponentin mittojen ja muodon muutoksien ja halkeilun riskiä käyttöympäristössä. Puristuskuivauksella voidaan kasvattaa puun tiheyttä erityisesti pintakerroksessa, mikä näkyy parantuvina mekaanisina ominaisuuksina. Lämpökäsittelyssä osa mekaanisista ominaisuuksista heikkeni (taivutuslujuus, vetolujuus, leikkauslujuus, pinnan ko- vuus), osa parani (kimmokerroin, puristuslujuus).

Puutuotteiden nykyaikaisella valmistustekniikalla keskilaatuisestakin haapatukista voidaan saada huomattava osuus oksatonta, visuaalisiin tuotteisiin kelpaavaa puutavaraa, josta voidaan jalostaa ominaisuuksiltaan kilpailukykyisiä puusepäntuotteita. Jos tukiin hankinta saadaan organisoitua kustannustehokkaaksi, kuten voidaan odottaa tapahtuvan 1990-luvun lopulla ja 2000-luvun alus- sa istutettujen hybridihaapametsiköiden tullessa korjuuikään 10–15 vuoden kuluttua, voi haavan mekaaninen jalostus kasvaa arviolta muutamaa kymmeniä tuhansiin kuutiometriin vuodessa eli lähes kymmenkertaistua nykyisestä. Haavan viljelypinta-alaa pitäisikin kasvattaa nykyisestä, jotta raaka-aineen tasainen saatavuus turvataisiin. Viljelypinta-alan kasvattamista rajoittaa voi- makkaimmin ylisuuri hirvieläinkanta. Haavan viljely olisi perusteltua erityisesti uudistettaessa viljavia mutta tyvilahoisia kuusikoita Etelä-Suomessa, joissa laho siirtyy juuriston kautta seuraavaan puusukupolveen jos puulajia ei vaihdeta.

## Kirjallisuus

- Arponen, J. 2007. Tuontikoivutukin laatu. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsä- ja puuteknologian pro gradu. 54 s. + liitteet.
- Arponen, J., Heräjärvi, H., Kilpeläinen, H. & Ylimartimo, T. 2008. Tuontikoivutukin laatu. Metlan työraportteja 67. 42 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp067.htm>
- Borrega, M., Nevalainen, S. & Heräjärvi, H. 2009. Resistance of European and hybrid aspen wood against two brown-rot fungi. *European Journal of Wood and Wood Products*. 67(2): 177–182.
- Haggqvist, R. 2004a. Visakoivu on harvinaisuus. Curly birch is a rarity. Julkaisussa: Kosonen, M. (toim.). Visakoivu – Curly birch. Ss. 70–81. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Haggqvist, R. 2004b. Visan kasvatusta. Cultivation. Julkaisussa: Kosonen, M. (toim.). Visakoivu – Curly birch. Ss. 40–67. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.



- Hagqvist, R. & Mikkola, A. 2008. Visakoivun kasvatusta ja käyttöä. Metsäkustannus Oy. 167 s.
- Heräjärvi, H. 2002a. Internal knottiness characteristics with respect to the sawing patterns of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Baltic Forestry* 8(1): 42–50.
- Heräjärvi, H. 2002b. Properties of birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*) for sawmilling and further processing in Finland. Academic dissertation Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 871. 52 s. + liitteet.
- Heräjärvi, H. 2003a. Static bending properties of *Betula pendula* and *B. pubescens* wood. Julkaisussa: Proceedings of IUFRO All Division 5 Conference, Forest Products Research – Providing for Sustainable Choices, Rotorua, New Zealand, 11–15 March 2003. S. 111.
- Heräjärvi, H. 2003b. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. Julkaisussa: Beall, F.C. (ed.). Proceedings of the 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. August 19–21, 2002, University of California, Berkeley Campus, California, USA. Forest Products Society, Madison, Wisconsin. Ss. 291–297.
- Heräjärvi, H. 2004a. Modelling of internal knot characteristics of mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens*. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fourth workshop Connection Between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software, Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. Ss. 85–93.
- Heräjärvi, H. 2004b. Static bending properties of Finnish birch wood. *Wood Science and Technology* 37(6): 523–530.
- Heräjärvi, H. 2004c. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. *Wood and Fiber Science* 36(2): 216–227.
- Heräjärvi, H. 2007. Shear and tensile strength of conventionally dried, press dried and heat treated aspen. Julkaisussa: Hill, C.A.S., Jones, D., Militz, H. & Ormondroyd, G.A. (eds.). Proceedings of the 3rd European Conference on Wood Modification, Cardiff, UK, 15–16th October 2007. University of Bangor, Wales. Ss. 173–176.
- Heräjärvi, H. 2008. Koivun ja haavan mahdollisuudet puutuotealalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 3: 225–228.
- Heräjärvi, H. 2009. Effect of drying technology on aspen wood properties. *Silva Fennica* 43(3): 433–445.
- Heräjärvi, H. & Arponen, J. 2008. Log and veneer quality of Finnish and Russian birch in plywood production. Julkaisussa: Spear, M. (ed.). Proceedings of the International Panel Products Symposium 2008, 24th–26th September 2008, Espoo, Finland. The BioComposites Centre, Bangor, UK. Ss. 67–76.
- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2004. Puutuotteita haavasta ennen, nyt ja tulevaisuudessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 69–75.
- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2006. Wood Density and Growth Rate of European and Hybrid Aspen in Southern Finland. *Baltic Forestry* 12(1): 2–8.
- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2007. Characteristics of *Populus tremula* (L.) and *Populus tremula x tremuloides* stems in Southern Finland. In: 2007 IUFRO All Division 5 Conference Forest Products and Environment – A Productive Symbiosis, October 29 – November 2 2007, Taipei, Taiwan. Abstracts. S. 115.
- Heräjärvi, H., Junkkonen, R., Koivunen, H., Metros, J., Piira, T. & Verkasalo, E. 2006. Metsä- ja hybridihaapa sahatavaran ja jatkojalosteiden raaka-aineena. *Metlan työraportteja* 31. 102 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp031.htm>
- Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2002. Timber grade distribution and relative stumpage value of mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* when applying different bucking principles. *Forest Products Journal* 52(7/8): 40–51.
- Härkönen, S., Heräjärvi, H. & Pulkkinen, A. 2008. Wood quality of birch damaged by moose. Julkaisussa: Baskin, L.M., Sipko, T.P., Tikhonov, V.G., Okhlopov, I.M. & Crichton, V. (eds.). Proceedings of the 11th International Moose Symposium. Yakutsk, Republic Sakha (Yakutia), Russia, August 14–20, 2008. Ss. 31–32.
- Härkönen, S., Pulkkinen, A. & Heräjärvi, H. 2009. Quality of birch (*Betula* spp.) damaged by moose. *Alces* 45: 67–72.
- Junkkonen, R. & Heräjärvi, H. 2006. Physical properties of European and hybrid aspen wood after three different drying treatments. Julkaisussa: Kurjatko, S., Kudela, J. & Lagana, R. (eds.). Proceedings of the 5th International Symposium Wood Structure and Properties '06, September 3–6, 2006, Slia-Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers. Ss. 257–263.

- Junkkonen, R. & Heräjärvi, H. 2008. Bending strength and fracture of finger-joints of modified and unmodified *Populus* sp. components: comparison of air-dry and wet wood jointed with six different glues. Julkaisussa: Fioravanti, M. & Macchioni, N. (eds.). Proceedings of the International Conference on Integrated Approach to Wood Structure, Behaviour and Applications. Joint Meeting of ESWM and COST Action E35. Florence, Italy, May 15–17, 2006. Ss. 283–288.
- Kannisto, K. 2005. Rauduskoivun pystykarsinta leikkaavilla oksasaksilla: puun laatu ja työn kannattavuus. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsäsunnittelun ja -ekonomian pro gradu. 78 s. + liitteet.
- Kannisto, K. & Heräjärvi, H. 2006. Rauduskoivun pystykarsinta oksasaksilla – vaikutus puun laatuun ja taloudelliseen tuottoon. Metsätieteen aikakauskirja 4/2006: 491–505.
- Kaurala, H., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2004. Sahakoivun laatu puhtaissa koivikoissa ja kuusi-koivusekametsiköissä. Metsätieteen aikakauskirja 2/2004: 129–143.
- Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2008. Saw log recovery and quality of birch from commercial thinning stands in Finland. Julkaisussa: Cost E 42 conference “Growing valuable broadleaved tree species” 06-08 October 2008, Freiburg-im-Breisgau, Germany. Book of abstracts. S. 12.
- Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2011. Saw log recovery and stem quality of birch from thinnings in southern Finland. *Silva Fennica*. Painossa.
- Kokkala, K. 2007. Visakoivun pystykarsinnan kehittäminen. Typistämisen lahoriskit ja oksien valikoiva karsinta. Hämeen ammattikorkeakoulu, metsätalouden koulutusohjelma, Evo. Päättötyö. 38 s.
- Lehtimäki, J. 2002. Sahauskelpoisen harvennuskoivun korjuu ja kertymät sekä sahatavaran saanto ja laatu. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsä- ja puuteknologian pro gradu. 63 s. + liitteet.
- Lindblad, J., Tammirousu, V., Kilpeläinen, H., Lehtimäki, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2003. Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 899. 68 s.
- Möttönen, V., Heräjärvi, H., Koivunen, H. & Lindblad, J. 2004. Influence of felling season, drying method and within-tree location on the Brinell hardness and equilibrium moisture content of wood from 27–35-year-old *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 241–249.
- Nevalainen, S. 2006. Discolouration of birch after sapping. Julkaisussa: Solheim, H. & Hietala, A.M. (eds.). Forest pathology research in the Nordic and Baltic countries 2005. Proceedings from the SNS meeting in Forest Pathology at Skogbrukets Kursinstitut, Biri, Norway, 28–31 August 2005. *Aktuelt fra skogforskningen* 1/06: 32–36.
- Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. *Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja* 1997/3: 349–374.
- Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. (toim.) 2008. Koivun kasvatusta ja käyttöä. Metla & Metsäkustannus Oy. 254 s.
- Schatz, U. 2006. A comparison of the impacts between saw and scissor pruning to the technical quality of Silver birch (*Betula pendula*). Albert-Ludwigs-Universität, Faculty of Forestry and Environmental Science, Freiburg, Germany. Diploma thesis in the subject Forest Growth. 51 s.
- Schatz, U., Heräjärvi, H., Kannisto, K. & Rantatalo, M. 2008. Influence of saw and secateur pruning on stem discolouration, wound cicatrization and diameter growth of *Betula pendula*. *Silva Fennica* 42(2): 295–305.
- Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Sikanen, L., Heräjärvi, H., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2008. Combined production of sawn timber and firewood billets at a birch sawmill in Finland: A simulation approach. *Wood Material Science and Engineering* 3(1–2): 1–11.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Abstract: Quality of White Birch (*Betula pubescens* Ehrh.) for Veneer and Plywood. Puuteknologian väitöskirja maa- ja metsätaloustieteiden tohtorin tutkintoa varten. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + liitteet 59 s.
- Verkasalo, E. & Heräjärvi, H. 2009. Potential of European Birch Species for Product Development of Veneer and Plywood – Recovery, Grades and Mechanical Properties and Future Market Requirements. Julkaisussa: Rouger, F. & Goueffon, M. (eds.). ISCHP 09, 2nd International Scientific Conference on Hardwood Processing, September 28th–29th, 2009, Paris, France. Proceedings, p. 11 + App. 8 p. FCBA, France.

- Verkasalo, E., Heräjärvi, H., Arponen, J. & Toppinen, A. 2006a. Wood resources and industrial perspectives of plywood industries in the Baltic Sea area. Julkaisussa: Van Acker, J., Irle, M. & Oliver, J.-V. (eds.). Wood Resources and Panel Properties. Conference proceedings. Conference co-organized by Cost Action E44-E49, Valencia, Spain, 12-13 June 2006. AIDIMA – Furniture, Wood and Packaging Technology, Valencia. Ss. 309-312.
- Verkasalo, E. & Rintala, P. 1998. Rauduskoivun pystykarsintavikojen riippuvuus oksien paksuudesta, laadusta ja karsinnan vuodenaajasta. Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja 1998/2: 151-178.
- Verkasalo, E., Sipi, M., Luostarinen, K. & Kärki, T. 2002. Properties of domestic birch, aspen and alder and their utilisation in mechanical wood processing. Tiivistelmä: Kotimaisen koivun, haavan ja lepän ominaisuudet ja niiden hyödyntäminen mekaanisessa puuteollisuudessa: Julkaisussa: Paavilainen, L. & Marttila, S. (eds.). Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998-2001). Final Report. Report 3/2002. Ss. 215-229.
- Verkasalo, E., Sipi, M., Möttönen, V. & Kärki, T. (toim.). 2001. Kotimaisen koivun, haavan ja lepän ominaisuudet ja niiden hyödyntäminen mekaanisessa puuteollisuudessa. Tutkimuskonsortion tulosten yhteenveto. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin yliopisto ja Joensuun yliopisto. 71 s.
- Verkasalo, E., Stöd, R., Heräjärvi, H., Kilpeläinen, H., Lindblad, J. & Wall, T. 2006b. Suometsien puuraaka-aineen laatu ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Julkaisussa: Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö, tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947: 276-333.
- Verkasalo, E., Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Sikanen, L., Heräjärvi, H. & Lindblad, J. 2005. Wood fuels in birch saw mills' product palette in Finland. Julkaisussa: Asplund, D. (ed.). Bioenergy in Wood Industry 2005, 12.-15.9.2005 - Book of Proceedings. FINBIO Publications 32: 243-250.
- Verkasalo, E., Toppinen, A., Arponen, J. & Heräjärvi, H. 2007. Perspectives of wood resources, industrial competitiveness and wood product markets for birch industries in the Baltic Sea area. Julkaisussa: Blanchet, P. (ed.). Proceedings of the International Scientific Conference on Hardwood Processing, September 24-26, 2007, Quebec City, Canada. Ss. 29-34. [verkkodokumentti] [http://www.ischp.ca/pdf/ISCHP\\_Proceedings.pdf](http://www.ischp.ca/pdf/ISCHP_Proceedings.pdf).

## 4 Puutuotemarkkinat ja puun kilpailuetujen hyödyntäminen

*Raija-Riitta Enroth ja Kari Valtonen*

### 4.1 Teollisten asiakkaiden mielipiteet puutuotteiden kilpailukyvästä

#### 4.1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusaineistot

Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) puumarkkinatieteen tutkijaryhmässä selvitettiin PKM-tutkimusohjelmassa teollisten asiakkaiden mielipiteitä puutuotteista kahdella haastattelututkimuksella. Ensimmäinen tehtiin Saksassa vuosina 2001–2002 ja toinen Iso-Britanniassa vuonna 2005. Kummassakin tutkimuksessa käytettiin samanlaista 10-sivuista strukturoitua haastattelulomaketta. Tutkimuksen aineistona oli Saksassa 76 puutuotetta myyvää yritystä (tee-se-itse ketjuja, rakennustarvikeliikkeitä ja puutuotekauppiaita). Haastateltujen yritysten yhteenlaskettu liikevaihto kattoi 75 % Saksan vuotuisesta rakennustarvikekaupan arvosta. Iso-Britanniassa haastateltiin rakennustarvikeliikkeiden ja tee-se-itse ketjujen edustajia, yhteensä 52 kpl (12 testikierroksella, 40 lopullisella haastattelukierroksella). Virallisia tilastoja em. yrityksistä tai markkinoiden volyyminä ei ollut, joten aineiston kattavuutta ei voida arvioida. Tutkimukset toteutettiin Metlan ja Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen eli PTT:n yhteistyönä (Järvinen ym. 2001, 2002, Toivonen ym. 2005a,b, 2008; ks. myös Rämö ym. 2008).

Puutuotteiden kilpailukyvästä Euroopan rakennusmateriaalimarkkinoilla tehtiin erillisselvitys ja kirjoitettiin artikkeli Wood Wisdom tutkimusohjelmalle (Enroth 2002). Teollisten asiakkaiden käsityksiä puun ekokilpailukyvästä rakentamisessa Saksassa kuvaavan tutkimuksen tausta-aineistoa saatiin Timwood AB:n puutuoteteollisuuden globaaleita muutostekijöitä ja megatrendejä vuoteen 2010 kartoittaneesta selvityksestä ja yhteispohjoismaisesta puun kilpailukykytutkimuksesta.

#### 4.1.2 Tekninen laatu tärkein teolliselle asiakkaalle

Tekninen laatu on tärkein kriteeri, kun saksalaiset ja englantilaiset rakennustarvikealan yritykset hankkivat puutuotteita valikoimiinsa. Lähes yhtä tärkeitä tai joissakin käyttökohteissa tärkeämpiäkin tuoteominaisuuksia ovat hinta ja puutuotteen ulkonäkö. Erityisen tärkeää laatu on ovissa, ikkunoissa ja niiden aihioissa sekä lattiamateriaaleissa kuten parketeissa ja laminaateissa. Kuitenkin tekniseen laatuun eli kaikkein tärkeimpään yksittäiseen tuoteominaisuuteen liittyvät myös puutuotteiden suurimmat suhteelliset heikkoudet verrattuna muihin materiaaleihin. Puun laadun katsotaan vaihtelevan muita materiaaleja enemmän. Puu koetaan myös syttymisherkeemmäksi kuin teräs ja betoni.

Verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin eli muoviin, betoniin ja teräkseen puun ulkonäköä pidetään selvästi sen merkittävimpana vahvuustekijänä (taulukko 1). Haastatellut yritysten sisäönostajat pitävät puuta yksilöllisenä, lämpimänä ja ulkonäöltään kauniina ja tyylikkäänä materiaalina, jonka imago on korkeatasoinen. Puuta pidetään myös sosiaalisesti hyväksyttävänä materiaalina. Näiltä ominaisuuksiltaan puu on ylivoimainen verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Lisäksi yrityksissä oltiin yhtä mieltä siitä, että puu voittaa ympäristöystävällisyydessä selvästi muut rakennusmateriaalit, joten myös ympäristöystävällisyys on selvä vahvuustekijä puutuotteille.

**Taulukko 1.** Teollisten asiakkaiden käsitykset rakennusmateriaalien suhteellisista vahvuuksista niiden tuoteominaisuuksien mukaan Saksassa ja Iso-Britanniassa (Järvinen ym. 2001, 2002, Toivonen ym. 2008).

Tuoteominaisuus	Puu	Muovi	Teräs	Betoni
Materiaalin ulkonäkö on miellyttävä	1,2	2,6	3,4	3,9
Materiaali on lämmin ja houkutteleva	1,2	3,2	4,3	4,4
Materiaali on yksilöllinen	1,4	2,6	3,1	3,5
Materiaali on ympäristöystävällinen	1,4	3,5	2,8	3,1
Materiaali on tyylikäs	1,6	3,3	3,3	3,8
Materiaali on arvokas	1,8	3,1	2,9	3,6
Materiaalin yleinen imago on korkea	1,8	2,9	2,7	3,3
Materiaali on sosiaalisesti hyväksyttävä	1,8	2,8	2,6	2,7
Materiaali on moderni	2,0	2,1	2,3	2,9
Pakkaukset ovat puhtaita	2,3	2,0	2,9	3,3
Materiaali on nuorekas	2,4	2,3	2,7	3,2
Materiaali on vanhanaikainen	3,3	3,3	3,5	3,3

Vastausvaihtoehdot: 1= erittäin hyvä....., 5 = erittäin huono

Jo pitkään puulle on haettu kilpailuetua vetoamalla sen ympäristöystävällisyyteen. Saksalaisyrityksissä arvioitiin, että noin kolmannes asiakkaista ottaa ympäristöasiat huomioon valitessaan tuotetta. Erityisesti tietyille asiakasryhmille kuten hyvin koulutetuille lapsiperheille ympäristöasioilla on merkitystä.

Haastatellut yritysedustajat arvioivat kuitenkin, muiden aiheesta tehtyjen tutkimusten tavoin, että vain muutama prosentti asiakkaista on valmis maksamaan tavallista korkeampaa hintaa ympäristöystävällisistä tuotteista. Kuluttajat ovat ”kukkarovihreitä”.

Yritysten sisäänostajien mielestä ympäristöystävällisyyteen liitettävistä tuotepiirteistä tärkein on tuotteen terveysturvallisuus. Täten erityisesti puun terveysominaisuuksia olisi jatkossa selvitettävä tarkemmin tuotehyväksyttävyyden varmistamiseksi. Lisäksi on hyvin tärkeää, että puu on peräisin kestävästi hoidetusta metsästä. Yritysten mielestä tehokkaimmin ympäristöasioista kerrotaan lopukuluttajille ekomerkin tai ympäristötietoa sisältävän tuoteselosteen muodossa. FSC oli metsäsertifiointijärjestelmistä hieman tutumpi vastaajille kuin PEFC. Kierrätettävyys ja pieni ympäristökuormitus ovat niin ikään tärkeitä, mutta eivät aivan yhtä tärkeitä kuin edellä mainitut kriteerit.

Teollisiin asiakkaisiin kohdistettujen haastattelujen perusteella näyttäisi siltä, että puutuotteille voisi olla kehitettävissä brändi, joka perustuisi ympäristöystävällisyyden lisäksi ulkonäköön, yksilöllisyyteen ja puumateriaalin korkeaan sosiaaliseen hyväksyttävyyteen. Tällaisen brändin avulla voitaisiin vedota suurempaan kuluttajajoukkoon kuin pelkän ekologisuuden perusteella. Kuluttajia puhutteleva brändi on tarpeen, kun puun arvostusta ja kulutuksen kasvua halutaan nostaa merkittävästi Euroopassa. Tuotteista, jotka viestivät tiettyä elämäntyyliä, ollaan kuluttajamarkkinoilla usein valmiita maksamaan. Siten yhtä useamman tuoteominaisuuden yhdistelmään perustuva brändi voi myös tarjota mahdollisuuksia hintalisään.

### 4.1.3 Toimittajan luotettavuutta arvostetaan

Toivosen ym. (2005a) tutkimuksessa tarkasteltiin, mitkä erilaiset ei-materiaaliset tuotteisiin liittyvät ominaisuudet ovat ratkaisevia, kun puutuotteita markkinoivat yritykset valitsevat tuotteita valikoimiinsa. Tarkastelussa keskityttiin toimittajan luotettavuuteen, palveluihin, tuotteeseen liittyvään informaatioon, tuotteen ympäristöystävällisyyteen ja siihen miten asiakaskontakteja hoidetaan. Lisäksi tavoitteena oli analysoida, kuinka saksalaiset, suomalaiset, ruotsalaiset, itävaltalaiset sekä kanadalaiset puutuotteiden toimittajat keskimäärin menestyvät eri valintakriteerien suhteen.

Ei-materiaaliset tuoteominaisuudet voitiin jaotella kolmeen dimensioon: ”luotettavuus”, ”palvelut ja ympäristöystävällisyys”, ”käyttäytyminen asiakaskontakteissa ja yrityksen imago”. Tulokset osoittivat, että toimittajan luotettavuutta, joka sisältää muun muassa aikataulussa pysyvät, nopeat kuljetukset, pidetään tärkeimpänä ei-materiaalisena tuoteominaisuutena. Erityyppiset asiakkaat painottavat jossain määrin eri asioita valitessaan toimittajaa. Tee-se-itse ketjut ja myös suuret rakennustarvikeliikkeet arvostavat luotettavuutta vielä enemmän kuin pienet tai yritysasiakkaisiin keskittyvät yritykset.

Pohjoismaisilla toimittajilla on runsaasti haasteita saavuttaakseen saksalaiset kilpailijansa monissa olennaisissa valintakriteereissä. Saksalaisten toimittajien arvioitiin menestyvän melko hyvin tärkeimmissä valintakriteereissä, mutta suomalaisten ja ruotsalaisten toimittajien vain kohtalaisesti. Sekä suomalaiset että ruotsalaiset toimittajat voisivat parantaa kilpailuasemaansa kehittämällä esimerkiksi palveluaan ja kuljetuksiaan. Myös muutos kohti jalostetumpia ja enemmän kuluttajamarkkinoille suunnattuja tuotteita vaatii puutuotetoimittajien jakelujärjestelmien ja palveluiden kehittämistä. Saksalaisten rakennustarviketajujen ja tee-se-itse liikkeiden edustajat uskoivat puun suosion rakennusmateriaalina kasvavan jonkin verran tulevaisuudessa. Kuitenkaan puun käytön tuntuva lisäys ei yritysten mielestä tule onnistumaan ilman, että kuluttajille tarjotaan enemmän puutuotteita koskevaa informaatiota ja erilaista, kokonaisvaltaiseen tuotemerkkeihin, brändeihin ja imagokampanjoihin perustuvaa viestintää.

## 4.2 Kuluttajien mielipiteet puutuotteiden kilpailukyvyistä

### 4.2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja aineistot

Valtonen (2005, 2006, 2008a,b) teki PKM-ohjelmassa sarjan tutkimuksia puutuotteiden kilpailukyvyistä Suomen kuluttajamarkkinoilla. Tavoite oli selvittää:

- kuluttajien ostokriteereitä puutuotteiden valintatilanteessa,
- kuluttajien mielikuvia puusta ja puutuotteiden markkinoinnista kilpaileviin tuotteisiin verrattuna,
- kuluttajien käsityksiä puutuotteiden mainonnan riittävydestä, sopivista tietolähteistä ja ostopaikan valintakriteereistä, ja
- kuluttajien käsityksiä puutuotteiden ekologisuudesta.

Tutkimukset tehtiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kohderyhmänä olivat puutavaraliikkeiden ja rautakauppojen asiakkaat Pohjois-Karjalassa ja asuntomessujen kävijät Heinolassa kesällä ja syksyllä 2004. Toisessa vaiheessa kohderyhmänä olivat puutavaraliikkeiden ja rautakauppojen asiakkaat Turun seudulla ja pääkaupunkiseudulla kesällä 2006 ja keväällä 2007. Aineistot kerättiin pääosin henkilökohtaisin haastatteluin, yhteensä saatiin 360 hyväksyttyä haastattelua.

Haastatellut vastasivat sosioekonomiselta taustaltaan melko hyvin suomalaisia kuluttajia keskimäärin. Haastattelupaikkakunnista johtuen kuitenkin 40 % haastatelluista asui Etelä-Suomen läänissä ja Itä-Suomen läänissä ja Länsi-Suomen läänissä kummassakin. Tulokset eivät siis kuvaa lainkaan pohjoissuomalaisia kuluttajia. Haastateltujen tarvetta asioida puutavaraliikkeissä ja rautakaupoissa tai käydä asunomessuilla kuvastaa heidän suhteensa erilaisten rakennusten omistamiseen. Haastatelluista 77 % omisti asunnon, 33 % kesämökin ja 14 % muun vapaa-ajan asunnon. Asunnoista 55 % oli omakoti-, pari- tai maalaistaloja ja 18 % rivitaloja.

#### 4.2.2 Tekninen laatu ja ulkonäkö suomalaisten kuluttajien tärkeimmät ostokriteerit

Ostokriteerien merkitystä kuluttajien ostopäätöksenteossa selvitettiin kysymällä, kuinka tärkeinä ostokriteereinä vastaajat pitivät erilaisia tuotteeseen ja sen markkinointiin liittyviä tekijöitä ostessaan puisia verhousmateriaaleja, huonekaluja ja puusepäntuotteita.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty 16 eri ostokriteeriä kuluttajien mielestä tärkeysjärjestyksessä puisen huonekalun valinnassa (Valtonen 2006, 2008a):

Ostokriteeri	Keskiarvo
Tekninen laatu (kestävyys, laadun tasaisuus, jne.)	4,7
Ulkonäkö (muotoilu, väri, jne.)	4,6
Pintojen helppohoitoisuus	4,4
Käyttöominaisuudet (kevyt materiaali, tuote helppo koota, jne.)	4,3
Tuotteeseen liittyvä takuu	4,3
Myyjien palveluhalukkuus	4,2
Myyjäliikkeen luotettavuus	4,1
Hinta	4,0
Tuotteen toimitus- ja maksuehdot	3,7
Tuotteen kotimaisuus	3,6
Tuoteinformaation saatavuus	3,6
Tuotteen valmistajan maine	3,6
Tuotteeseen liittyvät palvelut	3,5
Ympäristöystävällisyys (kierrätettävyys, raaka-aineen alkuperä, jne.)	3,4
Tuotteen valmistajasta kertovan informaation saatavuus	3,2
Tuotemerkki	3,0

Vastausvaihtoehdot:  
Vastaa mielikuvaa 1= erittäin huonosti, ... 5 = erittäin hyvin

Kuluttajien käsitykset eri ostokriteerien merkityksestä olivat hyvin samanlaiset puusepäntuotteissa ja verhousmateriaaleissa kuin puisissa huonekaluissa. Kaikkien puutuotteiden neljä tärkeintä ostokriteeriä olivat tekninen laatu, ulkonäkö, käyttöominaisuudet ja pintojen helppohoitoisuus, jotka kaikki ovat itse tuotteeseen liittyviä ominaisuuksia. Markkinointiin liittyvät kriteerit tulivat tärkeydessä vasta tuoteominaisuuksien jälkeen. Niistä tärkeimpiä olivat tuotteeseen liittyvä takuu, myyjien palveluhalukkuus ja myyjäliikkeen luotettavuus. Merkille pantavaa on, että hinta oli kuluttajien mielestä vasta kahdeksanneksi tärkein ostokriteeri ja ympäristöystävällisyys sijalla 14.

Koska hinnan merkitys on erilainen kuin muiden ostokriteereiden, kysyttiin toisessa kysymyksessä puisen huonekalun eri ominaisuuksien tärkeyttä ostokriteerinä suhteessa hintaan. Kuluttajien mielestä kysymyksessä esitetyistä kahdestatoista ostokriteeristä kaikki muut paitsi valmistajan imago ja tuotemerkki koetaan tärkeämmiksi kuin hinta.

Metsäteollisuuden vihreät kuluttajat -tutkimuksessa vuonna 1995 puisen huonekalun tärkeimpänä valintakriteerinä pidettiin ulkonäköä (Valtonen ym. 1997). Tämän jälkeen tulivat tärkeysjärjestyksessä käytön mukavuus, laadun korkeatasoisuus, puulaji, valmistusmaa, ympäristöystävällisyys ja hinta. Tulokset vastasivat hyvin tämän tutkimuksen tuloksia, vaikka valintakriteerien vaihtoehdot olivat erilaisia.

Samansuuntaisia tuloksia saatiin myös huonekaluliikkeiden asiakkaiden kyselytutkimuksessa, jossa selvitettiin puisen huonekalun eri ominaisuuksien tärkeyttä valintakriteerinä (Pakarinen ja Turunen 1999). Kyselyssä oli esitetty 15 vaihtoehtoista ominaisuutta valintakriteereiksi. Puisen huonekalun tärkeimmiksi valintakriteereiksi nousivat laatu, muotoilu, materiaali ja asiakaspalvelu, ja seuraaviksi tärkeimmiksi hinta ja maksuehdot. Ympäristökysymyksiin liittyvät ominaisuudet kuten ekologiset mielikuvat ja kierrätettävyys tai tuotemerkki eivät saaneet myöskään tuossa tutkimuksessa kovin suurta painoarvoa, vaan ne sijoittuivat tärkeysjärjestyksessä vasta sijoille 10–13.

#### **4.2.3 Puun imago korkea verrattuna kilpaileviin materiaaleihin**

Puutuotteiden kilpailukykyä suhteessa kilpaileviin materiaaleihin selvitettiin kysymällä kuluttajilta, kuinka hyvin erilaiset tuoteominaisuudet ja markkinointitekijät vastaavat kuluttajien mielikuvia rakentamiseen ja sisustukseen käytettävissä puu-, muovi-, metalli- ja keraamisissa tuotteissa (Valtonen 2008a). Parhaiten puutuotteita kuvaaviksi ominaisuuksiksi miellettiin hyvä ulkonäkö, ympäristöystävällisyys, hyvät käyttöominaisuudet ja hyvä laatu (taulukko 2). Kuluttajista yli 80 % oli sitä mieltä, että nämä tuoteominaisuudet kuvaavat hyvin puutuotteita. Enemmistö kuluttajista piti myös puutuotteiden markkinointia hyvin hoidettuna, vaikka tähän liittyvät mielikuvat eivät olleet aivan niin hyviä kuin puutuotteiden ominaisuuksiin liittyvät. Markkinointitekijöistä kuvasivat puutuotteita kuluttajien mielestä parhaiten tuotteisiin liittyvä palvelu, tuoteinformaation saatavuus ja hyvät toimitus- ja maksuehdot, ja vähiten tuotteen edullinen hinta.

Kuluttajat pitivät puutuotteita ja niiden markkinointia keskimäärin parempina kuin kilpailevista materiaaleista tehtyjä tuotteita ja niiden markkinointia. Puutuotteita pidettiin yleensä kilpailijoitaan parempina myös eri osatekijöitä erikseen tarkastellen. Ostokriteereinä tärkeitä ulkonäköä, käyttöominaisuuksia ja teknistä laatua pidettiin puutuotteilla hyvinä ja parempina kuin kilpailevista materiaaleista valmistetuilla tuotteilla. Puutuotteita pidettiin myös ympäristöystävällisempinä ja puutuotteiden markkinointia paremmin hoidettuna. Ainoastaan edullista hintaa pidettiin paremmin muovituotteita kuin puutuotteita kuvaavana tekijänä.



**Taulukko 2.** Kuluttajien mielikuvat puutuotteiden ja kilpailevista materiaaleista valmistettujen tuotteiden ominaisuuksista ja markkinointitekijöistä vastausten keskiarvoina (Valtonen 2008a).

Ominaisuus tai markkinointitekijä	Puutuotteet	Muovituotteet Keskiarvo	Keraamiset tuotteet	Metallituotteet
Hyvä ulkonäkö	4,5	2,9	3,9	3,4
Ympäristöystävällisyys	4,3	2,2	3,1	2,9
Hyvät käyttöominaisuudet	4,2	3,3	3,5	3,7
Tekninen laatu hyvä	4,2	3,2	3,7	3,9
Kokonaislaatu korkea	3,9	3,1	3,7	3,5
Tuotteeseen liittyvä palvelu hyvää	3,7	3,2	3,4	3,3
Tuoteinformaatiota saa helposti	3,7	3,1	3,2	3,2
Hyvät toimitus- ja maksuehdot	3,6	3,3	3,2	3,3
Tunnetut tuotemerkit	3,4	3,0	3,3	3,0
Valmistajasta saa helposti informaatiota	3,3	2,9	3,1	3,1
Edullinen hinta	3,2	3,7	2,8	2,9
Tuoteryhmän keskiarvo	3,8	3,1	3,4	3,3

Vastausvaihtoehdot: Vastaa mielikuvaa: 1 = erittäin huonosti ... 5 = erittäin hyvin

#### 4.2.4 Puutuotteen ulkonäkö tärkeä kuluttajille

Valtosen (2006) tutkimusten mukaan puumateriaalien arvostetuimmat piirteet kuluttajien piirissä ovat kaiken kaikkiaan seuraavat: materiaali on ulkonäöltään viehättävä, lämmin ja houkutteleva, yksilöllinen ja tyylikäs, terveydelle turvallinen, ympäristöystävällinen, vahva, pitkäikäinen ja helppo huoltaa (vastausvaihtoehtoja 33 kpl). Puumateriaaleja pidettiin kuitenkin vain keskinkertaisina seuraavien piirteiden suhteen: materiaali on moderni, nuorekas, halpa, ei-syttymisherkkä ja rakennuskustannuksiltaan alhainen. Korostettakoon, että puuta ei pidetty minkään ominaisuuden suhteen huonona materiaalina.

Puutuotteen ulkonäön tärkeä merkitys sekä kuluttajien että teollisten asiakkaiden valintakriteerinä synnytti tarpeen tutkia yksityiskohtaisemmin, mikä tekee puutuotteesta kauniin ja miten kuluttajat arvostavat kauneutta ostaessaan puutuotteita. Aiheesta tehtiin opinnäytetyö Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulussa haastatteleamalla noin sataa pohjoiskarjalaista kuluttajaa (Hirvonen 2002). Haastattelulomake sisälsi pääosin puutuotteiden ulkonäköön liittyvien kysymysten lisäksi myös laatuun, hintaan ja ekologisuuteen liittyviä kysymyksiä. Haastattelututkimuksen kohteina olivat keittiökaapistot, katto- ja seinäpaneelit ja parketit. Haastateltaville näytettiin kymmenestä puumateriaalinäytteestä koottua mallitaulua, jonka näytteet vastaajat saivat asettaa kauneusjärjestykseen.

Vastaajat arvioivat, kuinka tärkeänä he pitivät ostopäätöstä tehdessään tuotteen ulkonäköä, teknistä laatua, hintaa ja ympäristöystävällisyyttä asteikolla 1–5 (erittäin tärkeä – ei lainkaan tärkeä). Tuotteen ulkonäkö osoittautui tärkeimmäksi kriteeriksi (1,56) ja lähes yhtä tärkeä oli tekninen laatu (1,63). Kolmanneksi tärkeimmiksi kriteereiksi nousivat hinta ja ympäristöystävällisyys (2,06). Vaikka ulkonäkö oli tärkein kriteeri, järjestys ei kuitenkaan merkitse sitä, että esimerkiksi hinnalla ja ympäristöystävällisyydellä ei niilläkin olisi suuri merkitys valintaa tehtäessä.

Haastateltavilta kysyttiin, mikä puutuotteen ulkonäössä on tärkeää: väri, kuviot vai muotoilu. Väri oli sekä kaapistojen, paneelien että parkettien kohdalla tärkein ominaisuus. Sitä, minkä haastateltavat kokevat kauniiksi, yritettiin hahmottaa yhdeksän valmiin kuvailun avulla. Tässä puutuote, jossa puun luonnollinen kuviointi on esillä ja joka on joko öljy- tai vahakäsittely, lakattu tai vaalea, koettiin miellyttävimmän näköiseksi. Vähiten miellyttävän näköisenä pidettiin tummaa tai maalattua puutuotetta. Ehkä yleistäen voidaan sanoa, että suomalaisten mielestä luonnollisuus ja vaaleus ovat arvostettavia ominaisuuksia.

Kymmenestä puulajista pidettiin materiaalina kauneimpana leppää. Muut puulajit miellettiin kauneusjärjestykseen: pyökki, haapa, kirsikka, luonnonvaalea koivu (natural), lämpökäsittely mutta ei kovin tumma koivu, kuusi, mänty, punatammi, lämpökäsittely tumma koivu. Tämäkin kertoo, että vaaleaa puumateriaalia pidetään tummaa kauniimpana. Tuloksia tarkasteltaessa on hyvä ottaa huomioon, että esimerkiksi Keski-Euroopassa kuluttajien mieltymykset on todettu yleensä erilaisiksi kuin Suomessa (esim. Valtonen ym. 1997).

Naisilla näytti olevan enemmän silmää kauneudelle ja myös halua toimia ympäristöasioissa vastuullisesti, sillä puutuotteiden ulkonäkö ja ympäristöystävällisyys olivat naisille tärkeämpiä ominaisuuksia kuin miehille. Valtosen (1998) sukupuoliroolien merkitystä sekä miesten ja naisten välisiä eroja ympäristöasenteissa ja ostokäyttäytymisessä Suomessa ja ulkomailla analysoineen tutkimuksen mukaan naisen merkitys yhteiskunnassa ja kulutus päätösten tekijänä on korostunut varsinkin Suomen metsäteollisuuden tärkeimmillä markkina-alueilla Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Tulosten mukaan suomalaiset naiset ostavat pääosan kotitalouksien paperituotteista, miehet taas pääosan puu- ja rakennustavaroista. Naisilla oli kuitenkin miehiä keskeisempi rooli sekä paperi- että puutuotteiden hankintapäätöksissä. Naiset olivat niin Suomessa kuin muissakin kehittyneissä Länsi-Euroopan maissa arvoiltaan ja asenteiltaan selvästi ympäristöystävällisempiä kuin miehet. Naiset myös ottivat ympäristönäkökohdat huomioon selvästi useammin kuin miehet tehdessään hankintapäätöksiä. Naisten käyttäytymiseen vaikuttivat miehiä voimakkaammin ympäristön normipaineet, ja naiset uskoivat oman käyttäytymisensä todellisiin vaikutusmahdollisuuksiin.

Tutkimuksessa selvitettiin myös, mitä kuluttajat olisivat valmiita maksamaan jostakin tärkeäksi kokenaastaan tuoteominaisuudesta, kun oletetaan kaikkien muiden tuoteominaisuuksien olevan samoja. Tulosten mukaan miellyttävän näköisestä puutuotteesta oltaisiin halukkaita maksamaan lisähintaa 5–10 %, kun tuotteen ympäristöystävällisyydestä lisähintaa voitaisiin maksaa vain 1–5 % (Valtonen 2006).

#### **4.2.5 Kuluttajien mielikuvat positiiviset puutuotteiden markkinoinnista**

Valtosen (2008a,b) tutkimuksissa selvitettiin kuluttajien mielikuvia puutuotteiden markkinoinnista kysymällä, kuinka hyvin erilaiset tuotteeseen ja sen kauppaan liittyvät ominaisuudet kuvaavat puuta materiaalina ja puutuotteiden markkinointia. Enemmistön mielestä kaikki edellä esitetyt positiiviset ominaisuudet ja markkinointitekijät kuvaavat puuta ja sen kauppa hyvin.

Mielikuvat puusta materiaalina olivat kuitenkin positiivisemmat kuin mielikuvat puutuotteiden markkinoinnista. Lähes kaikkien kuluttajien mielestä puu näyttää hyvältä, on lämmin ja houkutteleva, ympäristöystävällinen ja tyylikäs. Puu on myös terveydelle vaaraton, sosiaalisesti hyväksyttävä, yksilöllinen ja vahva materiaali. Puuta pidetään modernina ja nuorekkaana eikä suinkaan vanhanaikaisena materiaalina.

Puutuotteiden markkinointia kuvaavat tekijät sijoittuivat kahta lukuun ottamatta vasta viimeisten kymmenen joukkoon (33 vaihtoehdosta). Puutuotteita on helposti saatavissa, niillä on ekomerkin-tä ja puutuotteisiin liittyvä palvelu on suhteellisen hyvää. Puutuotteista on myös saatavissa tietoa melko helposti, käyttöohjeet ovat helppotajuisia ja valmistajat luotettavia.

Puutuotteiden mainontaa ja tuoteuutuuksista tiedottamista pitäisi selvästi lisätä (Valtonen 2005). Kuluttajista 70 % toivoi aktiivisempaa mainontaa ja tiedottamista. Ainakaan liian aktiivista ja ”tuputtavaa” ei puutuotteiden markkinoijien mainonta ja tiedottaminen ole, koska vain 4 % kuluttajista piti mainontaa liian aktiivisena. Vajaa 30 % oli sitä mieltä, että mainonta ja tiedottaminen on aktiivista ja täysin riittävää.

Koska tutkimuksen kohderyhmänä olivat potentiaaliset asiakkaat puutavaraliikkeissä, rautakaupoissa tai messuilla, sopivimpina informaatiolähteinä korostuivat kuluttajan omaa aktiivisuutta tiedon etsinnässä vaativat välineet. Niistä kuluttaja voi saada tarvitsemaansa yksityiskohtaista tietoa puutuotteista ja niiden käytöstä. Sopivimpina tietolähteinä pidettiin tuote-esitteitä ja ammattilehtiä, yli 40 % haastatelluista piti niitä erittäin sopivina. Seuraavaksi sopivimpia olivat messut ja internet, sanomalehdet, televisio ja aikakauslehdet, tässä järjestyksessä.

Puutuotteiden ostopaikan valintakriteerien merkitystä kuluttajien valinnassa selvitettiin kysymällä, kuinka tärkeänä vastaaja piti 21 erilaista ostopaikkaan, tuotteisiin ja kaupankäyntiin liittyvää tekijää ostaessaan puutuotteita (Valtonen 2005). Tärkein valintakriteeri oli tuotteiden korkea laatu. Toiseksi ja kolmanneksi tärkeimpiä olivat myyntihenkilöstön asiantuntemus ja palveluhalukkuus, ja seuraavaksi tärkeimpiä tuotteiden ulkonäkö ja muotoilu, monipuolinen tuotevalikoima, nopea toimitusaika, helppo yhteys myyjäliikkeeseen, takuu- ja huoltopalvelu ja tuotteen räätälöinti asiakkaan tarpeiden mukaan. Myyjäliikkeen luotettavuutta ja hyvää mainetta, edullisia hintoja, sopivaa sijaintia ja pitkiä aukioloaikoja myös iltaisin ja viikonloppuisin pidettiin seuraavaksi tärkeimpinä kriteereinä.

Merkille pantavaa on, että edulliset hinnat olivat kuluttajien mielestä tärkeysjärjestyksessä vasta sijalla 11 ja joustavat maksuehdot sijalla 20. Tulos selittynee osittain sillä, että vastaajista vain pieni osa oli haastatteluajankohtana varsinaisesti rakentamassa uutta tai peruskorjaamassa vanhaa, jolloin ei suunniteltu välttämättä suurta rahankäyttöä.

#### **4.2.6 Puutuotteiden ekologisuus ja kuluttajien käsitykset**

Valtosen (2005, 2008a) tutkimuksissa selvitettiin kuluttajien käsityksiä puutuotteen ympäristöystävällisyyden sisällöstä kysymällä, kuinka tärkeitä ovat erilaiset tuotetta ja sen valmistamista kuvaavat ominaisuudet ja tekijät, kun kuluttajat arvioivat puutuotteiden ympäristöystävällisyyttä.

Kuluttajien suuri enemmistö piti haastattelussa esitettyjä ympäristöystävällisyyden tunnusmerkkejä hyvin tai erittäin tärkeinä. Ympäristöystävällisen puutuotteen kaksi selvästi tärkeintä tunnusmerkkiä olivat tuotteen ja sen pintakäsittelyn terveellisyys ja turvallisuus; kuluttajista 90 % piti niitä erittäin tärkeinä tai tärkeinä. Seuraavaksi tärkeimpiä tunnusmerkkejä olivat puutuotteen jälkikäyttömahdollisuus energiaksi ja puutuotteen ja sen pakkauksen kierrätettävyyys sekä sosiaalisten näkökohtien huomioon ottaminen tuotteen valmistuksessa. Esitetyistä tunnusmerkeistä suhteellisesti vähemmän tärkeiksi jäivät, että tuotteen valmistusprosessi kuormittaa mahdollisimman vähän ympäristöä, raaka-aine tulee kestävästi hoidetuista metsistä ja puutuotteella on jokin ympäristömerkintä tai sertifikaatti.

Myös Hirvosen (2002) kuluttajatutkimuksessa pidettiin ympäristöystävällisyyden tärkeimpinä kriteereinä, että tuote on terveellinen, tuotteen pintakäsittely on turvallinen ja tuote on kierrätettävissä. Sitä, että tuotteen raaka-aine tulee kestävästi hoidetusta metsästä ja että tuotteen valmistaminen ei kuormita ympäristöä pidettiin tärkeinä, mutta ei aivan yhtä tärkeinä kuin ensin mainittuja tekijöitä. Tuotteen terveysominaisuuksien mieltäminen tärkeäksi tekijäksi viittaa omalta osalta osaltaan siihen, että puun terveysominaisuuksia, esimerkiksi suotuisaa vaikutusta huoneilman kosteuteen kannattaisi tutkia lisää ja myös korostaa markkinoinnissa.

Metsäteollisuuden vihreät kuluttajat -tutkimuksessa vuonna 1995 vastaajille esitetyt ympäristöystävällisen puutuotteen tunnusmerkit olivat erilaiset ja tulokset myös poikkesivat tämän tutkimuksen tuloksista. Ympäristöystävällisen puutuotteen tärkein tunnusmerkki oli tuolloin valmistusprosessin vähäinen ympäristökuormitus (Valtonen ym. 1997). Seuraavaksi tärkeimmät tunnusmerkit olivat vähäinen kemikaalien sisältö ja kestävästi hoidetuista metsistä tuleva raaka-aine. Tuotteen helppo kierrätettävyys käytön jälkeen oli neljännelle sijalle.

Ympäristön merkitystä kuluttajien ostokäyttäytymisessä mitattiin kysymyksellä, jossa kuluttajan oli valittava annetuista neljästä vaihtoehdosta yksi omaa puutuotteiden ostokäyttäytymistään kuvaava vaihtoehto (Valtonen 2008b). Vain 17 % kuluttajista ilmoitti sivuuttavansa kokonaan ympäristöystävällisyyden kriteerit ostaessaan puutuotteita. Toisaalta 10 % ilmoitti ostavansa aina ympäristöystävällisiä puutuotteita kun se vain on mahdollista ja 10 % ilmoitti kiinnittävänsä aina huomiota puutuotteen ympäristöystävällisyyteen ja painottavansa sitä ostopäätöksenteossään. Enemmistö kuluttajista eli noin 60 % ilmoitti kiinnittävänsä huomiota ympäristöystävällisyyteen ja ostavansa ympäristöystävällisiä puutuotteita, jos niiden hinta ja laatu ovat kilpailukykyiset.

Kuluttajien halukkuutta maksaa lisähintaa ekomerkityistä puutuotteista mitattiin kysymyksellä, jossa vastaajia pyydettiin valitsemaan annetuista vaihtoehdoista se lisähinta prosentteina, jonka he olisivat valmiita maksamaan (Valtonen 2006). Tässä tutkimuksessa maksuhalukkuutta kysyttiin yleisesti puutuotteille eikä jollekin tarkemmin yksilöidylle puutuotteelle. Vastausvaihtoehtoina olivat 10 prosentin luokat nolasta lähtien.

Kuluttajista 25 % ei halunnut maksaa lainkaan lisähintaa ekomerkitystä puutuotteesta. Haastatelluista 65 % olisi ollut halukkaita maksamaan hieman lisähintaa eli 1–10 %. Vain 9 % olisi ollut valmis maksamaan lisähintaa kohtuullisen paljon eli 10–20 %. Enää 1 % olisi ollut valmis maksamaan huomattavasti lisähintaa eli yli 20 %.

Tämän tutkimuksen tulokset maksuhalukkuudessa todettavissa olevasta ympäristöystävällisyydestä olivat hyvin samansuuntaiset kahden aikaisemman Suomessa tehdyn kuluttajatutkimuksen tulosten kanssa. Pakarisen ja Turusen (1999) kyselytutkimuksessa 62 % huonekaluliikkeiden asiakkaista oli valmis maksamaan lisähintaa ympäristöystävällisestä kalusteesta. Lisähinnan maksamiseen halukkaista 28 % oli valmis maksamaan 1–5 prosenttia, 45 % 6–10 prosenttia ja 18 % 11–15 prosenttia lisähintaa. Kempen (1999) kuluttajatutkimuksessa 60 % vastaajista oli halukkaita maksamaan lisähintaa sertifioiduista puutuotteista keskimäärin, 55 % 1–10 prosenttia ja 5 % yli 20 prosenttia. Tutkimusten tulosten vertailun perusteella kuluttajien halukkuus maksaa lisähintaa ympäristöystävällisestä puutuotteesta olisi lisääntynyt ajan myötä.

Jos halutaan lisätä kuluttajien tietämystä puutuotteiden ympäristöystävällisyydestä ja vaikuttaa heidän asenteisiinsa ja ostokäyttäytymiseensä, tiedonvälitykseen on käytettävä niitä informaatiolähteitä, joita kuluttajat pitävät tärkeinä. Tärkeimpänä puutuotteiden ympäristötiedon lähteenä kuluttajat pitävät alkuperätodistusta tuotteen valmistusmaasta (Valtonen 2006). Seuraaviksi tär-

keimpiä ovat esitteet, tuoteselosteet ja tuotteessa oleva ekomerkinä. Tuloksissa korostuu tuotekohtaisten tietolähteiden suuri merkitys, koska kuluttajat haluavat tuotekohtaista informaatiota puutuotteen ympäristöystävällisyydestä ostopäätöstensä varten. Esitetyistä informaatiolähteistä viimeisiksi jäävät yleiset joukkotiedotusvälineet: lehdet, internet ja televisio. Tosin selvä enemmistö pitää niitäkin tärkeinä ympäristötiedon lähteinä.

Puumateriaalin ekologisuutta on pidetty eräänä sen merkittävimmistä vahvuuksista ja kieltämättä puu täyttää ympäristöystävällisyyden kriteerit monia muita materiaaleja paremmin. Sekä Saksassa että Iso-Britanniassa toteutetut, yrityksiin kohdistuneet tutkimukset että suomalaisten kuluttajien piirissä tehdyt haastattelut antoivat viitteitä siitä, että puutuotteille voisi olla kehitettävissä brändi, joka perustuisi ympäristöystävällisyyden lisäksi myös puun esteettisiin ominaisuuksiin, yksilöllisyyteen ja sosiaaliseen hyväksyttävyyteen (luku 4.1.2). Tällaisten ominaisuuksien varaan rakentuvaa laajempaa brändiä voisi pitää eräänlaisena elämäntyyli-brändinä. Elämäntyylin edustajia voisi kutsua vaikkapa ”vihreiksi esteetikoiksi” tai ”tyylitietoisiksi vihreiksi”. Tuotteista, jotka viestivät tiettyä elämäntyyliä ollaan kuluttajamarkkinoilla usein myös valmiita maksamaan hyvin.

#### **4.2.7 Johtopäätöksiä**

Kuluttajien käsityksistä ja mielikuvista voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset puutuotteiden kilpailukykyä:

- Suomalaisten kuluttajien mielestä puu materiaalina ja puutuotteet ovat hyvin kilpailukykyisiä ominaisuuksiltaan muihin materiaaleihin verrattuna.
- Kuluttajat pitävät puutuotteiden markkinointia melko hyvin hoidettuna.
- Puutuotteita ja niiden markkinointia voidaan ja pitää kehittää edelleen kilpailukykyä parantamiseksi.
- Puutuotteiden mainontaa ja tuoteuutuuksista tiedottamista pitää aktivoida kuluttajille sopivien tiedotusvälineiden kautta.
- Markkinoinnin kehittämisessä keskeisellä sijalla on tuotteiden korkea laatu ja myyntihenkilöstön asiantuntemus ja palveluhalukkuus.

### **4.3 Asiakasrakenteen muutokset**

#### **4.3.1 Asiakaskunta pirstaloituu ja kuluttajaryhmien tarpeet erilaistuvat**

Enroth ja Toivonen (2006) tekivät PKM-ohjelmassa analyysin puutuotteiden asiakasrakenteen muutoksista vuoteen 2020 Metsäteollisuus ry:n skenaario- ja strategiaraporttia varten.

Puutuoteteollisuuden toimintaympäristössä ja kilpailutilanteessa on tapahtunut huomattavia muutoksia 2000-luvun alkuvuosina. Maailmanlaajuisesti ei ole näköpiirissä, että perustuotteiden markkinat juuri kasvavat ja perustuotteiden vienti ei anna jatkossa menestymisen mahdollisuuksia kovan hintakilpailun vuoksi. Suomen on siis etsittävä kilpailukykyä muista kuin perustuotteista. Siirtyminen perustuotteiden tuotannosta uusiin tuotteisiin luo paineita uudistaa koko liiketoimintaa. Asiakaskunnan tarpeiden huomioon ottaminen nousee aivan eri asemaan liiketoiminnan ja uusien tuotteiden kehittämisessä kuin massatuotteisiin perustuvassa yritystaloudessa.

Puutuoteteollisuuden asiakasrakenteessa on tapahtumassa monia muutoksia, jotka yritysten pitäisi osata hyödyntää liiketoiminnassaan. Eräs asiakasrakenteen keskeisistä muutoksista on se, että markkinat ovat monella tapaa polarisoitumassa. Puutuotteiden kauppa on siirtynyt entistä harvempien ja suurempien toimijoiden käsiin. Markkinointikanavat eli tuotteita suoraan ostavat ja niitä jakelevat yritykset keskittyvät yhä suuremmiksi ja kansainvälisemmiksi ketjuiksi, joilla on neuvotteluvoimaa.

Kuluttajakunta on sitä vastoin pirstaloitumassa entisestään. Tätä kehitystä vauhdittavat monet seikat. Maailman väestö kaupungistuu ja vanhenee nopeasti. Maailmanlaajuinen eriarvoistuminen vahvistuu ja tuloerot eri maiden välillä kasvavat. Eurooppalaiset kuluttajat kuitenkin keskimäärin vaurastuvat. Jo yhden maan sisällä kulutusmahdollisuudet ja elämänpiirit poikkeavat entistä enemmän toisistaan. Tilanne ei välttämättä helpota loppukäyttäjien tarpeiden tunnistamista ja näiden välittymistä tuotekehitystyöhön ja tuotesuunnitteluun, vaikka kuluttajakunnan keskeiset muutostrendit tunnistetaankin.

Tutkimusten mukaan eriarvoistuminen ja vaurastuminen merkitsevät statuksen tavoittelun lisääntymistä kuluttajien keskuudessa. Asumisella, sekä rakentamisella että sisustamisella, halutaan viestiä yhä yksiselitteisemmin tiettyä elämäntyyliä. Asumisen vakioratkaisut eivät tyydytä kuluttajia, jotka haluavat elämyksiä ja yksilöllisyyttä. Toisaalta kuluttajien piiriin muodostuu myös segmenttejä, joille halpa hinta on ratkaiseva, ja segmenttejä, joiden tarpeet vaihtuvat muotituotteet tyydyttävät nopeasti kestävien laatutuotteiden sijasta myös asumisessa.

#### **4.3.2 Yksilöllisyys, korkea laatu ja ympäristöystävällisyys korostuvat puutuotteiden ominaisuuksina**

Asiakaskunnan keskuudessa tehdyt tutkimukset, joissa on kartoitettu puutuotteisiin liittyviä mielipiteitä, kertovat, että puun erityisinä vahvuuksina verrattuna kilpaileviin materiaaleihin kuten muoviin, teräkseen ja betoniin pidetään sen kauneutta, yksilöllisyyttä ja korkeaa imagoa. Nämä ovat ominaisuuksia, jotka antavat mahdollisuuksia rakentamisen ja sisustuksen tuotteissa – ainakin tiettyjen asiakassegmenttien, esimerkiksi laajan ja vauraan keskiluokan keskuudessa. Valmistajilla tulisi olla kuitenkin kykyä mukauttaa tuotteita paitsi asiakassegmenttien tarpeisiin niin myös kunkin kohdemaan asumis- ja rakentamiskulttuureihin.

Vihreys on kuluttajakuntaa kuvaava maailmanlaajuinen megatrendi ja ympäristön arvostuksen ja ympäristötietoisuuden arvioidaan jatkavan kasvuaan etenkin teollisuusmaiden kuluttajien keskuudessa. Vaikka puu voittaa ympäristöystävällisyydessä muut rakennusmateriaalit ja tutkimusten mukaan asiakkaista ehkä noin kolmannes ottaa huomioon ympäristöasiat ostopäätöksiä tehdessään, harvat asiakkaat ovat kuitenkaan valmiita maksamaan hintalisää ympäristöystävällisistä tuotteista. Suurin osa kuluttajista ei liene tulevaisuudessakaan valmiita maksamaan ympäristöystävällisistä tuotteista enempää kuin muistakaan tuotteista.

Kaupungistuminen merkitsee sitä, että luonto ja metsät ovat yhä suuremmalle osalle väestöstä etäisiä ja myyttisiä asioita. Omakohtainen kosketus luontoon ja metsiin voi puuttua useamman sukupolven ajalta. Tämä voi merkitä sitä, että metsien käyttöön suhtaudutaan kielteisesti, vaikka samalla puuta käytetään mielellään ja puu mielletään luonnonmukaiseksi materiaaliksi. Tästä on jo selviä merkkejä Keski-Euroopassa ja Iso-Britanniassa ja viitteitä Suomessakin. Vaikka, kuten edellä todettiin, ympäristötietoisuus on lisääntymässä etenkin teollisuusmaissa, ympäristöystävällisyys ja ”vihreys” on kuitenkin mietittävä hyvin tarkasti mahdollisina argumentteina ja tuoteominaisuuksina, jotta argumentit eivät käänny itseään vastaan.

Energia- ja päästömarkkinoiden kehitys merkitsee sitä, että bioenergian käyttö tulee kasvamaan voimakkaasti. Sahanpurun ja jopa hakkeen energiakäyttö voi lisätä sahojen ja levytehtaiden tulonmuodostusta ja esimerkiksi pelletit antavat sivutuotemahdollisuuksia osalle sahoista ja vaneritehtaista. Bioenergiaan liittyy myös mahdollisuuksia koko metsäteollisuuden imagon parantamiseen, kun metsäteollisuus on mukana ratkaisemassa fossiilisiin polttoaineisiin liittyviä ympäristöongelmia.

Ympäristön ohella terveys ja hyvinvointi nousevat tutkimusten mukaan kuluttajien tarpeissa korkealle sijalle. Etenkin vanhempi ja vauraampi väestö on myös halukas maksamaan näistä. Puutuotteiden terveysvaikutuksiin tulisi siksi panostaa sekä tutkimuksessa että tuotekehityksessä. Kaupungistuminen ja eriarvoistuminen nostavat myös turvallisuusaspektit entistä suurempaan arvoon asumisessa ja rakentamisessa, mikä tulisi ottaa huomioon suunnittelussa. Asuntojen on annettava yhä selvemmin turvallisuuden tunnetta. Tähän liittyy ennen kaikkea paloturvallisuus, mutta olennaisia osatekijöitä ovat myös murransuojaus-, lukitus- ja hätäilmoitusjärjestelmät, aiddat, portit, ovi- ja ikkunarakenteet, jne.

### 4.3.3 Voimakas tarve kehittää puutuotteisiin liittyviä palveluja

Väestön ikääntyminen, kaupungistuminen ja vaurastuminen tuovat sekä tarvetta että mahdollisuuksia palveluiden kehittämiseksi. Palvelut eivät kuitenkaan ole perinteisesti olleet puutuoteteollisuuden eivätkä jakeluketjujen vahvuuksia. Palveluiden liittäminen tuotteisiin edellyttää uudenlaisia yhteistyösuhteita ja verkottumista puutuoteteollisuudelta rakentamis- ja asennuspalveluita tuottavien yritysten ja vähittäiskaupan liikkeiden kanssa. Tuote ja palvelut muodostavat kokonaisuuden, jonka hintaa asiakas arvioi ja jonka hän viime kädessä ostaa. Esimerkiksi parketin, paneelien ja listojen mukana olisi voitava ostaa asennuspalvelu ja sisäkalusteiden mukana kokoonpano. Talopakettien ostajan olisi voitava luottaa siihen, että hän voi myöhemmin tilata tiettyjä korjaus- ja muutospalveluita. Terrassien ja katosten suosio todennäköisesti kasvaisi, jos rakennustarvikeliikkeestä voisi tilata paitsi kuljetuksen niin halutessaan myös asennuksen.

Kotimarkkinoilla väestön ikääntyminen tulee vähentämään omatoimisen rakentamisen osuutta, joka on ollut perinteisesti suuri. On odotettavissa, että ikääntyvä kuluttajakunta siirtää asuntokäynnän painopistettä omatoimirakentamisesta tuottajamuotoiseen rakentamiseen. Kun valtakunnan tason tavoitteena on Suomessa pientalotuotannon lisääminen, on puutuoteteollisuuden kyettävä luomaan lisää tuote- ja järjestelmäratkaisuja tuottajamuotoisten pientalojen teolliseen rakentamiseen.

Pientalorakentaminen kasvattaa edelleen suosiotaan vaurauden lisääntyessä. Asumisväljyys lisääntyy monissa maissa edelleen, Suomi mukaan lukien. Rakentaminen kuitenkin ammattimaistuu ja valmistalojen osuus pientalorakentamisessa kasvaa voimakkaasti. Tämä merkitsee sitä, että sahatavaran ja muiden puutuotteiden ostajat ovat sekä vientimarkkinoilla että kotimaassa yhä useammin ammattilaisia, jotka työskentelevät taloteollisuudessa, eivätkä aiemman kaltaisia pieniä rakennusliikkeitä tai omatoimirakentajia. Puutuotteiden toimittajien olisi voitava olla hyvin tiiviissä yhteistyössä ammattimaisten ostajien ja rakennusyriyten kanssa siksi, että tuotteita voitaisiin suunnitella ammattirakentamisen tarpeiden ja suurien sarjojen mukaisesti.

Rakentamisen kokonaismäärän arvioidaan kasvavan maailmanlaajuisesti seuraavat 30 vuotta. Korjausrakentamisen markkinat painottuvat Pohjois-Amerikkaan, Japaniin ja EU-maihin. Rakentamisessa painopiste ja materiaalien käyttö siirtyy entistä selvemmin korjausrakentamisen suuntaan erityisesti Euroopassa. Korjausrakentamisen kasvu merkitsee markkinoiden pirstaloitumista ja tuokysyntää ja mahdollisuuksia räätälöityjen puutuotteiden ja niihin liittyvien palveluiden lisäämiselle. Uudisrakentamisen kasvavia markkinoita ovat sen sijaan esimerkiksi Kiina, Intia ja Venäjä.

Koko puutuotealaa ajatellen kotimaisen kysynnän kasvumahdollisuudet ovat rajalliset. Toimialan kasvu voi tapahtua vain vientiä lisäämällä. Nousevat kansantaloudet Aasiassa ja Itä-Euroopassa tuovat uusia mahdollisuuksia puutuotteiden markkinoiden laajentamiseksi. Ongelmana on se, että näiltä uusilta markkinoilta vielä puuttuu puurakentamisen kulttuuri tai se on vähäistä. Esimerkiksi Kiinassa asuntorakentaminen kasvaa voimakkaasti etenkin kaupungeissa ja samalla rakentamisen laatuvaatimukset kasvavat. Kerrostalorakentamisen yleisyys ja puun heikko tunnettuus eivät tee puun käytön voimakkaasta lisäämisestä kuitenkaan helppoa, mutta kehitys tarjoaa silti vientinäkyymiä esimerkiksi korkealaatuisille puisille sisäverhousmateriaaleille. Amerikkalaistyyliset suuret ja vaurautta ilmentävät puutalotkin voivat saavuttaa tietyn segmentin suosion (Mäki ym. 2003).

Tässä yhteydessä on syytä todeta, että puusta rakentamisen kulttuurin puuttuminen tai vähäisyys ei ole ainoa ongelma monilla markkina-alueilla, sillä myös muiden materiaalien taholta tuleva paine pitää kilpailun kireänä. Esimerkiksi kiviteollisuudella on erittäin vahva markkina-asema Euroopassa. Suurten rakennuttajayritysten ja kivimateriaalien tuottajien yhteistyöllä on pitkät perinteet ja kiviteollisuus harjoittaa aktiivista ja menestyksekkästä lobbausta. Muovituotteiden kilpailukykyä tosin rapauttaneen öljyn nouseva hinta.

#### **4.3.4 Puutuotealan toimintamalleja ja markkinointia on kehitettävä**

Kun asiakaskunta ja markkinat ovat voimakkaassa muutoksessa, kilpailukyvyn säilyttäminen ja nostaminen edellyttävät muutoksia liiketoimintamalleissa ja markkinoinnissa. Panostusta tarvitaan myös tutkimus- ja kehittämistoimintaan, mukaan lukien tuotteisiin liittyvien palveluiden kehittäminen. Tämän työn organisoinnissa on avainsana yhteisten intressien pohjalta lähtevä erilais-ten yritysten verkottuminen eli on etsittävä win-win vaihtoehtoja.

Asiakaskunnan pirstaloituminen merkitsee, että kysyntää syntyy tuotteille, jotka tarjoavat mahdollisuuksia yksilöllisyyteen. Kun tuotannossa on kuitenkin tavoiteltava suuria määriä, tarvitaan massaräätälöintiä ja tuoteperheitä, mikä on haaste sekä liiketoiminnalle että tutkimus- ja kehittämistoiminnalle.

Tiivis yhteistyö on yhä selvemmin liiketoiminnan kehittämisen kulmakivi ja se vaatii verkottumista arvoketjun eri vaiheissa toimivien yritysten ja sektorin rajapinnoilla toimivien yritysten välillä, partnership-tyyppisiä ratkaisuja, alihankintaa ja yhteismarkkinointia. Yhteistyössä yritykset voivat tarjota loppukäyttäjille heitä miellyttäviä tuote-palvelu paketteja, laajoja tuoteperheitä ja nopeita toimitusaikoja. Puutuotteiden valmistajilla on yhteinen intressi löytää markkinoilla kilpailukykyisiä toimintamalleja verrattuna muiden materiaalien valmistajiin. Jakelijoiden ja rakentajien koon kasvaessa ja niiden ammattimaistuesssa sekä asiakaskunnan pirstaloituessa on ensiarvoisen tärkeää luoda sellainen liiketoimintaverkosto, jossa kosketus loppukäyttäjien tarpeisiin ja mieltymyksiin on tiivis ja esimerkiksi ulkonäköä koskevat mieltymykset osataan viedä tuotteiden valmistukseen.

Jakelukanavien lyheneminen helpottaisi osaltaan asiakkaiden tarpeiden välittymistä tuottajille, mutta tätä ei ole helppoa toteuttaa. Kauppa keskittyy ja kansainvälistyy, mikä ei välttämättä johda siihen, että kuluttajien tarpeet välittyisivät aiempaa selvemmin kaupalle tai näiden toimittajille. Innovatiiviset ratkaisut tuotteiden toimitusketjuissa ovat silti tärkeitä.

Markkinoiden muutos edellyttää palveluiden liittämistä osaksi puutuotetta olipa kyse kuluttajatuotteista tai talo- tai rakennusteollisuudesta. Puutuoteteollisuuden ei tarvitse tuottaa palveluita osana omaa liiketoimintaansa, mutta yhteistoiminnalla tai muilla ratkaisuilla on varmistettava,



että palveluita on tarjolla. Puutuotevalmistajat voivat esimerkiksi liittoutua jakelijoiden kanssa toimivien palveluratkaisujen tuottamiseksi. Palvelujen kehittämisessä avainasemassa on asiakkaan elämän helpottaminen.

Tällä hetkellä puutuoteteollisuuden tutkimus- ja kehittämistoiminta on teknologiapainotteista. Asiakasrakenteen muutokset merkitsevät, että tutkimusta olisi laajennettava kattamaan paitsi teknologian ja prosessien kehittäminen myös entistä enemmän asiakkaiden tarpeet ja mieltymykset ja asiakasrajapintojen hallinta. Tutkimus- ja kehittämistoiminnassa tarvitaan yhteistyötä ehkä vieläkin laajemmin kuin liiketoiminnan kehittämisessä. Tutkimus- ja kehittämistoimintaa tulisi kehittää puutuoteteollisuuden sisällä koko arvoketjun yhteisten intressien pohjalta, mutta myös sektorirajat ylittävien yhteiskumppanien kanssa (muovien ja päällysteaineiden valmistajat, laitevalmistajat, suunnittelijat ja muotoilijat, logistiikkayritykset ja palveluiden tuottajat). Rakentamisessa ja sisustamisessa on jo nyt monia komponentti- ja yhdistelmätuotteita, esimerkiksi erilaisia rakennepuutuotteita, väliseinä- ja välipohjaelementtejä, sisustussarjoja, parkettijärjestelmiä, valmistaloja jne., mutta edelleen on kysyntää uusille tuoteinnovaatioille. Eri asiakasryhmille tulisi olla tarjolla erilaisia tuotteita: toisille edullisia vakiotuotteita, toisille kalliita laatutuotteita. Tuotteilta vaaditaan myös ympäristösuorituskykyä, turvallisuutta (terveys ja suoja ”ulkomaailmaa” vastaan) ja pitkäaikaiskestävyyttä. Haaste on toteuttaa kuluttajien silmää miellyttäviä ratkaisuja, jotka kuitenkin sopivat massaräätälöintiin.

#### 4.3.5 Johtopäätöksiä

Edellä kuvatut asiakasrakenteen muutokset asettavat suuria haasteita ja muospaineita puutuoteteollisuuden kehittämiselle. Monet tekijät, kuten esimerkiksi puutuotteiden ympäristöystävällisyys, puumateriaalien yksilöllisyys, kauneus ja hyvä imago, pientalorakentamisen kasvu ja väestön vaurastuminen luovat kuitenkin menestymisen mahdollisuuksia paitsi kotimarkkinoilla myös kansainvälisillä rakentamisen ja sisustamisen markkinoilla. Asiakasrakenteen muutoksiin perustuva puutuoteteollisuuden tulevaisuudenkuva voisi olla seuraavanlainen:

- Onnistutaan löytämään keinot tuottaa ”hyvää elämää ihmisille hyvän asumisen kautta”.
- Tehdään yhteistyötä raaka-ainevalmistajien, suunnittelijoiden, arkkitehtien ja palveluiden tarjoajien kanssa.
- Omaksutaan aito kiinnostus siihen, mitä erilaiset ihmiset eri maissa haluavat, ja kyky selvittää nämä tarpeet ja tuottaa heidän mieltymyksiään vastaavia tuotteita kilpailukykyiseen hintaan.
- Onnistutaan irtautumaan nykyisistä toimintamalleista niin, että yritykset toimivat yhdessä horisontaalisesti ja vertikaalisesti jakeluketjun muiden toimijoiden kanssa.
- Syntyy yhteistyökuvioita palveluiden tarjoajien ja suunnittelijoiden kanssa niin, että markkinointi, brändit ja tuoteperheet (tuote-palvelu kokonaisuudet) tyydyttävät vientimarkkinoiden erilaisia asiakassegmenttejä.
- Perustuotteiden vienti vähenee, mutta jalostus ja jalosteiden vienti kasvavat. Toimialan volyymi ei kasva, mutta jalostusarvo kasvaa ja yritykset ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä.

## **4.4 Puutuotteiden vientimahdollisuudet uusille markkina-alueille: Kiina ja Venäjä**

### **4.4.1 Tutkimusten tavoitteet ja aineistot**

Uusien markkina-alueiden löytäminen on erityisen tärkeää Suomen puutuoteollisuudelle, sillä sekä sahatavarasta että puulevyistä on ylitarjontaa Euroopassa. Kiinan mutta myös Venäjän nopea talouskasvu ja suuri väestö ovat tehneet näistä maista houkuttelevia vientikohteita. PKM-ohjelmassa selvitettiin Metlan ja PTT:n yhteistyönä vientimahdollisuuksia näihin maihin. Kiinan markkinoita tarkasteltiin Mäen ym. (2003) selvityksessä ja Xun (2007) opinnäytetyössä, Venäjän markkinoita lyhyesti Flinkin ym. (2007) selvityksessä (ks. myös Toivonen ym. 2005b, Rämö ym. 2008). Selvitykset perustuivat tilastoihin, kirjallisiin materiaaleihin ja asiantuntijoiden haastatteluihin sekä Suomessa että asianomaisissa vientimaissa. Tärkein tilastotietojen lähde oli FAOSTAT (2009).

### **4.4.2 Kiinan omat puuvarat eivät riitä voimakkaasti kasvavan talouden ja teollisuuden tarpeisiin**

Kiinan bruttokansantuote kasvoi vuosina 1995–2005 keskimäärin 8,5 prosentin vuosivauhtia. Talouskasvu on jatkunut muuta maailmaa selvästi voimakkaampana myös maailmanlaajuisen laman vuosina 2007–2009 ja kasvun odotetaan taas kiihtyvän 2010-luvulla. Kiinan liittyminen Maailman kauppajärjestöön WTO:hon vuonna 2002 vauhditti ulkomaisia sijoituksia, joten Kiina on jo ohittanut USA:n ulkomaisten investointien suurimpana kohtemaana. Noin puolet Kiinan kokonaisviennistä tulee nykyisin ulkomaalaisomisteisista yrityksistä. Myös ulkomaankauppa on vahvassa kasvussa. EU-maista Suomi kävi eniten kauppaa Kiinan kanssa 2000-luvun alkuvuosina, mutta on sittemmin jäänyt selvästi suurempien maiden jälkeen.

Kiinan metsäala on noin 163 miljoonaa hehtaaria eli suunnilleen saman verran kuin EU-25 maissa. Kiinassa asuu kuitenkin noin 1,33 miljardia ihmistä eli noin viidennes maailman väestöstä. Valtaosa Kiinan metsistä hävisi satoja vuosia sitten maanviljelyksen ja laiduntamisen tieltä, mikä taas johti eroosioon ja aavikoitumiseen. Metsien merkitys eroosion torjujana on viime vuosina huomattu ja puunistutusprojektien myötä Kiina on taas ”vihertymässä”. Metsityksillä pyritään kuitenkin pääosin torjumaan eroosiota ja luonnonmetsiä on 1990-luvun lopulla pantu myös hakkuukieltoon. Kiinan omat puuvarat ovat riittämättömät metsäteollisuuden tarpeisiin.

Kiinan niukkojen metsävarojen takia sekä raakapuun että metsäteollisuustuotteiden tuonnin määrä yli kolminkertaistui vuosina 1995–2005. Kiina on nykyisin maailman suurin trooppisen puun tuoja (China's imports ... 2003). Raakapuun tuontimäärät myös Venäjältä ovat kasvaneet voimakkaasti ainakin Venäjän raakapuun vientitullien nostamiseen saakka (2007). Kiina on lähes kaikkien metsäteollisuustuotteiden nettotuojia.

Kiinan metsäteollisuustuotteiden tuonnin arvosta noin puolet on sellu- ja paperiteollisuuden tuotteita. Viennin puolella suurimmat puutuoteryhmät ovat huonekalut ja puusepäntuotteet. Huonekalujen lisäksi on lisätty myös puulevyjen, erityisesti vanerin tuotantoa ja vientiä. Hinnaltaan edullisten kiinalaisten puutuotteiden kysyntä on kasvanut maailmalla nopeasti ja tuotantoa ollaan edelleen lisäämässä. Esimerkiksi USA on joutunut supistamaan omaa huonekalujen tuotantoaan kannattamattomana Kiinasta tapahtuvan tuonnin takia, ja myös eurooppalaiset tuottajat ovat menettäneet markkinoitaan. Kiina on sen sijaan selvä nettotuojia puutuotteiden raaka-aineena käytet-

tävän sahatavaran osalta. Sahatavaran kulutus tulee nousemaan Kiinassa vuoteen 2015 mennessä noin 40 miljoonaan kuutiometriin (China's imports ... 2003). Täten riippuvuus sahatavaran tuonnista todennäköisesti kasvaa entisestään tulevaisuudessa.

Suomi vei Kiinaan vuonna 2006 metsäteollisuustuotteita vain noin 213 miljoonalla eurolla. Kiinaan suuntautuvasta viennistä valtaosa oli massa- ja paperiteollisuuden tuotteita. Puutuotteiden vienti on ollut toistaiseksi vähäistä, vaikkakin on kasvamaan päin. Sahatavaraa vietiin vuonna 2000 noin 23 000 m<sup>3</sup> ja vuonna 2006 noin 63 000 m<sup>3</sup>. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että sahatavaran vienti Suomesta Japaniin yli kaksinkertaistui vuosina 1995–2005, hieman yli yhteen miljoonaan kuutiometriin.

#### **4.4.3 Rakentamistarve kaupungeissa kasvaa**

Vielä tällä hetkellä noin 60 % kiinalaisista asuu maaseudulla, mutta kaupungistuminen on nopeaa. Valtavia tuloeroja maan eri osien ja etenkin maaseudun ja kaupunkien välillä pyritään lievittämään siirtämällä heikoimmassa oloissa eläviä maanviljelijöitä kaupunkeihin. On arvioitu, että yritysten ja maatalouden rationalisoinnin myötä jää ilman työtä jopa satoja miljoonia kiinalaisia, jotka hakeutuvat kaupunkeihin.

Kiinan asuntomarkkinoilla toimivat aiemmin lähes yksinomaan valtio ja työyksiköt, joiden oli tarjottava työntekijöilleen asunto. Vuodesta 1990 lähtien työntekijät ovat saaneet ostaa itselleen työntantajansa tarjoaman asunnon selvästi markkinahintaa alemmalla hinnalla. Vuonna 1998 asuntomarkkinat uudistettiin täysin. Uusia työsuhdeasuntoja ei enää myönnetty, julkisesti omistettuja asuntoja yksityistettiin, kiinteistöyritysten markkinoille pääsyä helpotettiin ja pankkien asuntoluottojärjestelmää kehitettiin siten, että yksityisten talouksien asuntolainat tulivat mahdollisiksi. Vuoden 1998 uudistuksen jälkeen asuntomarkkinat ovatkin kokeneet täydellisen muutoksen. Esimerkiksi Pekingissä noin 80 % asuntokaupoista muodostuu nykyään yksityisten hankkimista asunnoista. Erään arvion mukaan jo yli puolet kaupunkien kotitalouksista asuu omissa omistusasunnoissa.

Asuntotuotannon määrästä on jossain määrin poikkeavia tietoja ja arvioita. Selvää joka tapauksessa on, että asuntotuotanto Kiinassa on vahvassa kasvussa. Rakentamistarve erityisesti kaupungeissa on kasvanut ja tulee kasvamaan edelleen.

Väestönkehitystä leimaa Kiinassa keskiluokkaistuminen. Keskiluokan koko on viidessä vuodessa suunnilleen nelinkertaistunut eli joka vuosi kymmeniä miljoonia uusia ihmisiä on noussut paremmin toimeentulevaan luokkaan. Vuoden 2000 lopussa keskiluokkaan kuului arviolta 150 miljoonaa ihmistä eli lähes yhtä paljon kuin koko Venäjällä on asukkaita. Keskiluokan tulotaso on Aasiassa huomattavasti alle länsimaisten standardien, mutta väestön ostovoima on joka tapauksessa kasvussa.

#### **4.4.4 Puun käytölle rakentamisessa monia esteitä**

Kiinassa kaupungistuminen merkitsee sitä, että kerrostalorakentaminen on tulevaisuudessakin rakentamisen tärkein muoto. Viranomaiset ovat suosineet muiden materiaalien kuin puun käyttöä kaupunkialueiden rakentamisessa pääosin paloturvallisuussyistä. Melkein jokainen kaupunki Kiinassa on erittäin tiheästi asuttu ja palot ovat siksi suuri uhka. Myös valtavasta väestön määrästä aiheutuva tarve rakentaa monikerroksisia asuinrakennuksia on lisännyt betonin ja tiilen käyttöä. Kaupunkien asuinrakennukset ovat yleensä vähintään kuusikerroksisia.

Nykyisin puurakentamista hidastaa myös se, että arkkitehdit ja rakennuttajat eivät tunne puurakentamista, asukkaat eivät ole tottuneita puurakenteisiin, kestävyys ja turvallisuus verrattuna betoniin kyseenalaistetaan ja lisäksi maan eteläosissa hyönteistuhot ovat vaarana puutavaralle. Olemassa olevat rakennusmääräykset eivät myöskään ole sisältäneet ohjeistuksia puurakenteille.

Joukko puutuotteiden tuottajamaita, Suomi Ruotsi, Norja, Itävalta, Saksa ja Ranska, ovat ryhtyneet yhteistyöhön puun käytön lisäämiseksi rakentamisessa Kiinassa. Pyrkimyksenä on edistää aktiivisesti puun käyttöä Kiinassa ja myös Japanissa. Kiinassa konkreettisia projekteja ovat olleet seinä- ja kattojärjestelmien käytön edistäminen ja puurakenteiden käsikirjan laatiminen. Lisäksi on pyritty saamaan eurooppalainen lujuuslajiteltu puutavara hyväksytyksi rakentamisessa.

Vaikka valtaosa asuinrakennuksista on kerrostaloja, pientalotkin ovat yleistyneet myös kaupungeissa. Pientaloasutusta syntyi jo 1980-luvulla Shanghaihin, Pekingiin ja joihinkin muihin suuriin kaupunkeihin, mutta niiden lukumäärä pysyi erittäin pienenä. Varsinainen ”pientalobuumi” alkoi 1990-luvun lopulla, kun pientaloa alettiin pitää näkyvänä merkinä asukkaiden taloudellisesta menestymisestä.

#### **4.4.5 Kotien sisustamiseen panostetaan**

Uudet asunnot myydään Kiinassa useimmiten täysin vailla sisäverhouksia ja kiintokalusteita, joten omistajat hankkivat asunnon oston jälkeen sisustuksen lattia-, seinä-, katto- ym. materiaaleista lähtien. Tämän käytännön arvioidaan jatkuvan myös tulevaisuudessa, sillä se antaa asunnon ostajalle mahdollisuuden toteuttaa hankinnoissaan omaa makuaan, aikatauluun ja budjettiaan.

Käytäntö on johtanut myös siihen, että sisustustarvikkeita myyvien yritysten määrä on kasvanut erittäin voimakkaasti. Pekingissä toimiva Ikea on hyvä esimerkki kehityksestä, mutta myös esimerkiksi saksalainen OBI ja englantilainen B&Q ovat tulleet Kiinan markkinoille.

Kiinalaisessa sisustamisessa on suosittu perinteisesti tummaa lehtipuuta. Vaalea puu on kuitenkin alkanut saada jalansijaa. Erään Kiinan suurimpiin lukeutuvan rakennuttajan mielestä Ikean edustama sisustustyyli ja tuotteet merkitsevät kiinalaisen keskiluokan arvostuksessa trendikkyyttä ja huippulaatua. Trendit kuluttajien mieltymyksissä ja arvostuksissa näyttäisivätkin olevan ainakin joidenkin signaalien perusteella kääntymässä pohjoismaisen puutuoteteollisuuden näkökulmasta positiiviseen suuntaan. Ikean tyyppisen tuotannon ja yleensä länsimaisen tyylin nousu asumisen laatuksiksi merkitsevät sen tyyppisiä tuotteita ja tuotantoa, joihin pohjoismaainen puuraaka-aine ja osaaminen soveltuvat.

#### **4.4.6 Kiinan markkinat kiinnostavat muitakin kuin suomalaisia**

Xun (2005) tekemissä asiantuntijahaastatteluissa nousi selvästi esiin se, että Kiinan markkinat ovat suomalaisen puutuoteteollisuuden kannalta lupaava potentiaalinen vientikohde. Kerrostalorakentamisen yleisyys ja puun heikko tunnettuus eivät kuitenkaan tee puun käytön voimakkaasta lisäämisestä runkorakenteissa helppoa. Selvityksen perusteella näyttäisi siltä, että puutuotteille lienee helpompi löytää markkinoita sisäverhouksissa ja muissa pidemmälle jalostetuissa puutuotteissa kuin rakentamisen bulkkituotteissa. Saman johtopäätöksen ovat tehneet esim. Luo ja Perez-Garcia (2001), jotka ovat tutkineet puutuotteiden markkinoita Kiinassa. Sisäverhous yms. tuotteiden käytön lisäämisessä on kuluttajien mielipiteillä suurempi merkitys kuin Euroopassa,

koska uusien asuntojen pintamateriaalit ja kiintokalusteet valitsee kuluttaja eikä rakennuttaja tai suunnittelija kuten usein tapahtuu esimerkiksi Suomessa.

Kiinan markkinat eivät luonnollisestikaan kiinnosta yksin suomalaisia yrityksiä. Yhdysvallat on jo pitkään panostanut aktiivisesti Kiinan puutuotemarkkinoille, ja sahatavaran tarjonta Venäjältä on kasvussa. Kilpailu tulee siis olemaan kireää. Lisäksi markkinoilla on muitakin ongelmia ja riskejä, kuten tuotteiden kopiointivaara, byrokratia ja vieras liiketoimintakulttuuri. Vahvasta kasvutrendistä huolimatta Kiinankin talouskasvu välillä tasaantuu. Talouden voimakas heilahdus alaspäin saattaisi vähentää esimerkiksi rakentamisen määrää tuntuvasti ja aiheuttaa myös yhteiskunnallista rauhattomuutta. Markkinoille pyrkivien yritysten olisi syytä varautua myös tähän riittävin puskurein.

#### **4.4.7 Venäjä muistuttaa markkina-alueena monessa suhteessa Kiinaa**

Metlan ja PTT:n yhteistyönä laaditussa selvityksessä tarkasteltiin suomalaisen puutuoteteollisuuden vientimahdollisuuksia Luoteis-Venäjälle (Flink ym. 2007). Lisäksi selvitettiin alueen talouden ja puutuoteteollisuuden kehitysnäkymiä ja arvioitiin millä puutuotteilla on parhaat menestymisen mahdollisuudet ja mitkä ovat suurimmat ongelmat markkinoille pääsyssä.

Talouden kasvuluvut olivat Venäjällä korkeita vuoteen 2007 saakka, samoin kuin Kiinassa. Talouskasvun arvioidaan myös palaavan nopean kasvun uralle. Rakennussektori oli Venäjän talouden nopeimmin kehittyviä tuotannonaloja ja tuotannon ennustettiin kasvavan edelleen 7–8 prosentin vuotuisella vauhdilla. Rakennussektorin kasvu selittyy ensinnäkin sillä, että lähes kaikki asuin- ja teollisuusrakennukset sekä tiet, ovat olleet huonossa kunnossa ja kaivanneet välitöntä kunnostusta. Toinen syy rakennuspalvelujen kysynnän voimistumiseen on ollut maksukykyisen väestönosan kasvu. Rakennustuotannon kasvu onkin ollut voimakkainta asuinrakentamisen sektorilla sekä tienrakentamisessa.

Venäjän oman sahatavaran tuotanto on kyllä lisääntynyt 2000-luvulla, mutta korkean jalostusasteen tuotteita valmistetaan edelleen vähän. Tämä ja kasvava kysyntä ovat saaneet liikkeelle ulkomaisia yrityksiä. Suuret eurooppalaiset rakennustarvikealan tee-se-itse ketjut ovat avanneet liikkeitä suurimpiin aluekeskuksiin kuten Pietariin ja Moskovaan. Myös Suomessa Venäjä nähdään potentiaalisesti puutuoteteollisuuden kasvavana markkina-alueena. Esimerkiksi Metsäteollisuus ry:n puutuoteteollisuuden skenaario- ja strategiatyöryhmä määritteli tavoiteltavaksi visioksi vuonna 2020 tilanteen, jossa Suomen puutuoteteollisuus on osa menestyvää asumisklusteria lähimarkkinoilla, Venäjällä. Ongelmaksi näillä markkinoilla voi muodostua se, että puusta rakentamisen kulttuuri hävisi lähes kokonaan neuvostoaikana.

Luoteis-Venäjä on suomalaiselle puutuoteteollisuudelle houkutteleva markkina-alue sekä läheisyytensä että nopean talouskasvunsa vuoksi. Valtaosin neuvostoajalta peräisin olevissa rakennuksissa on suuria peruskorjaustarpeita. Myös uudisrakentamisen odotetaan olevan vilkasta, kun väestö keskittyy suurimpiin kaupunkeihin. Talouskasvu ja varallisuuden lisääntyminen asettavat rakentamiselle ja puutuotteiden käytölle entistä korkeampia laatuvaatimuksia.

Luoteis-Venäjän oma puutuoteteollisuus on kehittymässä ja siitä on tulossa merkittävä kilpailija puutuotteita alueelle vieville suomalaisyrityksille. Parhaat vientimahdollisuudet asiantuntijahaastattelujen perusteella on pitkälle jalostetuilla puutuotteilla, kuten rakennuspuusepäntuotteilla ja sisustusmateriaaleilla. Luoteis-Venäjän omaa tuotantoa pidetään hyvin kilpailukykyisenä perustuotteissa kuten sahatavarassa ja puulevyissä. Suurimpia ongelmia viennin kannalta ovat kova kilpailu puutuotemarkkinoilla, markkinatiedon puute ja Venäjän markkinoilla toimimiseen liittyvä byrokraattisuus.

## 4.5 Lopuksi

Metlassa tehdyt puutuotealan teollisia asiakkaita ja kuluttajia sekä uusia markkinoita tarkastelleet tutkimukset auttavat suomalaisia metsäteollisuusyrityksiä pysymään mukana maailman markkinoilla tapahtuvassa kehityksessä ja varautumaan toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Tutkimusten tuloksia on voitu käyttää myös julkisen vallan toimesta tapahtuvaan teollisuuspolitiikan suunnitteluun. Kansallisen metsäohjelman talous- ja työllisyystavoitteiden toteutumisen katsottiin esimerkiksi riippuvan keskeisesti siitä, onnistutaanko puutuoteteollisuuden jalostusastetta nostamaan ja metsäalan pk-yritystoimintaa kehittämään. Kansallinen metsäohjelma edellyttikin, että julkisessa tutkimus- ja kehittämistoiminnassa korostetaan pk-yritystoiminnan tarpeita ja että tutkimuksen lähestymistavaksi vakiinnutetaan “markkinoilta metsään” -tarkastelu. Puurakentamisen kehitystä ja puutuotteiden kilpailukykyä Euroopassa ja uusilla markkinoilla kuvaavia tuloksia voidaan käyttää erityisesti saha- ja jatkojalostusteollisuuden pienten ja keskisuurten yritysten markkinoinnin ja koko toiminnan kehittämiseen sekä toimintaedellytysten parantamiseen.

Tutkimushankkeissa tuotettiin tietoa, joka antaa perusteita sekä metsäteollisuuden strategisille ja muille markkinointipäätöksille että koko metsäsektoria koskeville päätöksille kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Tutkimus antoi aikaisempaa parempia valmiuksia metsäsektorin osapuolille varautua myös markkinoilta tuleviin uusiin haasteisiin toimintaympäristössään.

## Kirjallisuus

- China's imports drive tropical timber trade: Trends in tropical timber markets, 2002-2003. 2003. Julkaisussa: Forest Products Annual Market Analysis 2002-2004. Timber Bulletin - Volume LVI (2003), No.3. UNECE, FAO. Geneva.
- Enroth, R.-R. 2002. Competitiveness of wood products in European building material markets. Rakentamisen visiot Euroopassa ja puun kilpailuetujen hyödyntäminen. Julkaisussa: Paavilainen, L. (ed.). Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998-2001). Final report. Ss. 243-245.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2006. Asiakasrakenteen muutos. Julkaisussa: Suomen puutuoteteollisuus 2020. Skenaario- ja strategiatyön loppuraportti. 2006. Metsäteollisuus ry. Ss. 16, 33-35.
- FAOSTAT. 2009. [verkkodokumentit] <http://www.fao.org/forestry/>
- Flink, A., Järvinen, E. & Toivonen, R. 2007. Northwest Russia: Development of the Woodworking Industry and Opportunities as a Potential Market Area for Finland. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No. 99. 62 s.
- Hirvonen, P. 2002. Puutuotteiden ulkonäön merkitys ostopäätöstä tehdessä. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Metsä- ja puutalouden markkinoinnin koulutusohjelma. Amk-opinnäytetyö. 56 s.
- Järvinen, E., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2001. Competence and image of wood on the German building material markets. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita nro 50. 74 s.
- Järvinen, E., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2002. The German wood products markets. Importance of supplier characteristics. Prospective consumption. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No. 54. 44 s.
- Kempe, M. 1999. Metsäsertifiointi suomalaiskuluttajien ostokäyttäytymisessä. Puumarkkinatieteen pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Metsäekonomian laitos.
- Luo, Juan & Perez-Garcia, M. 2001. China's Housing Market: A Policy Assessment and Outlook for Wood Consumption. Working Paper 83. Cintrafor.
- Mäki, P., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2003. Puutuotteiden vientimahdollisuudet Kiinaan. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja nro 187. 59 s.
- Pakarinen, T. & Turunen, K. 1999. Puuhuonekalujen ja -huonekaluteollisuuden menestystekijät. Joensuun yliopisto. Metsätieteellisen tiedekunnan tiedonantoja 88. 68 s.

- Rämö, A.-K., Toivonen, R., Enroth, R.-R. & Järvinen, E. 2008. Puutuotteiden kasvavat markkinat ja asiakasrakenteet. Puunkäytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibelius-talo 13.11.2008 [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/ramo.pdf>
- Toivonen, R., Hansen, E., Järvinen, E. & Enroth, R.-R. 2005a. The competitive position of the Nordic wood industry in Germany - intangible quality dimension. *Silva Fennica* 39(2): 277–287.
- Toivonen, R., Järvinen, E. & Enroth, R.-R. 2005b. Competitiveness of wood: product quality & new products – ewp products & new markets – China. Metla/PTT project. PowerPoint, 21 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/raija-riitta-enroth.pdf>
- Toivonen, R., Järvinen, E., Enroth, R.-R. & Rämö, A.-K. 2008. Environmental quality of wood products – preliminary study about the UK market. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No 111. 35 s.
- Valtonen, K. 1998. Nainen metsäteollisuustuotteiden kuluttajana. Julkaisussa: Ripatti, P. (toim.). Naiset metsäsektorilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 697: 10–25.
- Valtonen, K. 2005. Puutuotteiden kilpailukyky Suomen kuluttajamarkkinoilla. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 15 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/kari-valtonen.pdf>
- Valtonen, K. 2006. Miksi kuluttajat valitsevat puutuotteen? Puutiede tänään -seminaari, Joensuu 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta -juhlaseminaari. Tiivistelmä, 1 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>
- Valtonen, K. 2008a. Millä perusteella kuluttajat valitsevat puutuotteet? *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2008: 221–224.
- Valtonen, K. 2008b. Millä perusteella kuluttajat valitsevat puutuotteita? Puunkäytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibelius-talo 13.11.2008. PowerPoint, 12 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/valtonen.pdf>
- Valtonen, K., Juslin, H. & Meriluoto, H. 1997. Metsäteollisuuden vihreät kuluttajat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 658. 158 s.
- Xu, Yajun. 2005. Choices of entry modes for Chinese timber markets. Bachelor's thesis in the degree programme of business and administration. Kemi-Tornio Polytechnic Unit. 40 s.

## 5 Uusia puutuoteratkaisuja

*Henrik Heräjärvi, Anna-Kaisa Rämö, Jari Lindblad ja Erkki Verkasalo*

### 5.1 Mänty- ja koivupienpuun käyttömahdollisuudet rakennepuutuotteissa

#### 5.1.1 Johdanto

Suomessa tuotetusta sahatavarasta ja puulevyistä on käytetty rakentamiseen pitkällä aikavälillä tarkasteltuna runsaat kaksi kolmannesta. Erityisesti sahausmäärät ovat voimakkaasti riippuvaisia rakentamisesta sekä kotimaassa että viennin kohdemaissa. Koko Euroopassa on puurakenteisten talojen osuus uusista talonrakennushankkeista keskimäärin 10 % ja betoni- tai tiilirakenteisten talojen osuus noin 90 %. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa runkorakennusmateriaalien osuudet ovat lähes päinvastaiset.

Perinteisellä sahatavaralla on rakennusteollisuuden kannalta muutamia epäedullisia piirteitä. Ensinnäkin, hukkaprosentti talonrakentamisessa on rakennustyömaalla suuri: arviolta vain 70–80 % työmaalle tuodusta sahatavarasta päätyy lopputuotteeseen eli taloon. Toiseksi, sahatavarassa on aina erilaisia teknisiä vikoja ja epäjatkuvuuskohtia, jotka heikentävät sen lujuutta ja kasvattavat siten laskennallisia varmuuskertoimia rakennussuunnittelussa. Sahatavaran lujuus-dimensio suhde onkin vaatimattomalla tasolla muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna.

Mänty- ja koivupienpuun alhainen kantohinta ja harvennusemetsien korkeat korjuukustannukset ja pienet kertymät vähentävät metsänomistajien kiinnostusta harvennushakkuisiin ja pienpuun tavallista heikommat raaka-aineominaisuudet vähentävät sahateollisuuden mielenkiintoa pienpuuta kohtaan. Siksi on perusteltua pyrkiä ohjaamaan pienpuuta käyttökohteisiin, joissa epäedullinen runkomuoto, runsaan oksaisuus ja suurehko nuorpuuosuus eivät pääse vaikuttamaan jalostusprosesseihin ja tuotteisiin. Puutuoteteollisuudessa mainitun kaltaisia käyttökohteita voisivat olla sellaiset tuotteet, joiden valmistusprosessi ei perustu sahaamiseen eikä viiluttamiseen vaan esimerkiksi lastuamiseen ja liimaamiseen.

Rakennepuutuotteilla (Engineered Wood Products, EWP) tarkoitetaan sellaisia puutuotteita, jotka on valmistettu liimaamalla yhteen puulastuja, säleitä, viiluja tai muita pilkottuja puupartikkeleita siten, että tuotteesta on saatu lujuudeltaan, jäykkyydeltään ja kosteuselämiseltään halutunlainen ja massiivipuuta tasalaatuisempi. Puun luontaiset viat ja epäjatkuvuuskohdat on hajotettu pienempiin osiin, ne jakaantuvat tasaisesti tuotteeseen ja siten pienentävät kappaleiden sisäistä ja niiden välistä ominaisuusvaihtelua. Tämä mahdollistaa mm. massiivipuuta kevyempien ja sirompien rakenteiden suunnittelun, pidempien jännevälien käytön ja pienemmät varmuusvarat suunnittelu-arvoihin. Kun tuotteen lujuuden hajonta pienenee, kasvaa sen karakteristinen lujuus. Näin ollen rakennepuutuotteissa samasta raaka-ainemäärästä saadaan käyttöön massiivipuuhun verrattuna



suurempi lujuskapasiteetti. Vaikka sahatavaran ja rakennepuutuotteiden otoksista määritetty lujuuden keskiarvo olisikin sama, voidaan rakennepuutuotteelle käyttää korkeampia laskennallisia mitoitusarvoja, koska sen lujushajonta on pienempi.

Perinteisiä joskaan ei välttämättä rakennepuutuotteiksi miellettyjä tuotteita ovat mm. lastu- ja kuitulevyt, vanerit, viilu- eli kertopuu (Laminated Veneer Lumber, LVL) ja erilaiset liimapuutuotteet. Näissä hyödynnetään pääasiassa järeää tukkia tai järeän tukin jalostuksessa syntyviä sivutuotteita. Toisissa tuotteissa voidaan kuitenkin hyödyntää pien- tai jopa jätepuuta. Liima-aineina rakennepuutuotteiden valmistuksessa käytetään fenoleja, resorsinoleja ja poly-isosyanaatteja, jotka voivat olla joko nestemäisiä tai jauhemaisia. Rakennepuutuotteet ovat osin kilpailevia, osin täydentäviä tuotteita perinteisille puu-, muovi- ja metallituotteille.

Rakennepuutuotteiden teollisen valmistuksen mahdollisuuksia rajoittaa se että monet niistä ovat luonteeltaan tyypillisiä massatuotteita, ja se että kannattavan tuotantolinjan rakentamisen edellytyksenä on suuri kapasiteetti. Tyypillistä massatuotetta OSB-levyä (Oriented Strand Board) valmistavan tehtaan kannattavan tuotannon minimikapasiteetiksi on arvioitu 1000–2000 m<sup>3</sup>/vrk, joka merkitsee noin yhden miljoonan kuutiometrin vuotuista puuraaka-aineen tarvetta. Tämä lienee ollut potentiaalisten markkina-alueiden etäisyyden ohella suurin syy siihen, miksi Suomeen ei ole tehty investointeja OSB-tehtaisiin. Länsi-, Keski- ja Itä-Euroopassa, mm. Ranskassa, Saksassa, Espanjassa, Irlannissa, Puolassa, Bulgariassa, Latviassa ja Skotlannissa, tuotetaan OSB-levyjä runsaalla kymmenellä tehtaalla, yhteensä yli 2 milj. m<sup>3</sup> vuodessa.

Vaikka OSB-levyjä pidetään yleisesti korvaavina tuotteina havuvanereille, tuotteilla on yksi oleellinen ero: OSB-levyä ei voida nykyisellä rakenteella taivuttaa pyöreisiin muotoihin yhtä vapaasti kuin havupuuvaneria tai varsinkaan lehtipuuvaneria. Pohjois-Amerikassa, joka on ollut Aasian ohella perinteistä vanerin käyttöaluetta, voidaan vanerin korvautuminen OSB-levyillä havaita selvemmin kuin Euroopassa, jossa vaneria edullisemmat lastu- ja kuitulevyt ovat olleet suosiossa jo noin 50 vuotta.

Tehtaiden suuren kapasiteettivaatimuksen lisäksi rakennepuutuotteisiin liittyy myös kaupallisia ongelmia. Pohjois-Amerikassa usean eri yrityksen valmistaman viilupuun ongelmana oli pitkään yhtenäisten tuotestandardien puute. Eri valmistajien tuotteet saattoivat käyttäytyä käytössä eri tavoin, vaikka niiden dimensiot ja ulkonäkö olivatkin yhteneväiset. Tämä lienee tyypillistä muillekin puutteellisesti standardisoiduille tuotteille, joilla on useita valmistajia.

Rakennepuutuotteet voivat olla joko valmiita, standardimitoille valmistettuja rakenneosia tai suuria edelleen jatkojalostuksessa käytettäviä aihioita. Erilaisia puolivalmisteiksi luettavia rakennepuutuotteita voidaan yhdistää komponenteiksi, kuten katto- ja lattiarakenteisiin käytettäväksi puisiksi I-palkeiksi tai naulalevyillä toisiinsa liitetyiksi ristikkorakenteiksi. Suurina aihioina valmistettavien rakennepuutuotteiden melko vapaa muotoiltavuus on niille selvä etu.

Nykyisen kotimaisen puutuoteteollisuuden kannalta merkityksellisissä rakennepuutuotteissa, vanerissa ja kertopuussa, hyödynnetään ainoastaan järeää, yli 18 cm:n tukkia. Näiden tuotannossa tarvittavien viilujen valmistukseen tarvitaan hyvälaatuisia sorvitukkeja. Lastuista valmistettavien rakennepuutuotteiden eli OSB-levyjen ja uudempien tuotteiden, joita ovat Oriented Strand Lumber (OSL) ja Laminated Strand Lumber (LSL) raaka-aineeksi kelpaa sen sijaan laadultaan suhteellisen vaatimaton ja samalla vähäarvoinen pienpuu. Lastutetusta pienpuusta valmistettavissa rakennepuutuotteissa raaka-aineen käytön hyötysuhde on parhaimmillaan jopa 70 % kuorettoman puutavaran tilavuudesta, kun se on vastaavasti normaalitukkien sahauksessa yleensä 50–60 % ja pienpuutukkien sahauksessa 40–50 %.

Lastujen oikealla suuntaamisella on suuri merkitys tuotteen jäykkyydelle ja lujuudelle dimensioituaan ei-symmetrisistä lastuista liimaamalla ja puristamalla valmistettavissa rakennelevytuotteissa (OSB) ja palkkituotteissa (OSL, LSL), lastujen materiaalin, eheyden ja tasalaatuisuuden ohella. Lopputuotteen taivutusominaisuudet ovat positiivisessa riippuvuussuhteessa sen tiheyteen. Taivutettaessa suurimmat jännitykset kohdistuvat kappaleen ylä- ja alapintaan. Tämän vuoksi lastujen sirotteluun pyritään saamaan niissä mahdollisimman yhdensuuntaisiksi levyn pituusakselin kanssa ja suuntaissirotelujen pintakerrosten väliin jäävä osa on joko suuntaamatonta lastua tai poikittain pintalastuihin nähden suunnattua lastua. Lopputuloksena on tällöin mahdollisimman jäykkä ja luja ristikkäisrakenne.

PKM-tutkimusohjelman tutkimushankkeessa 3355 Mekaanisen puunjalostuksen uudet jatkojalosteet toteutettiin puuntutkimuksen piirissä Tekesin rahoittama esitutkimus Suomalaisen pienpuun soveltuvuus insinööripuutuotteisiin (hanke 7098, 2002–2003). Tässä tutkittiin, onko suomalaisesta mänty- ja koivupienpuusta mahdollista valmistaa rakennepuutuotteita raaka-aineominaisuuksien ja teknis-taloudellisten hyödyntämismahdollisuuksien perusteella. Näkökulma oli sekä puuteknologinen että liiketaloudellinen. Tutkimukset olivat jatkoa hankkeen 3354 piirissä tehdyille harvennushännyksen hankintaa, sahausta ja raaka-aineominaisuuksia käsitelleille tutkimuksille (luku 2.3) ja hankkeen 3353 piirissä tehdyille harvennuskoiivua sahatavaran ja jalosteiden raaka-aineena käsitelleille tutkimuksille (luku 3.3).

Esitutkimuksen tavoitteet olivat:

- Tutkia pienpuusta valmistettavissa olevien, ei-symmetrisistä lastuista liimattujen rakennepuutuotteiden asettamia vaatimuksia raaka-aineen puuteknisille ominaisuuksille, verrata niitä kotimaisen, harvennushakkuista saatavan mänty- ja koivupienpuuraaka-aineen ominaisuuksiin ja tehdä tämän perusteella arvioita mahdollisista tuotevaihtoehdoista ja tuotteiden käyttökohteista.
- Tutkia laboratoriokokeilla männystä ja koivusta valmistetuista lastuista liimattujen palkkiaihoiden keskeisiä teknisiä ominaisuuksia ja vertailla tuloksia kirjallisuuden perusteella ulkomailla muilla puulajeilla saatuihin tuloksiin.
- Tarkastella mänty- ja koivupienpuun raaka-ainekertymiä valituilla metsäkeskusalueilla sekä raaka-aineen tehdashintaa valituissa käyttöpisteissä.
- Arvioida valittujen rakennepuutuotteiden valmistuksen mahdollisuuksia ja taloutta raaka-aineen tehdashinnan ja tuotteiden markkinahintojen perusteella.
- Kartoittaa rakennepuutuote- ja -tuotantostandardeja sekä tuotesuojauksia.
- Kartoittaa rakennepuutuotteita koskevaa terminologiaa ja tehdä sitä koskevia täsmennys-ehdotuksia.

Tässä tarkastellaan tutkimuksen päätuloksia tuotteiden teknisten ominaisuuksien ja teknis-taloudellisten tuotantomahdollisuuksien näkökulmista. Esitutkimushankkeen loppuraportissa (Heräjärvi ym. 2003) on yksityiskohtaiset tulokset kaikkien tavoitteiden osalta. Tuloksista on informoitu kotimaisia tiedonkäyttäjiä (Heräjärvi 2003, Heräjärvi ja Verkasalo 2003, Puranen ym. 2005) ja niitä on julkaistu myös kansainvälisillä tutkimusfoorumeilla (Heräjärvi 2004, 2006, Heräjärvi ym. 2004; ks. myös Heikkilä ja Heräjärvi 2008).

### 5.1.2 Menetelmät

Rakennepuutuotteiden raaka-ainevaatimuksia tarkasteltiin kirjallisuuden perusteella. Koska haluttiin keskittyä pienpuusta valmistettavissa oleviin tuotteisiin, tarkasteltaviksi tuotteiksi valittiin LSL, OSB ja OSL.

Tutkimuksen empiirisessä osassa määritettiin mänty- ja koivupienpuun eri rungonosista saatavien raaka-aineiden fysikaalisten ja mekaanisten ominaisuuksien olennaiset erot ja arvioitiin soveltuvuutta OSL-palkin tyyppisen tuotteen valmistukseen. Palkit valmistettiin 100 mm:n tavoitepituisista ja 30 mm:n tavoitelevyisistä lastuista eli tyyppillisestä OSB-levyjen raaka-aineesta. Tutkitaviksi ositteiksi valittiin erityyppiset mänty- ja koivupienpuuraaka-aineet ja kohdemuuttujiksi valmiin tuotteen ilmakeiväisyys ja edelleen näiden vasteominaisuuksiksi tuotteen taivutuskimokerroin, taivutusmurtolujuus sekä vesiabsorptio ja paksuus-, leveys- ja pituusturpoamat. Tutkitut raaka-ainelajit olivat:

- Ensiharvennuskönnön pölkkyt, latvaläpimitta vähintään 50 mm
- Järeän könnön latvapölkkyt, latvaläpimitta vähintään 50 mm
- Järeän könnön tyvitukin oksaton pintaosa (100 % pintapuuta)
- Ensiharvennuskönnön pölkkyt, latvaläpimitta vähintään 50 mm
- Järeän könnön latvapölkkyt, latvaläpimitta vähintään 50 mm

Jokaisesta raaka-aine-erästä valmistettiin neljä levyä (900 mm × 450 mm). Levyjen tavoitetheydet puristuksen jälkeen olivat harvennus- ja latvamönnystä valmistetuilla levyillä 600 kg/m<sup>3</sup> (raaka-ainelajit 1 ja 2) ja mäntytykin pintaosasta sekä harvennus- ja latvakönnöistä valmistetuilla levyillä 760 kg/m<sup>3</sup> (raaka-ainelajit 3, 4 ja 5); tavoitetheydet valittiin raaka-ainelajien kuivatiheyden perusteella. Valmistetuista 25 mm:n paksuisista levyistä sahattiin testausta varten koekappaleita seuraavasti: syrjätaivutuskoe, 900 mm × 50 mm, 4 kpl per levyaihio, yhteensä 16 kpl; lapetaivutuskoe, 500 mm × 50 mm, 4 kpl per levyaihio, yhteensä 16 kpl; turpoamakoe, 50 mm × 50 mm, 5 kpl per levyaihio, yhteensä 20 kpl. Kaikista taivutuskoe-kappaleista määritettiin ilmakeiväisyys  $\rho_{12}$  (kg/m<sup>3</sup>) sekä taivutuskimokerroin (MPa) ja taivutusmurtolujuus (MPa) neljän pisteen taivutuskokein. Yhdestä taivutuskoe-kappaleesta per levy määritettiin kosteussuhde. Taivutuskokeet tehtiin standardin SFS-EN 408 mukaisesti. Kimmokerroin (MOE) ja murtolujuus (MOR) mitattiin sekä lape- että syrjätaivutuksessa.

### 5.1.3 Tuloksia

Rakennepuutuotteiden raaka-aineena hyödynnetään maailmalla pääasiassa noin kolmeakymmentä puulajia. Erityisesti lastuista valmistettavista rakennepuutuotteista yleisimpien eli OSB-levyjen valmistuksessa puulajivalikoima on monipuolinen. Yhdysvalloissa OSB-levyjen valmistuksessa käytetään pääpuulajeina yleisimmin haapaa, etelänmäntyä (n. 10 lajia), paperikönnöä, punavaahtera, amerikansatiinipähkinäpuuta ja tulppaanipuuta. Näiden lisäksi käytetään pieniä määriä muita lehti- ja havupuulajeja sekaraaka-aineena. Kanadassa käytetään strobusmäntyä, kuusilajeja, palsamipoppelia ja paperikönnöä sekä maan länsiosissa myös haavan ja banksinmönnön sekoitusta. Aasiassa ja Australiassa käytetään eukalyptuslajeja, jotka poikkeavat teknisiltä ominaisuuksiltaan selvästi muista OSB-levyjen raaka-aineista koska niiden puuaineen tiheys on verraten korkea, ja lisäksi kumipuuta. Skotlannissa ja Ranskassa käytetään mm. metsämäntyä (*Pinus sylvestris*) ja merimäntyä (*Pinus pinaster*).

**Taulukko 1.** Koekappaleiden ilmakeivatiheyden, vesiabsorption ja paksuus-, leveys- ja pituussuunnassa määritetyn kosteusturpoaman (12 %:n kosteussuhteesta täysin vettyneeksi) keskiarvot 20 kappaleen otoksesta määritettynä raaka-ainelajeittain (keskihajonnat suluisissa).

Raaka-ainelaji	Ilmakeivatiheys, kg/m <sup>3</sup>	Vesiabsorptio, %	Turpoama, %		
			Paksuus	Leveys	Pituus
1. Harvennismäntypölkkyt					
Tavoitelastupaksuus 0,5 mm	640 (45)	73,9 (7,1)	17,3 (2,9)	1,0 (0,3)	0,2 (0,2)
Tavoitelastupaksuus 1,0 mm	626 (36)	72,2 (6,1)	15,8 (2,8)	1,3 (0,2)	0,3 (0,2)
2. Järeän männyn latvapölkkyt					
	635 (48)	74,0 (5,9)	20,2 (4,0)	1,2 (0,2)	0,3 (0,2)
3. Männyn tyvitukin pintaosa					
	771 (62)	52,3 (5,0)	18,2 (3,4)	1,6 (0,3)	0,1 (0,2)
4. Harvennuskoivupölkkyt					
	789 (75)	54,0 (6,8)	22,0 (3,8)	2,1 (0,6)	0,4 (0,2)
5. Järeän koivun latvapölkkyt					
	763 (44)	57,7 (5,1)	21,9 (3,3)	1,8 (0,5)	0,4 (0,2)

Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto tutkimuksen empiirisessä osassa valmistettujen koekappaleiden ilmakeivatiheydestä, vesiabsorptiosta ja kosteusturpoamasta. Tiheys vaihteli varsin paljon levyn eri kohdista sahattujen koekappaleiden välillä. Samasta raaka-ainelajista valmistettujen näytteiden tiheysero oli suurimmillaan 275 kg/m<sup>3</sup> ja pienimmilläänkin 125 kg/m<sup>3</sup>. Tärkein syy suuriin tiheysvaihteluihin oli ilmeisesti lastujen epätasainen sirottelu. Toteutuneet tiheydet olivat keskimäärin kuitenkin melko lähellä tavoitetiheyksiä 600 kg/m<sup>3</sup> ja 760 kg/m<sup>3</sup>. Keskimääräinen vesiabsorptio oli noin 20 prosenttiyksikköä pienempi järeän männyn tyvitukin pintaosasta, harvennuskoivusta ja järeän koivun latvasta valmistetuissa levyissä kuin harvennismännystä ja järeän männyn latvaosasta valmistetuissa levyissä. Vesiabsorptio myös pieneni levyn tiheyden kasvessa. Levyn pituus- tai leveysturpoamaan tiheyden kasvulla ei ollut vaikutusta.

Koekappaleiden syrjä- ja lapetaivutuskokeiden tulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 2. Sekä kimmokerroin että murtolujuus kasvoivat kaikilla raaka-ainelajeilla tiheyden noustessa. Tavoitetiheysluokassa 760 kg/m<sup>3</sup> parhaat kimmoisuus- ja lujuusarvot saavutettiin mäntytykin pintapuulastuista valmistetuilla koekappaleilla. Tavoitetiheysluokassa 600 kg/m<sup>3</sup> alhaisimmat tulokset saatiin 1,0 mm:n lastupaksuuden harvennismäntyraaka-aineesta valmistetuilla koekappaleilla. Heräjärven ym. (2003) esittämällä regressioyhtälöillä voidaan laskea koekappaleen lape- tai syrjätaivutuslujuus ja taivutuskimmokerroin valittuun ilmakeivatiheyteen puristettuna, tai käänteisesti, mihin tiheyteen levyaiho pitää puristaa haluttaessa määrätty taivutuslujuus tai taivutuskimmokerroin.

Pyöreän puuraaka-aineen kulutusta OSL-palkin valmistuksessa tarkasteltiin erikseen lapetaivutuslujuusvaatimuksen 40 MPa ja tavoitetiheyden 650 kg/m<sup>3</sup> perusteella (taulukko 3). Puuaineen kuiva-tuoretiheytenä käytettiin tässä männnyllä 400 kg/m<sup>3</sup> ja koivulla 470 kg/m<sup>3</sup>. Tämän jälkeen laskettiin erikseen männnylle ja koivulle raaka-aineen kulutus tuotettavaa palkkikuutiometriä kohden ottaen huomioon arvioitu 40 prosentin raaka-ainehävikki. Halutun 40 MPa:n lapetaivutuslujuuden saavuttamiseksi mäntyraaka-aineesta piti puristaa tiheydeltään 615 kg/m<sup>3</sup> ja koivuraaka-aineesta 720 kg/m<sup>3</sup> levyä.

**Taulukko 2.** Taivutuskoekappaleiden ilmakeivitehtien ( $\rho_{12}$ ), taivutuskimmokertoimen (MOE) ja taivutusmurtolujuuden (MOR) keskiarvot, keskihajonnat ja ääriarvot raaka-ainelajeittain.

Raaka-ainelaji		Syrjätaivutus			Lapetaivutus		
		$\rho_{12}$ kg/m <sup>3</sup>	MOE MPa	MOR MPa	$\rho_{12}$ kg/m <sup>3</sup>	MOE MPa	MOR MPa
1. Harvennismäntypölkkyt							
Tavoitelastu- paksuus 0,5 mm	$\bar{x}$	655	6654	35,5	632	6646	44,7
	s	47	534	5,6	34	541	5,1
	Min	585	5619	23,4	564	5356	32,9
	Max	742	7459	45,3	702	7416	50,5
Tavoitelastu- paksuus 1,0 mm	$\bar{x}$	624	5819	31,6	631	6649	40,2
	s	27	444	2,9	28	548	5,4
	Min	573	4904	25,2	582	5443	29,8
	Max	672	6556	37,9	682	7641	49,3
2. Järeän männyn latvapölkkyt							
	$\bar{x}$	632	6415	32,0	628	6496	41,1
	s	29	383	2,8	29	498	4,8
	Min	565	5497	25,3	592	5670	33,3
	Max	679	7115	35,2	682	7291	50,9
3. Männyn tyvitukin pintaosa							
	$\bar{x}$	795	10121	48,8	771	9727	59,5
	s	48	766	7,9	43	970	11,5
	Min	711	8219	35,2	701	8161	38,1
	Max	912	11104	61,8	837	11351	76,4
4. Harvennuskoivupölkkyt							
	$\bar{x}$	788	8451	42,5	775	8637	51,8
	s	27	1056	8,0	38	969	8,1
	Min	742	5354	24,2	669	6185	29,1
	Max	826	9659	57,3	848	9729	62,2
5. Järeän koivun latvapölkkyt							
	$\bar{x}$	795	7549	37,1	761	7087	43,4
	s	32	694	4,0	34	761	5,4
	Min	751	5868	28,7	673	5286	35,9
	Max	853	8507	44,0	830	8093	53,0

Edellä esitettyjen lähtötietojen perusteella laskettiin OSL-palkkitehtaan teoreettinen puuraaka-aineen kulutus kolmella palkkien tuotantotavoitteella, 10 000, 50 000 ja 100 000 m<sup>3</sup>/a. Mänty- ja koivuraaka-aineen kulutuksessa ei ollut merkittäviä eroja, jos valmistettiin palkkia 40 MPa:n lapetaivutuslujuuden vaatimuksella. Mäntyraaka-ainetta kului sen sijaan noin 17 % enemmän kuin koivuraaka-ainetta, jos valmistetaan palkkia vakioitehteen 650 kg/m<sup>3</sup>; männystä valmistettu palkki oli tällöin noin 15 MPa lujempaa kuin koivusta valmistettu.

Rakennepuutuotteiden valmistus-, logistiikka- ym. kustannusten kattamiseen käytettävissä olevaa teoreettista enimmäiskustannusta tutkittiin tuotteiden markkinahintojen ja raaka-aineen tehdashintojen välisenä erotuksena. Tuotantoketjun kustannusrakenne on esitetty taulukossa 4. Laskelmassa oletetaan, että kuorellisesta puutavarasta päätyy lopputuotteeksi keskimäärin 60 % ja puristuksen jälkeen tuotekuutiometriin tarvitaan 2,5 m<sup>3</sup> raaka-ainetta. Hävikit koostuvat kuorinnan aikaisesta kuoren ja puuaineen hävikistä, ei-kelvollisten lastujen hävikistä tuoreena tai kuivattuna (seulonta), kuivauskutistumasta, kuivan raaka-aineen prosessointihävikistä (pöly yms.) sekä tuotteen mitallistamishävikistä. Ao. tarkastelu voitiin tehdä kohtuullisen luotettavasti vain OSB-levylle ja LSL-palkille, koska vain näistä tuotteista voitiin arvioida sekä markkinahinta että raaka-ainekustannus. OSL-palkin markkinahinnaksi arvioitiin 350 €/m<sup>3</sup>. Puuraaka-aineen kustannuksena käytettiin kaikilla tuotteilla pienpuulle laskettua keskimääräistä tehdashintaa 35 €/m<sup>3</sup>.

**Taulukko 3.** Mänty- ja koivupienpuuraaka-aineen laskennallinen tarve valmistettaessa OSL-palkkia 40 MPa:n lapetaivutuslujuuteen 10 000, 50 000 ja 100 000 m<sup>3</sup>/a (yläosa) ja raaka-aineiden kulutusvertailu valmistettaessa palkkia vakiotiheuteen 650 kg/m<sup>3</sup> (alaosa). Valmiiseen palkkiin oletetaan saatavan 60 % pyöreän puun kuorellisesta tilavuudesta.

Raaka-aine ja tavoitetiheys	Palkin lapetaivutuslujuus MPa	Palkin tuotantomäärä, m <sup>3</sup> /a		
		10 000	50 000	100 000
		Raaka-aineen kulutus, m <sup>3</sup> /a		
Mänty, 615 kg/m <sup>3</sup>	40	25 625	128 125	256 250
Koivu, 720 kg/m <sup>3</sup>	40	25 532	127 660	255 319
Mänty, 650 kg/m <sup>3</sup>	44,7	27 083	135 417	270 833
Koivu, 650 kg/m <sup>3</sup>	29,5	23 050	115 248	230 496

**Taulukko 4.** OSB:n, LSL:n ja OSL:n tuotantokustannusten kannattava maksimitaso (T) ja puuraaka-ainekustannusten suhteellinen osuus (S) tuotteen markkinahinnasta (M, fob) käytettäessä mänty- ja koivupienpuuta tehdashintatasolla (R) 35 €/m<sup>3</sup>.

Tuote	Tuotteen markkinahinta (fob), €/m <sup>3</sup> M	Tuotantokustannusmaksimi, €/m <sup>3</sup> T = M – 2,5R	Puuraaka-ainekustannuksen osuus tuotteen markkinahinnasta, % S = (2,5R / M) * 100
OSB	200	112,5	43,8
LSL	500	412,5	17,5
OSL	350	262,5	25,0

## 5.1.4 Päätelmät

Vakiintuneiden rakennepuutuotteiden (Engineered Wood Products, EWP) kuten kertopuun ja liimapuun käyttö on kasvanut kotimaisessa julkisessa, teollisessa ja osin myös yksityisessä talonrakentamisessa 2000-luvulla. Valmiiden katto-, seinä- ja lattiaelementtien hallitut lujuusarvot ja nopea asennettavuus säästävät kustannuksia ja raaka-ainetta platform- ja pre-cut rakentamisessa perinteiseen sahatavarasta rakentamiseen verrattuna. Rakennepuutuotteet mahdollistavat pait-si laadun tasaisuuden myös puutuotteiden perinteistä monipuolisemman hyödyntämisen, koska mm. lujuus- ja kosteuselämisominaisuuksia sekä dimensioita voidaan säädellä laajasti. Suomessa voitaisiin harkita investointeja lähinnä johonkin OSB-levyä pienemmällä tuotantovolyymilla valmistettavissa olevaan palkkituotteeseen. Jos ryhdytään jatkojalostamaan jo nykyisin Suomessa tuotettavia vanereita, kertopuuta ja massiivisahatavaraa, puiset I-palkit ovat huomattavan kasvupotentiaalin tuoteryhmä. Mainittakoon, että muutamassa vuosikymmenessä I-palkit ovat muuttaneet olennaisesti talonrakennustapaa rakennepuutuotteiden alkukodissa Pohjois-Amerikassa.

Tutkimuksen empiirisessä osassa havaittiin, että suomalaisesta puusta valmistetuista, kooltaan OSB-levylle tyypillisistä lastuista on mahdollista valmistaa lujaa ja jäykkää rakennepuupalkkia. Jos kotimaassa otetaan harkintaan kokonaan uudenlaisen ensiasteen jalosteen tuottaminen, pienpuusta valmistettavissa olevalla OSL-palkilla olisi tämän esitutkimuksen perusteella mahdollisuuksia kannattavaksi tuotteeksi. Tällöin raaka-ainekustannukset muodostavat pienpuuta käytetäessä esimerkkilaskelmien mukaan vain noin 25 % tuotteen arvioidusta markkinahinnasta.

## 5.2 Rakennepuutuotteiden markkinat

### 5.2.1 Tutkimuksen sisältö ja toteutus

Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT ja Metla selvittivät vuosina 2002–2005 rakennepuutuotteiden markkinoita ja kysyntänäkymiä Euroopassa vuoteen 2012. Tutkimus oli osa PKM-ohjelmaa, ja se toteutettiin tutkimushankkeessa 3356 Puun kilpailuetujen hyödyntäminen puutuotteidemme markkinoilla. Tutkimus täydensi puumarkkinatieteellisellä elementillä Metlan puuteknologisia ja liiketaloudellisia tutkimuksia hankkeessa 7098 Suomalaisen pienpuun soveltuvuus insinööripuutuotteisiin (EWP) (luku 5.1). Tulokset on julkaistu kotimaassa (Rämö ym. 2003, 2008, Toivonen ym. 2005).

Rakennepuutuotteet ovat määritelmän mukaan sahatavarasta, lastuista tai viiluista liimaamalla valmistettuja puutuotteita. Ne ovat tasalaatuisia ja niillä on paremmat ominaisuudet ja mittapysyvyys kuivissa tiloissa kuin esimerkiksi sahatavaralla. Rakennepuutuotteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: palkit ja puulevyt. Tässä tutkimuksessa keskityttiin palkkeina käytettäviin tuotteisiin: liimapuupalkki, I-palkki, viilu- eli kertopuu (LVL), ns. pitkälastupuu (LSL) ja ns. tikkupuu (OSL).

Rakennepuutuotteiden markkinoita 2000-luvun alussa selvitettiin sekä asiantuntijahaastatteluin että tilastojen, kirjallisuuden ja internet -hakujen avulla. Tulevaisuuden kysyntänäkymiä kartoitettiin haastatteleamalla saksalaisia rakennusalan asiantuntijoita delfoi-tekniikkaa käyttäen. Haastatteluja tehtiin 13 kpl rakennussuunnittelun, rakentamisen ja tuotevalmistuksen edustajien piirissä, käyttäen puolistrukturoidun haastattelulomakkeen tekniikkaa. Tässä tehtiin kaksi kyselykierrosta syksyllä 2002: 1) henkilökohtaiset haastattelut Saksassa, 2) sähköpostikysely. Lisäksi tehtiin täydentävä kysely viidelle suomalaiselle puutuote- ja rakennusalan asiantuntijalle.

## 5.2.2 Tulokset ja päätelmät

Palkkeina käytettävien rakennepuutuotteiden 6–7 miljoonan kuutiometrin maailmanlaajuiset markkinat olivat 2000-luvun alussa pienet verrattuna sahatavaran kulutukseen (noin 270–280 milj. m<sup>3</sup>). Euroopassa näitä tuotteita käytettiin tuolloin noin 1,4 milj. m<sup>3</sup>/a eli vain 2 % sahatavaran kulutuksesta. Pohjois-Amerikassa käyttö oli vastaavana aikana 4,3 milj. m<sup>3</sup>/a eli noin 4 % sahatavaran kulutuksesta.

Maailmanlaajuisesti Yhdysvallat on suurin rakennepuutuotteiden tuottaja ja kuluttaja. Yhdysvalloissa käytetään valtaosa Pohjois-Amerikan kulutuksesta. Rakennepuutuotteiden käyttö suhteessa rakentamisen volyymiin on Yhdysvalloissa suurempi kuin Euroopassa. Käyttöä on lisännyt järeän, korkealaatuisen tukin väheneminen ja sekä puurakentamisen yleisyys.

Euroopassa rakennepuutuotteiden suurin käyttäjä on Saksa (noin puolet koko Euroopan kulutuksesta) ja käyttö on suurinta myös suhteessa valmistuneisiin asuntoihin (nelinkertaisesti Euroopan keskiarvoon verrattuna). Saksa on Euroopan kärkimaita myös rakennepuutuotteiden, erityisesti liimapuupalkkien tuottajana. Suomessa käytetään rakennepuutuotteita puolet siitä mitä Saksassa suhteessa valmistuneisiin asuntoihin, mutta kulutus on kuitenkin kaksinkertainen Euroopan keskiarvoon verrattuna. Suomi kuuluu myös rakennepuutuotteiden suurimpiin tuottajiin Euroopassa. Suomi on muun muassa Euroopan ainoa meillä kertopuuksi kutsuttavan viilupuun tuottaja.

Rakennepuutuotteiden tärkein käyttöalue on asuntorakentamisessa. Siten erot rakennepuutuotteiden kulutuksessa Euroopan ja Pohjois-Amerikan välillä johtuvat suurelta osalta erilaisista rakentamisen perinteistä ja käytännöistä. Pohjois-Amerikassa noin 90 % asunnoista on puurunkoisia. Keski- ja Etelä-Euroopassa lainsäädäntö ja perinteet suosivat rakentamista tiilestä ja betonista. Sen mukaisesti puurunkoisten asuntojen osuus on vain noin 10 %. Suomessa kaikista taloista puurunkoisia on noin 40 %, mutta puu- tai hirsirunkoisten talojen osuus omakotitaloista on yli 90 %.

Rakennepuutuotteiden käyttö Euroopassa tulee kasvamaan 2010-luvulla, mutta kasvu on hidasta. Käytön kasvua edistävät erityisesti EU:n kiristyneet ja kiristyvät energiamääräykset (puulla hyvä lämmöneristyskyky) sekä ympäristö- ja ilmastokysymysten asettamat vaatimukset, erityisesti elinkaariajattelu ja ekologiset näkökohdat (puu on uusiutuva raaka-aine ja sitoo hiiltä). Lisäksi käyttöä edistävät tarve alentaa rakentamisen kokonaiskustannuksia ja hyödyntää puuraaka-ainetta entistä tehokkaammin. Parhaat kasvuedellytykset ovat pientalorakentamisessa.

Rakennepuutuotteiden käytön kasvua Euroopassa hidastavat erityisesti rakentamista ohjaava lainsäädäntö ja paloturvallisuusmääräykset, jotka suosivat edelleen tiilestä ja betonista rakentamista. Puutuotteiden kilpailijoitaan huonommaksi mielletty säänkestävyys ja rakennepuutuotteiden heikko tunnettuus ovat myös hidasteina. Arkkitehtien ja suunnittelijoiden merkitys on suuri myös rakennepuutuotteita koskevissa materiaalivalinnoissa.

Rakennustuotemarkkinoilla rakennepuutuotteet korvaavat enimmäkseen muita puutuotteita. Puurakentamisessa ne kilpailevat perinteisen sahatavaran, vanerin ja lastulevyn kanssa. Poikkeuksen tekee liimapalkki, joka pystyisi korvaamaan terästä paremman palonkestävyytensä puolesta. Tätä ei kuitenkaan ole huomioitu eri maiden paloturvallisuusmääräyksissä. Nykytasoinen rakennepuutuotteiden käyttö ei vaikuta sahatavaran kulutukseen. Käytön olisi nouseva monikymmenkertaiseksi, ennen kuin sillä olisi sahatavaran kulutusta vähentävää vaikutusta.



## 5.3 Sahapilke – pilkottu polttopuu koivusahan tuotepaletissa

### 5.3.1 Johdanto

Pilkotun polttopuun kasvavat kaupalliset markkinat ja kysynnän lisääntyminen luovat mahdollisuuksia entistä teollisemmalle tuotannolle. Samalla on syntynyt tarve kehittää tehokkaampia ja asiakasystävällisempiä tuotanto- ja toimitusketjuja sekä nykyisiin asuinoloihin soveltuvia polttopuutuotteita. Pilkkeen tuotannossa yksi suurimpia pullonkauloja on pilkkonnan tuottavuus. Perinteiseen, hydraulislilynterillä tapahtuvaan halkaisuun on erittäin vaikeaa saada lisää tehokkuutta. Polttopuun kuivaus on tehotonta ja tasaista toimituskosteutta on vaikeaa saada aikaan. Pakkaus- ja kuljetusjärjestelmät ovat ihmistyötä vaativia eikä pilkkeiden siisteys aina tyydytä kuluttajia.

Sahojen olemassa olevia teknisiä ratkaisuja ja sahaympäristöä voidaan mitä todennäköisimmin hyödyntää nykyistä tehokkaamman pilketuotannon järjestämiseen. Ylivoimaisesti kysytyin pilkepuu on koivu, korkean energiasisältönsä ja hyvien kuivausmahdollisuuksiensa ansiosta. Raaka-ainelogistiikan vuoksi tulevatkin ensimmäisenä kysymykseen koivusahat teollisen pilketuotannon ympäristönä.

Koivusahojen tuotanto ja kannattavuus ovat olleet erittäin haastavia kehityskohteita Suomessa. Tukkien tiukoista laatuksista huolimatta vain osa tuotettavasta sahatavarasta kelpaa arvokkaimpiin jatkojalostustarkoituksiin ja suuri osa päättyy pakkauksiin- tai muihin halpa-arvoisiin loppukäyttöihin. Sahausprosessi sinällään tuottaa tukin tilavuudesta enintään 50 % sahatavaraa, loppu päättyy selluhakkeeksi tai energiantuotantoon. Selluhakkeen hinta ei useinkaan ole ollut sahan näkökulmasta tyydyttävä ja polttihakkeen markkinahinta on vielä alhaisempi, joskin laatuvaatimuksetkin ovat tyystin toisenlaiset. Pilkotun polttopuun suotuisa hintakehitys ja kasvava kysyntä tekevät siitä potentiaalisesti kiinnostavan oheistuotteen myös koivusahoille, ja voivat mahdollistaa niiden tuotepaletin päivittämisen. Tässä tulevat kysymykseen sekä hakkuissa kertyvät, sahaukseen liian pienet ja heikkolaatuiset rungonosat että markkinakelvotonta tai heikkohintaista sahatavaraa tuottavat sahatukin osat.

Koivikoiden harvennuksista odotetaan saatavan jossain määrin myös sahakoivua (tai vanerikoivua), mutta harvennuskertymästä on valtaosa vain kuitupuun mittaista ja laatuista (luku 3.3). Koivukuitupuun kysyntä on vaihdellut jyrkästi sellu- ja paperiteollisuuden markkinatilanteen mukaan, erityisesti tehtaiden puuhuollon katvealueilla. Koivusellun tuotantopisteet ovat myös harventuneet tehtaiden sulkemispäätösten myötä. Metsänomistajienkin kannalta olisi etua koivuleimikoiden kysynnän monipuolistamisesta, jos koivupilkkeiden ja koivusahatavaran yhteistuotanto yleistyisi.

PKM-ohjelman tutkimushankkeessa 3353 Lehtipuun käytön monipuolistaminen tehtiin ns. Sahapilke-tutkimus vuosina 2005–2007, yhteistyössä Metlan ja VTT:n Tekes-rahoitteen yhteishankkeen Uusi pilkkeen käsittelykonsepti valmistuksesta asiakkaalle (Pilkekonsepti) kanssa ja Metlan puuntutkimuksen ja metsäteknologian yhteisenä toimenpiteenä. Tutkimuksen tavoite oli selvittää laskennallisesti ns. sahapilke-konseptin yritystaloudellisen kannattavuuden reunaehdot korkealaatuisen sahatavaran ja korkealaatuisen pilkkeen tuotannon yhdistämisessä. Tässä tutkittiin yhdistetyn tuotantotavan soveltuvuutta harvennusköivikoiden pieniläpimittaisen koivun hankinnan ja pikku- ja normaalitukkien sahauksen kannalta.

Ajatuksena oli, että koivusaha ostaa tukkia lähinnä runkomuotolaadun ja riittävän järeyden perusteella, sahaa tukit tietyillä sahausaseteilla ja erottelee sahatavarasta jatkojalostuskelpoiset saheet ja polttopuiksi päätyvät, ns. sahapilkeaihiot. Ensin tarkasteltiin koivuharvennusleimikoiden hak-

kuukertymän rakennetta ja koivusahan raaka-ainetasetta, jonka jälkeen tehtiin taloudelliset laskelmat vaihtoehtoisten tuotantotapojen raaka-ainetaseiden ja tuotehintojen perusteella. Tulokset on informoitu sekä kotimaisille tiedonkäyttäjille (Sikanen ym. 2005) että kansainväliselle tutkimusfoorumille (Verkasalo ym. 2005, Tahvanainen ym. 2008).

### 5.3.2 Aineisto ja menetelmät

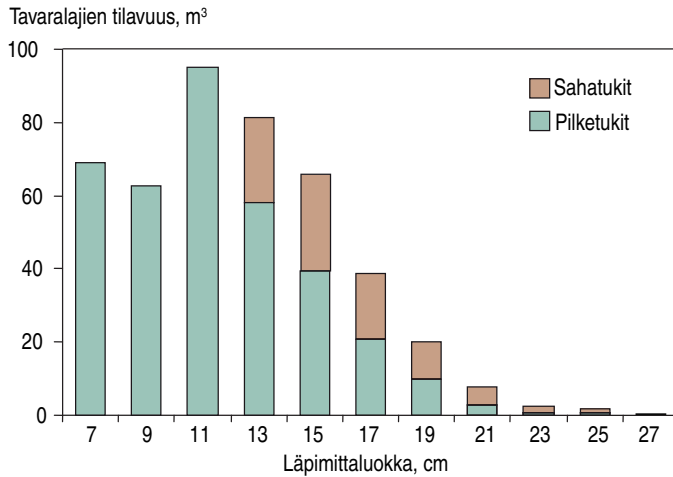
Tutkimuksessa simuloitiin harvennusikäisten koivikoiden puutavarakertymiä vaihtoehtoisilla katkontaohjeilla sekä tuotekertymiä perinteisillä ja perinteisestä poikkeavilla tukkien sahausaseteilla ja lopputuotevaihtoehdoilla. Puutavaralajeina käytettiin normaaleja ja pieniläpimittaisia sahatukkeja ja sahausprosessin kautta polttopuun tuotantoon käytettäviä ns. pilketukkeja. Sahatukeista lankeava hyvälaatuinen sahatavara suunniteltiin tässä toimintamallissa käytettäväksi korkealaatuisten huonekalu- ja sisustustuotteiden raaka-aineeksi ja huonot laatuluokat polttopuuksi. Pilketukit sahattiin lähtökohtaisesti polttopuun tuotantoon suunnitelluilla sahausaseteilla.

Aineistona oli 28 ensiharvennusleimikkoa ja 20 toisen harvennuksen leimikkoa Keski- ja Itä-Suomesta. Aineistot oli kerätty harvennuskoivua sahatavaran ja jalosteiden raaka-aineena käsitellessä tutkimuksissa (ks. luku 3.3). Koivurungot mitattiin ja niiden tekninen laatu todettiin leimikoiden kuvioilta mitattujen koalojen perusteella. Saman mittausaineiston perusteella luotiin myös puiden runkokäyrät apterauksen ja sahauskeskittämistä varten. Leimikot korjattiin mittausten jälkeen ja harvennusohteiden mukaisesti korjattiin 3921 koivua, joiden rinnankorkeusläpimitta ja tilavuus olivat keskimäärin 15,2 cm ja 132 dm<sup>3</sup>.

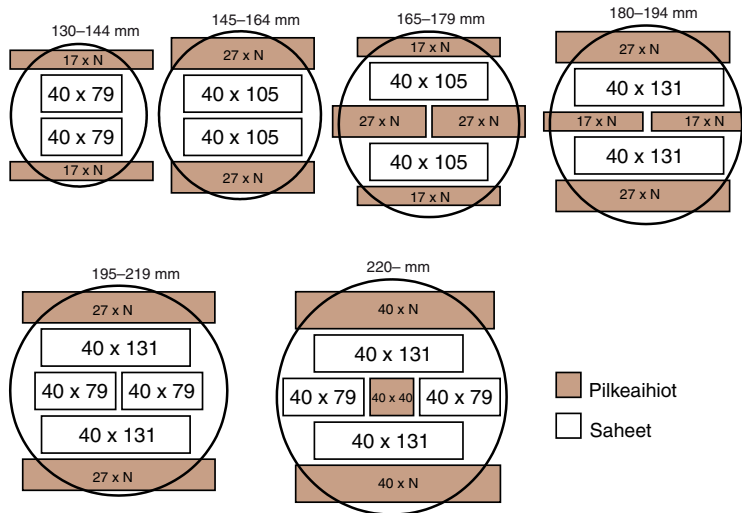
Korjatut rungot jaettiin pystymittausten perusteella tavaralajeiksi apteraussimulaattorilla ja hakkuisa kertyneet pikku- ja normaalitukit sahattiin sahaussimulaattorilla. Tarkasteltavia apterausvaihtoehtoja oli kaikkiaan 5 (taulukko 5). Minimiläpimitta oli vaneritukeilla 18 cm ja sahatukeilla 13 cm sekä tavallisella kuitupuulla ja sahalle varsinaisten tukkien ohella kuljetettavilla ns. pilketukeilla 7 cm. Vaneri- ja sahatukkien pituus vaihteli 2,2 ja 3,3 metrin välillä. Pilketukit erosivat kuitupuusta siten, että ne apteerattiin 2, 3 tai 4 metrin määräpituuksiin. Apterauksen lopputuloksesta on esimerkki kuvassa 1, kun harvennuskoivusta simuloitiin hakattavaksi vain sahatukkeja ja pilketukkeja.

**Taulukko 5.** Koivun puutavaralajit ja niiden dimensiot eri apterausvaihtoehdoissa.

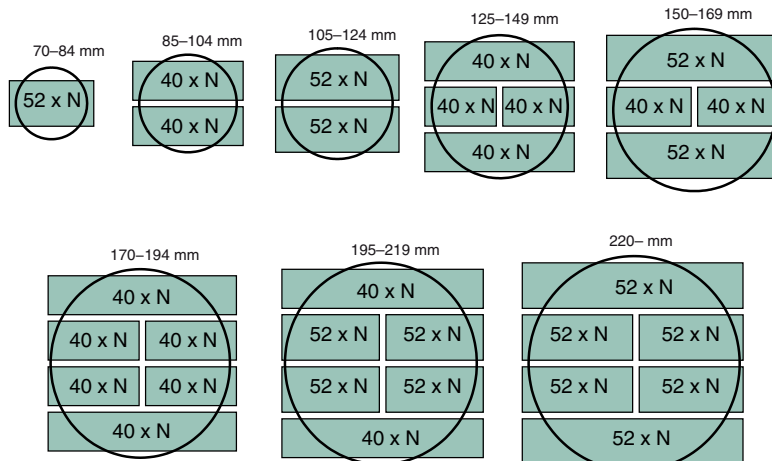
Tavaralaji	Tukin pituus, dm	Vaihtoehto				
		1	2	3	4	5
Vaneritukit	31–61			x		x
Sahatukit	22	x	x	x	x	x
	33	x	x	x	x	x
Pilketukit	20		x			
	30	x	x	x		
	40	x	x	x		
Kuitupuu	27–33				x	x



Kuva 1. Saha- ja pilketukkien tilavuusosuudet latvaläpimittaluokittain apterausvaihtoehdossa 1.



Kuva 2. Sahatukkien sahausasetteet latvaläpimittaluokittain (kuorineen).



Kuva 3. Pilketukkien sahausasetteet latvaläpimittaluokittain (kuorineen).

Sahaus simuloitiin tähdäten korkealaatuiseen ja täyssärmäiseen koivusahatavaraan, jota voidaan jatkojalostaa huonekaluteollisuuden ja sisustustuotteiden valmistuksen tarpeisiin. Pilkeaihioiden sahausessa tavoiteltiin pilkkeille EU/CEN-standardin mukaisia laatuvaatimuksia. Sahausasetteet olivat kuvien 2 ja 3 mukaiset.

### 5.3.3 Tulokset

Puutavaralajien kertymät vaihtelivat vain vähän simuloitujen apteerausvaihtoehtojen välillä. Leimikkotyypin väliset erot olivat kuitenkin suuret: sahatukkien kertymät olivat suurimmat istutuskoivikoissa ja toisissa harvennuksissa ja selvästi pienimmät puhtaissa luonnonkoivikoissa ja ensiharvennuksissa. Simuloitaessa eri apteerausvaihtoehtoja sahatukin kertymäksi saatiin 4–10 m<sup>3</sup>/ha eli 11–16 % koko harvennuspoistumasta ja pilketukin kertymäksi 31–50 m<sup>3</sup>/ha eli 74–76 %. Vaneritukin kertymät eivät olleet merkittäviä järeissäkään läpimittaluokissa vaneritukien tarkkojen laatuvaatimusten vuoksi.

Koivusahan raaka-ainetaseiden tarkempaan tarkasteluun valittiin apteerausvaihtoehdot 1–3 (taulukot 6 ja 7). Sahatavaran saanto vaihteli tukin läpimittaluokittain välillä 24–42 %. Sahausasetteiden valinta ei ollut paras mahdollinen isoille latvaläpimitoille, siksi käyttösuhte oli yli 23 cm:n läpimittaluokissa poikkeuksellisen huono sahatavaran saannon kannalta. Toisaalta kyseisissä läpimittaluokissa oli varsinkin kappaleina mutta myös tilavuutena vain vähän pölkyjä.

**Taulukko 6.** Koivusahatukkien raaka-ainetase latvaläpimittaluokittain (kuorineen), apteerausvaihtoehdot 1-3.

Apteerausvaihtoehto	Latva lpm, cm	Tukkeja, kpl	Tukin kes- kitilavuus, dm <sup>3</sup>	Tukin keskipi- tuus, m	Osuus tukkitilavuudesta, %				Käyttösuhte, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
					Saha- tavara	Pilke- aihiot	Puru	Poltto- hake	Saha- tavara	Sahatavara + pilke
1	13	591	39,5	2,5	40,3	18,8	14,3	26,6	2,74	1,87
	15	505	52,0	2,6	38,4	25,4	13,0	23,2	2,87	1,73
	17	272	66,0	2,6	32,5	31,9	14,2	21,4	3,39	1,71
	19	117	87,5	2,7	36,1	31,2	13,7	19,0	3,06	1,64
	21	46	112,0	2,8	41,2	20,5	12,7	25,5	2,67	1,79
	23	14	125,4	2,6	34,7	31,0	11,5	22,7	3,17	1,68
	25	6	147,2	2,8	31,4	31,1	11,3	26,1	3,51	1,76
	27	3	173,0	2,6	24,9	29,7	10,4	35,0	4,42	2,02
	Kaikki	1554	55,4	2,6	37,3	25,5	13,6	23,5	2,95	1,75
2	13	618	39,2	2,5	40,3	18,8	14,3	26,6	2,74	1,87
	15	518	52,7	2,6	38,4	25,4	13,0	23,2	2,87	1,73
	17	274	66,0	2,6	32,5	31,9	14,2	21,4	3,39	1,71
	19	118	87,1	2,7	35,9	31,3	13,7	19,1	3,07	1,64
	21	47	112,2	2,8	41,3	20,5	12,7	25,4	2,67	1,78
	23	14	125,4	2,6	34,7	31,0	11,5	22,7	3,17	1,68
	25	6	147,2	2,8	31,4	31,1	11,3	26,1	3,51	1,76
	27	3	193,3	2,9	25,5	29,9	10,5	34,2	4,33	1,99
	Kaikki	1598	55,3	2,6	37,4	25,5	13,6	23,5	2,95	1,75
3	13	592	39,5	2,5	40,3	18,8	14,3	26,6	2,74	1,87
	15	505	52,2	2,6	38,4	25,4	13,0	23,2	2,87	1,73
	17	272	65,8	2,5	32,5	31,8	14,1	21,5	3,39	1,71
	19	54	77,5	2,4	35,4	32,4	13,8	18,4	3,11	1,63
	21	17	92,5	2,3	42,3	20,5	12,9	24,3	2,61	1,76
	23	7	102,6	2,2	36,0	31,3	11,6	21,1	3,06	1,64
	25	3	141,3	2,6	30,5	31,0	11,2	27,2	3,61	1,79
	27	2	190,0	2,8	24,3	29,6	10,3	36,0	4,53	2,05
	Kaikki	1452	51,6	2,5	37,3	25,3	13,7	23,7	2,95	1,76

**Taulukko 7.** Koivupilketukkien raaka-ainetase latvaläpimittaluokittain (kuorineen), apteerausvaihtoehdot 1-3.

Apteerausvaihtoehto	Latvalpm, cm	Tukkeja, kpl	Tukin keskitilavuus, dm <sup>3</sup>	Tukin keskipituus, m	Osuus tukkitilavuudesta, %			Käyttösuhde, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
					Pilkeaihiot	Puru	Polttohake	
1	7	3288	21,0	3,34	69,5	8,6	21,9	1,59
	9	2005	31,3	3,53	78,8	9,5	11,8	1,40
	11	2226	42,7	3,54	86,4	7,8	5,8	1,28
	13	950	61,0	3,71	85,2	9,4	5,4	1,29
	15	498	79,2	3,67	84,9	9,4	5,8	1,30
	17	206	100,2	3,67	86,8	7,7	5,6	1,27
	19	81	122,1	3,60	85,7	6,1	8,2	1,29
	21	17	162,7	3,88	87,0	5,5	7,6	1,27
	23	5	172,8	3,60	90,5	4,7	4,8	1,22
	25	4	191,0	3,50	87,3	4,8	7,9	1,26
	Kaikki	9280	38,7	3,50	81,5	8,6	9,9	1,35
2	7	3539	17,2	2,82	70,4	8,7	20,9	1,57
	9	2591	30,9	3,53	78,8	9,5	11,7	1,40
	11	1936	47,7	3,90	85,4	7,9	6,7	1,29
	13	833	65,1	3,94	85,1	9,4	5,5	1,30
	15	518	75,5	3,48	84,8	9,4	5,9	1,30
	17	234	89,7	3,29	86,8	7,7	5,6	1,27
	19	108	103,1	3,06	85,7	6,1	8,2	1,29
	21	19	148,5	3,58	87,2	5,5	7,3	1,26
	23	7	147,0	3,00	89,9	4,7	5,3	1,23
	25	4	177,0	3,25	87,3	4,8	7,9	1,26
	Kaikki	9789	37,1	3,37	81,5	8,7	9,9	1,35
3	7	3286	21,0	3,34	69,5	8,6	21,9	1,59
	9	2009	31,2	3,53	78,8	9,5	11,8	1,40
	11	2221	42,7	3,53	86,5	7,8	5,8	1,28
	13	954	60,9	3,71	85,2	9,4	5,4	1,29
	15	497	79,2	3,67	84,9	9,4	5,8	1,30
	17	204	100,4	3,68	86,7	7,7	5,6	1,27
	19	79	121,9	3,61	85,5	6,1	8,4	1,29
	21	17	162,6	3,88	87,0	5,5	7,6	1,27
	23	4	179,0	3,75	90,5	4,7	4,7	1,22
	25	4	191,0	3,50	87,3	4,8	7,9	1,26
	Kaikki	9275	38,6	3,49	81,5	8,6	9,9	1,35

Sahapilkekonseptin yritystaloudellista kannattavuutta arvioitaessa laskettiin sahaussimuloinnin perusteella saadun raaka-ainetaseen mukaisille tuotteille arvot ja verrattiin jalostuksessa luotua arvonlisää ”pilkesahauksen” ja perinteisen sahauksen välillä (taulukot 8 ja 9). Puutavaran läpimittaluokissa 13–27 cm pilkesahauksella saavutettiin arvonlisää 2,0–5,5 €/tukki-m<sup>3</sup> sahatukkien sahauksessa ja 12–18 €/tukki-m<sup>3</sup> pilketukkien sahauksessa. Sahapilkekonsepti tuotti lisäarvoa sahatukeille 5–12 €/sahatavara-m<sup>3</sup> ja pilketukeille 20–27 €/sahatavara-m<sup>3</sup>. Sahauksen kustannuksia ei tässä otettu huomioon. Konseptin käyttöön ottoa koskevassa päätöksenteossa on tarkasteltava rinnakkain tuotantokustannuksia ja arvonlisää, ja tuotantokustannukset vaihtelevat paljon eri sahalaitosten ja sahausteknologioiden välillä.

**Taulukko 8.** Sahatukkien tuotteiden arvo raaka-ainekuutiometriä kohti latvaläpimittaluokittain (kuorineen) käytettäessä perinteistä sahausta ja "pilkesahausta" sekä aikaansaatu arvonlisä per raaka-ainekuutiometri apteerausvaihtoehdossa 1.

Läpimitta- luokka, cm	Tukkeja, kpl	Sahatavara	Pilkeaihiot	Puru (pilke)	Polttohake	Kuori	Puru	Selluhake	Pilke- sahaus	Normaali sahaus
Yksikköhinta, €/tukki-m <sup>3</sup>										
									*Arvonlisä, €/m <sup>3</sup>	
13	591	68,5	9,8	2,0	5,2	2,3	1,7	11,0	45,4	43,5
15	505	65,3	13,2	1,8	4,5	2,3	1,5	12,0	44,9	41,2
17	272	55,3	16,6	2,0	4,2	2,3	1,7	13,4	38,0	32,7
19	117	61,3	16,2	1,9	3,7	2,3	1,6	12,5	43,2	37,8
21	46	70,1	10,6	1,8	5,0	2,3	1,5	11,2	47,5	45,1
23	14	59,0	16,1	1,6	4,4	2,3	1,3	13,6	41,2	36,3
25	6	53,4	16,2	1,6	5,1	2,3	1,3	14,6	36,2	31,7
27	3	42,4	15,5	1,5	6,8	2,3	1,2	17,0	26,1	22,9

\* Sahatukin tehdashinta (40 €/m<sup>3</sup>) vähennettiin tuotehinnasta lisäarvolaskelmassa.

**Taulukko 9.** Pilketukkien tuotteiden arvo raaka-ainekuutiometriä kohti latvaläpimittaluokittain (kuorineen) käytettäessä perinteistä sahausta ja "pilkesahausta" sekä aikaansaatu arvonlisä per raaka-ainekuutiometri apteerausvaihtoehdossa 1.

Läpimitta- luokka, cm	Tukkeja, kpl	Pilkeaihiot	Puru	Polttohake	Yhteensä	
Yksikköhinta, €/tukki-m <sup>3</sup>					*Arvonlisä, €/m <sup>3</sup>	
7	3288	36,2	1,4	3,3	40,9	11,9
9	2005	40,7	1,5	1,8	44,0	15,0
11	2226	45,0	1,1	0,9	47,0	18,0
13	950	43,3	1,6	0,8	45,7	16,7
15	498	44,2	1,3	0,9	46,4	17,4
17	206	45,0	1,2	0,7	47,0	18,0
19	81	44,2	1,3	0,9	46,4	17,4
21	17	45,0	1,1	0,9	47,0	18,0
23	5	46,6	1,0	0,5	48,1	19,1
25	4	45,1	1,0	0,9	47,1	18,1

\* Pilketukin tehdashinta (29 €/m<sup>3</sup>) vähennettiin tuotehinnasta lisäarvolaskelmassa.

### 5.3.4 Johtopäätökset

Sahapilkekonsepti vaikuttaa tuotantomenetelmänä lupaavalta keinolta monipuolistaa koivusaahan tuotevalikoimaa ja vakauttaa kannattavuutta suhdanne- ja kysyntäsykliin yli. Menetelmään liittyy kuitenkin suuria teknisiä haasteita ja tuotannollisen toiminnan käynnistäminen edellyttää lisätutkimuksia, mm. tuotantoprosessin pullonkaulat tulisi määrittää esimerkiksi simuloimalla.

Sahapilkkeen eli kahdelta sivulta mitallistetun polttopuun tuotannon edut perinteiseen pilkkeen valmistukseen verrattuna kohdentuvat materiaalin käsittelylogistiikkaan tuotanto-, kuivaus-, pak-

kaus- ja jakeluprosesseissa. Myös polttopuun käsittelyn yksinkertaistuminen asiakkaan omassa käyttöpaikassa, mm. perinteistä pilkettä helpompi pinoaminen ja vähäisempi roskaaminen, voivat olla positiivisia myyntitekijöitä kaupungistuville puulämmittäjille.

Pilkkeiden tuotanto koivusahan yhteydessä on harkinnan arvoinen vaihtoehto sekä sahaajan, puuhankkijan että metsänomistajan näkökulmista. Se tuo ennen kaikkea uusia mahdollisuuksia harvennusköivun käyttöön. Köivun sahauksessa perinteisten lopputuotteiden arvo on kuitenkin niin korkea, ettei pilkeaihioiden tuotantoa kannata lisätä niiden tuotannon kustannuksella. Pilkeyrittäjän ja köivun sahaajan yhteistoiminnassa on nähtävissä selviä synergiaetuja. Siksi puunhankinnan ja tuotannon integroimista kannattaa harkita, kun siihen on olemassa tekniset, logistiset, organisatoriset ja tuotemarkkinoiden mahdollisuudet.

## **5.4 Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla**

### **5.4.1 Johdanto**

Metla ja Metsäteollisuus ry. ovat käyneet eri yhteyksissä keskusteluja puutuotealaa koskevien ympäristösuorituskyvyn osatekijöiden tarkastelemiseksi tutkimuksen keinoin vuodesta 2005. Ensimmäiset keskustelun käytiin Puutuotealan elinkeinopoliittisen ohjelman valmistelun yhteydessä, ja niitä jatkettiin tämän jälkeen PKM-ohjelman ohjausryhmässä. Konkreettinen avaus tapahtui vuonna 2007, jolloin Metlan puuntutkimusryhmä suunnitteli Joensuun Tiedepuisto Oy:n / Pohjois-Karjalan osaamiskeskuksen kanssa valmisteluhankkeen 7291 Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla. Hanke toteutettiin PKM-ohjelmassa vuosina 2007–2008 Valtakunnalliseen osaamiskeskusohjelmaan 2007–2013 kuuluvien Asumisen osaamisklusterin ja Uusiutuva metsäteollisuus -klusterin yhteisenä toimenpiteenä.

Hankkeen tavoitteena oli määritellä ympäristösuorituskyky-teeman aihealue ja kartoittaa ympäristösuorituskyvyn tutkimustarpeita ja hyödyntämismahdollisuuksia puutuotteiden ja -rakentamisen kannalta. Hankkeessa tehtiin kirjallisuusselvityksiä ja asiantuntija- ja yrityshaastatteluita aiheen yleiskuvan muodostamiseksi ja normituksen ja standardisoinnin tilan, prosessien, mittarien ja laskeutamenetelmien selvittämiseksi ja tutkimustiedon läpikäymiseksi. Lisäksi kartoitettiin yleisiä mielikuvia pientalo- ja korjausrakentajille ja asumisen kuluttajille suunnatuilla postikyselytutkimuksilla yhteistyössä Rakennustutkimus RTS Oy:n kanssa. Hankkeen tulokset on raportoitu Pohjois-Karjalan osaamiskeskukselle (Verkasalo ja Matala 2008) ja niitä on esitelty julkisissa seminaareissa (Matala 2008, Toivonen 2008).

### **5.4.2 Mitä on ympäristösuorituskyky**

Hyvä ympäristösuorituskyky määritellään yleisesti tuotteen tai yrityksen mahdollisimman vähäisenä resurssien käyttönä suhteessa tuotettuun hyötyyn. Yrityksen ympäristösuorituskykyä voidaan mitata ympäristökertoimien avulla suhteuttamalla tuotantotehokkuuden hyödyt ympäristöasioiden hallinnan tasoon. Ympäristösuorituskyvyn arviointi koostuu toimintojen, prosessien sekä tuotteiden ja niiden raaka-aineiden aiheuttamien ympäristökuormitusten ja ympäristövaikutusten arvioinnista.

Puutuotteilla voidaan arvioida ympäristösuorituskykyä mittaamalla erilaisia ympäristövaikutuksia raaka-aineen hankinnassa (metsänkasvatus, hakkuut, kuljetukset), tuotteiden valmistuksessa ja jake- lussa (esim. haitallisten aineiden päästöt) ja lopulta tuotteiden käytössä (esim. energian käyttö talo-

jen lämmityksessä ja ilmastoinnissa) ja kierrätyksessä (esim. rakennuksen osien uusiokäyttö valmistusmateriaaleina tai energianlähteenä). Arvioitavia asioita voivat olla hiilen sitoutuminen (hiilinielu), materiaalien kulutus, energiankulutus, syntyvät jätteet ja muut vaikeammin määriteltävät vaikutukset (esim. metsäluonnon monimuotoisuuteen).

Esimerkkinä puutuotteiden ja ympäristösuorituskyvyn asiayhteydestä voidaan esittää Rakennustuotteiden ympäristöselostestandardi (CEN/TC350), jossa ympäristöindikaattoreita ovat:

#### Ympäristövaikutukset

- Ilmaston muutos; kg CO<sub>2</sub> ekv
- Otsonikerroksen tuhoutuminen; kg R11 ekv
- Happamoituminen; kg SO<sub>2</sub> ekv
- Rehevöityminen; kg PO<sub>4</sub> ekv
- Alailmakehän otsonin muodostuminen; kg Ethen ekv
- Uusiutumattomien materiaaliressurssien häviäminen; kg Fe ekv

#### Ympäristönäkökohdat

- Uusiutuvien materiaalien käyttö; kg
- Uusiutuvien energiavarojen käyttö, primäärienergia; MJ
- Uusiutumattomien energiavarojen käyttö, primäärienergia; MJ
- Ongelmajätteet; kg
- Jätteet; kg
- Radioaktiivinen jäte; kg

Ympäristösuorituskykyyn voidaan liittää myös teemoja, jotka liittyvät materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksiin ja kuntoon vuorovaikutuksessa käyttöympäristön kanssa sekä materiaalien, tuotteiden ja asumisympäristön erilaisiin vaikutuksiin taloissa asuvien ja valmistusketjussa mukana olevien ihmisten kannalta. Tällaisia ovat ennen kaikkea pitkäaikaiskestävyys (lahon-, sään-, kulutuksen-, säteilynkesto, korjattavuus, kierrätettävyys) ja käyttö- ja asumisturvallisuus (esim. sisäilman terveellisyys).

### 5.4.3 Kirjallisuustutkimus ja asiantuntija- ja yrityshaastattelut

Valmisteluhankkeen pääjohtopäätöksensä voidaan todeta standardisoinnin ja rakennusmääräysten sekä asumisen kuluttajien arvostusten olevan keskeisessä asemassa, kun yritykset harkitsevat ympäristösuorituskyvyn ja sen osatekijöiden tuotteistamista. Rakentamisen ja rakennustuotteiden ympäristösuorituskyvyn standardisointityö on parhaillaan käynnissä Euroopan tasolla. Standardit luodaan kolmelle tasolle: 1) puitetaso (mitä arvioidaan), 2) rakennustaso, 3) tuotetaso. Tuotetason standardit koskevat kaikkia rakennustuotteita samoilla kriteereillä (sis. joitakin erikoissääntöjä). Ne ovat lähteneet kommentointikierrökselle eri maiden toimikuntiin ja ovat tulossa valmiiksi vuonna 2011. Tuotetason standardit muodostavat pohjan rakennustason standardille, joka tulee hyväksyttäväksi lähivuosina. Tässä on siis tarkoitus luoda koko elinkaaren kattava arviointi sisältäen vaiheet valmistusmateriaalien hankinnasta lopputuotteen käyttöön ja sen jälkeen niiden hävittämiseen tai kierrättämiseen.

Ympäristösuorituskyvyn standardisointi on siis edelleen kesken, mutta rakennustuotteiden mitattavia ominaisuuksia tulevat ilmeisesti olemaan vaikutukset ilmastonmuutokseen, otsonikerrokseen, happamoitumiseen, rehevöitymiseen, alailmakehän otsonin muodostumiseen ja uusiu-



tumattomien materiaaliressurssien häviämiseen, ja näiden lisäksi uusiutuvien materiaaliressurssien käyttö, uusiutuvien ja uusiutumattomien energiavarojen käyttö, ongelmajätteet, radioaktiivinen jäte ja muut jätteet. Puutuotteiden kannalta useimmat näistä ovat positiivisia verrattuna kilpaileviin materiaaleihin, mutta yllättäen esimerkiksi ilmastonmuutosvaikutus eli hiilinielun merkitys riippuu huomattavan paljon siitä, miten se lasketaan ja sisällytetäänkö raaka-aineiden tuotanto- tai muodostumisvaihe mukaan laskentaan.

Yritys- ja asiantuntijahaastatteluihin pyrittiin saamaan haastateltaviksi kotimaisen puutuoteteollisuuden ja puurakentamisen asiantuntijoita ja käytännön toimijoita, ja lisäksi rakennussuunnittelun ja tutkimuksen edustajia. Haastattelut toteutettiin vapaina haastatteluina käyden läpi yhdeksän teemaa luotaavaa kysymystä. Yhteensä tehtiin 14 haastattelua. Haastatteluissa nousi esille seuraavia näkemyksiä:

- Puulle myönteisiä piirteitä ovat uusiutuvuus, materiaalin valmistuksen alhainen energiankulutus, ilmastomyönteisyys ja vähäinen jätteiden syntyminen.
- Puun osalta kasvihuonekaasujen päästövähennykset ovat suurempia, jos se käytetään rakentamiseen energiakäytön sijaan.
- Hiilensidonta on keskeinen argumentti puun rakennuskäytössä ja energiakäyttömahdollisuus jätteenkäsittelyssä.
- Standardisointityössä ovat ilmastonmuutosvaikutukset ja uusiutumattomien materiaalien häviäminen tärkeimpiä puulle hyödyllisiä ympäristösuorituskyvyn indikaattoreita.
- Ei ole yhdentekevää mistä puu on peräisin, esim. suomalainen puu ja kaukoidän puu on ympäristövaikutuksiltaan erilaisia.
- Käytännön rakentamisessa toimitaan määräysten kautta eli lähinnä minimitaso toteutetaan.
- Ympäristövaikutuksia hyödynnetään markkinoinnissa, mutta ongelmana on rajaamattomuus ja yhteisten kriteerien puute. Tilanteessa voi kukin toimija käyttää haluamiaan argumentteja eli ilmoittaa oman tuotteen kannalta edulliset tekijät. Faktatietoja ei voida tosiasiasa hyödyntää vertailuissa.
- Tiedottaminen kuluttajille voitaisiin hoitaa paremmin, esim. Joutsenmerkki-tyyppinen järjestelmä todentamaan asioita.
- Kuluttajien suhtautuminen ympäristösuorituskykyasioihin on myönteistä, mutta käytännön ostopäätösten teossa tilanne on toinen.
- Ympäristöystävällisen tuotteen on toimittava käytössä yhtä hyvin kuin saastuttavamman kilpailijan, jolloin vasta ympäristöasioilla voi olla merkitystä.

Puutuoteteollisuuden nykyisiä tuoteryhmiä, joiden tuotekehityksessä ja markkinointiviestinnässä puun ja puutuotteiden ympäristösuorituskykyä voidaan hyödyntää, voivat olla:

- valmistalot ja hirsirakennukset, joiden osalta olennaista on rakennuksen koko ympäristösuorituskyvyn ketju eri osatekijöineen;
- sisustustuotteet eli lattia-, seinä- ja kattomateriaalit ja huonekalut, joissa teemoina ovat esimerkiksi tuotteiden kulutuskestävyys ja helppohoitoisuus ja sisäilman terveellisyys;
- ulkorakentamisen tuotteet kuten ulkovuoraukset, porrarakenteet yms., joissa pääteemana on sään- ja lahonkestävyys;
- pihapiiri- ja ympäristörakentaminen, jossa teemoina ovat sään- ja lahonkestävyys, terveellisyys, turvallisuus ja yleinen pitkäaikaiskestävyys.

Ympäristösuorituskyvyn tuotteistaminen on toimialalla ja varsinkin yrityksissä vielä melko kaukana, harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta (hirsitalot ja -mökkit, leikkikenttä rakenteet, kylästetyt puutuotteet (tietyin varauksin)). Tässä vaiheessa korostuu asioiden todennettavan mittaamisen kehittäminen ja sitä tukevan faktatiedon tuottaminen ja testaaminen. Puun myönteisiä mielikuvia uusiutuvana, olemukseltaan luonnonmukaisena ja lämpimänä ja ympäristöystävällisenä materiaalina voidaan kuitenkin hyödyntää jo nyt. Kilpailevien rakennusmateriaalien tuottajat ovat esittäneet jo aiemmin omista lähtökohdistaan tekemiensä määritelmien mukaisia numerotietoja, joten näiden vastineeksi olisi pystyttävä esittämään tutkimuksen tuottamaa todellista tietoa puun ja puutuotteiden ympäristömyönteisyydestä rakentamisessa, rakennuksissa ja miljöössä.

#### 5.4.4 Asumisen kuluttajien ja pientalo- ja korjausrakentajien mielikuvat

Rakennustutkimus RTS Oy liitti hankkeen toimeksiannosta kevään ja kesän 2008 aikana tekemiinsä Omakotirakentaja-, Lomarakentaja- sekä Suomi Asuu – postikyselytutkimuksiin ympäristösuorituskykyteemaa kartoittavia kysymyksiä. Nämä suunniteltiin Metlan hankevastaavan, JoensuunTiedepuisto Oy:n / Pohjois-Karjalan osaamiskeskuksen kehityspäällikön ja Rakennustutkimus RTS Oy:n edustajan yhteistyönä. Kyselyiden vastaajamäärät olivat seuraavat: omakotirakentajat n.1200 kpl, lomarakentajat n. 1000 kpl, Suomi Asuu -kuluttajat n. 2500 kpl.

**Taulukko 10.** Asumisen ja rakentamisen päätöksentekoon liittyviin kysymyksiin myönteisen vastauksen antaneiden vastaajien osuudet eri kyselytutkimuksissa – omakotirakentajat, lomarakentajat ja Suomi Asuu –kuluttajat (satunnaistaloudet) (Toivonen 2008).

	Omakotiuudis- rakentajat, %	Lomarakentajat, %	Satunnais- taloudet %
Puun käyttöä rakentamisessa tulisi lisätä ympäristösyistä	42	56	68
Rakentamisessa tulisi käyttää vain uudistuvia luonnonvaroja	32	35	52
Rakentamisessa tulisi käyttää vain alkuperältään varmennettuja luonnonvaroja	39	35	58
Rakentamisessa tulisi käyttää vain mahdollisimman paljon hiiltä sitovia materiaaleja	14	19	25
Rakentamisessa tulisi käyttää vain mahdollisimman energia- tehokkaita ratkaisuja	51	45	78
Valitsen rakentamiseen mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittavia tuotteita	37	43	71
Olisin valmis maksamaan esim. 5 % enemmän ympäristöä säästävistä rakennusratkaisuista	28	30	56
Vastaajamäärä	1222	1027	2470

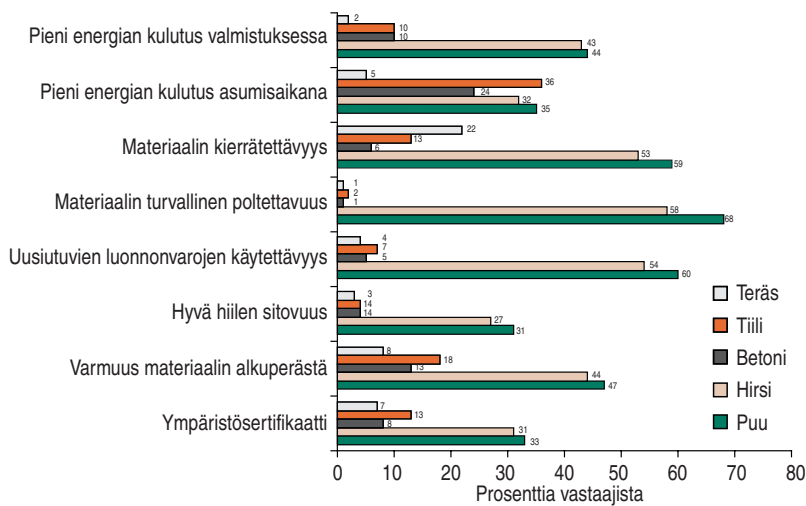
Kyselytutkimusten päätulokset on tiivistetty taulukkoon 10 ja kuviin 4 ja 5. Pääjohtopäätökset kyselyistä voidaan kiteyttää seuraavasti:

- Konkreettisia rakentamispäätöksiä tekevät henkilöt eivät näe ympäristöasioita yhtä merkittävänä kuin “keskivertoasujat”.
- Puumateriaaleihin liitetään myönteisiä ympäristömielikuvia.
- Kivitalon rakentaneet näkevät ympäristökriteerit omassa valinnassaan tärkeämpinä kuin puutalon rakentaneet.

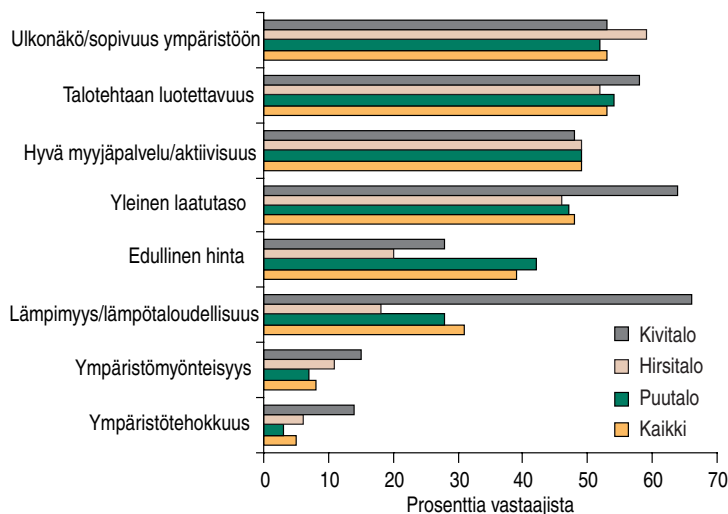
### 5.4.5 Johtopäätöksiä

Standardisointi ja rakennusmääräykset sekä asumisen kuluttajien arvostukset ovat keskeisessä asemassa, kun yritykset harkitsevat ympäristösuorituskyvyn ja sen osatekijöiden tuotteistamista. Puutuotteiden ilmastohyötyjen realisointi ei kuitenkaan toteudu kuluttajien valinnoilla vaan enemminkin säännösten kautta.

Voidaan väittää, että ympäristösuorituskyvyn tuotteistamiseen ei ole tämän hetkiselällä tiedolla suuria edellytyksiä puutuotealalla tai puurakentamisessa. Ihmiset kyllä liittävät puumateriaaleihin ja -tuotteisiin positiivisia mielikuvia, mutta ympäristöasioiden merkitys ihmisten tekemissä käytännön valinnoissa on pienehkö, ja todellisuudessa muut asiat kuten käytettävyys, laatu, erilaiset muodit ja hinta ratkaisevat. Näiden asioiden ollessa kilpailukykyisiä voi osa kuluttajista mieltää ympäristömyönteisyyden eduksi valitessaan tuotteita.



**Kuva 4.** Ympäristösuorituskyvyn osatekijöiden eri rakennusmateriaaleihin liittymistä koskeneisiin kysymyksiin myönteisen arvion antaneiden vastaajien osuudet Suomi Asuu –kuluttajakyselyssä (satunnaistaloudet) (Toivonen 2008).



**Kuva 5.** Ratkaisevat talomerkin valintaan vaikuttaneet tekijät Omakotirakentajat –kyselyssä vastaavien valitseman talotyypin mukaan (Toivonen 2008).

Puutuotteiden- ja rakentamisen ympäristömyönteisyyden lisätodentaminen tutkimukseen perustuen on jatkossa tarpeen, ja tämän tiedon esille tuominen selvässä muodossa on tärkeää markkinoilla menestymiseksi. Etenkin hiilensidontakysymykset ovat puutuotteiden kannalta positiivinen mahdollisuus edellyttäen, että puutuotteiden ominaisuudet saadaan todennettua luotettavasti ja kaikille materiaaleille yhteiset laskentamenetelmät saadaan määriteltyä puun kannalta oikeudenmukaisesti erityisesti talonrakentamisessa.

Kaksi valmisteluhankkeessa ilmennyttä tutkimus- ja kehittämiskokonaisuutta, jotka tulisi toteuttaa kiireellisesti ympäristösuorituskyvyn hyödyntämiseksi puurakentamisen ja puutuotealan kannalta ovat seuraavat:

- Standardien ja lainsäädännön tehtyä tarkempi läpikäyminen siten, että näkökulmana olisivat puutuoteyritysten ja puurakentamisen todelliset tarpeet, mahdollisuudet ja rajoitteet. Painotus olisi standardien ja normien antamien erityismahdollisuuksien arvioinnissa kilpailukyvyille, tuotteistamiselle ja liiketoiminnan kannattavuudelle eri puutuoteryhmien kannalta, joko omana projektinaan tai etujärjestöjen/yritysten prosessina.
- Puurakennuksen hiilitaseen laskentamenetelmät ja käyttökelpoiset työkalut, jatkona vertailut kilpaileviin materiaaleihin perustuvien rakennusratkaisujen kanssa. Laskennan ja analyysin tulee kattaa puunkäytön koko kierto (ml. myös metsät).

## **5.5 Puun käytön laaja-alaistaminen ja maakunnallinen toiminta**

### **5.5.1 PuuOske-toiminta**

Metla osallistui vuosina 1999–2006 Puutuotealan osaamiskeskuksen (PuuOske) toimintaan koordinaattorina osaamisalueella Puun käytön laaja-alaistaminen (Verkasalo ja Kärki 2002, Verkasalo ja Kärnä 2007). Toiminta organisoitiin ja toteutettiin PKM-ohjelmassa koordinointi- ja tiedonsiirto-hankkeen alla, samannimisenä hankkeena (7117). Ohjelmajohtaja oli hankkeen johtajana ja osaamisalueen koordinaattoreina toimivat Timo Kärki (1999–2001) ja Jari Kärnä (2002–2006). Toiminnan rahoitus tuli valtioneuvoston osaamiskeskusohjelmasta maa- ja metsätalousministeriön kautta.

PuuOske käynnisti toimintansa 1.6.1999. Osaamiskeskus syntyi puutuotealan tutkimus- ja kehittämistoimintaa harjoittavien julkisten organisaatioiden yhteistyönä. Useimmista muista valtioneuvoston hyväksymään osaamiskeskusohjelmaan kuuluneista osaamiskeskuksista poiketen PuuOsken toimintatapa oli jo perustamisvaiheessa määritelty valtakunnalliseksi verkostoksi, joka muodostui useista osaamisalueista. Ne verkottuivat keskenään sekä PuuSuomi-ohjelman alueellisten toimijoiden ja yritysten kanssa. Verkostoon kuuluivat Suomen kaikki teknilliset yliopistot (silloin korkeakoulut) ja tutkimuslaitokset ja ammattikorkeakoulut, jotka harjoittivat erityisesti puutuotteiden tutkimus- ja kehittämistoimintaa sekä Oulun, Vaasan, Helsingin ja Joensuun yliopistot, Metla ja Taideteollinen korkeakoulu, kukin omine yhteistyökumppaneineen; laajimmillaan verkostoon kuului 55 toimijaa (Paajanen ym. 2007).

Osaamisalueet ja niiden vastuorganisaatiot on esitetty kuvassa 6. Metlan koordinoima osaamisalue edusti tässä verkostossa erityisesti puutuotealan linkkiä puunhankintaan ja metsätalouteen sekä puutuotealan pienten ja keskisuurten yritysten kenttään, ja näihin liittyvin tutkimus- ja kehittämiskysymyksiin (Verkasalo ja Kärnä 2007). Puun käytön laaja-alaistaminen teki yhteistyötä erityisesti laadukkaan asumisen ja muotoilun, uusien liiketoimintakonseptien ja modernin puukaupungin ja rakennusjärjestelmien osaamisalueiden kanssa (Paajanen ym.2007).



Osaamisalueiden koordinaattorit:

Moderni puukaupunki ja rakennusjärjestelmät:	Oulun yliopisto
Laadukas asuminen ja muotoilu:	Taideteollinen korkeakoulu
Liiketoimintalähtöisen teknologian kehittäminen:	Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Puun käytön laaja-alaisuus:	Metsäntutkimuslaitos
Julkinen rakentaminen ja järjestelmät:	Tampereen teknillinen yliopisto
Uudet liiketoimintakonseptit:	Vaasan yliopisto
Kehittäjäfoorumi:	Teknillinen korkeakoulu

**Kuva 6.** Puutuotealan osaamiskeskuksen verkostot ja osaamisalueet koordinaattoreineen (Paajanen ym. 2007).

PuuOskea isännöi Wood Focus Oy ja pääkoordinaattoreina olivat sen kestoaikana TkT Pekka Peura, TkT Mika Leivo, TkT Leena Paavilainen ja arkkitehti Riku Patokoski. Lisäksi kullakin seitsemästä osaamisalueesta oli oma koordinaattorinsa.

PuuOsken tärkeä yhteistyökumppani oli Puu-Suomi-ohjelma ja sen 19 hankeaktivaattoria. Aktivaattoreiden tehtävänä oli määritellä ja koota yhdessä vastuumaakuntansa yritysten ja osaamiskeskuksen kanssa kehityshankkeita, joihin PuuOske-verkoston toimijat tarjosivat oman osaamisalueensa tutkimus- ja kehitystoiminnan asiantuntemusta. Toimintaprosessi oli vuorovaikutteinen, sillä tutkijoilta puuttuu usein osaamista yritysten liiketoiminnasta ja muusta operatiivisesta toiminnasta ja vastaavasti yritykset eivät riittävästi tunne uusia tutkimustuloksia ja tutkimuspainotuksen kehitystyön eri vaiheita. Metla osallistui ohjelmakauden alusta lähtien PuuSuomi-verkostoihin Pohjois-Karjalassa ja Lapissa. Metla oli PuuSuomi-ohjelmakauden loppuvaiheessa myös maakunnallisena aktivaattorina Pirkanmaalla (ks. luku 5.5.2).

*PuuOsken toiminnan tärkein tavoite oli liittää yritysten taitopainotteinen ja tutkijoiden tietopainotteinen osaaminen toisiinsa tutkimus- ja kehittämishankkeissa (Paajanen ym. 2007):*

- tarjoamalla hankkeille sekä uutta että vakiintunutta tietoa yrityksille sopivassa muodossa
- tuottamalla koko liiketoimintaketjuun kohdistuvia tutkimus- ja kehittämispalveluja
- yhdistämällä eri osaamisen alueita ja vahvistamalla näin uusien liiketoimintojen syntymistä
- vahvistamalla osaamisen perustaa ja pitämällä huolta osaajien määrästä ja laadusta
- vahvistamalla yritysten ja tutkijoiden välistä yhteistoimintaa ja alan kehittämiskulttuuria

PuuOsken toiminta jakautui vuosina 1999–2006 neljään eri jaksoon:

- *1999–2000 Kotimainen yhteistyö*: verkoston rakentaminen, painopistealueiden kiteyttäminen ja yhteistyön toteuttaminen
- *2001–2002 Tekemiseen tietämistä – tietämiseen tekemistä*: painopisteisiin sitouttaminen ja kotimaisen toiminnan suuntaaminen alueiden mukaiseksi
- *2003–2004 Kansainvälinen toiminta*: kansainvälisen toiminnan käynnistäminen
- *2005–2006 Verkoston vakiinnuttaminen*: osaaminen osaksi kansainvälistä liiketoimintaa

PuuOsken toiminnan suuntaamiseksi laadittiin vuonna 2002 Puutuotealan osaamiskeskuksen itsearviointi – Puulla parempiin päiviin. Sen tuloksia käytettiin osaamiskeskuksen toiminnan edelleen kehittämiseen mm. osaamisalueita yhdistävien integroitujen hankkeiden käynnistämiseksi (Hirvensalo ym. 2002). Uuden osaamisen kehittämisessä osaamiskeskus teki yhteistyötä Wood Wisdom-ohjelman kanssa osallistumalla ohjelman toteutukseen ja eri hankkeisiin. Esille nousevat uuden osaamisen tarpeet suuntasivat myös osaamisalueiden toimijoiden omien yksiköiden toimintaa. Osaamiskeskuksille asetettujen tavoitteiden ja alan kansainvälistymistavoitteiden edistämiseksi PuuOske tehosti yhteistyötä puutuotealan eurooppalaisten ohjelmien ja osaamisalojen eurooppalaisten toimijoiden kanssa. PuuOsken toimijoita oli mukana mm. suomalais-ruotsalaisessa Wood Material Science and Engineering ohjelmassa ja toimijat osallistuivat useisiin eurooppalaisen tutkimusyhteistyön COST-hankkeisiin.

PuuOsken toimijat osallistuivat aktiivisesti Forest-Based Industry Technology Platformin (FTP) strategisen tutkimusagendan valmistelutyöhön sekä eurooppalaisen WoodWisdom-net tutkimus- ja kehittämisohjelman hankeaihioiden valmisteluun. Valtioneuvosto teki 17.3.2005 periaatepäätöksen puun käytön ja puurakentamisen edistämisestä. Toimijat osallistuivat aktiivisesti siihen liittyvän puutuotealan elinkeinopoliittisen ohjelman ja puurakentamisen edistämisohjelman valmisteluun.

PuuOske tähtäsi toiminnallaan tukemaan nimenomaan yritysten toimintaedellytysten parantamista. Yhteydet yritysasiakkaisiin hoidettiin PuuOsken suorien asiakaskontaktien kautta.

*PuuOsken konkreettiset päätehtävät olivat* (Hirvensalo ym. 2002):

- tiedon siirto yrityksille ja osaajille; osaamisalueiden koordinaattorit tiedonsiirtäjinä
- uuden osaamisen kehittäminen tehostamalla taloudellisten osaajien organisoitumista kehityshankkeille; hankkeiden valmistelu yhteistyöverkoston avulla ja liittäen soveliaita tahoja hankkeisiin
- yritysten puutuotealan kehittäjien osaamisen tasosta huolehtiminen; kehittäjäfoorumi vastuutahona ja hyödyntämässä muita osaamisalueita
- puurakentamisen esimerkkikohteiden synnyttäminen; näillä osaamista yrityksiin ja puurakentamiselle paremmat markkinat, tämän jälkeen vakiintunut tuotanto

*Puun käytön laaja-alaistaminen -osaamisalueen toiminta* keskittyi kahden ensin mainitun päätehtävän alueelle. Käytännössä toiminta kohdentui lähinnä 1) yhteistyöverkoston rakentamiseen ja ylläpitämiseen, 2) teema-alueittaisten seminaarien ja muun tiedonsiirtotoiminnan järjestämiseen ja 3) yhteishankkeiden valmisteluun ja rahoituksen hankinnassa avustamiseen.

Osaamisalueen toimijaverkoston muodostivat seuraavat 18 tutkimus- ja kehittämisorganisaatiota (Verkasalo ja Kärnä 2007):

- Helsingin yliopisto / metsävarojen käytön ja metsäekonomian laitokset
- Hämeen AMK / Evon yksikkö
- Joensuun Tiedepuisto Oy / Puuteknologiakeskus Puugia
- Joensuun yliopisto / metsätieteellinen tiedekunta ja kemian laitos
- Jyväskylän yliopisto / soveltavan kemian osasto
- Keski-Pohjanmaan AMK / Centria Tutkimus & Kehitys
- Kymenlaakson AMK / puutekniikka
- Lahden AMK / puutekniikka
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto / puutekniikan laboratorio
- Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus / kemian laboratorio
- Metla / Joensuun yksikkö ja muut yksiköt
- Mikkelin AMK / YTI-tutkimuskeskus
- Oulun yliopisto / Kajaanin mittalaitelaboratorio
- Pohjois-Savon AMK ja ammatillinen instituutti
- Seinäjoen AMK / SeiTek
- Työtehoseura / TTS Wood
- VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka / puutekniikka
- Åbo Akademi / metsäntuotteiden kemian laboratorio

Puun käytön laaja-alaistamisessa olivat puutuotealan substanssipohjaisina painopistealueina: 1) lehti- ja erikoispuiden raaka-aineet ja käyttö, jalostusprosessit ja teollisuus sekä tuotteet ja markkinat, 2) pien- ja harvennuspuun raaka-aineet, käyttö ja teollisuus sekä tuotteet ja markkinat, 3) puutuoteollisuuden sivutuotteet ja puumateriaalitekniikan osaaminen ja sovellukset (puukemia ja puufysiikka). Näiden painopistealueiden ympärille rakentuivat teemat, joissa käsiteltiin puuraaka-aineen uusien ja vaihtoehtoisten käyttöalueiden teknis-taloudellisia sekä tuote- ja markkinalähtöisiä kysymyksiä.

Toiminnalla myötävaikutettiin pien- ja lehtipuun käytön kannattavuuden parantamiseen ja käytön lisääntymiseen sekä modifiointi- ja komposiittiratkaisujen käyttöönottoon pk-puutuoteollisuudessa. Toiminnan tueksi pystyttiin osoittamaan uusia raaka-ainemahdollisuuksia ja tuote- ja prosessikehityksen kohteita sekä markkinointiargumentteja ja segmentoitumisen tarpeita puutuotealan yrityksille. Lisäksi vaikutettiin julkishallintoon ja rahoittajiin puutuotealan pk-sektorin ja sen kehittämismahdollisuuksien huomioimiseksi elinkeinoelämää koskevassa päätöksenteossa.

Osaamisalueen yksi keskeinen toimintamuoto oli *pienryhmätoiminnan organisointi ja ylläpitäminen*. Kaikilla painopistealueilla järjestettiin pienryhmäkokouksia asiantuntijaorganisaatioiden ja alan kärkiyritysten edustajien kesken. Kullakin painopistealueella järjestettiin 1–3 toimijoiden ja yritysten edustajien kokousta vuodessa, osa julkisina seminaareina ja osa puutuotealan valtakunnallisten ja alueellisten tapahtumien yhteydessä. Osallistujia oli kokouksissa yleensä noin 15–20 henkeä. Kokouksissa esitettiin ajankohtaiskatsauksia kulloisestakin teemasta, verkoston jäsenten omasta tutkimus- ja kehittämistoiminnasta ja puutuotealan yritysten mielenkiinnon kohteista ja näkymistä. Kokousten avulla luotiin myös pohjaa uusien yhteishankkeiden suunnittelua varten. Varsinkin toimintakauden loppupuoliskolla osaamisala osallistui myös useisiin Laadukas asuminen ja muotoilu sekä Uudet liiketoimintakonseptit –osaamisalojen järjestämiin pienryhmäkokouksiin.

Puun käytön laaja-alaistaminen osallistui keskeisesti seuraavien kotimaisten *yhteishankkeiden ja konsortioiden suunnitteluun ja käynnistämiseen* (Verkasalo ja Kärnä 2007):

- Harvennusmännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen
- Pohjoiskarjalaisen huonekaluteollisuuden raaka-aineen hankinnan toimintamallit
- Erikoispuun erottaminen muista puuvirroista
- Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin
- Modernin puurakentamisen raaka-aineen hallinnan, hankinta-, jalostus- ja jakeluketjujen, tuotantotalouden ja pk-yritystoiminnan kehittäminen (yhdessä Moderni puukaupunki -osaamisalan kanssa)
- Piensahojen menestystekijät ja sahayrittäjien taloudellinen osaaminen
- Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta
- Puurakentamisen yritysten menestystekijät muuttuvassa kilpailuympäristössä (yhdessä Moderni puukaupunki ja Uudet liiketoimintakonsepti -osaamisalojen kanssa)
- Venäjän tuontipuun laatu ja käyttömahdollisuudet
- Harvennuspuun sahauksen ja kaupallisen energiapuun tuotannon yhdistäminen
- Puun mahdollisuudet piha- ja ympäristörakentamisessa (yhdessä Moderni puukaupunki ja Laadukas asuminen -osaamisalojen kanssa)
- Puun säröefektit ja niiden syyt, mekanismit, mittaus ja taloudellinen merkitys
- Puutuoteaihioiden ja tukkien kuvamittaus

Lisäksi osallistuttiin useiden muiden hankkeiden toimintaan *ohjaus- ja asiantuntijaryhmien* kautta. Osaamisalan koordinaattori ja hankkeen johtaja osallistuivat hankkeen toiminta-aikana kymmeneen puutuotealan seminaareihin ja kehittämistilaisuuksiin, useisiin kutsuttuna puhujana.

*Tutkimus- ja kehittämistiedon jalkauttaminen* erilaisten seminaarien muodossa oli osaamisalan keskeistä toimintaa. Lisäksi osallistuttiin mm. PKM-ohjelman tutkimuspäivien järjestämiseen sekä esiteltiin osaamisalaa Metsä ja puu -messuilla Metlan osastolla useana vuonna. Osaamisalueella annettiin vuosittain akateemista syventävää opetusta erikoiskursseilla Teknillisessä korkeakoulussa ja Helsingin ja Joensuun yliopistoissa ja amk-opetusta Keski-Pohjanmaan ja Pohjois-Karjalan amk:ssa. Opetuksen ohella tehtiin yliopistojen opinnäytetöiden tarkastusta ja ohjausta useisiin väitöskirjoihin ja pro graduihin.

Ohjelmakaudella laadittiin kymmeniä artikkeleita ammattilehtiin sekä osallistuttiin erilaisten tutkimus- ja kehittämishankkeiden raporttien laatimiseen. Toimintaan kuuluivat lisäksi esitelmät erikoispuun käyttäjille ja hankkijoille, erikoispuutuotteiden valmistajille ja markkinoijille, puuntuottajille, yritysten ja julkisorganisaatioiden tutkimus- ja kehittämisvastuullisille tahoille, julkisille päättäjä- ja rahoitusorganisaatioille sekä puuntuottajille. Lisäksi annettiin erillisistä pyynnöistä asiantuntijalausuntoja yritysten kehittämishankemuksista julkisrahoittajille ja markkinointi- ja hankintakysymyksistä suoraan puutuotealan yrityksille.

*Kansainvälinen yhteistyö ja verkottuminen* tiivistyivät suunnitelmien mukaisesti ohjelmakauden jälkipuoliskolla. Erityisesti osallistuttiin puutuotealan pohjoismaisen yhteistyöverkoston laajentamiseen hyödyntäen suomalais-ruotsalaista Wood Material Science and Engineering Research Programme -ohjelmaa, jossa oltiin mukana kolmen konsortion käynnistämässä ja seurannassa. Lisäksi osallistuttiin kahden ruotsalaisen tutkimusohjelman ohjausryhmiin ja kahden SNS-yhteishankkeen käynnistämiseen.



Toiminnan lisääntyvään kansainvälistymiseen on jatkossa hyvät edellytykset, sillä linkittymistä puutuotealan eurooppalaiseen yhteistyöverkostoon edistettiin osallistumalla seuraavien COST-hankkeiden johto- ja työryhmätoimintaan maaedustajina: E30 Economic integration of urban consumers' demand and rural forestry production, E42 Growing valuable broadleaved tree species, E44 Wood Processing Strategy, E53 Quality control of wood products. Samalla osallistuttiin metsä- ja puutuotealan kansainvälisiin seminaareihin ja konferensseihin tällä osaamisen alueella, mm. COST- ja IUFRO-toiminnan yhteydessä.

Ohjelmatyössä osallistuttiin työryhmäjäsena Forest Based Industries – European Technology Platform -yhteisön Strategic Research Area -ohjelman valmisteluun Wood Products -teemassa ja Metsäsektorin kansallisen tutkimusohjelman (NRA) sisällön muotoiluun metsätalouden ja puutuotealan osalta. Samalla luotiin edellytyksiä hyödyntää WoodWisdom -Net -ohjelman ja EU:n 7. puiteohjelman tarjoamia mahdollisuuksia osaamisalan tutkimus- ja kehittämistoiminnassa lähivuosina.

*Osaamisalueen toiminta jatkuu uudella osaamiskeskusohjelmakaudella 2007–2013 Uusiutuva metsäteollisuus - Forest Industry Future -osaamisklusterissa ja osin Asumisen osaamisklusterissa (luku 8.3, ks. myös luku 5.4).*

## **5.5.2 Pirkanmaan puutoimialan toimenpideohjelma**

Metla otti Pirkanmaan metsäkeskuksen aloitteesta vuonna 2006 suunniteltavaksi hankeaihion puutuotetoimialan maakunnallisen toimintastrategian muodostamiseksi Pirkanmaalle. Maakunnallisten päättäjien keskuudessa oli koettu yhtenäisen toimialastrategian puute selväksi haitaksi puutuotealan pitkäjänteiselle kehittämiselle, erityisesti EU:n ohjelmakauden alkaessa. Maakunnassa toimii noin 300 puutuotealan yrittäjää ja toimialan työllistämisaikutus on alueellisesti merkittävä, mutta yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan haasteisiin vastaaminen koettiin puutteelliseksi. Asian toteuttamiseksi käynnistettiin Parkanon toimintayksikössä erityinen hanke vuonna 2007 (7227 Pirkanmaan puutoimialan toimenpideohjelma 2007–2013, johtaja Jori Uusitalo ja koordinaattori Heikki Korpunen). Hankkeen päärahoittaja oli Pirkanmaan TE-keskuksen ALMA-rahasto, muina rahoittajina Parkanon Säästöpankki ja Salorinteen säätiö, Luoteis-Pirkanmaan ja Ylä-Pirkanmaan seutukunnat.

Strategiatyö kohdistui puutuotealan pk-yrityksiin Pirkanmaalla, ja toteutettiin haastattelemalla noin 40 puutuotealan yrittäjää. Haastatteluissa selvitettiin yrityskohtaiset kehittämistarpeet sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Samalla selvitettiin myös yrittäjien näkemyksiä toimialan tilasta ja tulevaisuuden haasteista. Yrityshaastatteluiden tulosten perusteella määriteltiin neljä tärkeintä toimenpidekokonaisuutta toimialan kehittämistyölle:

- henkilöstön ja liikkeenjohdon koulutuksen järjestäminen,
- verkottumisen ja markkinoinnin edistäminen,
- tuotekehityksen ja investointien aktivointi, ja
- maakuntien välisen yhteistyön edistäminen.

Strategiatyön tavoitteena on Pirkanmaan puutuotealan kilpailukyvyn parantaminen ja kasvuhaikusten yritysten tukeminen pitkällä aikavälillä (Korpunen 2006). Hankkeen toimesta toteutettiin yhtenä kärkitoimenpiteenä rakennussahatavaran INSTA-142 lujuuslajittelukurssi. Hankkeen koordinaattori oli hanketyön ohella Pirkanmaan maakunnan PuuSuomi-aktivaattorina (ks. luku 5.5.1). Hankkeen muu sisältö, ks. Markkola ja Korpunen (2008).

Pirkanmaan puutoimialan strategiatyön toteuttamista jatkaa Metlan PUU-ohjelmaan kuuluva Elinvoimainen puuverstas -hanke (luku 8.3).

## Kirjallisuus

- Heikkilä, K. & Heräjärvi, H. 2008. Stiffness and strength of 45x95 mm beams glued from Norway spruce using 8 different structural models. Julkaisussa: Gard, W.F. & van de Kuilen, J.W.G. (eds.). End user's needs for wood material and products. Proceedings of COST E53 Conference, 29th-30th October 2008, Delft, The Netherlands. Delft University of Technology. Ss. 271–280.
- Heräjärvi, H. 2003. Lastuista lupaavia puutuotteita. Puumies 6: 20–22.
- Heräjärvi, H. 2004. Static bending and swelling properties of strand-made beams of *Pinus sylvestris* and *Betula* sp. Julkaisussa: Morlier, P. & Morais, J. (eds.). Proceedings of the Third International Conference of the European Society for Wood Mechanics. Ss. 9–15.
- Heräjärvi, H. 2006. Static bending and swelling properties of strand-made beams of *Pinus sylvestris* and *Betula* sp. Julkaisussa: Morlier, P., Morais, J. & Dourado, N. (toim.). Proceedings of the Third International Conference of the European Society for Wood Mechanics (ESWM), 5–8 September 2004. Printed by UTAD, Vila Real, Portugal. Ss. 3–10.
- Heräjärvi, H., Jouhiahho, A., Tammiruusu, V., Nuutinen, T., Väärä, T. & Verkasalo, E. 2003. Mänty- ja koivupienpuun käyttömahdollisuudet rakennepuutuotteissa (EWP). Tekesin osarahoittaman esiselvityshankkeen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 890. 59 s. + liitteet 2 s.
- Heräjärvi, H., Jouhiahho, A., Tammiruusu, V. & Verkasalo, E. 2004. Small-diameter Scots pine and birch timber as raw materials for engineered wood products. International Journal of Forest Engineering 15(2): 23–34.
- Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2003. Puita, puutuotteita ja tutkimusta läntisessä Pohjois-Amerikassa. Puumies 1: 4–8.
- Hirvensalo, R., Leivo, M., Saarenmaa, L. & Sihvonen, M. 2002. Puulla parempiin päiviin – Puutuotealan osaamiskeskuksen itsearviointi. 48 s. Puutuotealan osaamiskeskus / Wood Focus Oy, Helsinki.
- Korpunen, H. 2006. Pirkanmaan puutuotealan kehittämiseen vauhtia. Metlan valtakunnallinen tiedote, 24.11.2006. 1 s.
- Markkola, J.-M. & Korpunen, H. 2008. Yrittäjyyttä metsästä ja puusta. Julkaisussa: Vuosikertomus 2006. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon toimintayksikkö. Ss. 26–27.
- Matala, J. 2008. Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s., PowerPoint, 18 s. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/matala.pdf>
- Paajanen, T., Patokoski, T. & Saarenmaa, L. (toim.). 2007. Tekemiseen tietämistä – tietämiseen tekemistä. Puutuotealan osaamiskeskuksen toimintakertomus 1999–2006. 75 s. Puutuotealan osaamiskeskus / Wood Focus Oy, Helsinki.
- Puranen, A., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2005. Modernia rakennustuoteollisuutta Saksassa ja Itävallassa. Puumies 4: 2–5.
- Rämö, A-K., Järvinen, E., Toivonen, R. & Enroth, R-R. 2003. Rakennepuutuotteiden tulevaisuus Saksan markkinoilla. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita N:o 64. 72 s.

- Rämö, A.-K., Toivonen, R., Enroth, R.-R. & Järvinen, E. 2008. Puutuotteiden kasvavat markkinat ja asiakasrakenteet. Puunkäytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo 13.11.2008. Abstrakti, 3 s., PowerPoint, 20 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/ramo.pdf/>
- Sikanen, L., Verkasalo, E., Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Heräjärvi, H. & Lindblad, J. 2005. SAHAPILKE – Polttopuu koivusahan tuotevalikoimassa. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 18 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiiva/henrik-herajarvi.pdf/>
- Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Sikanen, L., Heräjärvi, H., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2008. Combined production of sawn timber and firewood billets at a birch sawmill in Finland: A simulation approach. *Wood Material Science and Engineering* 3(1–2): 1–11.
- Toivonen, J. 2008. Ympäristösuorituskyky rakentajien valintaperusteina ja mielikuvissa 2008. Tulosraportti. Syyskuu 2008. Rakennustutkimus RTS Oy. 34 s.
- Toivonen, R., Järvinen, E. & Enroth, R.-R. 2005. Competitiveness of wood: product quality & new products – ewp products & new markets – China. Metla/PTT project. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 21 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiiva/raija.riitta-enroth.pdf/>
- Verkasalo, E. & Kärki, T. 2002. Diversification of wood utilisation. Tiivistelmä: Puun käytön laaja-alalaistaminen. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Marttila, S. (eds.). Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998–2001). Final Report. Report 3/2002. Ss. 435–437.
- Verkasalo, E. & Kärnä, J. 2007. Puun käytön laaja-alalaistaminen. Julkaisussa: Paajanen, T., Patokoski, T. & Saarenmaa, L. (toim.). Tekemiseen tietämistä - tietämiseen tekemistä. Puutuotealan osaamiskeskuksen toimintakertomus 1999–2006. Ss. 37–44. Puutuotealan osaamiskeskus / Wood Focus Oy, Helsinki.
- Verkasalo, E. & Matala, J. 2008. Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla. Valmisteluhankkeen loppuraportti, 9.5.2008. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö. 6 s.
- Verkasalo, E., Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Sikanen, L., Heräjärvi, H. & Lindblad, J. 2005. Wood fuels in birch saw mills' product palette in Finland. Julkaisussa: Asplund, D. (toim.). Bioenergy in Wood Industry 2005, 12.-15.9.2005 –Book of Proceedings. FINBIO Publications 32: 243–250.

## 6 Puuraaka-ainevarannon arvopotentiaali – leimikoiden arvon vaihtelu ja ennustaminen sekä laatupuun saatavuus

*Jukka Malinen, Harri Kilpeläinen, Tapio Wall ja Erkki Verkasalo*

### 6.1 Johdanto

Puunhankinta ja ensiasteen jalostus ovat kehittyneet 2000-luvulla entistä asiakas- ja tuotelähtöisemmiksi, jolloin hankintaorganisaation on pystyttävä toimittamaan tuotantolaitosten tarvitsemat määrät ja laadut puuraaka-ainetta kustannustehokkaasti ja oikea-aikaisesti. Tämän johdosta puunhankintaorganisaation on kyettävä reagoimaan lähes reaaliaikaisesti sahan tai muun tuotantolaitoksen määrällisiin ja aikataulullisiin toiveisiin.

Asiakas- ja tuotelähtöisyyden lisääntymisen myötä perinteiset puutavaralajimäärittelyt ovat häilymässä. Myös puukaupan kilpailun lisääntyminen ja järeän puun alueellinen niukkuus vaikuttavat puutavaralajimäärittelyjen erilaistumiseen. Hakkuussa korjattavien puutavaralajien määrä on lisääntynyt ja ennen kaikkea mitta- ja laatuvaatimuksista on tullut kirjavia. Puutavaralajeista maksettavan yksikköhinnan lisäksi tukkipuun vaihtelevat katkontaohjeet aiheuttavat eroja leimikoiden puutavaralajien lopullisissa kertymissä, jotka vaikuttavat erilaisten normaali- ja erikoispuutavaralajien yhdistelmien ohella oleellisesti leimikon arvosaantoon. Entistä suuremmat puutavaralajimäärät sekä väljemmät mittavaatimukset voivat parhaimmillaan nostaa tukkikertymiä ja sitä kautta leimikon myyntiarvoa, eli kantorahatuloa. Toisaalta leimikon puuston tuottama lisäarvo puunkäyttäjälle eli käyttöarvo riippuu ennen kaikkea hakkuussa korjattavan puutavaralajikertymän määrällisestä ja laadullisesta soveltuvuudesta tuotantoon, jolloin myyntiarvoltaan arvokaimpien puutavaralajien volyymin maksimointi voi pienentää käyttöarvoa.

Nykyisin puunhankinnan optimoinnissa käytetään leimikoista ennakkoon laadittuja puustoarvioita, jotka pohjautuvat metsäsuunnitelmaan tai metsässä käytäessä tehtävään silmämääräiseen arvioon. Puuston rakenteen arviointi jää usein vajavaiseksi, jolloin myös puutavaralajikertymien ja arvosaannon ennustaminen ennen hakkuuta on vaikeaa. Puutavaralajikertymien ennustaminen on kuitenkin tärkeää leimikon arvosaannon ennakoimiseksi: metsänomistajalle puunostotarjousten ja kantorahatulon ja puun ostajalle puustamaksukyvyyn määrittämiseksi.

Metsänomistajan leimikosta saama myyntitulo sekä ennen kaikkea puuta käyttävän teollisuuden saama arvo puuraaka-aineesta riippuu huomattavasti puuraaka-aineen laadusta. Puunostajan maksukyky laadukkaasta ja järeästä puuraaka-aineesta on huomattavasti parempi kuin huonolaatuisesta. Metsikön puuvarannon laatu riippuu paitsi kasvupaikasta myös tehdyistä metsänhoidon toimenpiteistä. Oikeanlaisilla ja oikein ajoitetuilla taimikonhoidoilla ja puuston harvennuksilla voidaan turvata laadukkaana puun kasvatusta ja metsää voidaan myös tarkastella sijoituskohteena, jolloin raaka-aineen laatuun ja volyymiin panostavien metsänhoitotoimenpiteiden, kuten pystykarsinnan ja lannoitusten, avulla voidaan tuottaa lisäarvoa puuvarannolle. Puulajin ja kasvupaikan yhteensopivuus sekä biologisten tuhoriskien hallinta jo metsänuudistamisen päätöksen teossa on silti metsikön arvo-odotusten kannalta ratkaisevaa.

Puuraaka-ainekertymien ennustaminen on tärkeää myös aluetasolla. Puuta käyttävät yritykset ja tuotantolaitokset tarvitsevat tietoa sekä nykyisestä että myös tulevasta raaka-ainepotentiaalista hankinta-alueittain strategisen päätöksenteon tueksi. Tuotantolaitoskohtaisiin arvioihin puuraaka-aineen saatavuudesta tulevaisuudessa tarvitaan paitsi määrällisiä arvioita myös tuotelähtöisiä ennusteita puutavaran laadusta ja teknisestä soveltuvuudesta puusumien tasolla.

## **6.2 Leimikoiden myynti- ja käyttöarvon vaihtelu**

### **6.2.1 Johdanto**

Metsäntutkimuslaitoksessa (Metla) käynnistettiin puuntutkimuksen piirissä vuonna 2003 laajat tutkimukset puutuoteteollisuuden raaka-ainetta tuottavien leimikoiden arvonmuodostuksesta puukaupan ja puunhankinnan kehittämisen ja metsätalouden ja -teollisuuden puunkäyttöön liittyvien erilaisten tarpeiden yhteen sovittamisen tueksi. Tutkimukset olivat olennainen osa PKM-tutkimusohjelmaa, jossa ne suunniteltiin ja organisoitiin hankkeessa 3357 Leimikon arvonmuodostusvaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa. Tutkimukset tehtiin suomalais-ruotsalaisen tutkimusohjelman Wood Material Science and Engineering Research Programme konsortiossa “Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions (VACHA, 2003–2007)”, jossa Metla toteutti hankkeen 7130 Leimikon oston ja myynnin päätöksentekomallit vaihtoehtoisten puutavaralajien ja niiden mitta- ja laatuvaatimusten mukaan, rahoittajana maa- ja metsätalousministeriö. Hankkeessa tehtiin aineisto- ja julkaisuyhteistyötä Metlan metsäsuunnittelun tutkimusryhmän kanssa sekä tutkimusmetodologian kehittämisen yhteistyötä Joensuun yliopiston ja ruotsalaisen SkogForskin kanssa.

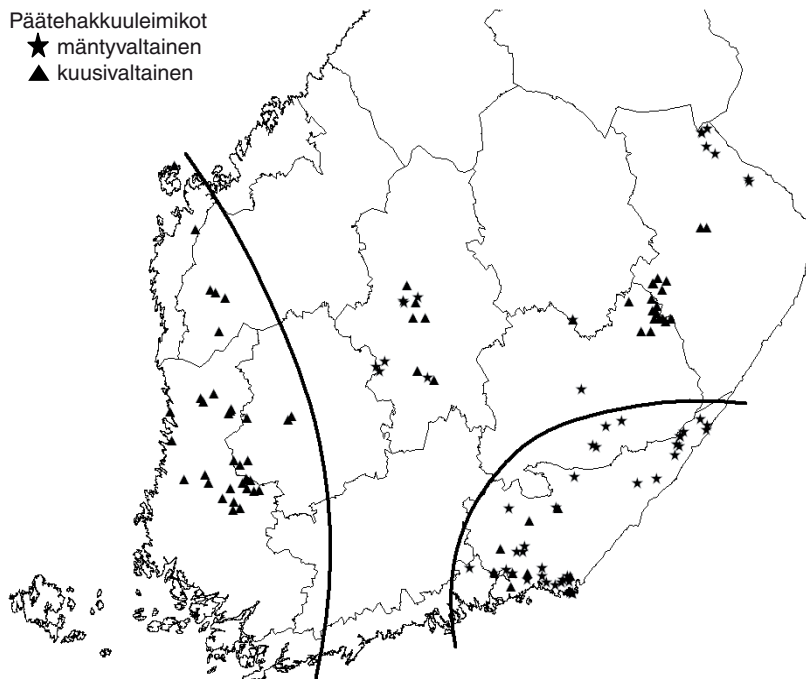
Tutkimuksissa käsiteltiin mänty- ja kuusivaltaisten päätehakkuiden ja myöhempien harvennusten leimikoiden myynti- ja käyttöarvon muodostumista vaihtoehtoisilla puutavaralajien yhdistelmillä ja erilaisilla katkontaohjeilla sekä puunmyyjien että puunostajien kannalta. Keskeisenä tutkimustehtävänä oli määrittää mänty- ja kuusitukin mittavaatimusten vaikutus leimikon tukkisaantoon ja sitä kautta arvosaantoon, puutavaran laatu huomioon ottaen, sekä männyn ja kuusen erikoispuutavaralajien kertymiä ja vaikutusta arvosaantoon. Lisäksi tarkasteltiin normaali- ja erikoispuutavaralajien yhdistelmien erilaisten ostajatyyppeiden kautta syntyviä vaikutuksia puutavaralajien kertymien ja myyntiarvon muodossa. Tutkimuksissa vertailtiin myös raaka-aineen käyttöarvon osatekijöiden vaikutuksia optimaalisiin hakkuukertymiin ja arvonmuodostukseen. Tulosten laskennassa hyödynnettiin Metlan puuntutkimuksen piirissä kehitettyä apteraaussimulaattoria, joka pölkyttää yksittäiset rungot arvoapteeraukseen perustuen niistä mitattujen dimensioiden ja ulkoista laatua koskevien tietojen pohjalta.

Tutkimusten tulokset on julkaistu kotimaisella ja kansainvälisellä foorumilla (Malinen ym. 2005, 2008a,b, 2010, Piira ym. 2007, Nuutinen ym. 2007) ja niistä on informoitu kotimaisia tiedonkäyttäjiä laajapohjaisen ohjausryhmän ja erilaisten seminaarien kautta (mm. Malinen ym. 2006, 2008c).

### **6.2.2 Tutkimusaineisto**

Tutkimuksiin kerättiin laaja empiirinen aineisto mänty- ja kuusivaltaisista päätehakuuleimikoista eteläisessä ja keskisessä Suomessa, yhteensä 124 kpl (kuva 1). Aineistojen keruu aloitettiin Metlan omalla työllä Itä- ja Keski-Suomessa vuonna 2002, ja täydennettiin yhteistoiminnassa puunhankkijoiden kanssa Kaakkois- ja Länsi-Suomessa vuosina 2003 ja 2004.

Leimikoihin sijoitettiin 1–6 ympyräkoelaa, joiden koko vaihteli puuston rakenteen mukaan välillä 200–300 m<sup>2</sup>. Leimikoista määritettiin koalojen arviointien ja mittausten perusteella maantieteellinen sijainti (koordinaatit), kasvupaikkatyyppi, maaluokka ja soiden osalta turpeen paksuus ja puuston ikä. Koaloilta valittiin koepuiksi kaikki rinnankorkeuslöpimitaltaan yli 7 cm:n rungot, joista mitattiin rinnankorkeuslöpimitta ja pituus sekä oksarajat alimman kuolleen, alimman elävän, paksuimman kuolleen ja paksuimman elävän oksan korkeuden osalta. Lisäksi koepuista kirjattiin sahapuun tekniseen laatuun vaikuttavat viat (lenkous, mutkat, oksikkuus, laho jne.) ja niiden vaikutusalueet eli alku- ja loppukorkeudet rungossa. Männyllä suoran, oksattoman tyvitukin osuus määritettiin 61 leimikossa Kaakkois- ja Länsi-Suomessa (kuva 1). Koaloilta mitattiin yhteensä 5291 runkoa, joista mäntyjä ja kuusia oli kaikkiaan 4598 kpl (taulukko 1).



**Kuva 1.** Tutkimusaineiston leimikoiden sijainti pääpuulajin mukaan. Männyllä tyvitukkiaineisto kerättiin vain Kaakkois- ja Länsi-Suomen leimikoissa (alueet rajattu).

**Taulukko 1.** Mänty- ja kuusikoepuiden määrät ja keskitunnukset.

Puulaji	Koepuut, kpl	Rinnankorkeuslöpimitta, cm	Pituus, m	Käyttöosan tilavuus, dm <sup>3</sup>
Mänty	1822	26,9	21,9	620
Kuusi	2776	22,5	19,8	480

### 6.2.3 Apteerauksen simulointi

Kullekin leimikolle laskettiin puutavaralajeittaiset hakkuukertymät vaihtoehtoisilla apteerausohjeilla, joissa vaihdeltiin mukana olevien puutavaralajien määrää sekä puutavaralajeittain pölkkyjen sallittuja pituuksia ja minimiläpimittoja. Perusapteerauksessa puutavaralajeina olivat sekä männyllä että kuusella sahatukki ja kuitupuu. Vaihtoehtoisten apteerausten erikoispuutavaralajeina olivat männyllä tyvitukki, pikkutukki ja pylväs sekä kuusella sorvitukki ja pikkutukki. Apteerauksessa käytetyt pölkkyt olivat tukeilla 30 dm:n ja pylväillä 100 dm:n moduulimittoja minimin ja maksimin välillä. Kuitupuupölkkyt katkottiin vapaapituusiksi, minimipituudella kolme metriä.

Katkontaa varten kullekin koepuulle muodostettiin runkokäyrä Laasasenahon (1982) puulajeittaisilla läpimitaan ja pituuteen perustuvilla polynomirunkokäyräyhtälöillä, joiden pohjalta laskettiin myös rungkon kokonaistilavuus ja edelleen apteerauksessa määritettyjen katkontakohtien mukaiset tilavuudet puutavaralajeille.

Apteerausohjelmassa luettiin syöttötietoina koepuiden mittaustiedot, joista apteerauksessa hyödynnettiin puulajia, rinnankorkeusläpimittaa ja pituutta sekä rungossa havaittuja teknisiä vikoja ja niiden vaikutusalueita eli alku- ja loppukorkeuksia. Kullekin apteerausajolle määriteltiin laskennassa käytettävät puutavaralajit mitta- ja laatuvaatimuksineen. Apteerausohjelma tuotti kaikilla apteerausajoilla puutavaralajeittaiset tilavuudet ja arvot yksittäistä pölkkyä, runkoa, koealaa ja leimikkoa kohden.

### 6.2.4 Puutavaralajikertymät ja myynti- ja käyttöarvon muodostuminen

Runkojen katkontaa ohjaavat puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset vaihtelevat alueittain ja leimikoittain mutta myös oston/myynnin ajankohdan mukaan. Mitta- ja laatuvaatimukset riippuvat puutavaran käyttökohteista, mutta myös hakattavissa olevien puustojen mitoista ja laadusta. Katkonta vaikuttaa sekä leimikon tukkisaantoon ja sitä kautta saatavaan kantorahatuloon että puuraaka-aineen jalostusarvoon. Katkonnan tavoitteet ja optimaalinen toteutus vaihtelevat tilanteittain katsantokannasta riippuen.

Puunmyyjän taloudellinen tavoite puukaupassa on maksimoida puusta saatava myyntivoitto eli nettomyyntitulo. Pystykaupassa tämä tarkoittaa mahdollisimman suurta kantorahatuloa, joka muodostuu tavaralajihinnoittelussa kustakin puutavaralajista maksetun yksikköhinnan sekä toteutuneen tavaralajikertymän perusteella. Puukauppatilanteessa tavaralajien yksikköhintojen vertailu on suhteellisen helppoa, mutta ongelmat alkavat erilaisia katkontaohjeita vertailtaessa. Kuinka minimiläpimitaerot tai pituusmittavaatimukset vaikuttavat tukin ja kuitupuun kertymiin, tai kuinka erikoispuutavaralajit vaikuttavat puustosta saatavaan myyntituloon?

Myös puunostajan kannalta katkontaohjeiden vaikutus on monimutkainen. Järeästä tukista saatavan sahatavaran tai vaneriviilun arvo on parempi kuin juuri ja juuri tukkipuun mitat täyttävästä puusta saatavan, joten tukkien minimiläpimitan nostaminen kohottaa myös hakatun tukin keskijäreyttä ja tätä kautta arvosaantoa tilavuusyksikköä kohden. Toisaalta sahatukin pituusmittavaatimuksia ohjaa voimakkaasti markkinatilanne. Jos sahan asiakkaat kaipaavat pitkää sahatavaraa, ei tukkisaantoa kohottavia lyhyitä tukkipituuksia kannata ostaa. Tukkosan optimaalinen hyödyntäminen riippuu sahan tai vaneritehtaan kannalta myös raaka-aineen saatavuudesta. Tukkipulassa jokainen sahaus- tai sorvauskelpoinen osa puustosta kannattaa hyödyntää mahdollisimman tarkkaan, kun taas runsaan tarjonnan aikaan tukkien jalostusarvon maksimointi tuottaa yleensä parhaan lopputuloksen.

Tässä tutkimuksessa myynti- ja käyttöarvoja vertailtiin tukkien erilaisilla mitta- ja laatuvaatimuksilla sekä puutavaralajien yhdistelmillä erityyppisissä päätehakkuuleimikoissa siten, että puutavaralajien yksikköhinnat muunnettiin suhteellisiksi arvoiksi. Sekä myynti- että käyttöarvon referenssiarvo 100 vastasi keskiarvoa, joka oli saatu perusapteerauksella (mukana vain sahatukki ja kuitupuu).

Minimiläpimitä vaikuttaa tukin mittavaatimuksista eniten leimikon tukkiosuuteen ja myynti- ja käyttöarvoon, männyllä hieman vähemmän kuin kuusella (kuvat 2 ja 3). Minimiläpimitan korotus pienentää tukkiosuuksia sitä enemmän, mitä suurempi minimiläpimitä on lähtökohtana. Tukin minimipituuksien muutokset vaikuttavat leimikon arvoon minimiläpimitan tavoin, mutta lievemmin. Männyllä minimipituuksien nostaminen pienentää tukkiosuutta enemmän kuin kuusella, koska runkojen laatuviat ovat männyllä yleisempiä ja haittaavat enemmän erityisesti pitkien tukkien katkontaa kuin kuusella.

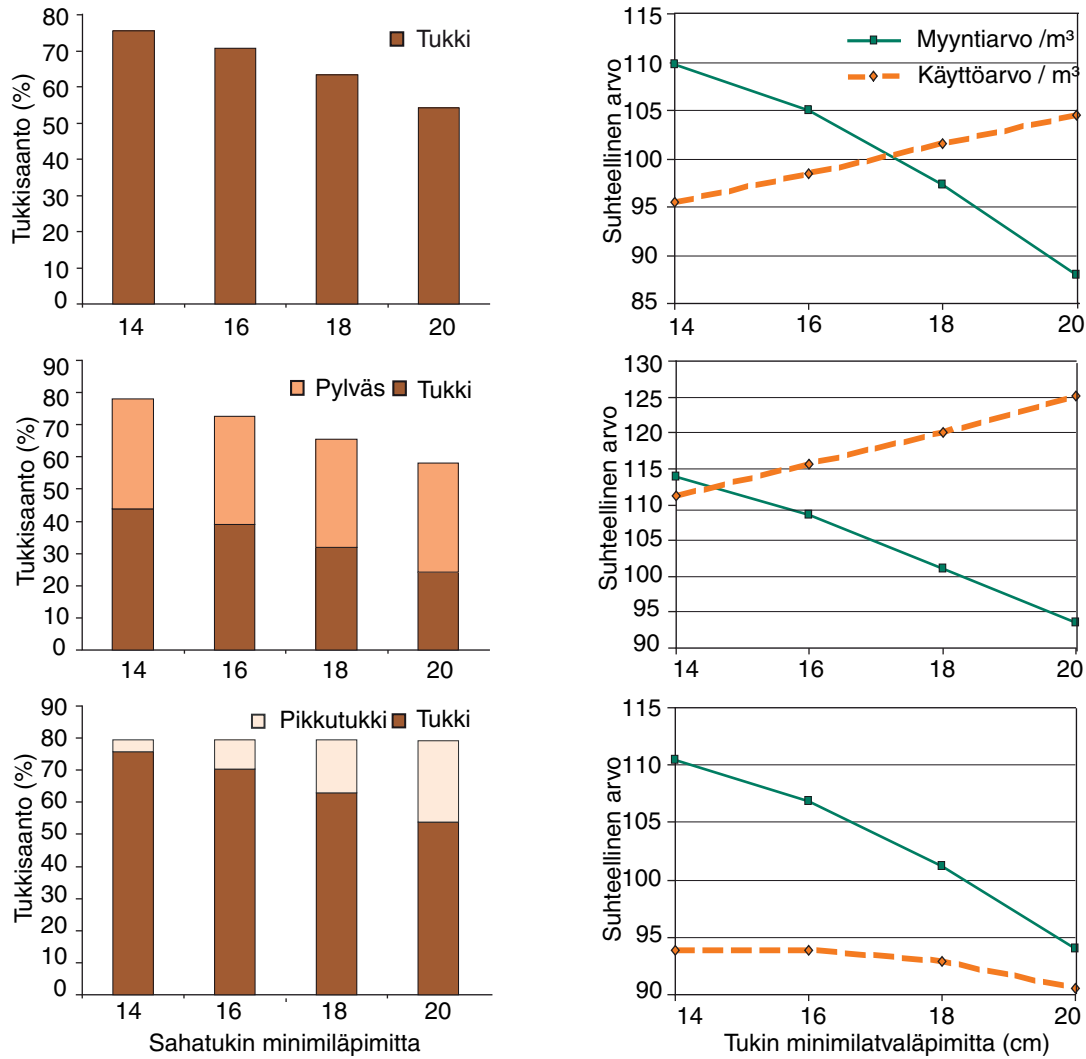
Sahatukkia arvokkaampien erikoispuutavaralajien, tässä tapauksessa männyllä laatutyvitukkien ja pylväiden (kuva 2) ja kuusella vaneritukkien (kuva 3) teko kannattaa sekä puunmyyjän että puunkäyttäjän kannalta edellyttäen tietenkin, että ao. tavaralajeille on käyttöä. Sahatukkia alempiarvoisten pikkutukkien teko tuottaa lähes aina lisäarvoa puunmyyjälle, mutta sahan kannalta kannattavuus riippuu kaiken sahattavan raaka-aineen tarjontatilanteesta sekä normaalitukin ja pikkutukin kantohinnan erosta.

Puuston keskikoon vaikutusta tukin osuuteen hakkuukertymästä tarkasteltiin muodostamalla männylle ja kuuselle tukkiosuuden ennustemalli, jossa selittävänä muuttujana oli leimikon keskijäreys (Piira ym. 2007). Kuusella tukkiosuus riippui huomattavasti voimakkaammin keskijäreystä kuin männyllä (kuva 4). Männyllä puuston vikaisuus, erityisesti oksikkuus (erilaatuisten oksikkuusvyöhykkeiden korkeussuuntainen sijainti ja pituus) selittää huomattavasti enemmän leimikoiden tukkiosuuden eroja. Kuusella vikaisuus vaikuttaa vähemmän, koska laatuvahtelut ovat pienemmät ja laatuvaatimukset yleisemmällä tasolla kuin männyllä. Yleisesti ottaen myös runkokuono vaihtelee kuusella vähemmän ja suoruspöykkeämat ovat pienempiä kuin männyllä.

Leimikon rinnankorkeusläpimitan sekä pituuden jakauman vaikutusta myyntiarvoon testattiin korrelaatioanalyysillä käyttäen kokojakauman kuvaamiseen pohjapinta-alamediaanipuun läpimittaa ja pituutta sekä pohjapinta-alajakauman ala- ja yläkvartiilipuiden läpimittaa ja pituutta. Alakvartiilipuun on puu, jonka kohdalla läpimittajakauman pienimmästä läpimitasta suurimpaan mentäessä täyttyy 25 % pohjapinta-alan kertymästä, ja yläkvartiilipuun on vastaava puu, jonka kohdalla pohjapinta-alan kertymästä täyttyy 75 %. Pohjapinta-alamediaanipuun on relaskooppikoealan puista rinnankorkeusläpimitaltaan keskimääräinen ja vastaavasti ala- ja yläkvartiilipuut ovat jakaumassa järjestyksessään  $\frac{1}{4}$ :n ja  $\frac{3}{4}$ :n kohdalla. Kvartiilipuiden samoin kuin pohjapinta-alamediaanipuun määrittäminen relaskooppikoealalta on suhteellisen helppoa.

Korrelaatioanalyysin mukaan alakvartiilipuun läpimitä korreloi sekä männyllä että kuusella voimakkaammin myyntiarvon kanssa kuin pohjapinta-alamediaanipuun tai yläkvartiilipuun läpimitä (taulukko 2). Pohjapinta-alamediaanipuun pituus korreloi myyntiarvon kanssa pituutta kuvaavista muuttujista voimakkaimmin. Kokojakaumaa kuvaavien muuttujien korrelaatio myyntiarvon kanssa on selvästi voimakkaampi kuusella kuin männyllä.

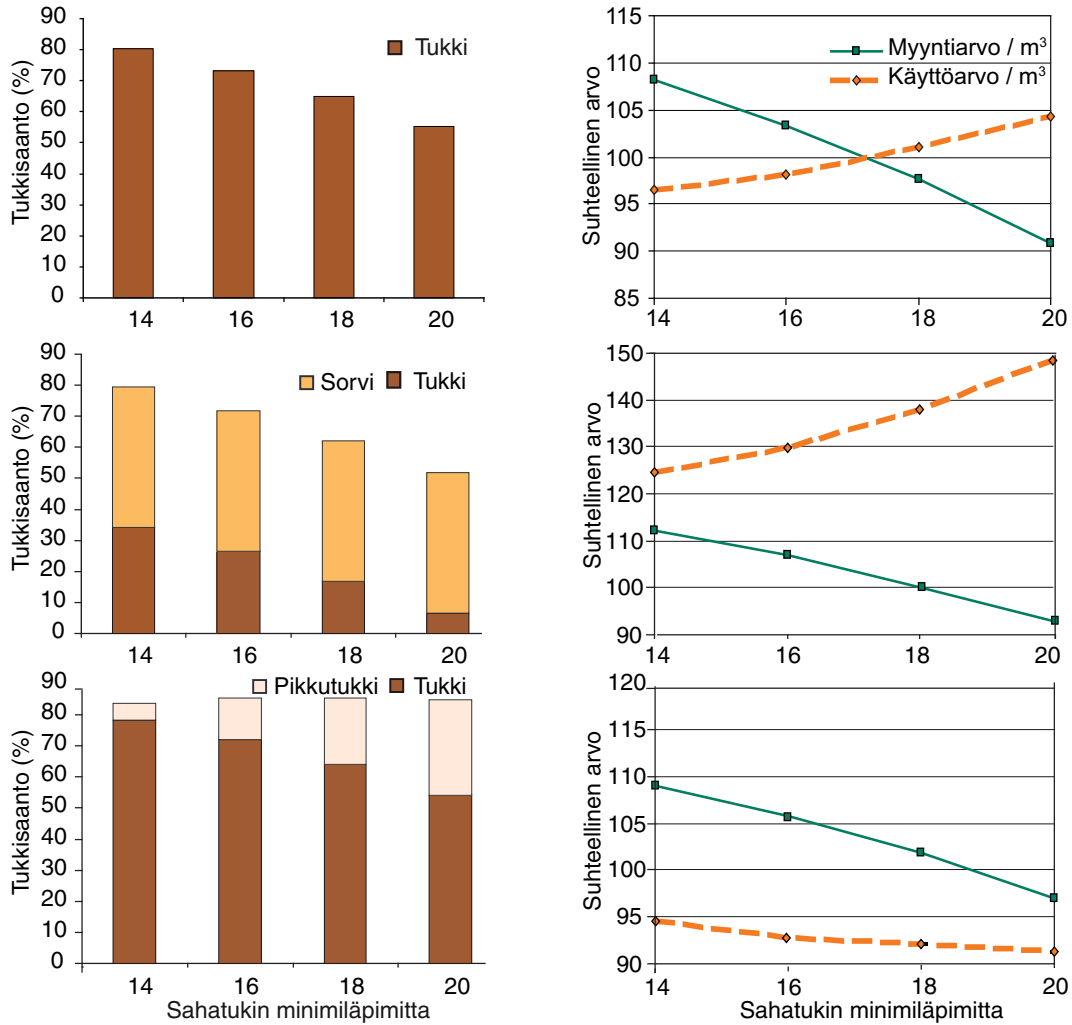




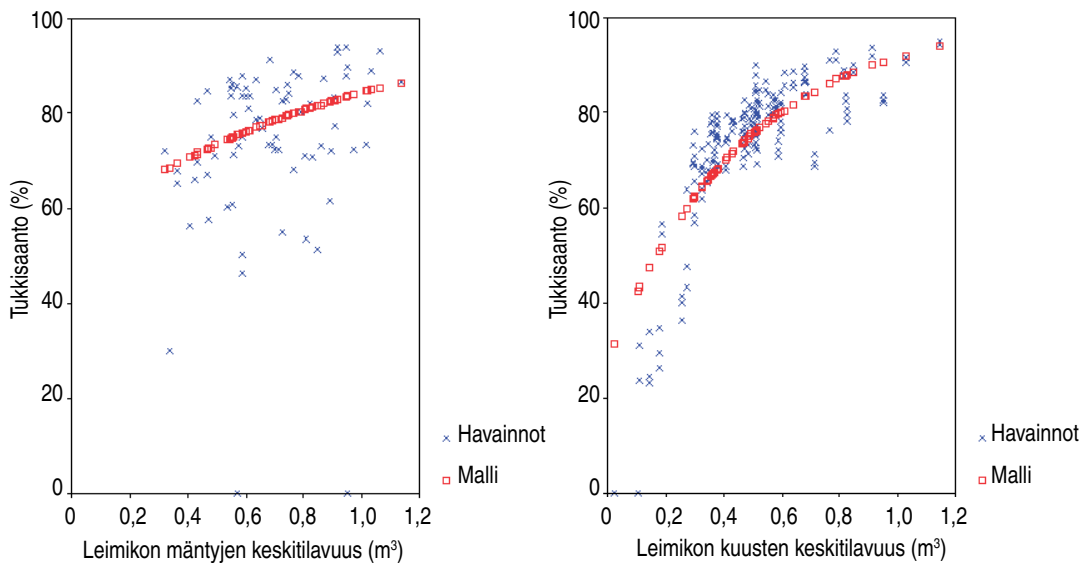
**Kuva 2.** Männyksen keskimääräisen tukkiosuuden sekä leimikon suhteellisen tilavuusyksikkökohtaisen myyntiarvon ja tukkiosan käyttöarvon riippuvuudet tukin minimiläpimitästä (Malinen ym. 2005).

**Taulukko 2.** Leimikon myyntiarvon (€/m³) ja puuston kokojakaumaa kuvaavien muuttujien korrelaatiokertoimet männyllä ja kuusella. D25 on alakvartiilipuun läpimitta ja H25 on saman puun pituus. DgM on pohjapinta-alamediaanipuun läpimitta ja HgM on saman puun pituus. D75 on yläkvartiilipuun läpimitta ja H75 on saman puun pituus (Piira ym. 2007).

Muuttuja	Mänty	Kuusi
D25	0,32	0,70
DgM	0,19	0,67
D75	0,16	0,59
H25	0,17	0,49
HgM	0,20	0,56
H75	0,18	0,52



**Kuva 3.** Kuusen keskimääräisen tukkiosuuden sekä leimikon suhteellisen tilavuusyksikkökohtaisen myyntiarvon ja tukkiosan käyttöarvon riippuvuudet tukin minimiläpimitästä (Malinen ym. 2005).



**Kuva 4.** Leimikon keskijäreyden vaikutus tukkiosuuteen mäntyllä ja kuusella. Mallien selitysasteet ( $R^2$ ): mänty 0,124, kuusi 0,744 (Piira ym. 2007).

**Taulukko 3.** Leimikon myyntiarvon (€/m<sup>3</sup>) ja puuston laatua kuvaavien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet männyllä ja kuusella.

	Myyntiarvo (mänty/kuusi)	
	Aritmeettinen keskiarvo	Pohjapinta-alalla painotettu keskiarvo
Latvusrajan korkeus, m	0,19 / 0,08	0,09 / 0,12
Kuolleiden oksien alarajan korkeus, m	0,31 / -0,01	0,24 / 0,12
Paksuimman elävän oksan korkeus, m	0,20 / 0,25	0,11 / 0,15
Paksuimman kuolleen oksan korkeus, m	0,36 / 0,14	0,30 / 0,16
Latvussuhde, %	-0,06 / 0,29	0,04 / 0,05
Kuolleiden oksien vyöhykkeen osuus rungon pituudesta, %	-0,21 / -0,16	-0,19 / -0,04

Puuston laatua kuvaavat muuttujat korreloivat männyllä voimakkaammin myyntiarvon kanssa kuin kuusella (taulukko 3). Männyllä myyntiarvoon vaikuttivat voimakkaimmin kuolleiden oksien esiintymistä kuvaavat muuttujat, kuten kuolleiden oksien alarajan korkeus, paksuimman kuolleen oksan korkeus sekä kuolleiden oksien vyöhykkeen osuus rungon pituudesta. Kuusella myyntiarvoon vaikuttivat voimakkaimmin eläviin oksiin liittyvät muuttujat, joista paksuimman elävän oksan korkeus ja latvussuhde korreloivat aritmeettisistä keskiarvotunnuksista voimakkaimmin myyntiarvon kanssa. Kuolleita ja eläviä oksia kuvaavat muuttujat korreloivat lähes samoin myyntiarvon kanssa, kun sitä painotettiin pohjapinta-alalla.

Leimikon ominaisuuksien ja katkontaohjeiden yhteisvaikutusten selvittämiseksi tehtiin korrelaatioanalyysi myyntiarvon ja apteerausohjeita kuvaavien muuttujien välille, erikseen puustoltaan erityyppisissä leimikoissa (Piira ym. 2007). Männyllä luokitus tehtiin jakamalla leimikot kasvupaikan viljavuuden perusteella kahteen ryhmään, OMT- ja MT-leimikot ja VT- ja CT-leimikot. Lisäksi OMT- ja MT-leimikot jaettiin kolmeen ositteeseen puuston keskijäreiden perusteella, alle 600 dm<sup>3</sup>, 600–750 dm<sup>3</sup> ja yli 750 dm<sup>3</sup>. VT- ja CT-leimikot jaettiin kahteen ositteeseen, alle 550 dm<sup>3</sup> ja yli 550 dm<sup>3</sup>. Kuusella luokitus tehtiin jakamalla leimikot keskijäreiden perusteella kolmeen ryhmään, alle 400 dm<sup>3</sup>, 400–550 dm<sup>3</sup> ja yli 550 dm<sup>3</sup>. Lisäksi ositteet jaettiin kahtia leimikon puuston vikaisuuden perusteella. Jos leimikossa oli apteeraukseen vaikuttavia teknisiä runkovikoja sisältäviä runkoja enintään 30 %, leimikko luokiteltiin hyvälaatuiseksi, mutta jos tällaisia runkoja oli vähintään 30 %, leimikko luokiteltiin huonolaatuiseksi.

Apteerausta kuvaavat muuttujat korreloivat myyntiarvon kanssa yleisesti ottaen voimakkaasti, tukiin maksimipituus kuitenkin vain heikosti (taulukot 4 ja 5). Tukiin minimiläpimitta korreloi voimakkaimmin pienipuustoisilla leimikoilla ja kuusella voimakkaammin hyvälaatuisilla leimikoilla kuin huonolaatuisilla. Käytettävissä olevia tukkipituuksia kuvaavista muuttujista minimipituus, tukkipituuksien lukumäärä sekä maksimi- ja minimipituuden välinen pituusero korreloivat voimakkaasti myyntiarvon kanssa. Tukkien pituusmuuttujien korrelaatiot myyntiarvon kanssa olivat männyllä maksimipituutta lukuun ottamatta suurempia kuin kuusella. Myyntiarvo riippui kuusella huonolaatuisissa leimikoissa tukkien pituudesta voimakkaammin kuin hyvälaatuisissa leimikoissa, mutta sinänsä vain lievä riippuvuus maksimipituudesta oli voimakkaampi hyvälaatuisilla leimikoilla kuin huonolaatuisilla. Tulokset vahvistavat käsitystä, että lyhyillä tukkipituuksilla ja tukkien vaihteluvälillä on erityisen suuri merkitys mäntyleimikoiden myyntiarvoon.

**Taulukko 4.** Männyyn myyntiarvon (€/m<sup>3</sup>) korrelaatiokertoimet eräiden apteerausta kuvaavien muuttujien kanssa leimikkoluokittain. A\_vol = rungon käyttöosan keskitilavuus.

Luokka	Minimi- läpimitta	Minimi- pituus	Maksimi- pituus	Tukkipituuk- sia, kpl	Pisin pituus – lyhyin pituus	Pikkutukki	Pylväs
OMT, MT A_vol < 0,6 m <sup>3</sup>	-0,543	-0,680	0,038	0,657	0,692	0,344	0,251
OMT, MT 0,6 m <sup>3</sup> ≤ A_vol ≤ 0,75 m <sup>3</sup>	-0,417	-0,760	-0,001	0,690	0,733	0,307	0,310
OMT, MT A_vol > 0,75 m <sup>3</sup>	-0,256	-0,796	0,036	0,749	0,801	0,308	0,289
VT, CT A_vol < 0,55 m <sup>3</sup>	-0,525	-0,743	-0,030	0,649	0,691	0,308	0,223
VT, CT A_vol ≥ 0,55 m <sup>3</sup>	-0,428	-0,737	0,032	0,697	0,741	0,319	0,302

**Taulukko 5.** Kuusen myyntiarvon (€/m<sup>3</sup>) korrelaatiokertoimet eräiden apteerausta kuvaavien muuttujien kanssa leimikkoluokittain. A\_vol = rungon käyttöosan keskitilavuus, vika% = apteeraukseen vaikuttaneita teknisiä vikoja sisältävien runkojen osuus kaikista rungoista.

Luokka	Minimi- läpimitta	Minimi- pituus	Maksimi- pituus	Tukkipituuk- sia, kpl	Pisin - lyhyin	Pikkutukki	Sorvi
A_vol < 0,4 m <sup>3</sup> vika% < 30	-0,660	-0,432	0,110	0,535	0,521	0,557	0,344
A_vol < 0,4 m <sup>3</sup> vika% ≥ 30	-0,559	-0,607	0,043	0,622	0,630	0,505	0,313
0,4 m <sup>3</sup> ≤ A_vol ≤ 0,55 m <sup>3</sup> vika% < 30	-0,577	-0,530	0,105	0,609	0,612	0,514	0,384
0,4 m <sup>3</sup> ≤ A_vol ≤ 0,55 m <sup>3</sup> vika% ≥ 30	-0,531	-0,602	0,067	0,639	0,648	0,502	0,365
A_vol > 0,55 m <sup>3</sup> vika% < 30	-0,529	-0,479	0,139	0,596	0,594	0,528	0,507
A_vol > 0,55 m <sup>3</sup> vika% ≥ 30	-0,511	-0,589	0,076	0,635	0,643	0,486	0,428

Erikoispuutavaralajeista oli pikkutukin vaikutus myyntiarvoon suurin männyllä pienirunkoisissa viljavan kasvupaikan leimikoissa ja kuusella pienirunkoisissa hyvälaatuisissa leimikoissa (taulukot 4 ja 5). Männyllä pikkutukin vaikutus oli selvästi pienempi kuin kuusella, kun vertailtiin keskijäreideltään samanlaisia leimikoita. Männyllä pylvään vaikutus myyntiarvoon oli suurin keskijäreissä leimikoissa. Kuusella sorvitukin vaikutus oli suurin suurirunkoisissa hyvälaatuisissa leimikoissa.

Tutkimuksessa muodostettiin erilaisia teoreettisia puunostajatyyppejä sen mukaan miten erilaiset puutavaralajit kiinnostavat ostajia, jotta voitiin tarkentaa myyntiarvon muodostumisen tarkasteluja. Ostajatyypeillä tarkoitetaan tässä erilaisilla puutavaralajivalikoimilla tai erilaisilla puutavaralajien mitoilla puuta pystykaupoilla ostavia puunhankinta- tai teollisuusyrityksiä. Tässä vertailtiin leimikoiden myyntiarvoja tyypillisten puunostajien tarkastelun kohteena olleista

puutavaralajeista maksamilla ostohinnoilla (Malinen ym. 2005). Normaaleista puutavaralajeista poikkeavien erikoismittojen ja erikoispuutavaralajien keskimääräisiä hintalisiä, joita laskelmissa käytettiin, voidaan pitää hyvin maltillisina.

Leimikon ostohinta on sama kuin myyjän saama kantoraha. Eri ostajatyypin leimikoista maksamien ostohintojen erot suhteutettiin ns. perusostajan maksamaan hintaan. Perusostajalla oli puutavaralajien valikoimassa perusmittainen sahatukki ja kuitupuu, kuten muillakin ostajatyypeillä. Näiden puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset olivat samanlaiset ostajasta riippumatta. Muilla ostajatyypeillä oli valikoimassa muitakin puutavaralajeja, joiden hankinnan kautta ostajien väliset erot lopulta muodostuivat. Analyysiä tarkennettiin perusostajan osalta laskemalla lisäksi perustilannetta laajemman tukkipituusalueen vaikutus leimikon myyntiarvoon.

Vertailtavat ostajatyypit olivat seuraavat:

- perusostaja (tukkipituus 40–55 dm) – vertailukohta
- perusostaja laajennetulla tukkipituusalueella (31–61 dm)
- männyn ja kuusen pikkutukkien ostaja (pikkutukit 37–52 dm)
- männyn erikoispuun ostaja (pylväs)
- sorvikuusen ostaja
- sorvikuusen ostaja, joka ostaa myös kuusen pikkutukkia (37–52 dm)

Mäntyvaltaisissa päätehakuuleimikoissa korkeimman myyntiarvon suhteessa perusostajan mukaiseen myyntiarvoon voi laskelmien mukaan tarjota erikoispuun eli pylvään ostaja. Tällöin kantorahatulo kohoaa tällä aineistolla laskettuna keskimäärin 3 % korkeammaksi kuin vertailukohtana olevan perusostajan maksama kantorahatulo. Pylväspuiden ostaminen kannattaa keskittää hyvälaatuisiin mäntyvaltaisiin leimikoihin, joissa leimikon mäntyjen keskiläpimitta on noin 27–29 cm ja keskitilavuus 500–700 dm<sup>3</sup>. Myös laajennetulla tukkipituuden alueella mäntytukkia hankkiva ostaja voi tarjota keskimäärin yli 2 % korkeamman myyntiarvon mäntyvaltaisista leimikoista kuin perusostaja. Suurin kantorahan lisä eli 7 % on mahdollinen keskiläpimitaltaan noin 21 cm:n ja runkojen keskitilavuudeltaan 300–400 dm<sup>3</sup>:n leimikoissa. Pikkutukkien ostaja voi tarjota noin yhden prosentin lisän myyntiarvoon päätehakuumänniköissä. Suurin arvonlisä eli 3 % on tässäkin tapauksessa mahdollinen pienirunkoisissa leimikoissa. Pikkutukin vaikutus mäntyleimikon myyntiarvoon onkin käytännössä suurempi harvennusleimikoissa kuin päätehakuuleimikoissa (ks. luku 2.3).

Kuusivaltaisista päätehakuuleimikoista sorvikuusta yhdessä kuusipikkutukin kanssa hankkiva ostaja voi laskelmien mukaan tarjota keskimäärin yli 2 % korkeamman kantorahatulon kuin perusostaja. Pelkän sorvikuusen myyntiarvoa kohottava vaikutus oli 1,3 %. Sorvikuusen ja kuusipikkutukin ostaja voi tarjota tasaisesti 1–2 % korkeamman myyntiarvon kaikenkokoisissa päätehakuuleimikoissa. Myös laajennetulla tukkipituuden alueella kuusitukkia hankkiva ostaja voi tarjota keskimäärin 2 % korkeamman myyntiarvon kuusivaltaisista leimikoista kuin perusostaja. Männyn tavoin suurin kantorahan lisä eli 3–4 % on mahdollinen pienirunkoisissa päätehakuukuisikoissa.

## 6.2.5 Puutavaralajikertymien ja käyttöarvojen herkkyystarkastelut

Leimikoiden puutavaralajikertymien ja käyttöarvojen herkkyystarkasteluissa tutkittiin tarkasteltavista puutavaralajeista valmistettavien ensiasteen tuotteiden hintojen, sahauksen ja sorvauksen sivutuotehyvitysten ja tuotteiden valmistuskustannusten muutosten vaikutuksia jalostusarvon mukaiseen katkontaan ja tämän mukaisiin kertymiin ja käyttöarvoihin. Herkkyystarkasteluissa kohteena olleiden puutavaralajien arvomatriiseja muokattiin siten, että laskennassa korotettiin tai alennettiin tuotehintoja 20 %, valmistuskustannuksia 20 % tai sivutuotehyvityksiä 30 % (hake ja puru) tasolta, jota käytettiin vertailukohtana olleessa ns. perusapteerauksessa. Muiden kuin tarkasteltavien puutavaralajien eli koivun ja kuitupuun arvomatriiseihin ei tehty muutoksia. Kaikissa apteeraus-simuloinneissa käytettiin perusapteerauksen mukaisia pölkkipituuksia ja -läpimittoja.

Apteerauksen simuloinnissa olivat käytettävissä aina kaikki puutavaralajit (taulukko 6). Herkkyystarkastelut tehtiin siten, että kerrallaan muutettiin vain yhden puutavaralajin tai muutamien puutavaralajien arvomatriiseja. Tulokset esitetään tarkasteltavien puutavaralajien tilavuuden ja käyttöarvojen suhteellisina muutoksina suhteessa perusapteerauksen tuloksiin.

Taulukoihin 7 ja 8 on laskettu tarkasteltavan puutavaralajin tai niiden yhdistelmän hehtaarikohtaisen hakkuukertymän ja käyttöarvon suhteelliset muutokset herkkyystarkasteluissa, kun vertailukohtana olivat perusapteerauksen mukaiset arvot tarkasteltavalla puutavaralajilla tai niiden yhdistelmällä.

Tuotehintojen kohoaminen 20 % vaikutti suhteellisesti eniten mänty- ja kuusipikkutukkien hakkuukertymiin (taulukko 7). Mäntypikkutukkeja apteerattaessa hakkuukertymä kohosi 19 % (1,8 m<sup>3</sup>/ha) ja kuusipikkutukkeja apteerattaessa 10 % (2,1 m<sup>3</sup>/ha) perusapteeraukseen verrattuna. Kuusitukin ja -pikkutukin tai kuusisorvitukin tuotehintojen kohoaminen ei vaikuttanut kyseisten puutavaralajien kokonaishakkuukertymään niitä apteerattaessa. Kun kuusesta apteerattiin sekä tukkia että pikkutukkia, johti tuotehintojen kohoaminen kuitenkin kuusitukin hakkuukertymän pienenemiseen 2,5 m<sup>3</sup>/ha ja pikkutukin hakkuukertymän kasvuun vastaavalla määrällä. Kun tuotehintoja nostettiin männyn tukkeja ja tyvitukkeja apteerattaessa, ainoastaan mäntytukin hakkuukertymä kasvoi 4,3 % (2,1 m<sup>3</sup>/ha).

**Taulukko 6.** Puutavaralajien kertymien ja käyttöarvojen herkkyystarkasteluissa käytetyt apteerausvaihtoehdot ja hintamatriiseihin perusapteerauksesta poikkeavissa vaihtoehdoissa tehdyt tuotehintojen, valmistuskustannusten ja sivutuotehyvitysten muutokset. Merkinnät: +/- = muutettu hintamatriisi, x = vakioitu hintamatriisi; Mä = mänty, Ku = kuusi; T = normaalitukki, K = kuitupuu, Tyvi = tyvitukki, PT = pikkutukki, Pylväs = pylväspuu, Sorvi = sorvitukki.

Apteerausvaihtoehto	MäTyvi	MäT	MäPT	MäPylväs	MäK	KuSorvi	KuT	KuPT	KuK
Perusapteeraus	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MäTyvi & MäT	+/-	+/-	x	x	x	x	x	x	x
MäTyvi, MäT & MäPT	+/-	+/-	+/-	x	x	x	x	x	x
MäPT	x	x	+/-	x	x	x	x	x	x
MäPylväs	x	x	x	+/-	x	x	x	x	x
KuT & KuPT	x	x	x	x	x	x	+/-	+/-	x
KuSorvi & MäTyvi	+/-	x	x	x	x	+/-	x	x	x
KuT	x	x	x	x	x	x	+/-	x	x
KuPT	x	x	x	x	x	x	x	+/-	x

**Taulukko 7.** Puutavaralajikohtaisten hakkuukertymien suhteelliset muutokset eri apteerausvaihtoehdoissa, kun muutetaan tarkasteltavia puutavaralajeja koskevia tuotehintoja, valmistuskustannuksia tai sivutuotehyvityksiä.

Puutavaralajit	Tuotehinta		Valmistuskustannus		Sivutuotehyvitys	
	+ 20 %	- 20 %	+ 20 %	- 20 %	+ 30 %	- 30 %
	<i>Tilavuuden suhteellinen muutos %</i>					
MäTyvi & Mät	4,3	- 6,0	- 4,6	0,2	0,6	- 5,2
MäTyvi, Mät & MäPT	2,2	- 4,9	1,7	- 0,5	- 0,7	- 3,2
MäPT	19,1	- 35,1	- 1,1	6,4	8,5	- 9,6
MäPylväs	- 0,5	- 23,8	- 0,7	0,5	- 0,5	- 0,5
KuT & KuPT	0,0	- 0,4	- 0,8	- 0,4	- 0,5	- 0,4
KuSorvi	0,0	- 1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
KuT	- 0,7	- 5,2	- 1,6	0,7	1,1	- 2,7
KuPT	10,0	- 4,8	- 1,4	1,0	7,2	- 3,3

**Taulukko 8.** Puutavaralajikohtaisten käyttöarvojen suhteelliset muutokset eri apteerausvaihtoehdoissa, kun muutetaan tarkasteltavia puutavaralajeja koskevia tuotehintoja, valmistuskustannuksia tai sivutuotehyvityksiä.

Puutavaralajit	Tuotehinta		Valmistuskustannus		Sivutuotehyvitys	
	+ 20 %	- 20 %	+ 20 %	- 20 %	+ 30 %	- 30 %
	<i>Käyttöarvon suhteellinen muutos, %</i>					
MäTyvi & Mät	28,4	- 26,7	- 10,4	6,8	5,8	- 9,3
MäTyvi, Mät & MäPT	25,2	- 25,1	- 8,2	10,0	9,2	- 8,4
MäPT	41,8	- 49,5	- 0,8	12,3	19,3	- 16,5
MäPylväs	23,3	- 42,7	- 7,0	6,3	0,4	- 2,8
KuT & KuPT	21,0	- 21,9	- 6,5	5,4	6,5	- 7,5
KuSorvi	22,0	- 23,4	- 10,0	9,6	10,7	- 11,1
KuT	19,6	- 25,9	- 8,6	6,3	7,1	- 9,7
KuPT	41,1	- 21,9	- 0,3	6,7	22,7	- 7,2

Puutavaralajeista valmistettavien lopputuotteiden hintojen alentaminen 20 % pienensi suhteellisesti eniten mäntypikkutukin ja mäntypylväiden hakkuukertymiä. Mäntypikkutukeista valmistettavan sahatavaran hinnanalennus alensi hehtaarikohtaista hakkuukertymää 35 % (3,3 m<sup>3</sup>/ha) ja mäntypylväissä vastaava hinnannuutos alensi pylväiden hakkuukertymää 24 % (10 m<sup>3</sup>/ha).

Tuotteiden valmistuskustannusten kohoaminen 20 % alensi perusapteeraukseen verrattuna suhteellisesti eniten männyn tyvitukin ja tukin hakkuukertymiä eli 5 % (2,2 m<sup>3</sup>/ha). Männyn tyvitukin, tukin ja pikkutukin tuotteiden valmistuskustannusten nousu kasvatti niiden kokonaishakkuukertymää 1,7 %, kustannusten noususta huolimatta. Tällöin hakkuukertymä kasvoi kuitenkin yksinomaan pikkutukilla muiden puutavaralajien osuuden hieman pienentyessä. Muissa apteerausvaihtoehdoissa tuotteiden valmistuskustannusten kohoaminen johti hakkuukertymän pienemiseen alle 2 % (alle 1 m<sup>3</sup>/ha). Sorvikusesta saatavien tuotteiden valmistuskustannusten nousulla ei ollut vaikutusta kuusisorvitukin hakkuukertymiin.

Valmistuskustannusten aleneminen 20 % lisäsi perusapteeraukseen verrattuna suhteellisesti eniten mäntypikkutukin kertymää, 6 %. Muilla puutavaralajeilla tai niiden yhdistelmillä valmistuskustannusten alentuminen vaikutti verraten vähän, alle 1 %. Sorvikuudesta saatavien tuotteiden valmistuskustannusten alenemisella ei ollut vaikutusta kuusisorvitukin hakkuukertymiin.

Saha- ja vanerituotteiden valmistusprosessissa syntyvien sivutuotteiden eli hakkeen ja purun hintojen nousulla oli varsin vähäinen vaikutus hakkuukertymiin. Hintojen nousu 30 % vaikutti suhteellisesti eniten mänty- ja kuusipikkutukin hakkuukertymiin, jotka kasvoivat perusapteerauksen tasosta 7–9 %. Muilla puutavaralajeilla tai niiden yhdistelmillä vaikutus oli alle 1 % (alle 1 m<sup>3</sup>/ha).

Sivutuotteiden hintojen alenemisella oli hakkuukertymiin suurempi vaikutus kuin vastaavansuuruisella hintojen nousulla. Hakkeen ja purun hintojen alentuessa 30 % pieneni suhteellisesti eniten mäntypikkutukin hakkuukertymä, 10 %. Hakkuukertymä aleni männyllä merkittävästi myös tyvitukkia ja tukkia apteerattaessa, 5 %, ja kuusella pikkutukkia apteerattaessa, 3 %.

Tuotehintojen kohoaminen 20 % vaikutti selvästi eniten leimikolta hakattavien mänty- ja kuusipikkutukkien käyttöarvoihin (taulukko 8). Hehtaariohtainen käyttöarvo kohosi tällöin perusapteerauksen tasosta mäntypikkutukilla 42 % ja kuusipikkutukilla 41 %. Männyn osalta oli huomattavasti vähemmän vaikutusta tyvitukin ja tukin yhdistelmän käyttöarvoon, joka nousi vajaat 30 %. Muilla puutavaralajeilla tuotehintojen nousu aiheutti käyttöarvon kohoamisen 20–25 %.

Tuotehintojen aleneminen 20 % vaikutti eniten niin ikään mäntypikkutukin hehtaariohtaista käyttöarvoa alentavasti, lähes 50 %. Myös mäntypylvään käyttöarvo laski niitä apteerattaessa merkittävästi, noin 43 %. Muilla puutavaralajeilla ja niiden yhdistelmillä tuotehintojen lasku aiheutti käyttöarvon alenemisen 22–27 %.

Valmistuskustannusten kohoaminen 20 % alensi hakattavan mäntytyvitukin ja mäntytukin ja kuusisorvitukin hehtaariohtaista käyttöarvoa noin 10 %, mutta vaikutus mänty- ja kuusipikkutukin käyttöarvoihin oli vähäinen. Vastaavasti valmistuskustannusten lasku kohotti mäntypikkutukin sekä mäntytyvitukki, -tukki ja -pikkutukki –yhdistelmän ja sorvikuusen käyttöarvoa 10–12 %. Muilla puutavaralajeilla ja niiden yhdistelmillä valmistuskustannusten lasku johti käyttöarvon nousuun 5–7 %.

Sivutuotehintojen nousu 30 % vaikutti voimakkaimmin mänty- ja kuusipikkutukkien käyttöarvon kohoamiseen, noin 20 %, ja selvästi myös sorvitukilla, 10 %. Muilla puutavaralajeilla ja niiden yhdistelmillä vaikutus oli alle 10 %. Vastaavasti sivutuotehyvitysten lasku 30 % alensi eniten mäntypikkutukin ja sorvikuusen käyttöarvoa, 17 % ja 11 %. Muilla puutavaralajeilla ja niiden yhdistelmillä käyttöarvon aleneminen oli 3–10 %.

## **6.3 Leimikon puuston ominaisuuksien ja hakkuukertymän ennustaminen**

### **6.3.1 Puutavaralajijakauman ennustaminen**

Leimikon myyntiarvon arvioimiseksi tarvitaan ennuste leimikolta hakattavissa olevan puutavaralajikertymän rakenteesta sekä yksikköhinnat saatavalle puutavaralajikertymälle. Tavaralajihinnottelua käytettäessä riittää yksinkertaisimmillaan puulajeittainen tukki- ja kuitupuukertymä ja kantohinnat näille puutavaralajeille. Puutavaralajien hintojen vaihdellessa ajankohdan, leimikon ominaisuuksien ja ostajan mukaan mielenkiinto kohdistuu puutavaralajikertymien ennustamiseen.



Leimikon puutavaralajikertymän käyttöarvon ennustaminen vaatii yleensä myyntiarvolaskelmia tarkempia tietoja sekä puutavaralajikertymän rakenteesta että kustakin katkotusta puutavaralajikappaleesta saatavasta arvonnalisästä. Puun jalostusarvo vaihtelee myös puun käyttäjän mukaan, jolloin leimikon ominaisuuksien ja katkontatuloksen ennustaminen on myös jalostusarvon määrittämisen kannalta tärkein tehtävä.

PKM-ohjelman hankkeessa Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa laadittiin puutavaralajikertymien ennustemallit männyn ja kuusen päätehakuuleimikoille (Malinen ym. 2008b,c). Peruseräteenä oli käyttää suhteellisen helposti maastossa mitattavia hakkuukertymiä selittäviä muuttujia. Malleilla ennustetaan puutavaralajien kertymiä huomioiden leimikoiden puulajisuhteet, kokojakauma sekä runkojen katkontaohjeet ja puuston vikaisuus apteerauksen kannalta.

Mallit laadittiin malliketjuina siten, että ensimmäisellä mallilla ennustettiin aina sahauskelpoisen, vähintään sahatukin minimiläpimitan täyttävän hakkuukertymän osuus. Malliketjut muodostettiin männyllä viidelle ja kuusella neljälle eri puutavaralajien yhdistelmälle. Toisessa vaiheessa ennustettiin sahauskelpoisesta hakkuukertymästä eri puutavaralajien osuudet, ja kolmannessa vaiheessa mahdollisen pikkutukin osuus kokonaishakkuukertymästä. Kuitupuun osuutta ei mallinnettu erikseen, vaan jäljelle jäävän osuuden hakkuukertymästä oletettiin jakaantuvan kuitu- ja/tai energiapuuhun.

Männyn malliketjut olivat 1) sahatukki ja kuitupuu –apteeraus, 2) sahatukki, pikkutukki ja kuitupuu –apteeraus, 3) sahatukki, tyvitukki ja kuitupuu –apteeraus, 4) sahatukki, pylväs ja kuitupuu –apteeraus, ja 5) sahatukki, tyvitukki, pikkutukki ja kuitupuu –apteeraus. Kuusen malliketjut olivat: 1) sahatukki ja kuitupuu –apteeraus, 2) sahatukki, pikkutukki ja kuitupuu –apteeraus, 3) sahatukki, sorvitukki ja kuitupuu –apteeraus, ja 4) sahatukki, sorvitukki, pikkutukki ja kuitupuu –apteeraus.

Männyllä vikaisuuden vaikutus tukkiosuuteen on yleisesti suurta (esim. Piira ym. 2007) ja tämä heijastui myös puutavaralajien kertymien mallintamisen vaikeutena ( $R^2 = 0,32-0,72$ ). Pylväiden kertymien ennustaminen oli erityisen hankalaa ( $R^2 = 0,34$ ), koska pylväspuun laatuvaatimukset ovat erityiset ja niitä sovelletaan käytännössä subjektiivisesti valittaessa ja merkittäessä pylväspuut ennen hakkuuta. Pylväiden kertymän laskennallisia ennusteita voidaan pitää varsin teoreettisina. Huomautettakoon myös, että männyn tyvitukkia sisältävien apteerausten aineistona voitiin käyttää vain 61 leimikkoa Kaakkois-Suomesta, joiden rungoista oli määritetty suoran, oksattoiman tyvitukin osuus (kuva 1).

Kuusen malliketjut toimivat varsin hyvin ( $R^2 = 0,69-0,81$ ). Ne olivat tarkkoja erityisesti hyvälaatuisissa järeissä leimikoissa, ja antoivat selvästi männyn malliketjuja luotettavampia ennusteita. Mallit ennustivat heikoimmin puutavaralajeittaisia kertymiä huonolaatuisissa tukkileimikoissa viikaisten runkojen vuoksi ja pieniläpimittaisissa, juuri tukkipuun mitat täyttävissä leimikoissa.

### 6.3.2 Tukki vähennyksen ennustamisen tarkkuus

Leimikon puutavaralajikertymän ennustamiseksi on kehitetty useita eri menetelmiä (esim. Nyssönen ja Ojansuu 1982, PMP-ohje 1987, Maltamo ja Uuttera 1994, Kangas ja Maltamo 2002). Tukkitilavuuden tarkka ennustaminen ei sen sijaan ole onnistunut erityisen hyvin, varsinkaan erilaisten katkontaohjeiden olemassa olo ja puuston laatu huomioon ottaen. Tutkimustulokset katkontaohjeiden vaikutuksesta tukkikertymään ja tukkiosuuteen ovat vähäisiä (Piira ym. 2007). Puuston vikaisuuden vaikutuksia on sen sijaan tutkittu (mm. Vähäsaari 1998, Mehtälä 2002). Molemmista syistä syntyy ns. tukki vähennystä.

Tukkivähennyksellä tarkoitetaan sellaisten rungonosien osuutta tukin mittavaatimukset täyttävän rungonosan kuorellisesta tilavuudesta, jotka eivät täytä tukin mittavaatimusten lisäksi niiden laatuvaatimuksia ja/tai jäävät hakkuussa saatavan tukkiosan ulkopuolelle rungon täysimääräiseen hyödyntämiseen sopimattomien tukkipituuksien vuoksi. Tukkivähennystä voi syntyä tyveysten, välileikkujen ja/tai tukkiosan latvavähennyksen vuoksi. Tukkivähennys voidaan määritellä sekä rungon, metsikön että pienemmän tai suuremman maantieteellisen alueen tasolla. Tukkivähennykset jätetään hakkuissa joko hakkuupalstalle, jolloin ne katkotaan mahdollisimman lyhyeksi pölkyksi, tai tehdään minimipituisiksi kuitupuupölkyiksi, jolloin ne saattavat pienentää tukkiosuutta.

Suomalais-ruotsalaisen Wood Material Science and Engineering Research Programme -tutkimusohjelman hankekonsortiossa ”Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions (VACHA)” tarkasteltiin MELA-ohjelmistossa käytössä olevien ns. tukkivähennysmallien, vanhemman eli MELA96-version (Siitonen ym. 1996, Redsven ym. 2005) ja uudemman eli MELA05-version (Mehtätalo 2002, Redsven ym. 2005) toimivuutta empiirisellä aineistolla ja puuston vikaisuuden huomioon ottavalla apterauksen simulointiohjelmalla (Malinen ym. 2007). Mallien testausaineistoksi valittiin 87 päätehakkuuleimikkoa Leimikon arvonmuodotus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa -hankkeen aineistosta (ks. luku 6.2.2).

Vertailtaessa MELA96-version ja MELA05-version tukkivähennysmalleilla saatuja tuloksia apterauksen simuloinnilla saatuihin tuloksiin oli MELA96-mallin tulosten pieni hajonta silmiinpistävä (taulukko 9). MELA05-tukkivähennysmalli ennusti vaihtelua huomattavasti paremmin, joskin MELA96-mallilla saatujen tulosten taso vastasi paremmin apterauksen simuloinnin tuloksia, etenkin männyllä. Kuusen osalta luotettavaa vertailua haittaa runkojen mittauksessa pitkälti havaitsematta jäävä tyvilahoisuus. Tulosten perusteella MELA05-tukkivähennysmalleja voidaan pitää vanhoja parempina, sillä leimikoiden välinen hajonta saadaan niillä paremmin esiin. Kuitenkin etenkin hyvälaatuisissa männiköissä MELA96-malli tuotti tasoltaan parempia ennusteita, koska uudempi malli yliarvioi tukkivähennystä. Kaikissa metsikköoloissa ja myös alueittain yleispätevän tukkivähennysmallin kehittäminen lienee mahdotonta, mutta tietyille metsikkötyypeille kohdennettujen mallien kehittämisessä on edelleenkin työsarkaa.

**Taulukko 9.** Tukkikertymien ( $m^3/ha$ ), tukkiosuuksien (%) ja tukkivähennyksien (%) ennusteiden keskiarvot ja keskihajonnat MELA-malleilla ja apterauksen simuloinnilla laskettuna (Malinen ym. 2007).

	MELA96		MELA05		Apterauksen simulointi	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
<i>Mänty</i>						
Tukkikertymä, $m^3/ha$	100,65	61,35	87,79	54,36	103,35	68,93
Tukkiosuus, %	70,94	7,79	62,75	10,95	71,39	15,15
Tukkivähennys, %	16,04	6,03	24,25	9,20	18,17	14,10
<i>Kuusi</i>						
Tukkikertymä, $m^3/ha$	139,99	87,99	110,77	72,70	131,36	83,55
Tukkiosuus, %	71,92	11,73	56,47	12,34	67,79	14,63
Tukkivähennys, %	2,35	3,70	17,79	5,67	6,38	6,16

### 6.3.3 Laserkeilainpohjainen leimikon puustotunnusten ja hakkuukertymän ennustaminen

Puustoa koskevan mittaustiedon kerääminen maastossa on todettu usein joko liian kalliiksi, työlääksi tai tietotarkkuudeltaan vaatimattomaksi sekä metsäinventoinnin että puunhankinnan suunnittelun tarpeisiin. Toisaalta ilma- ja satelliittikuvat eivät kykene tarjoamaan riittävän tarkkaa informaatiota luotettavan puustotietoennusteen tuottamiseksi, joten mielenkiinto on kohdistunut lentokoneeseen asennetun laserkeilaimen tuottaman korkeusinformaation käyttöön. PKM-ohjelman Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa -hankkeen ja Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan yhteistutkimuksissa testattiin laserkeilaimella hankitun metsävaratiedon soveltuvuutta ennakkotiedon hankintaan leimikon ominaisuuksista, jotka ovat kiinnostavia puunhankinnan suunnittelussa.

Laserkeilaimen toiminta perustuu siihen, että lentävässä aluksessa oleva ilmaisinoso tallentaa ja tulkitsee vastaanotetun signaalin sekä määrittää sen perusteella etäisyyden mitattavaan kohteeseen. Koska laserkeilaimen paikka määritetään tarkasti keilaushetkellä, voidaan yksittäisten laserpulslien koordinaatit muuntaa korkeushavainnoiksi maanpäällisissä koordinaattijärjestelmissä (XYZ). Mitattua laserpisteaineistoa kuvataan yleensä pulssitiheydellä, joka ilmoitetaan laserpulslien lukumääränä per neliometri maanpinnalla. Laserkeilaimen tuottamasta pistemäisestä korkeustiedosta voidaan muodostaa jatkuvia pintamalleja, jotka voivat kuvata maastoa (DTM, Digital Terrain Model) tai puiden pituutta (CHM, Canopy Height Model).

Maltamon ym. (2006b) tutkimuksessa testattiin ennakkotietolähteenä laserkeilaimen, ilmakuvioiden ja kuviotietokannan erillis- ja yhteiskäyttöä metsikön runkotilavuuden ennustamisessa ei-parametrisella k-MSN menetelmällä UPM-Kymmene Oyj:n omistamalla Matalasalon metsätalalla. Tulosten perusteella laserkeilaintekniikalla tuotetut ennusteet olivat erillistekniikoista selvästi parhaimpia, mutta lisäinformaatio muista lähteistä paransi ennusteita. Laserkeilain-, ilmakuvi- ja maastotiedon avulla koealakohtaisen runkotilavuuden ennuste parani 15 % verrattuna yksinomaan laserkeilaimella hankitun ennakkotiedon perusteella laadittuihin ennusteisiin. Koska kuvio- ja ilmakuviotiedon lisäkäyttö laserkeilainaineiston ohessa ei useinkaan tuo lisämateriaalikustannuksia eli tiedot ovat joka tapauksessa olemassa, tietojen yhteiskäyttö parantaa metsäinventoinnin tehokkuutta.

Korhosen ym. (2008) tutkimuksessa testattiin laserkeilaimen käyttöä leimikon teoreettisesti määritetyn sekä puuston vikaisuuden huomioon ottavan tukkitilavuuden ja tukkiosuuden ennustamisessa Matalasalo-tilalta kerätyllä aineistolla. Teoreettiset tukkitilavuudet laskettiin runkokäyriltä ja vikaisuuden vaikutukset otettiin mukaan tukkivähennysmalleilla (Mehtätalo 2002). Testattuna menetelmänä käytettiin regressiomalleja, joissa hehtaarikohtaista tukkitilavuutta ennustettiin suoraan laserkeilaimen korkeusdatalla, sekä malleja joissa ensin ennustettiin puuston keskitunnukset, kuten pohjapinta-ala, pohjapinta-alamediaanipuun läpimitta ja korkeus, ja näiden tietojen pohjalta laskettiin Weibull-jakaumaa noudattava runkolukusarja ja tälle tukkitilavuudet. Menetelmillä saatuja tuloksia vertailtiin hakkuukoneen mittalaitteen tuloksiin, joista saatiin sekä todelliset tukkitilavuudet että runkokäyriltä lasketut teoreettiset tukkitilavuudet.

Suorat laseraineistoon pohjautuvat mallit tuottivat tyydyttävät ennusteet sekä teoreettiselle että todelliselle tukkitilavuudelle (RMSE 8,9 % ja 15,3 %), vaikkakin malleilla oli taipumusta yliarvioida tukkitilavuutta. Weibull-runkolukusarjaan pohjautuva lähestymistapa tuotti selvästi huomattavasti tulokset (RMSE 20,8 % ja 37,1 %).

Leimikon myynti- ja käyttöarvon vaihtelua selittävistä tekijöistä suurin yksittäinen selitysvoima on leimikon runkojen kokojakaumaa kuvaavilla muuttujilla. Leimikon kokojakauman ennustamista onkin tutkittu hyvin paljon (esim. Maltamo 1998, Mehtätalo 2004). Kokojakauman lisäksi arvonmuodostukseen vaikuttavat suuresti oksikkuusrajojen korkeudet (erityisesti männyllä) ja latvusraja (Malinen ym. 2007). Oksikkuusrajojen ja latvusrajan mittaaminen ja ennustaminen ovat olleet käytännössä erittäin työläitä ja vaikeita. Laserkeilaimella tuotetusta korkeusmallista voidaan kuitenkin tuottaa suhteellisen yksinkertaisesti latvusrajaa kuvaava tieto. Maltamon ym. (2006a) tutkimuksessa ennustettiin latvusrajakorkeutta Heinolassa sijaitsevalta inventointialueelta kerättyä aineistoa hyväksikäyttäen. Tulosten pohjalta voidaan todeta, että laserkeilainpohjainen metsikkötason latvusrajan ennustaminen on tarkempaa kuin maastomittauksiin pohjautuvilla malleilla tapahtuva ennustaminen. Sen sijaan puutason latvusrajan ennustamisessa maastomittauksiin pohjautuvat mallit tuottavat tarkempia ennusteita.

Peuhkurisen ym. (2007) tutkimuksessa ennustettiin leimikon puutavaralajikertymää ja tukkijakaumaa Matalasalo-tilalta kerätyllä aineistolla kuudella eri menetelmällä:

- Menetelmässä 1 ennusteet laadittiin laserkeilaimen tulkinnalla yksinpuin ja aineistolle laadituilla pituus-läpimittamalleilla.
- Menetelmässä 2 ennusteet laadittiin kuten menetelmässä 1, mutta pituus-läpimittamalleina käytettiin Kalliovirran ja Tokolan (2005) malleja.
- Menetelmässä 3 käytettiin myös Kalliovirran ja Tokolan (2005) malleja, mutta pituuden sijasta läpimitan selittäjänä käytettiin latvuksen maksimiläpimittaa.
- Menetelmä 4 pohjautui systemaattiseen koealaotantaan, jossa kultakin koealalta mitattiin puiden läpimitat ja yhden puun pituus. Loppujen puiden pituudet laskettiin Veltheimin (1987) pituusmallilla kalibroituina kuviokohtaisella mittauksella.
- Menetelmässä 5 ennusteet perustuvat kuvioittaiseen arviointiin. Kuvioiden puusto-ositteille muodostettiin jakaumamalleilla puujoukot, joiden puille kertymät laskettiin runko-käyrämallien avulla.
- Menetelmässä 6 käytettiin laserkeilaimella laadittua korkeusmallia, jonka perusteella ennustettiin puuston keskitunnukset ja näiden perusteella runkojoukko kuten menetelmässä 5.

Tulokset osoittivat laserkeilainpohjaisen yksinpuin tulkinnan edut verrattuna muihin testattuihin menetelmiin (taulukot 10 ja 11). Tutkimuksessa menetelmiä testattiin vain kahdella leimikolla, joten tulokset ovat vain alustavia ja suuntaa-antavia.

**Taulukko 10.** Hakattujen runkojen lukumäärä ja tukki- ja kuitutilavuudet leimikolla hakkuukoneella mitattuna ja kuudella ennakkomittausmenetelmällä arvioituna (Peuhkurinen ym. 2007).

Menetelmä	Data	Hakattuja runkoja, kpl	Tukin tilavuus, m <sup>3</sup>	Kuitupuun tilavuus, m <sup>3</sup>
referenssi	harvesterin STM	2638	1267,08	254,81
1	laser	2561	1262,31	198,35
2	laser	2571	1105,95	206,86
3	laser	2570	1374,99	182,60
4	systemaattinen koealaotanta	3774	1456,68	228,83
5	kuviottainen arviointi	1908	1322,69	143,80
6	laser	3067	1502,73	271,05

**Taulukko 11.** Jakauma-asteet ja läpimittaluokittaiset jakauma-asteet laskettuna korjuussa toteutuneiden ja ennustettujen tukkijakaumien välille (Peuhkurinen ym. 2007).

Menetelmä	Data	Jakauma-aste	Läpimittaluokittainen jakauma-aste
1	laser	93,95	98,70
2	laser	83,63	95,18
3	laser	90,51	97,98
4	systemaattinen koealaotanta	88,31	96,79
5	kuviottainen arviointi	87,93	97,00
6	laser	84,98	95,83

#### 6.4 Laatu puun asiakaslähtöinen kasvatusta: pohjoinen Keski-Suomi

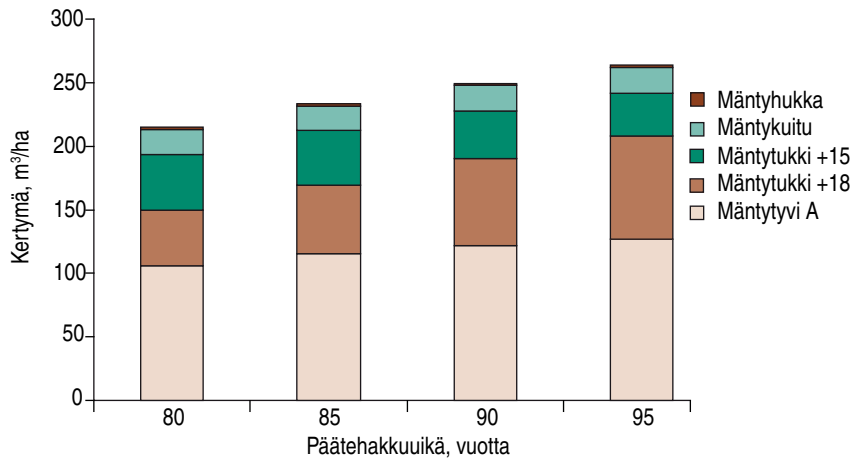
Puutuoteteollisuudessa puuraaka-aine on suurin tuotantokustannusten tekijä. Sen osuus vaihtelee tavallisesti rajoissa 60–80 %. Raaka-aineen laadun vaikutus lopputuotteen laatuun on hyvin tärkeä, ja laatu määrää järeiden ohella puutuotealan raaka-aineen puustamaksukyvyyn metsänomistajalle. Metsien kasvatuksessa on panostettu usein tavaralajihinnoitteluun pohjautuvien kannattavuuslaskelmien mukaisesti tukkipuun mitat täyttävän puuraaka-aineen tuottamiseen järeiden ja laadukkaan tukkipuun sijaan.

Metla toimi asiantuntijaorganisaationa tarjoten laskenta- ja asiantuntijapalveluita Keski-Suomen metsäkeskuksen vetämässä Laatu puu-hankkeessa (2007–2008). Hanke oli koulutus- ja tiedon siirtohanke, jonka rahoittivat Keski-Suomen TE-keskus ESR-ohjelmasta, maakunnassa toimivat puutuotealan yritykset ja metsänhoitoyhdistykset ja Puumiesten ammattikasvatussäätiö. Metla muodosti hankkeen toteutusta varten työryhmän puuntutkimuksen ja kasvu- ja tuotostutkimuksen tutkijoista, jonka työ organisoitiin PKM-ohjelmassa hankkeeksi 7248 Arvopuun kasvatusta ja hankinta Keski-Suomessa.

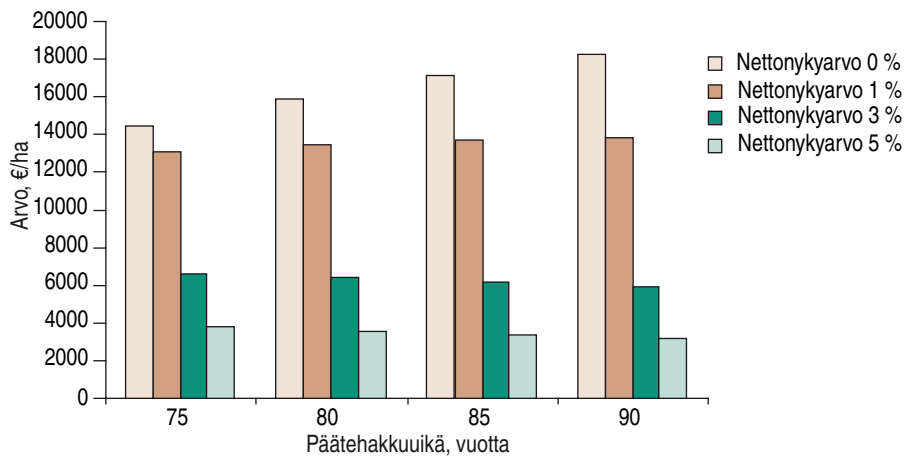
Metlan työnä kartoitettiin laatu puun kasvatukseen tähtäävät kasvatusketjut, simuloitiin kasvatusketjujen vaikutuksia kiertoajan kokonaistuotokseen ja kantorahatuloihin ja päätehakkuiden puustojen puutavaralajikertymiin ja kantoraha-arvoon sekä arvioitiin kasvatusketjujen soveltamisen vaikutuksia laatu puun tarjontaan asiakaslähtöisillä puutavaralajeilla 20 vuoden aikavälillä (Malinen ym. 2008a, 2011, Hynynen 2008, Hynynen ym. 2008). Hankkeessa laatu puun kasvatusketjuja simuloitiin Motti-ohjelmistolla (Hynynen ym. 2002). Lisäksi perustettiin mallikoealoja päätehakkuukäisiin männiköihin ja kuusiköihin havainnollistamaan erilaisten puutavaralajien yhdistelmien vaikutuksia päätehakkuukertymiin ja kantorahatuloihin.

Laatu puu-hankkeen esimerkkitulosten perusteella hakkuukertymät kasvavat voimakkaasti erityisesti arvokkaimpien ja järeimpien puutavaralajien osalta päätehakkuuian kasvaessa (kuva 5). Vaikkakin päätehakkuukertymät ja kantorahatulot kasvavat, voi sijoitetun ja puustoon sitoutuneen pääoman korkovaatimus muuttaa päätehakkuun optimiajankohtaa (kuva 6). Tasahintaiseen tavaralajihinnoitteluun pohjautuvat yksityistaloudelliset kiertoaikalaskelmat tuottavatkin lyhyempiä optimikiertoaikoja kuin mitä jalostusarvo tai kansantaloudellinen optimikiertoaika edellyttäisi.

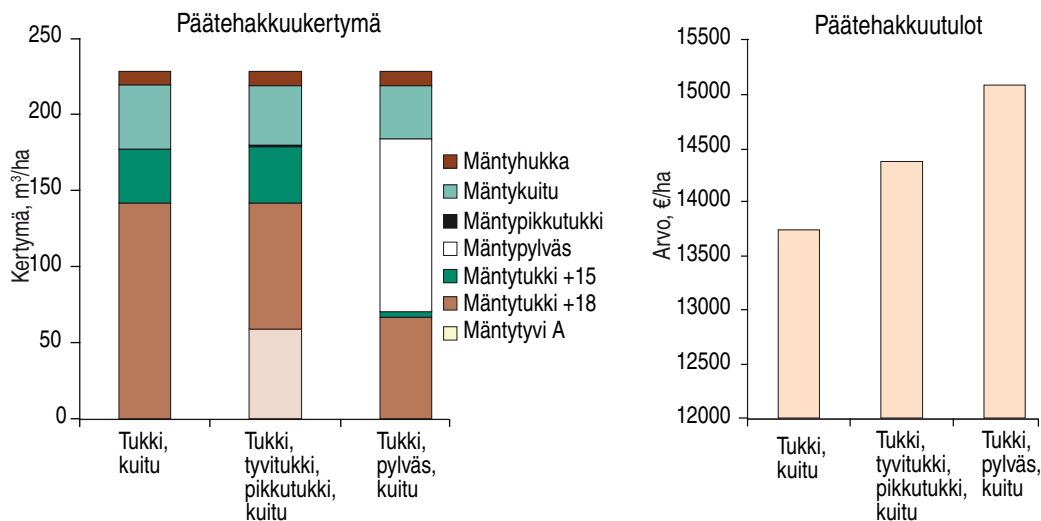
Esimerkkitulokset osoittavat myös, että päätehakkuussa korjattavat ja erikseen hinnoiteltavat erikoispuutavaralajit nostavat merkittävästi metsänomistajan kantorahatuloa (kuva 7). Erikoispuutavaralajien korjuun edellytyksenä on tosin useimmiten järeiden ja laadukkaan eli oksattoman tai vähäoksaisen, suoran ja terveen puuraaka-aineen kasvattaminen, joka vaatii metsänhoitotoimpiteistä huolehtimista säännöllisesti sekä päätehakkuupuuston riittävää järeittämistä.



**Kuva 5.** Puutavaralajeittaiset päätehakkuukertymät kylvömännikön intensiivikasvatuksessa Saarijärvellä, kun kiertoaajan pituus on 80, 85, 90 tai 95 vuotta.



**Kuva 6.** Metsänkasvatuksen taloudellisen tuloksen nettonykyarvot ensiharvennushetkellä kylvömännikön intensiivikasvatuksessa Saarijärvellä, kun kiertoaajan pituus on 80, 85, 90 tai 95 vuotta.

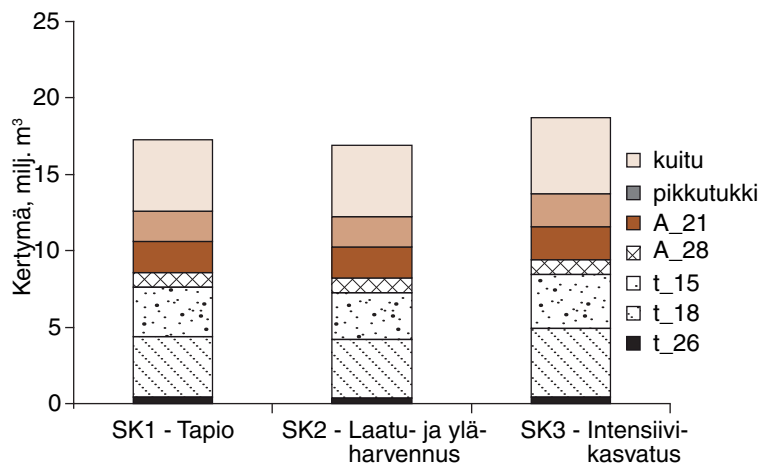


**Kuva 7.** Päätehakkuukertymät (m³/ha) ja niiden kantoraha-arvot (€/ha) erilaisilla puutavaralajiyhdistelmillä kylvömännikössä Lannevedellä.

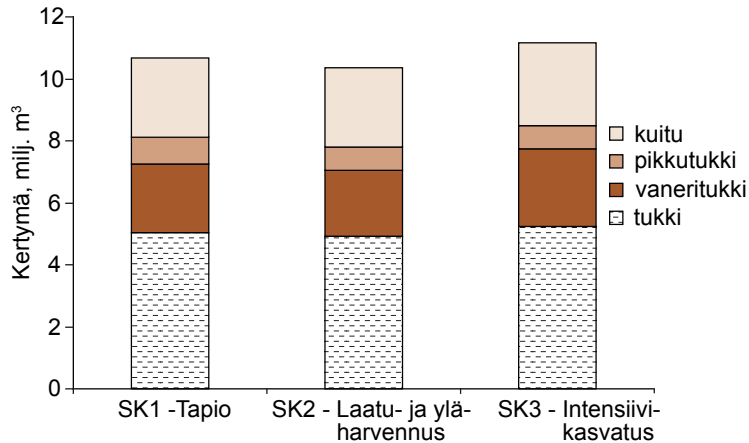
Laatupuun kasvatuksen vaikutuksia laatupuun tarjontaan 20 vuoden aikavälillä selvitettiin asiakaslähtöisillä puutavaralajeilla (Hynynen 2008, Hynynen ym. 2008) 10. valtakunnan metsien inventoinnin ym. maastomittauksiin perustuvien aineistojen pohjalta (Korhonen 2007). Tässä tarkasteltiin kolmea erilaista kasvatusskenaariota: 1) Tapion uusien metsänhoitosuositusten mukainen kasvatus (Hyvän metsänhoidon... 2006), 2) laatupuun kasvatus laatu- ja yläharvennusten avulla, 3) laatupuun kasvatus intensiivisillä kasvatusmenetelmillä, käyttäen harvennuksia, männiköissä ja kuusikoissa toistuvia lannoituksia ja männiköissä ja koivikoissa pystykarsintaa.

Kussakin skenaariolaskelmassa simuloitiin harvennus- ja päätehakkuissa hakattavien runkojen puutavaralajirakenne ja runkojen arvo Metlassa puuntutkimuksen piirissä kehitetyllä apteeraussimulaattorilla. Puutavaralajien määrittelyt tehtiin asiantuntijaryhmässä, jota varten Keski-Suomen metsäkeskus teki haastatteluselvityksen maakunnassa toimivien puutuotealan yritysten piirissä niiden määrällisistä puuraaka-ainetarpeista ja puutavaralajien tuotelähtöisistä mitta- ja laatuvaatimuksista.

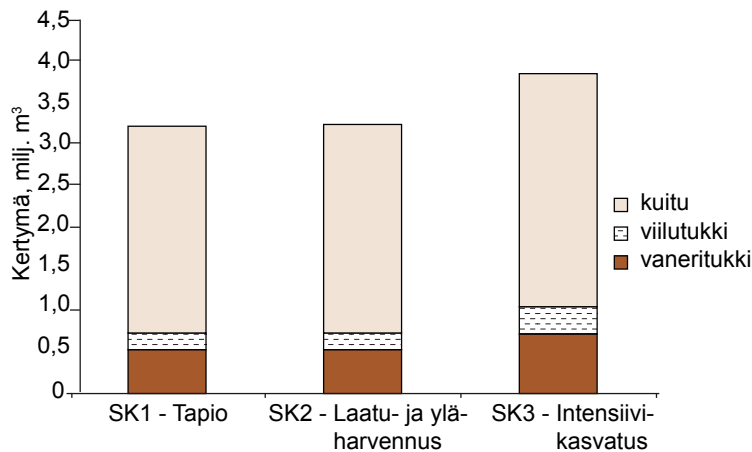
Kolmessa puunkasvatusskenaariossa lasketut hakkuukertymäarviot on tiivistetty kuviin 8–10. Lähimmän 20 vuoden hakkuumäärät ja niiden rakenne määräytyvät paljolti nykypuuston perusteella, eikä lähiajan kertymiin voida vaikuttaa kovin paljoa kasvatusmetsien käsittelyllä. Pohjoisen Keski-Suomen alueella vuotuisten hakkuukertymien arvioidaan olevan käsittelyskenaariossa 1 ja 2 hieman yli 1,5 miljoonaa kuutiometriä, ja intensiivisen kasvatuksen skenaariossa 3 vajaat 1,7 milj. kuutiometriä. Nopein keino kasvattaa lähivuosien hakkuukertymiä on metsien lannoitus. Jos lannoituspinta-alat kangasmailla nousisivat intensiivisimmän kasvatusskenaarion tasolle, kokonaishakkuukertymä lisääntyisi noin 8 % ja valtaosa lisäyksestä olisi tukkipuuta.



**Kuva 8.** Männyh hakkuukertymät kolmessa metsänkasvatuksen skenaariossa tulevan 20 vuoden aikana pohjoisessa Keski-Suomessa. A\_21 on A-laatuinen tyvitukki latvaläpimitaltaan 21–28 cm ja A\_28 on A-laatuinen tyvitukki latvaläpimitaltaan yli 28 cm, t\_15, t\_18 ja t\_26 ovat sahatukkeja latvaläpimitoiltaan 15–18 cm, 18–26 cm ja yli 26 cm.



**Kuva 9.** Kuusen hakkuukertymät kolmessa metsänkasvatuksen skenaariossa tulevan 20 vuoden aikana pohjoisessa Keski-Suomessa.



**Kuva 10.** Koivun hakkuukertymät kolmessa metsänkasvatuksen skenaariossa tulevan 20 vuoden aikana pohjoisessa Keski-Suomessa.

## 6.5 Päätelmät

Tutkimusten tulokset osoittavat, että leimikon arvo vaihtelee leimikon ominaisuuksien, korjattavien puutavaralajien ja katkontaohjeiden sekä näiden yhteisvaikutuksen mukaan. Tulokset osoittavat, mitkä leimikon ominaisuudet ovat kriittisimpiä puutavaralajikertymien ja sitä kautta arvosaantojen kannalta, kuinka arvosaanto riippuu katkontaohjeista yhtäältä puunmyyjän ja toisaalta puunkäyttäjän kannalta ja miten erilaiset puutavaralajien yhdistelmät ja katkontaohjeet vaikuttavat erityyppisissä leimikoissa. Samoin on osoitettavissa eroja erilaisia puutavaralajien yhdistelmiä ja erilaisia runkojen katkontaohjeita soveltavien ostajatyyppeiden välillä leimikoiden myyntiarvon muodostumisen kannalta.

Tulokset osoittavat puutavaralajien yksikköhintoihin pohjautuvan puukaupan ongelmat. Metsänomistajan puukaupan yhteydessä saama arvio saatavasta myyntitulosta vaikuttaa tällöin varsin suoraviivaiselta: puutavaralajien yksikköhinnat kerrotaan hakkuussa kertyvien puutavaralajien määräarvioilla. Todellisuudessa erilaisten ostotarjousten ja ennen kaikkea erilaisia puutavaralajien yhdistelmiä ja runkojen katkontaohjeita sisältävien tarjousten välinen vertailu on hankalaa, ellei mahdotonta. Puunhankinnassa puunmyyjän leimikosta saaman myyntiarvon maksimointi on usein ristiriidassa puunkäyttäjän jalostusarvon maksimoinnin kanssa. Ennalta sovitut katkontaohjeet eivät välttämättä ole optimaaliset tuotteiden sen hetkiseen markkinatilanteeseen ja raakapuun



kysyntään, jolloin sopimuksen mukainen katkenta johtaa käytännössä jalostusarvon menetyksiin. Huolestuttavaa on myös se, että nykyisellä tavaralajihinnoittelulla metsänomistajan on kannattavinta realisoida puusto-omaisuutensa huomattavan paljon aikaisemmin kuin jalostusarvon kannalta olisi järkevää. Tavaralajihinnoittelusta johtuen metsänomistajan yksityistaloudellista optimointia koskevat kiertoaikalaskelmat eivät huomioi tukkipuukokoisen puunosan järeytymisestä koituvaa jalostusarvon nousua, vaan ohjaavat metsänomistajan myymään puunsa heti, kun se on riittävässä määrin ylittänyt tukkipuun minimirajan.

Ristiriita myyntiarvon ja jalostusarvon välillä erilaisista näkökulmista katsottuna johtaa usein tasapainoiluun tukkien ja erikoispuutavaralajien kertymän ja puutavaran jalostusarvon maksimoinnin välillä, kummankaan täysin toteutumatta. Tilanne on valitettava puukaupan molempien osapuolten kannalta ja johtaa pahimmillaan kiistoihin osapuolten kesken. Kokonaisuuden kannalta olisi parasta, että raaka-aineen jalostusarvon maksimointi johtaisi suurimpaan mahdolliseen lisäarvoon, ja tästä riittäisi eniten jaettavaa myös puunmyyjälle.

Tavaralajihinnoittelun taustalla on puukaupan osapuolten epätasapainoinen tietämys raaka-aineen arvosta. Vain puunostaja, jos hänkään, tietää mitä kunkin leimikon raaka-aineesta voidaan saada. Yleisesti tällaisessa epätasapainoisen informaation tilanteessa päädytään suoriteperusteiseen kauppaan. Epätasapainoinen informaatio johtaa myös yleisesti tehokkuustappioihin. Puukaupassa tämä tarkoittaa usein sitä, että laadukkaasta raaka-aineesta ei makseta sille kuuluvaa hintaa ja kannustimet laatupuun kasvatukseen jäävät pieniksi. Vastaavasti heikkolaatuisesta raaka-aineesta maksetaan korkeampaa hintaa kuin mitä jalostusarvo edellyttäisi.

Puukaupan kehittäminen edellyttää siirtymistä tavaralajihinnoittelusta hinnoitteluun, jossa kunkin leimikon puuraaka-aineesta maksetaan sen ominaisuuksien ja markkinahintaisen lopputuotteen hinnasta johdetun jalostusarvon perusteella määräytyvää hintaa. Korvaavan hinnoittelumenetelmän käyttö ostotarjouksen pohjaksi edellyttää riittävän tarkkaa ennakoarviota leimikosta saatavasta puutavaralajikertymästä ja sen jakaumasta tavaralajeihin ja mielellään myös järeyksiin, pituuksiin ja laatuluokkiin. Laserkeilainpohjainen leimikon puustotunnusten ennustaminen tarjonnee tulevaisuudessa varsin hyvät lähtökohdat leimikon puuston arvottamiseen, mutta valitettavasti vain niille puukaupan osapuolille, joiden resurssit riittävät laserkeilainpohjaisen järjestelmän käyttöön. Tämä jättää edelleen suuren osan pk-sektorin puunhankkijoista ja metsänomistajista puutteellisemman ennakkotiedon varaan leimikoistaan.

Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa -hankkeessa kehitetyt ennustemallit tarjoavat erään mahdollisuuden päätehakkuuleimikoiden puutavaralajikertymien ennakkointiin. Mallit antavat kuitenkin vain suuntaa-antavia tuloksia eikä niitä voida suositella käytettäväksi yksittäisen leimikon kaupallisen arvon analysointiin. Puukaupassa tarvitaan edelleen menetelmää, jolla yksittäisen leimikon puutavaralajien kertymät ja raha-arvo voidaan ennustaa yksinkertaisesti ja kustannustehokkaasti, myös yksittäisen metsänomistajan tai pienen puunhankintaorganisaation toimesta.

Keski-Suomen metsäkeskuksen vetämässä Laatupuuhankkeessa kehitettiin laskentamenetelmiä asiakaslähtöisten puutavaralajien hakkuukertymien ennustamiseen seutukuntatasolla pohjoisessa Keski-Suomessa keskipitkällä aikavälillä. Metsä- ja puutuoteteollisuus tarvitsevat strategisen päätöksenteon tueksi arvioita raaka-aineen riittävydestä ja laatuajakaumasta myös tulevaisuudessa. Nyt kehitetyillä laskentamenetelmillä voidaan asiakaslähtöisten puutavaralajien kertymiä ennakoita helposti myös muilla alueilla ja seutukunnissa. Asiakaslähtöisten puutavaralajien kertymien keskipitkän aikavälin ennusteiden lisäksi vertailtiin laatupuun kasvatusketjujen vaikutuksia

puutavaralajien kertymiin 20 vuoden aikana. Tärkeimmät tulevan puuston laatuun vaikuttavat metsänhoidon toimenpiteet ajoittuvat kiertojen alkutaipaleelle, metsänuudistamisesta aina ensiharvennusikään saakka. Nyt 20 vuoden tarkastelujaksolla laatukasvatuksen hyödyt eivät tulleet vielä esille, koska hoitotoimenpiteiden vaikutus näkyy vasta pidemmällä aikajänteellä. Itse asiassa intensiivinen laatukasvatus lisää välittömästi kuitupuun ja mahdollisesti energiapuun kertymiä, mutta vasta 15–30 vuoden kuluttua tukki- ja erikoispuun kertymiä.

Laatupuuhankkeen metsikkökoelajien vertailulaskelmat osoittavat, että asiakaslähtöisten puutavaralajien kertymiin voidaan vaikuttaa oikeilla metsänhoitotoimenpiteillä. Tarkasteltaessa tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksia puutavaralajien kertymiin toimenpiteiden hyödyt osoittautuivat hyvin selviksi. Hyvälaatuisen järeän puun kasvattaminen vaatii kuitenkin panostuksia. Tarkasteltaessa metsänhoitotoimenpiteiden kannattavuutta huomataan, että nykyinen tavaralajihinnoittelu ei kannusta riittävästi laadukkaan puun kasvattamiseen. Tukkipuun hinnan ollessa laadusta riippumatta lähes vakio ja erikoispuutavaralajien hintalisien ollessa pieniä ei laatupuun kasvatukseen ole riittäviä kannustimia.

## Kirjallisuus

- Hynynen, J. 2008. Laatupuun tuottamisen ja saatavuuden strategiset vaihtoehdot pohjoisessa Keski-Suomessa. Laatupuulla parempiin päiviin – Laatupuuhankkeen päätösseminaari, Karstula, 13.2.2008. PowerPoint, 33 s. [verkkodokumentti] <http://www.metsakeskus.fi/>
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835. 116 s.
- Hynynen, J., Verkasalo, E. & Malinen, J. 2008. Kannattava laatukasvatus asiakaslähtöisesti. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s., PowerPoint, 42 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/hynynen.pdf/>
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 101 s.
- Kalliovirta, J. & Tokola, T. 2005. Functions for estimating stem diameter and tree age using tree height crown width and existing stand database information. *Silva Fennica* 39(2): 227–248.
- Kangas, A. & Maltamo, M. 2002. Anticipating the variance of predicted stand volume and timber assortments with respect to stand characteristics and field measurements. *Silva Fennica* 36(4): 799–811.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. & Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004–2006 ja metsävarojen kehitys 1996–2006. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2007: 149–213.
- Korhonen, L., Peuhkurinen, J., Malinen, J., Suvanto, A., Maltamo, M., Packalén, P. & Kangas, J. 2008. The use of airborne laser scanning to estimate sawlog volumes. *Forestry* 81(4): 499–510.
- Laasesenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 108: 1–74.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Hynynen, J., Ahtikoski, A. & Verkasalo, E. 2008a. Simulating the effects of different growing-for-quality schemes on the recovery of conventional and special timber assortments and net revenue during the rotation of Scots pine and Norway spruce stands. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). *Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software*. IUFRO WP 5.01.04, June 8. – 14, 2008, Koli, Finland. Ss. 69–75.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Piira, T., Redsvén, V., Wall, T. & Nuutinen, T. 2007. Comparing model-based approaches with bucking simulation-based approach in the prediction of timber assortment recovery. *Forestry* 80(3): 309–321.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Piira, T., Wall, T. & Verkasalo, E. 2005. Variation in the sales and processing value of a timber stand by its timber quality when targeting for alternative end-products in shortwood harvesting. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). *IUFRO WP S5.01–04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources*

- and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01–04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA-ENGREF.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2006. Katkongan vaikutukset leimikon myynti- ja käyttöarvoon. Puun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet tulevaisuudessa –seminaari, Porthania, Helsinki, 30.11.2006. Abstrakti, 1 s. PowerPoint, 32 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docId=12443&rnd=3529032961383929>
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2008b. Combining stem dimensions and technical quality with bucking objectives and constraints in the estimation of value potential of timber stand. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO WP 5.01.04, June 8. – 14, 2008, Koli, Finland. Ss. 40–44.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2008c. Leimikon arvosaanto ja puukaupan tehostaminen. Puun käytön kehittäminen ja uudet puutuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s. PowerPoint, 42 s. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/malinen.pdf>
- Malinen, J., Piira, T., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2010. Timber Assortment Recovery Models for Clear-Cutting Stands in Southern Finland. *Baltic Forestry* 16(1): 102–112.
- Malinen, J., Verkasalo, E., Kilpeläinen, H., Eerikäinen, K., Korhonen, K.T., Ojansuu, R., Siipilehto, J., Ahtikoski, A., Lehtonen, M. & Hynynen, J. 2011. Laatu puun tuottamisen strategiset vaihtoehdot pohjoisessa Keski-Suomessa. Käsikirjoitus.
- Maltamo, M., Hyypä, J. & Malinen, J. 2006a. A comparative study of the use of laser scanner data and field measurements in the prediction of crown height in boreal forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 231–238.
- Maltamo, M., Malinen, J., Packalén, P., Suvanto, A. & Kangas, J. 2006b. Nonparametric estimation of stem volume using laser scanning, aerial photography, and stand register data. *Canadian Journal of Forest Research* 36(2): 426–436.
- Maltamo, M. & Uuttera, J. 1994. Puutavaralajimallien laadinta Tehdaspuu Oy:lle. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Moniste. 18 s.
- Maltamo, M. 1998. Basal area diameter distribution in estimating the quantity and structure of growing stock. Väitöskirja. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 43 s.
- Mehtätalo, L. 2002. Valtakunnalliset puukohtaiset tukkivähennysmallit männylle, kuuselle, koivulle ja haavalle. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 575–591.
- Mehtätalo, L. 2004. Predicting stand characteristics using limited measurements (väitöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 929. 39 s. + 5 osajulk.
- Nuutinen, T., Moberg, L., Verkasalo, E. & Peltola, H. 2007. Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions (VACHA). Julkaisussa: Poppius-Levlin, K. & Johansson, B. (eds.). Wood Material Science and Engineering Final Report. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2007. Ss. 27–48.
- Nysssönen, A. & Ojansuu, R. 1982. Metsikön puutavaralajirakenteen, arvon ja arvokasvun arviointi. *Acta Forestalia Fennica* 179. 52 s.
- Peuhkurinen, J., Maltamo, M., Malinen, J., Pitkänen, J. & Packalén P. 2007. Preharvest measurement of marked stands using airborne laser scanning. *Forest Science* 53(6): 653–661.
- Piira, T., Kilpeläinen, H., Malinen, J., Wall, T. & Verkasalo, E. 2007. Leimikon puutavaralajikertymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkentaohjeilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2007: 19–37.
- PMP-ohje. 1987. PMP-hoitokunta. 1.8.1987.
- Redsven, V., Anola-Pukkila, A., Haara, A., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kettunen, L., Kiiskinen, A., Kärkkäinen, L., Lempinen, R., Muinonen, E., Nuutinen, T., Salminen, O. & Siitonen, M. 2005. MELA2005 Reference Manual. Metsäntutkimuslaitos. 621 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/metinfo/mela/tuotteet/mela2005.pdf>
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook – 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 455 s.
- Veltheim, T. 1987. Pituusmallit männylle, kuuselle ja koivulle. *Metsänarvioimistieteen pro gradu-tutkielma*. Helsingin yliopisto. 59 s. + liitteet 29 s.
- Vähäsaari, H. 1988. Puutavaralajirakenteen arvioiminen eri mittausmenetelmillä. Syventävien opintojen tutkielma, Joensuun yliopisto. 96 s.

## 7 Puutavaran mittausmenetelmät ja kuorihävikin hallinta

*Jari Lindblad, Erkki Verkasalo ja Antti Asikainen*

### 7.1 Tausta ja sisältö

Puunhankinnassa syntyy huomattavia taloudellisia arvoja paitsi puukaupassa, myös puunkorjuun ja kuljetuksen työsuoritteissa. Kauppahintojen, metsätyöpalkkojen ja urakointimaksujen määrittäminen edellyttää perusteikseen tietoja puutavaran määrästä ja laadusta, jotka todetaan puutavaranmittauksessa. Nämä puutavaran työ- ja luovutusmittauksen tarpeet tekevät mittauksesta olennaisen osan puunhankintaa. Merkitystä lisäävät mittauksen käyttö erilaisissa puunhankinnan valvontatehtävissä, raaka-aineen tuotantoon ohjauksessa, puutavarakirjanpidossa, varastojen hallinnassa ja kuljetusten ohjauksessa sekä valmistus- ja käyttöprosessien seurannassa. Lisäksi puutavaran mittausta eri muodoissaan tarvitaan puunhankinnan, puukaupan, puun käytön ja metsäsuunnittelun tutkimus- ja kehittämistehtävissä.

Puutavaran mittauksen menetelmät kuten myös mittauksen toteutus ja siinä käytettävät laitteet ovat muuttuneet melkoisesti viimeisten 20 vuoden aikana. Kun puutavaranmittaus vaati aiemmin aina erillisen mittaustoimituksen, pyritään mittausta nykyisin nivomaan osaksi korjuuta, kaukokuljetusta ja puutavaran vastaanottoa tehtaalla. Tätä voidaan pitää keskeisenä ohjenuorana mittauksen ja mittausten kehittämisen ja mittaustekniikoiden tehokkaalla hyödyntämisellä ja tehtaiden puuvastaanoton kehittämisellä on pystytty alentamaan mittauksen työvoiman tarvetta ja mittauskustannuksia. Sinänsä myös saman puutavaraerän mittausta useampaan kertaan hankintaketjun eri vaiheissa voidaan pitää ylimääräisenä kustannuksena, joten mittauksen eri tarpeet hoidetaan mahdollisuuksien mukaan yhdellä mittauksella samalla kertaa. Entistä monipuolisemmaksi kehittynyt mittaustiedon käyttö, mm. kuljetuslogistiikan ja raaka-aineen tuotantoon ohjauksen suunnitteluun, valvontaan ja hallintaan, on kuitenkin ylläpitänyt ja osin jopa lisännyt tarpeita saman puutavaraerän mittaukseen useaan kertaan hankintaketjun eri vaiheissa.

Uusilla mittauslaitteilla ja käyttöön otettavilla mittausmenetelmillä tuodaan parannuksia mittauksen eri osa-alueisiin. Puutavaran tehdasvastaanottoon asennetuilla laitteilla päästään keskitettyyn ja tehokkaaseen puutavaraerien mittaukseen. Uusien mittauslaitteiden käyttöönotto on parantanut lähes poikkeuksetta mittauksen tarkkuutta ja ergonomiaa. Käyttöpaikalla toteutettavassa mittauksessa ja näissä olosuhteissa käytettävillä mittauslaitteilla pystytään mittaamaan tehokkaasti suuria määriä puutavaraa. Mittausmenetelmien kehitystyössä oman ongelmakohtan ovat kuitenkin muodostaneet pienet puutavaraerät. Näiden mittaukseen tienvarressa sitoutuu suuri kustannus, toisaalta erien erillään pitäminen kaukokuljetuksen aikana vaatii erityistoimenpiteitä.

Käytännön puutavaranmittaus toteutetaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksella vahvistetuilla mittausmenetelmillä erilliseen lainsäädäntöön perustuen. Lainsäädännössä on erikseen määritelty myös mittausmenetelmien vahvistamisprosessi, jossa keskeisessä roolissa on mittauksen eri osapuolten edustajista koostuva ja menetelmäohjeita valmisteleva puutavaranmittauksen neuvottelukunta. Mittausmenetelmien taustalla on aina kehittämis- ja tutkimustyö, joka on luonteeltaan jatkuvaa.

Metsäntutkimuslaitoksella (Metla) on lakisääteinen rooli mittauksen tutkijana ja ylläpitäjänä. Puutavaranmittauksen kehittäminen on monien tahojen yhteistyötä, jossa menetelmä- ja laitekehitykseen osallistuvat teknilliset yliopistot ja muut tutkimusorganisaatiot, kone- ja laitevalmistajat, metsäyhtiöt, tehdasmittaukseen erikoistuneet yritykset ja mittausosapuolten etujärjestöt. Teknillisten yliopistojen ja laitevalmistajien rooli on korostunut 2000-luvulla, kun mittauksia on teknistetty ja automatisoitu. Puutavaranmittauksia voidaan pitää yhtenä metsäalan nopeimmin kehittyvistä erityisosaamisen alueista.

Puutavaran mittaus on ollut Metlan ydinosaamisen aluetta toimialan tutkimus- ja kehittämistyössä 1960-luvulta lähtien. Tutkimusten aloitteet ovat tulleet useimmiten käytännön mittauksen osapuolilta, mutta tutkijoiden omalle ideoinnille on myös ollut oma paikkansa. PKM-tutkimusohjelmaa käynnistettäessä päätettiin mittaustutkimukset sijoittaa tähän kokonaisuuteen, koska ne ovat paljolti sidoksissa puunhankinnan ja -käytön ja puukaupan yleiseen viitekehitykseen sekä raaka-aineen (mittaus)tekniisiin ominaisuuksiin ja tehtaiden valmistusprosessien ja lopputuotteiden tarpeisiin. Myös henkilöresurssien käyttö puolsi tätä ratkaisua.

Mittaustutkimukset tehtiin PKM-ohjelmassa hankkeessa 3359 Puutavaran määrän ja laadun mittauksen uudet menetelmät, ja siihen kytketyissä ulkopuolisella rahoituksella toteutetuissa hankkeissa pääasiassa Joensuun yksikössä toimivassa tutkimusryhmässä. Tutkimukset keskitettiin pienten puutavaraerien mittauksen perusteisiin ja menetelmiin, puutavaraerien massan mittaukseen ja kuormien ja nippujen optiseen mittaukseen perustuvien menetelmien kehittämiseen sekä mittaustarkkuuden tarkasteluihin (Lindblad 2003). Kaikki tutkimukset koskivat puutavaran määrän mittauksia, palvelivat mittausmenetelmien ohjeistusta ja tukivat puutavaran mittauksen neuvottelukunnan työtä. Ohjelman kestoaikana osallistuttiin aktiivisesti toimialan tutkimus- ja kehittämistoiminnan tarpeiden ja tavoitteiden määrittelyyn, mm. Metsäteho Oy:n vetämään Puutavaran mittauksen vision 2010 laadintaan (Hämäläinen ym. 2006). Maininnan ansaitsee myös Metsäteho Oy:n kanssa jaettu vetovastuu mittauksen toimija- ja kehittäjä osapuolten yhteisten vuositapaamisten järjestämisessä (ns. Suomen Kubiikki -toiminta).

Tutkimusjulkaisujen, tulosraporttien, artikkelien ja asiantuntijalausuntojen laadinnan lisäksi hankkeen tutkijat osallistuivat keskeisessä roolissa useiden oppi- ja käsikirjojen tekoon puutavaran mittauksen alalta. Laajimmat näistä ovat kotimaisille tiedonkäyttäjille suunnattu ”Puukauppa – valmistelu, sopimus, puutavaran mittaus” (Kiviniemi ym. 2006), jossa on kattava erityisosa puutavaran mittauksesta, ja kansainväliselle foorumille tarkoitettu ”Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2”, jossa on puutavaran mittauksesta oma luku ”Timber measurement” (Asikainen ym. 2009). Toimialan kotimaisissa aikakauskirjoissa esitetyt puutavaran mittauksen esittelyt myös päivitettiin vuosittain (Verkasalo 2003–2008, Lindblad 2008b). Lisäksi kirjoitettiin puutavaran mittauksia koskevat osuudet Metsäkoulu-oppikirjaan (Lindblad 2005b) ja venäjänkielille käännettyyn käsikirjaan ”Metsätalouden perusteet Suomessa” (Lindblad 2006b).

Kotimaisen puutavaran mittauksen kehittämisen ohella tuettiin asiantuntijapalvelutyönä tuontipuun mittauksen suomalaisten osapuolten puukaupallisia neuvotteluja mittausmenetelmien osalta (mittausmenetelmien soveltuvuuden arviointia ja lausuntoja, puuntuojien kehityshankkeen ohjaus). Lisäksi osallistuttiin pohjoismaiden ja Baltian maiden puutavaran mittauksen tutkimus- ja kehittämistoimijoiden väliseen yhteistyöhön tietojen ja kokemusten vaihtamiseksi ja kehitysideoiden vertailemiseksi.

PKM-ohjelman kestoaikana tuli välttämättömäksi käynnistää uudelleen energiapuun mittauksen tutkimukset, jotka olivat olleet Metlassa lähes pysähdyksissä yli 10 vuotta (Lindblad 2005a, 2008c).

Tutkimukset voitiin aloittaa PKM-ohjelmassa vuonna 2005, mutta ne siirrettiin jo vuonna 2007 Bioenergiaa metsistä tutkimus- ja kehittämisohjelmaan (BIO). Energiapuun mittauksen tutkimukset raportoidaan kokonaisuudessaan BIO-ohjelman yhteydessä.

Puutavaran laadun mittausmenetelmiä ei lopulta tutkittu PKM-ohjelmassa. Sen sijaan tutkijaryhmä Vantaan yksiköstä teki aihepiirissä omia tutkimuksiaan puutavarapölkkyjen laadun määrittämisestä puuta koskemattomin menetelmin ns. PUULA-hankkeessa. Tämä oli usean yliopiston ja tutkimuslaitoksen yhteishanke, koordinaattorina Metsäteho Oy (ks. esim. Sorsa ym. 2004). Metlan tutkimuksista julkaistiin eräin täydennyksin oma yhteenvetonsa (Pesonen ym. 2010).

PKM-ohjelmassa toteutettiin myös hanke 3358 Yksioteharvesterilla korjatun puutavaran laatu, tavoitteena identifioida, analysoida ja mallittaa tekijöitä, jotka aiheuttavat yksioteharvesterihakkuussa vaurioita valmistettavalle puutavaralle. Käytännössä tutkittiin kuorihävikkiä, sen syitä ja vaihtelua sekä kuorihävikin hallintaa hakkuun ajankohtaa säätelemällä ja hakkuukoneen käsittelyä ja prosessointiyksikköä kehittämällä. Tavoitteena oli minimoida kuorihävikkiä, koska kuori suojaa puutavaraa kuivumiselta ja vaurioitumiselta puunhankintaketjun eri vaiheissa ja on arvokas energiaraaka-aine puuta käyttäville tehtaille ja energialaitoksille. Tutkimus sisälsi olennaisilta osiltaan myös puutavaran kuorellisen tilavuuden määrittämiseen ja käytännön mittaustarkkuuteen liittyviä, kuorihävikkiin potentiaalisesti johdettavissa olevia osia. Tutkimus esitellään tämän asia-yhteyden nojalla tässä mittaustutkimusten rinnalla.

## 7.2 Kuormainvaakojen hyödyntäminen puutavaran mittauksessa

Kuormainvaa'at tulivat käyttöön puutavara-autoihin ja osin myös kuormatraktoreihin jo 1990-luvun alussa. Ne ovat kuitenkin yleistyneet vasta aivan viime vuosina siten että nykyisin suurin osa puutavara-autoista on varustettu vaa'alla. Vaakojen yleisyydessä on alueellisia ja urakanantajien välisiä eroja, mutta kaikkiaan kattavuus on erittäin hyvä. Kuormainvaakojen yleisyys mahdollistaa uudenlaisia, varsin laajasti sovellettavissa olevia ratkaisuja puutavaran mittaukseen.

Kuormainvaa'at ovat olleet tähän saakka pitkälti puutavaran kaukokuljetuksen apuvälineitä. Vaakoja on käytetty kuorman massan määrittämiseen yhtäältä ylikuormien välttämiseksi ja toisaalta mahdollisimman suurten hyötykuormien kuljettamiseksi painorajoituksiin nähden. Kuormainvaakoja on alettu hyödyntää myös puutavaran massan mittauksessa kaukokuljetusmaksujen määrittäystä varten silloin, kun puutavaran toimituskohteessa ei ole käytettävissä siltavaakaa. Tämä käytäntö ei ole vakiintunut, vaan siinä ollaan ottamassa vasta ensi askeleita. Suuntausta voidaan pitää myönteisenä sekä mittauksen tarkkuuden, toteutettavuuden että seurattavuuden suhteen, jos vaihtoehtona on muuntolukujen käyttö määrittäessä puutavaran massaa sen tilavuuden mittauksen tuloksista.

Vahvistettu kuormainvaakamittauksen menetelmä, ns. Kuormainvaakamittaus I (Maa- ja metsätalousministeriön... 1999) laadittiin aikanaan lähinnä puutavaran työmittauksen tarpeisiin. Vaikka menetelmän käyttö on ollut mahdollista myös luovutusmittauksessa, ollaan kuormainvaakojen käyttöä tässä tarkoituksessa vasta aloittamassa. Menetelmän perusajatuksena on puutavaraerien massan mittaaminen ja muuntaminen edelleen tilavuudeksi muuntoluvuilla. Muuntolukuina voidaan käyttää alueellisia tuoretiheyslukuja tai tehdasvastaanoton paino-otantamittauksella määritettyjä tuoretiheyslukuja. Mittausohjeen mukaisesti alle 20 kuutiometrin suuruisilla ja sitä pienemmillä erillä tuoretiheys on määritettävä eräkohtaisesti tehtävien otantamittausten perusteella. Käytännössä tämä vaatimus on rajannut menetelmän käytön kokonaan tässä mittauserien kokoluokassa, jossa sovellusmahdollisuudet olisivat parhaimmat ja hyödyt suurimmat. Sittemmin kuormainvaakamittaus – menetelmäohje on uudistettu vuonna 2009.

Hakkuukonemittaus on nykyisin vallitseva pystykauppapuun työ- ja luovutusmittausmenetelmä. Tässä mittaustulos voidaan tuottaa jouhevasti hakkuutyön yhteydessä. Sen sijaan hankinta- ja käteiskauppojen puuerien mittaukseen liittyy tiettyjä haasteita. Hankinta- ja käteiskauppaerät ovat tyypillisesti pieniä, huomattava osa niistä on tilavuudeltaan alle edellä mainittu 20 m<sup>3</sup>. Näiden erien mittaaminen tienvarressa erillisessä mittaustoimituksessa on työlästä ja kallista puutavaraerän arvoon nähden. Mittauksen tehostamiseksi myös pienten erien mittausta on pyritty siirtämään tehtaille. Tällöin luovutusmittauserät on pidettävä erillään toisistaan kaukokuljetuksessa ja tehdasvastaanotossa eräkohtaisen mittauksen mahdollistamiseksi. Ajoneuvokuormissa samassa nipussa olevat mittauserät on eroteltava liinoilla tai värimerkeillä, mikä hidastaa puutavaran tehdasvastaanottoa.

Pienten hankinta- ja käteiskauppaerien mittauksen tehostamiseksi alettiin 2000-luvun alkuvuosina kehittää kuormainvaakojen hyödyntämiseen perustuvaa menetelmää (Lindblad 2003). Tutkimuksessa olivat mukana Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Metsäliitto Osuuskunta, Metsäalan Kuljetusyrittäjät ry ja Metla. Taustalla oli pyrkimys vähentää tienvarsimittauksen osuutta ja pienten puutavaraerien erillään pidosta aiheutuvia haittoja silloin, kun erät mitataan tehdasmittauksella.

Tutkitussa mittausmenetelmässä määritetään kuitupuuerien massat tienvarsivarastolla puutavara-auton kuormainvaa'alla kuormauksen yhteydessä. Erien kokonaistilavuudet mitataan käyttöpaikalla tai puutavaraterminaalissa siellä käytettävällä perusmittausmenetelmällä. Kokonaistilavuus jaetaan mittauserille kuormainvaa'alla punnittujen massojen suhteissa. Tehtaalla tai terminaalissa käytettävästä perusmittausmenetelmästä riippuen massojen suhteissa jaettava kokonaistilavuus voidaan mitata koko ajoneuvokuormalle, veto- tai perävaunulle tai yksittäiselle nipulle. Silloin kun tilavuuden mittaus toteutetaan nipuittain, kuormainvaa'an punnitustuloksen käyttö jakoperusteena on tarpeellista vain silloin, kun yksittäisessä nipussa on useamman mittauserän puutavaraa. Tutkimus ja menetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti Heikkilän (2002) aiheesta tekemässä opinnäytetyössä. Menetelmällä saadut tulokset ovat julkaisseet Heikkilä ym. (2004) ja niitä on raportoitu monissa asiayhteyksissä (mm. Lindblad 2008c).

Kuormainvaakamittausmenetelmällä määritettyjä erien tilavuuksia verrattiin tutkimuserät vastaanotaneiden tehtaiden upotusaltaissa mitattuun tilavuuteen. Kuormainvaakamittauksella ja upotusmittauksella määritetyn tilavuuden mittaeron keskihajonta oli mänty- ja koivukuitupuulla noin yhdeksän prosenttiyksikköä ja kuusikuitupuulla noin yhden prosenttiyksikön alempi. Kesällä mittaeron keskihajonta oli noin kymmenen prosenttiyksikköä ja talvella noin kaksi prosenttiyksikköä alempi.

Eräkohtaiseen mittaustarkkuuteen vaikuttaa kuvatussa menetelmässä kolme osatekijää; puutavaran tuoretiheyden satunnaisvaihtelu erien välillä, kuormainvaa'an punnitustarkkuus ja tehtaan perusmittauksen mittaustarkkuus. Nämä vaikuttivat tutkimuksessa lähes samansuuruisesti satunnaiseen mittauserävarmuuteen eli mittaeron eräkohtaiseen keskihajontaan, joka oli kaikilla osatekijöillä noin viisi prosenttiyksikköä.

Menetelmän tarkkuutta ajatellen kuormien tulisi muodostua tuoretiheydeltään (kg/m<sup>3</sup>) samalla tasolla olevista mittauseristä. Tuoretiheyden vaihtelu oli merkittävä virhelähde erityisesti kesällä, jolloin varastointi alentaa puutavaraerien kosteutta ja siten tuoretiheyttä nopeasti mutta epätasaisesti. Tuoretiheyden vaihtelu on vähäistä niillä puutavaralajeilla, joiden toimitusketju kannolta tehtaalte on nopea. Talvella lumi ja jää lisäävät näennäisesti tuoretiheyden vaihtelua, mikäli samassa kuormassa kuljetetaan lumisuusasteeltaan erilaisia puutavaraeriä. Käytännössä tämä ilmenee kuormainvaakojen ja siltavaakojen punnitustulosten vertailussa, joissa punnituseron hajonta oli talvella suurempi kuin kesällä.

Mittauserien punnituksessa kuormainvaa’alla on tärkeää punnitustuloksen mahdollisimman vähäinen satunnaisvaihtelu. Jatkuvasti samansuuntainen eli systemaattinen mittaero ei sinänsä ole ongelmallinen, sillä se ei vaikuta puutavaran tai -nipun kokonaistilavuuden jakosuhteisiin. Luonnollisesti punnitusvirheissä on mukana sekä vaaosta että niiden käyttäjistä aiheutuva virhettä. Kuten todettua, kuormainvaaoilla toteutetun punnituksen aiheuttama mittaeron hajonta pysyi kohtuullisella tasolla.

Tulokset mittaeron keskihajonnasta ja  $\pm 4$  prosentin tarkkuusvaatimuksen täyttäneiden erien osuudesta eivät sinänsä luvanneet erityisen hyvää mittaustarkkuutta menetelmälle (taulukko 1). Tarkasteltaessa menetelmän käytettävyyttä sen tarkkuuden kannalta on kuitenkin syytä tehdä vertailua käytettävissä olevaan vaihtoehtoiseen menetelmään, kuitupuun pinomittaukseen. Keskihajonta olikin kuormainvaakamenetelmässä 7,9 %, kun se oli pinomittauksessa 16,9 %. Vaaditun mittaustarkkuuden täytti molemmilla menetelmillä mitatuista kuitupuueristä 41 % kuormainvaakamenetelmässä ja 28 % pinomittauksessa. Kuormainvaakamittaus on siis käyttökelpoinen menetelmä mutta erityisesti paremman mittaustarkkuuden edullisempien mittauskustannusten ansiosta korvaamaan epätarkkaa ja työlästä pinomittausta tienvarressa ja terminaaleissa.

Kuormainvaakamittaus nivoutuu puunhankinnan logistiikkaan joustavasti, koska mittaus toteutetaan kaukokuljetuksen ja puutavaran tehdasvastaanoton yhteydessä. Menetelmän käyttö ei vaadi erillistä käyntiä puutavaran metsävarastolla tai terminaalissa, kuten tienvarsimittaus. Ongelmana voidaan nähdä se, että eräkohtaisen tarkkuuden valvonta ei ole mahdollista jälkikäteen. Kuormaa tehtäessä kirjataan erien massat, mutta eriä ei erotella kuormassa toisistaan, joten samaa erää ei voida mitata uudelleen. Tilanne on samankaltainen nykyisissä tehdasmittausmenetelmissä, koska tuotannossa käytettyjä puutavaraeriä ei voida enää yksilöidä.

Mittaustarkkuudesta huolehtiminen ei ole kuormainvaakamittauksessa käytettäessä yksinomaan tehdasvastaanoton tehtävä, vaan myös puutavara-autoilijan on kiinnitettävä huomiota kuormainvaa’an punnitustarkkuuteen. Tätä voidaan seurata esimerkiksi vertaamalla säännöllisesti kuormainvaa’alla saatuja kuormien massoja tehtaan ajoneuvovaa’alla saatuihin. Kuormainvaakojen yleistymisen myötä vaakojen mittaustarkkuuden seurantajärjestelmiä kehitetään parasta aikaa rutiiniluonteisiksi tehtäviksi.

**Taulukko 1.** Kuormainvaakamittauksen tarkkuus talvella ja kesällä ja vertailu pinomittaukseen kuitupuuerien mittauksessa mittaeron keskiarvon ja -hajonnan sekä  $\pm 4$  prosentin ja  $\pm 10$  prosentin tarkkuusvaatimuksen täyttäneiden erien osuuden perusteella (Heikkilä ym. 2004).

*Kuormainvaakamittauksen tarkkuus talvella ja kesällä*

Kuormainvaakamittaus	Eriä, kpl	Mittaeron keskiarvo, %	Mittaeron keskihajonta, %	$\pm 4$ % osuus, %	$\pm 10$ % osuus, %
Talvella	218	2,1	7,5	47	85
Kesällä	292	-0,2	9,7	38	73
Yhteensä	510	0,8	8,9	42	78

*Kuormainvaakamittauksen ja pinomittauksen tarkkuus*

Mittausmenetelmä	Eriä, kpl	Mittaeron keskiarvo %	Mittaeron keskihajonta, %	$\pm 4$ % osuus, %	$\pm 10$ % osuus, %
Kuormainvaakamittaus	226	0,0	7,9	41	81
Pinomittaus	226	-0,3	16,9	28	59



Tutkimuksessa kuvatussa mittausmenetelmästä laadittiin kokeiluohje kuitupuun mittaukseen ja puutavaran mittauksen sopijapuolel tekivät puutavaranmittauslain mukaisen koekäyttösopimuksen kehitteillä olevan mittausmenetelmän ottamisesta koekäyttöön. Tätä ns. kuormainvaakamittaus II – menetelmää on ollut mahdollista käyttää luovutus- ja työmittauksessa vuoden 2003 alkupuolelta lähtien. Kokeiluohjetta päivitettiin sittemmin siten, että tehdasvastaanoton perusmittauksessa voidaan käyttää vuonna 2006 vahvistettua laser-skannaukseen perustuvaa kehyskuvamittaus -mittausmenetelmää (Modus2000 –mittalaite). Samalla soveltamisalaa laajennettiin koskemaan kuitupuun lisäksi tukkeja. Laajennus mahdollisti pienten erien mittauksen muuntamalla eräkohtaiset massat tuoreiheysluvuilla tilavuuksiksi.

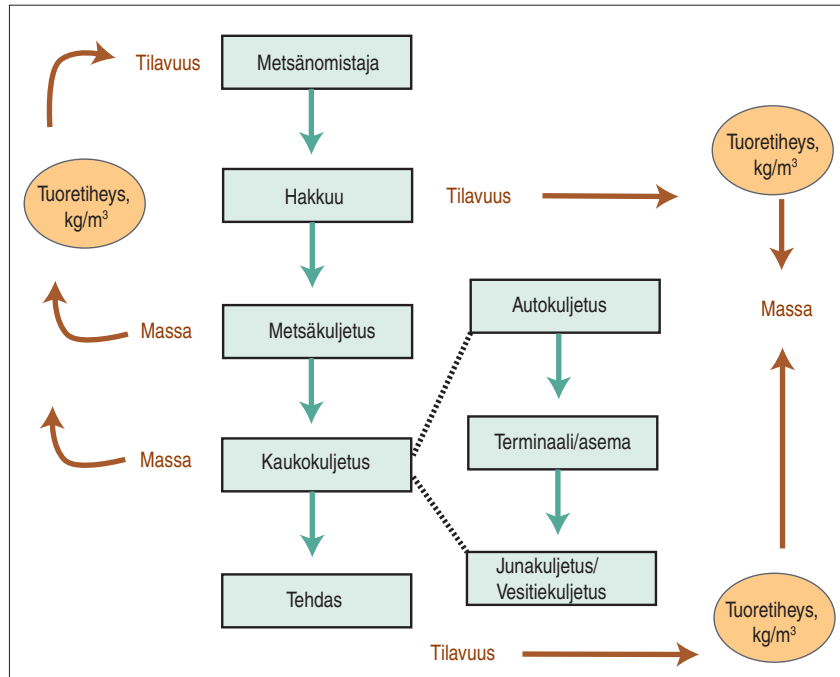
Koekäyttömenetelmän vahvistaminen varsinaiseksi mittausmenetelmäksi on tehtävä koekäyttösopimuksen voimassaoloaikana. Puutavaranmittauksen neuvottelukunta viimeisteli mittausmenetelmän sisällön ja menetelmäohjeen, jonka maa- ja metsätalousministeriö vahvisti käyttöön vuonna 2009 (Lindblad 2008a). Menetelmäohjetta täydennettiin massan ja tilavuuden välisessä muuntamisessa käytettävien tuoreiheyslukujen osalta vuonna 2010 (ks. luku 7.3).

Kuormainvaakamittaus –menetelmää voidaan hyödyntää eri puunmyyjien samoissa auto- ja juna-kuormissa ja nipuissa kuljetettavien puuerien erillään pidossa kuljetuksen aikana. Lisäksi menetelmää voidaan käyttää pienten kuitupuuerien luovutusmittauksessa punnitsemalla erien massat kuormainvaakalla ja muuntamalla massat kiintotilavuudeksi tuoreiheysluvuilla. Kokonaisuus muodostaa logistisesti joustavan ja kustannustehokkaan menetelmän pienten erien mittaukseen.

### 7.3 Puutavaralajien alueelliset tuoreiheystaulukot

Puutavaran tilavuuden ja massan välisessä laskennallisessa muuntamisessa käytetään tuoreiheyslukuja. Tätä varten on laadittu puutavaralajeille alueellisia tuoreiheystaulukoita. Niiden tyypillisin sovelluskohde liittyy kaukokuljetusmaksujen määritykseen. Kaukokuljetusmaksujen perusteena käytetään tällä hetkellä suurimmaksi osaksi kuormien, nippujen tai nipunosien massan mittausta, mutta edelleen mitataan myös tilavuutta. Mahdollisuudet näiden suureiden mittaukseen vaihtelevat puutavaran tehdasvastaanottoaikojen välillä. Todellinen kuorellinen tilavuus on lähes aina mitattavissa, ja massa on punnitavissa selluloosa- ja paperitehtailla, lastulevy- ja kuitulevytehtailla ja useimmilla vaneritehtailla. Tähän soveltuvia vaakalaitteita ei ole käytettävissä kaikilla sahalaitoksilla eikä myöskään eräillä vaneri- ja viilutehtailla. Mikäli puutavaran massan mittaaminen ei ole mahdollista tai punnitut tuoremassat halutaan muuntaa tilavuuksiksi ilman erillistä tilavuuden mittausta, käytetään mittasuureiden muuntamiseen tuoreiheystaulukoissa esitettyjä muuntolukuja.

Puutavaralajien tuoreiheystaulukot on esitetty ensimmäisen kerran Kuormainvaakamittaus I – menetelmäohjeen liitteenä (Maa- ja metsätalousministeriön ... 1999). Professori Matti Kärkkäinen laati kyseiset tuoreiheystaulukot vuonna 1990. Tekijän oman arvion mukaan taulukot perustuivat jo tuolloin epätäydellisiin ja osittain vanhentuneisiin tutkimuksiin ja tilastoihin. Tämän jälkeen puunhankinnan toimintatavoissa ja nopeudessa on tapahtunut muutoksia, minkä vuoksi taulukoita on pidetty osin paikkansa pitämättöminä puunhankinnan nykyisissä olosuhteissa. Hankittujen puutavaralajien valikoima on myös laajentunut ja niiden merkitys muuttunut (mm. pikkutukit ja vastaavat puutavaralajit, sorvikuusi).



**Kuva 1.** Puutavaralajien tuoreiheyslukujen käyttö (Lindblad 2008c).

PKM-ohjelman mittaustutkimuksissa toteutettiin vuonna 2005 Metlan ja Metsäteollisuus ry:n rahoittama hanke 7181 Puutavaran tuoreiheystaulukot, jonka tavoitteena oli tuottaa ehdotus ajantasaisista, puutavaran massan ja tilavuuden väliseen muuntamiseen käytettävistä tuoreiheystaulukoista (Kainulainen ja Lindblad 2005, Lindblad 2005a). Laskenta-aineistoina käytettiin puutavaran vastaanottomittauksen otantamittausaineistoja 2000-luvun alusta lähtien. Aineistojen toimittamisesta vastasivat Metsäteollisuus ry:n ja Suomen Sahat ry:n jäsenyritykset sekä puutavaran tehdasmittaukseen erikoistuneet yritykset.

Tuoreiheystaulukoiden laskennassa noudatettiin vuoden 1990 aluejakoa eli tulokset laskettiin viidelle maantieteelliselle suuralueelle. Kuukausittaiset tuoreiheydet laskettiin puutavaralajeittain ja suuralueittain aineiston perusteella laadituilla neljännen asteen polynomifunktiomalleilla. Varsinaisissa tuloksissa yhteisenä piirteenä oli tuoreiheyden aiempaa pienempi vaihtelu vuodenaikojen ja kuukausien välillä liki kaikilla puutavaralajeilla, erityisesti kuitupuulla. Mänty- ja koi-vukuitupuulla tuoreiheydet olivat kesällä ja syksyllä selvästi korkeampia kuin vuoden 1990 taulukoissa, minkä voidaan olettaa johtuvan lyhentyneistä puutavaran varastointi- ja kuivumisajoista. Tukilla tuoreiheydet olivat talvella ja keväällä vastaavasti aiempaa alempia.

Laskenta-aineistojen rajoitteiden vuoksi tutkimuksessa ei pystytty tuottamaan alueellisesti tai puutavaralajien suhteen kattavaa päivitysesitystä uusiksi tuoreiheystaulukoiksi. Tämän vuoksi käynnistettiin Metlassa jatkohanke, joka toteutettiin vuosina 2007–2009 (Lindblad 2008c). Tästä hankkeesta laadittiin väliraportti (Lindblad 2008d). Koko aineistoon perustuvat tulokset vietiin puutavaranmittauksen neuvottelukunnan käsittelyyn syksyllä 2009. Metla täydensi näitä laskelmia vielä lisälaskelmin ja antoi tuoreiheystaulukoista puutavaranmittauksen neuvottelukunnan pyytämän lausunnon tammikuussa 2010 (Lindblad 2010), minkä jälkeen maa- ja metsätalousministeriö vahvisti ohjeen Kuormainvaakamittaus –menetelmäohjeen liitteeksi. Jatkohankkeen tuloksista on valmisteilla julkaisu Metlan työraportteja –sarjaan.

Tuoretiheystaulukoiden ajantasaistamista on pidetty tärkeänä, sillä jatkossa näille on näköpiirissä uusia käyttötarpeita ja sovelluksia. Kuormainvaakamittaus –menetelmään sisällytettyä tuoretiheystaulukoita voidaan käyttää luovutusmittauksessa, todennäköisesti tärkeimpänä käyttökohteena pienten hankintapuuerien mittaus. Hyötynäkökohtia on lisäksi yritysten välisessä puukaupassa. Sen sijaan kaukokuljetusmaksujen määrittämisessä tuoretiheyslukujen käyttö voi vähentyä, kun nopeasti yleistyneitä kuormainvaakoja aletaan laajemmin hyödyntää massan mittauksessa kuljetusmaksuja varten. Kuvassa 1 on esitetty kaaviona miten tuoretiheystaulukoita voidaan käyttää puunhankinnan ja tehdasvastaanoton ketjussa.

#### 7.4 Puutavaran mittauksen tarkkuus

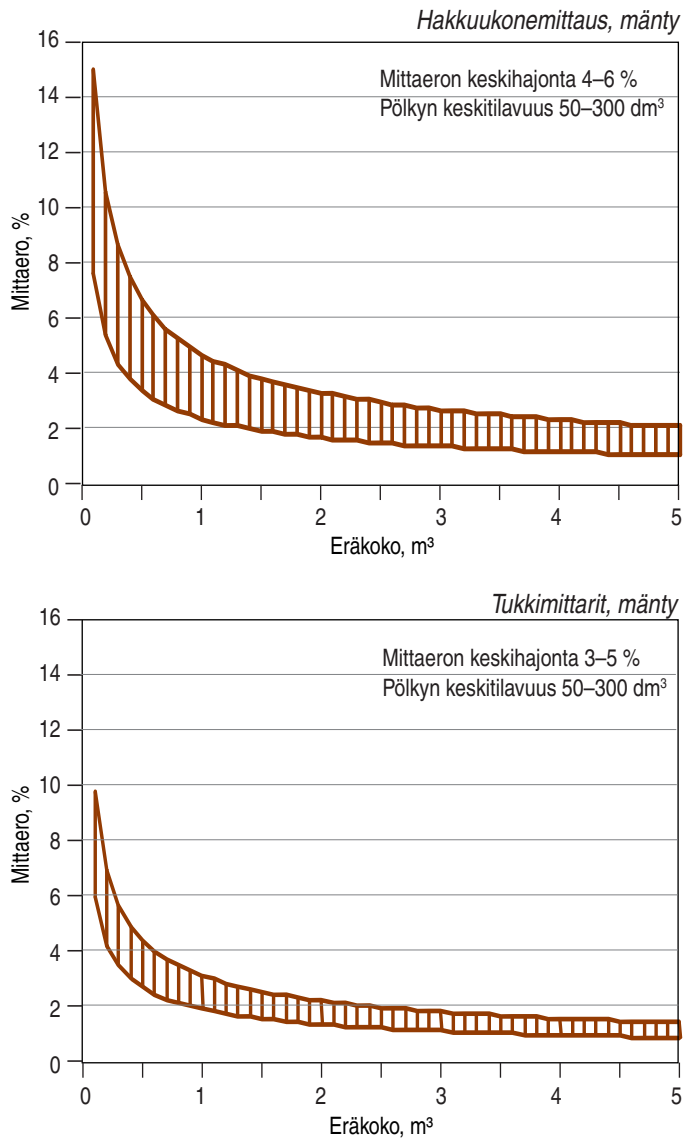
Maa- ja metsätalousministeriön vahvistamille puutavaran mittausmenetelmille on ilmoitettava mittauslainsäädännön mukaisesti hyväksyttävä mittaustarkkuus menetelmäkohtaisesti. Tarkkuus ilmaistaan suhteellisena osuutena eli mitatun ja todellisen tilavuuden suhteellisena erona. Tällä hetkellä kaikkien vahvistettujen mittausmenetelmien hyväksyttävä tarkkuus on eräkohtaisesti  $\pm 4\%$ . Käytännön mittaustoiminnassa tämä tarkkuusraja on ohjenuora, jonka vaatimissa rajoissa pysytään useimmiten mittauksen jatkuvan seurannan, mittauslaitteiden kalibroinnin ja tarkastusmittausten avulla. Tarkkuusrajojen tarve voi tulla esille puukaupan osapuolten välisissä kiistatilanteissa puutavaraerien mittaustulosten oikeellisuudesta. Virallisessa mittauksessa perusmittauksen ja virallisen mittauksen välinen mittaero ja tarkkuusvaatimus voivat olla perusteina virallisen mittaajan tekemään ratkaisuun.

Maa- ja metsätalousministeriö pyysi Metlalta lausuntoa talvella 2004 koskien puutavaran mittauksen tarkkuutta käytössä olleilla menetelmillä toteutettuna (Lindblad 2005a) ja lausunto luovutettiin tammikuussa 2005 (Lindblad ja Verkasalo 2005). Selvitys- ja toimenpidepyynnön mukaan erityishuomiota tuli kiinnittää pienten puutavaraerien mittaustarkkuuteen ja eräkoon vaikutuksiin. Selvityspyynnön taustalla olivat käytännön mittaustoiminnassa tehdyt havainnot, että vaadittua tarkkuusvaatimusta ei pystytä saavuttamaan pienillä erillä. Tätä käsitystä tukivat paitsi tehdasmittaajien ja hakkuukoneiden tarkastusmittausaineistot myös tutkimusorganisaatioiden hankkimat aineistot.

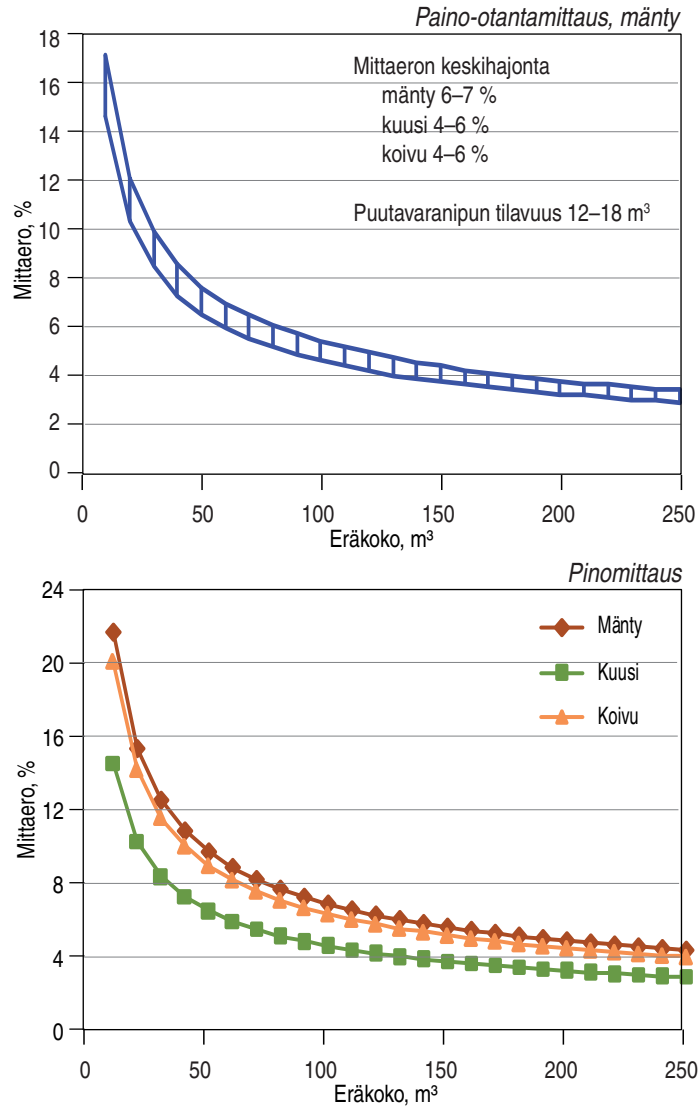
Puutavaran mittauksen tarkkuutta tarkasteltaessa on otettava huomioon tarkkuuden käsitteet, menetelmätarkkuus ja suoritustarkkuus. Menetelmätarkkuus tarkoittaa sitä tarkkuustasoa ja tarkkuuden hajontaa, johon menetelmällä voidaan päästä noudattamalla sille laadittuja ohjeita. Olenaisista menetelmätarkkuudessa on se, että mittausmenetelmä tuottaa harhattomia mittaustuloksia, toisin sanoen se ei sisällä systemaattista virhettä. Suoritustarkkuus tarkoittaa sitä tarkkuustasoa ja tarkkuuden hajontaa, joka saavutetaan menetelmiä käytännössä sovellettaessa.

Mittausmenetelmät voidaan jakaa karkeasti puutavarapölkkyjä yksin kappalein mittaaviin ja puutavarapölkky muodostelmia kokonaisuutena mittaaviin menetelmiin. Pölkkyjä kappaleittain mittaavista menetelmistä tärkeimmät ovat hakkuukonemittaus ja tukkien mittaus optisilla mitta-laitteilla eli tukkimittareilla. Muutoin mittausmenetelmät perustuvat erilaisten pölkkyjen muodostelmien mittaukseen. Eräkohtaiseen mittaustarkkuuteen vaikuttavat olennaisesti mitattavien yksiköiden eli pölkkyjen, nippujen, kuormien tai pinojen lukumäärä ja koko ja mittaeron keskihajonta mitattavien yksiköiden välillä. Näiden suureiden perusteella on laskettavissa odotettavissa oleva mittaustarkkuus menetelmää käytettäessä. On kuitenkin huomattava, että mittaeron keskihajonnan suuruus ei ilmaise mittauksen systemaattisia virheitä.

Mittaustarkkuus paranee kaikilla mittausmenetelmillä, kun eräkkoko kasvaa. Kuitenkin pölkyittäin mittaavissa menetelmissä eräkohtainen mittaustarkkuus on huomattavasti parempi ja halutut tarkkuusrajat saavutetaan huomattavasti pienemmillä erillä kuin puutavarapölkkyjen muodostelmien mittauksessa. Pölkyittäin mittaavissa mittausmenetelmissä hyväksyttävä tarkkuus ( $\pm 4\%$ ) saavutetaan karkeasti ottaen jo erillä, joiden tilavuus on alle  $10\text{ m}^3$  (kuva 2). Puutavarapölkkyjen muodostelmien mittauksessa tämä tarkkuusvaatimus saavutetaan erillä, joiden tilavuus on vähintään  $100\text{--}150\text{ m}^3$  (kuva 3).



**Kuva 2.** Eräkkoon vaikutus mäntytukkierän mittauksen tarkkuuteen tukin keskitilavuuden vaihdellessa välillä  $50\text{--}300\text{ dm}^3$ , kun käytetään hakkuukoneen mittalaitteita (ylh.) tai sahojen tukkimittareita (alh.) (Lindblad 2005a).



**Kuva 3.** Eräkoon vaikutus kuitupuuerän mittauksen tarkkuuteen, kun käytetään paino-otantamittausta tehtaalla (ylh.) tai pinomittausta tienvarressa (alh.) (Lindblad 2005a).

Tehtyjen tarkastelujen perusteella voitiin todeta, että puutavaranmittausmenetelmien nykyisin hyväksyttävään tarkkuuteen ( $\pm 4\%$ ) ei päästä likikään aina pienten puutavaraerien mittauksessa. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna nykyinen tarkkuusvaatimus on näiltä osin tarpeettoman tiukka, sillä oikein toteutettu mittauskaan ei takaa tarkkuusvaatimukseen pääsemistä; rajoittavana tekijänä on mittausmenetelmien menetelmätarkkuus. Eräkoon kasvaessa kaikilla mittausmenetelmillä päästään hyvään tarkkuuteen. Toisaalta on huomattava, että pienillä erillä mittausepävarmuuden taloudellinen merkitys ei nouse suureksi.

Kaikkeen mittaamiseen liittyy yleisesti ottaen epävarmuutta. Puutavaran mittauksen erityispiirteinä voidaan pitää mittauskohteen vaativuutta ja vaihtelevuutta. Samoin olosuhteet, joissa mittaus toteutetaan, voivat olla haasteellisia. Kohtuullisissa rajoissa pysyvät mittaaerot ovat luonnollisia ja hyväksyttäviä puutavaran mittauksessa.

## 7.5 Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus Modus2000 –mittalaitteella

Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus edustaa nykyaikaisia mittausmenetelmiä, jotka perustuvat huipputekniikan luovaan soveltamiseen. Käytännössä mittausmenetelmä ohjeineen on sinänsä laitekohtainen, sillä mittauksessa sovelletaan vain yhden valmistajan mittauslaitteita. Mittauslaitteen ja -järjestelmän on kehittänyt suomalainen Codator Oy.

Laserskannaukseen perustuvaa kehyskuvamittausta sovelletaan ajoneuvokuormassa olevien kuitupuunippujen tai nipunosien tilavuuden mittaukseen puutavaran tehdasvastaanotossa. Mittaus toteutetaan Codator Modus2000 –lasermittausjärjestelmillä. Mittalaitteita on asennettu sekä puutavara-autoilla että junalla kuljetettavan puutavaran mittaukseen. Ensimmäinen laite asennettiin Metsäliitto Yhtymän Simpeleen tehtaiden puunvastaanottoon vuonna 2003. Tällä hetkellä laitteita on asennettuna Suomessa vajaat kymmenen kappaletta ja Ruotsissa muutamia.

Puutavaranipun tilavuuden mittaus Modus2000 –mittalaitteella perustuu kolmiulotteisen mallin laskentaan nipuittain (kuva 4). Mittausjärjestelmässä kohteen muoto ja sijainti havainnoidaan etäisyysmittauslaserien lähettämän ja kohteesta heijastuvan pulssin paluuajan mittauksella. Ajoneuvon ajaessa mittauskehikon läpi viuhkaetäisyyslaserit muodostavat jatkuvasti puutavaranipun kaksiulotteista profiilia. Erillisellä etäisyysmittauslaserilla kerätään tietoa ajoneuvon nopeudesta ja sijainnista mittauksen aikana. Yhdistämällä viuhkaetäisyysmittauslaserien ja etäisyysmittauslaserin keräämä informaatio muodostetaan kuormasta kolmiulotteinen malli.

Mittausjärjestelmässä käytetyt laserit ovat markkinoilla olevia mittauskomponentteja. Käytössä olevat Modus2000 –mittalaitteet sisältävät kolme mittauskehikkoon sijoitettua viuhkaetäisyysmittauslaseria. Vaihtoehtoisena tekniikkana etäisyysmittauslaserille on käytetty mittauskehikkoon sijoitettua stereokameratekniikkaa, joka mahdollistaa Modus2000 –mittalaitteen käytön myös junalla kuljetettavan kuitupuun mittauksessa. Mittauksen aikana ajoneuvon nopeutta ohjataan valo-ohjauksella, joka on ohjeistettu mittaus-asemakohtaisesti.



Kuva 4. Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus (Codator Modus2000). © Jari Lindblad.

Laserskannaukseen perustuvassa kehyskuvamittauksessa kiintotilavuus lasketaan kehystilavuuden ja kiintotilavuusprosentin, ns. tiiviysprosentin perusteella. Modus2000 –mittausjärjestelmä kerää kehystilavuuden ja tiiviysprosentin laskentaa tarvittavan informaation nipun ulkopinnalta. Tiiviysprosentti ei täsmälleen vastaa pinomittausmenetelmän kiintotilavuusprosenttia, vaan on hieman korkeampi. Tämä johtuu erilaisesta kehystilavuuden määrittämisestä. Pinomittauksessa kehys määrittyy tasatun ulkoreunan perusteella, kun taas Modus2000 –mittalaitteella kehystilavuus noudattaa nipun ulkoreunan pölkkyjen tarkasti määrittämiä rajoja. Nipun vaipan pölkkyjen tulisi siis pituudeltaan ja läpimitaltaan vastata koko nippua, jotta tiiviysprosentti saadaan määritetyksi oikein.

Kuitupuun mittaus Modus2000 –mittalaitteella edellyttää muutamien seikkojen huomioon ottamista kuorman lastauksessa. Pölkkyjen ristikkäisyys tai kuormatilan ulkopuolelle ulottuvat pölkynpää tai oksat vaikeuttavat mittauksia ja saattavat aiheuttaa virheitä. Ladonnan lisäksi on kiinnitettävä huomiota nippujen sijoitteluun. Nippujen väliin on jätettävä selvä rako perättäisten nippujen erottumiseksi mittauksessa. Kuormain aiheuttaa katvealueen kehyskuvan mittaukselle kuorman päällä. Mittausjärjestelmä pystyy kuitenkin erottamaan automaattisesti kuormaimen, ja se voi olla kuorman päällä mittauksen aikana.

Itse mittauksessa kuljettaja kirjaa kuorman vastaanottoon kuljettajaterminaalissa tunnistekortilla tai näppäilemällä ajoneuvon rekisterinumeron. Mittausaseman henkilöstö tekee varsinaiset kuorman vastaanoton toimenpiteet, kuten nippukaavion tarkistuksen, kuljetusmääräyksen tietojen yhdistämisen ja tilavuuden mittaustuloksen hyväksymisen.

Modus2000 –mittalaitteella voidaan mitata paitsi yksittäisten nippujen, myös osanippujen tilavuutta. Erikseen mitattavien nipunosien rajakohdat merkitään karikoihin kiinnitettävillä osanippuerottimilla. Tämä mahdollistaa eri mittauserien puutavaran lastaamisen myös samoihin nippuihin, kuitenkin niin, että mittaus voidaan toteuttaa eräkohtaisesti. Käytettäessä kuormainvaakaa voidaan erät pitää erillään kuormainvaan punnitustuloksen perusteella osanippuerottimien sijasta.

Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus –menetelmä on viimeisin maa- ja metsätalousministeriön vahvistama täysin uusi mittausmenetelmä. Metla antoi lausuntonsa ennen menetelmän vahvistamista sen käytettävyydestä ja tarkkuudesta (Lindblad 2006a).

## **7.6 Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa**

Puutavarassa tapahtuu kuoriutumista aina kun sitä valmistetaan ja käsitellään. Jokainen puutavaran käsittelykerta irrottaa kuorta aina kannolta tehtaallesi asti. Harvesterihakkuussa runkojen prosessoinnissa syöttörullien luistaminen ja karsintaterien kosketus puun pintaan voi irrottaa kuorta kuten myös pintapuuta. Katkaistessaan oksan terä voi sukeltaa puuhun irrottaen siitä pitkän viulun kuorta tai ”haukata” runkoon heti oksan kohdatessaan. Hakkuussa, etenkin karsinnassa syntyneet kuorivauriot laajenevat varsin helposti seuraavissa käsittelyissä.

Kuoriutuminen aiheuttaa puutavaran jalostusarvon pienenemistä, kun suojaavan kuorivaipan poistuminen altistaa pintaosat erilaisille luontaisille ja mekaanisille vauriotekijöille. Kuoriutuminen aiheuttaa:

- puun pintaosien kuivumista varastoinnissa,
- puuaineksen värivikaantumista,
- painaamia pintapuuhun syöttörullista,
- kuorinta-ajan pidentymistä ja puuhukan lisääntymistä rumpukuorinnassa, ja
- massan saannon alentumista ja valkaisu tarpeen lisääntymistä

Kuorihävikin seurauksena menetetään energiantuotannossa arvokasta uusiutuvan energian lähdettä. Suomessa kuori on viime vuosiin saakka ollut tärkein kiinteä puupolttoaine, joskin metsähakkeen käyttömäärä on noussut samalle tasolle. Kuorta käytettiin energian tuotantoon 5,4 milj. m<sup>3</sup> eli 40 % kaikista kiinteistä puupolttoaineista vuonna 2009.

Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa – tutkimuksen tavoitteina oli määrittää kuoriutumisen taso ja siihen vaikuttavat tekijät sekä löytää keinoja kuoriutumisen vähentämiseen erityisesti nila-ajan hakkuukonekorjuussa (tavoite 30 %). Tutkimuksissa määritettiin ja mallinnettiin kuoriutumisen puutieteellisiä perusteita talvella, nila-aikana ja syyskesällä. Tuloksilla tuettiin konevalmistajien laite- ja ohjelmistoratkaisujen kehittämistä kuoriutumisen minimoimiseksi prosessoitavan puutavaran ja hakkuun ulkoisten olosuhteiden mukaan, uusien karsintaterä- ja syöttörullaratkaisujen kehittämistä hakkuukoneisiin ja metsäkoneenkuljettajien työskentelyn parantamista puunhankintayrityksissä ja koulutusohjelmissa.

Metlan koordinoima tutkimus toteutettiin yhteistyössä VTT Prosessit – tutkimusyksikön kanssa vuonna 2003. Metlan tehtävinä olivat kuoriutumisen määrien ja kuoren sidos/leikkauslujuuden määrittäminen ja tarkkuusvaikutusten määrittäminen hakkuukonemittauksessa. Tutkimus tehtiin Tekesin rahoituksella Puuenergian teknologiaohjelmassa. Konevalmistajista olivat mukana Komatsu Forest Oy (Valmet), Ponsse Oyj ja John Deere Oyj sekä metsäyhtiöistä Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj ja UPM-Kymmene Oyj. Metlassa tutkimus organisoitiin hankkeeksi 7125 Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa.

Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jossa pölkkyistä digitaalikameralla otetuista kuvista voidaan määrittää kuoriutumisen määrä (kuva 5). Aluksi kuvista erotetaan kuvankäsittelyohjelmalla automaattisesti sävyarvojen perusteella tai manuaalisesti pölkkyjen vaippapinnan kokonaisala. Edelleen samalla menettelyllä kuvasta leikatusta pölkystä määritetään kuoriutunut ala. Kaarevan pinnan, kuten sylinterimäisen puunrungon, projektio antaa vääristyneen kuvan kohteen pinnan mittasuhteista. Tämän vuoksi pölkyn pinnan projektiolle tehtiin oikaisu tasoon venyttämällä kuvaa keskilinjasta lähtien progressiivisesti kohti reunoja. Oikaisuasetuksissa oletettiin, että pölkky on muodoltaan täydellinen ympyrälieriö. Lopuksi oikaistusta mustavalkokuvasta laskettiin valkoisen eli kuorettoman alueen suhteellinen osuus. Yhdistettynä hakkuukoneen mittatietoon pölkkyistä sekä mitatuista kuoren paksuuksista saadaan varsin tarkka tieto irronneen kuoren määrästä. Pölkkyt kuvattiin molemmilta puolilta, ensimmäisen puolen ollessa hakkuukoneen kouraa vasten oleva yläpuoli ja toisen sitä kohtisuoraan vastaan oleva alapuoli. Tämä fotogrammetrinen tulkin ta oli kuvauksen nopeuden osalta ainoa keino selvittää maastossa suurehkonkin aineiston määrä. Tutkimuksessa kuvattiin kaikkiaan 1900 puutavarapölkkyä.

Hakkuukoneen prosessointiyksikön normaaliasetuksilla keskimääräinen kuoriutuminen oli mäännällä 20 % ja kuusella 9 %. Kuoriutumisen määrä aleni rullien ja terien puristus paineiden alene-



misen myötä. Terien puristusaineiden alentaminen normaalipaineista 30 % pienensi selvimmin kuoriutumisen määrää. Kiihdytysrampin alentamisella ei ollut juuri vaikutusta kuoriutumiseen. Kuoriutuminen oli pölkyn alapinnalla odotusten mukaisesti suurempaa kuin yläpinnalla. Kuoriutuminen lisääntyi männyllä selvästi tyvipölkkyistä latvapölkkyihin päin, kuusella lievemmin.

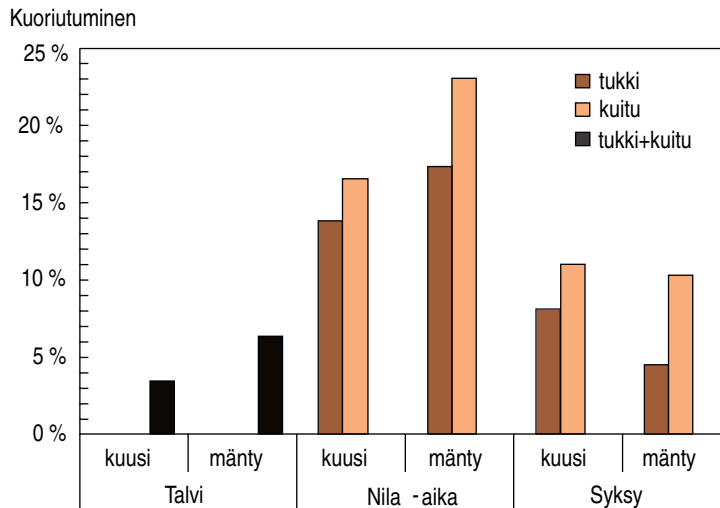
Tulosten mukaan kuoriutumista tapahtuu ympäri vuoden, mutta kuoriutuminen lisääntyy sulan ajanjakson aikana hakattaessa (kuva 6). Kuoriutuminen on kaikkein ongelmallisinta nila-aikana (kuva 7). Puun jälsisolukon jakautuessa nila-aikana kuoren ja rungon välinen sidosvoima on pienimmillään ja kuori irttaa erityisen herkästi.

Kuoren ja puuaineen välinen sidos/leikkauslujuus (adheesiota) vaikuttaa kuoriutumiseen. Sidoslujutta tutkittiin maastotutkimusten yhteydessä hankitulla materiaalilla, männyn ja kuusen lisäksi koivulla. Talvella sidoslajuuden keskiarvo oli männyllä ja kuusella noin 1900 N/cm<sup>2</sup> ja koivulla noin 4300 N/cm<sup>2</sup>. Nila-aikana sidoslajuus laski männyllä noin viidennekseen, kuusella seitsemännekseen ja koivulla kolmannekseen talvisista arvoista. Sidoslajuus kasvoi kuusella kahdeksankertaiseksi loppukesästä talveen (Kuronen 2004).

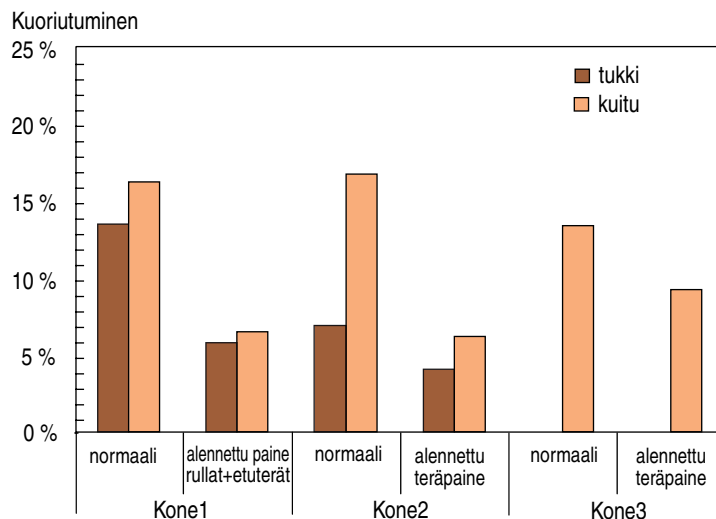
Nila-ajan hakkuissa kuoriutumista vähensi eniten rulla- ja teräpaineiden alentaminen (kuva 7). Erityisesti teräpaineiden alentaminen kolmanneksella pienensi kuoriutumista jopa puoleen, kun tulosta verrattiin normaaliasetuksilla tehtyyn puutavaraan. Karsintajälkeen näillä muutoksilla ei ollut vaikutusta.



**Kuva 5.** Kuoriutumisen mittausmenetelmä.



**Kuva 6.** Kuoriutumisen määrä eri vuodenaikoina, % pölkyn vaippapinta-alasta. Talven osalta arvot ovat koko tehdystä puutavarasta.

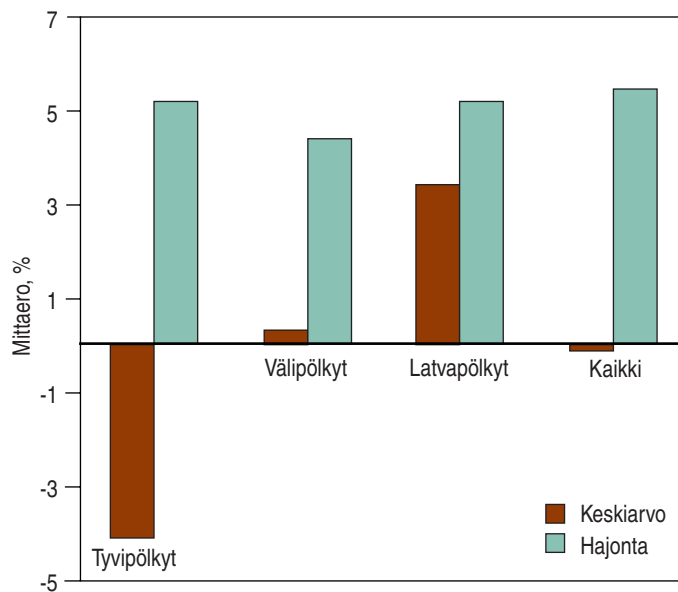


**Kuva 7.** Nila-aikana tutkittujen hakkuukoneiden normaaliasetusten ja pienimmän kuoriutumisen tason tuotaneiden asetusten kuvaajat kuusella puutavaralajeittain.

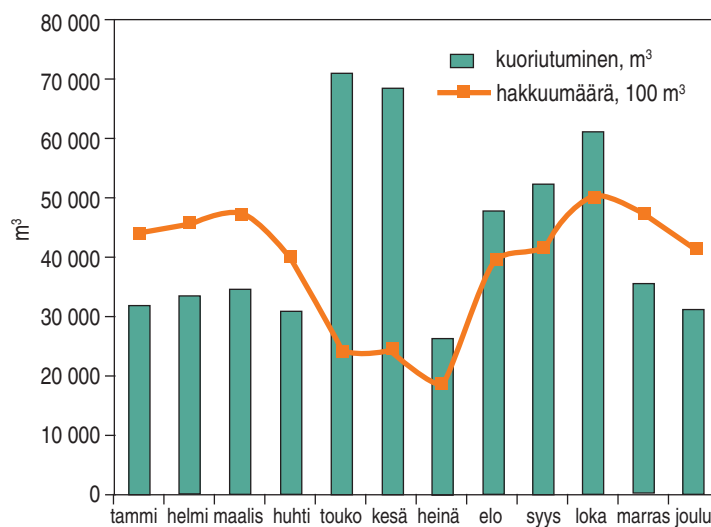
Kuoriutumisen määrän tai puristusaineiden muuttamisen ei havaittu vaikuttavan hakkuukone-mittauksen tarkkuuteen. Eräkohtainen mittaustarkkuus oli kaikilla leimikoilla hyvä. Pölkyn sijainti rungossa vaikutti mittaustarkkuuteen (kuva 8). Tyvipölkkyjen tilavuus aliarvioitiin lievästi kaikilla leimikoilla ja molemmilla puulajeilla (mänty ja kuusi), rungon viimeisten latvapölkkyjen tilavuus sen sijaan yliarvioitiin. Mittaustarkkuutta tarkasteltiin myös hakkuukoneisiin tehtyjen muutosten, kuten karsintaterien tai syöttörullien- tai pyörien vaihdon jälkeen. Muutokset eivät vaikuttaneet edellä mainittuihin tuloksiin, ja mittaerot olivat kaikissa tapauksissa korjattavissa mittalaitteen kalibroinnilla ja säädöllä.

Lopuksi tehtiin arvio puutavaran kuoriutumisesta hakkuun yhteydessä kotimaan puunhankinnassa esimerkkivuonna 2002 (kuva 9). Tulokset laskettiin markkinahakkuutilaston 2002 kuukausittaisilla hakkuumäärillä ja mitatuilla kuoriutumisen arvoilla nila-ajalle, loppukesälle ja talvelle. Vuotui-

nen hakkuumäärä sisälsi puulajeista männyn ja kuusen tavaralajit ja oli näin yhteensä 46,7 milj.m<sup>3</sup>. Vuotuisen kuorihävikin arvio oli näillä perusteilla noin 500 000 m<sup>3</sup>. Hävikin määrä oli suurin touko- ja kesäkuussa, vaikka puunkorjuu on tällöin yleensä varsin hiljaista, ja keskimääräistä suurempi myös lokakuussa ja elo ja syyskuussa. Heinäkuussa kuorihävikin määrä oli suuren kuoriutumispersenttin vuoksi vain vähän pienempi kuin vilkkaimpina hakkuukuukausina eli tammi-huhtikuussa ja joulukuussa. Kokonaiskuoriutumista ei selvitetty tässä tutkimuksessa, mutta sen on arvioitu olevan karkeasti noin 0,8 – 1,0 milj.m<sup>3</sup> vuodessa (Korpilahti ym. 1998). Tämä tarkoittaa sitä, että kokonaiskuoriutuminen leimikolta tehtaalle jakaantuisi lähes tasan hakkuun ja kuljetuksen kesken.



**Kuva 8.** Hakkuukonemittauksen tarkkuus tutkimusaineistossa verrattuna manuaalisella mittasaksilla saatuihin tuloksiin rungonosittain, männylle ja kuuselle keskimäärin.



**Kuva 9.** Arvio männyn ja kuusen kuorihävikin määrästä hakkuun yhteydessä vuoden 2002 markkinahakkuutilastojen perusteella (Liiri ym. 2005).

VTT:n tutkimusten tavoitteena oli määrittää kokeelliset regressioyhtälöt karsintateriin vaikuttavien voimien ja terään sekä oksiin liittyvien muuttujien välille. Mikäli leikkuuvoimia voidaan pienentää, syöttörullien ja karsintaterien puristuspainetta voidaan alentaa ja siten vähentää kuoriutumista ja pölkkyyn tulevia pintavaurioita. Terävällä terällä ja pienellä teroituskulmalla voidaan alentaa tarvittavan voiman tarvetta syöttöliikkeen suunnassa, joskaan terävin terä ei välttämättä kestä käytössä. Mäntyoksan leikkuuvoiman tarve oli yli 20 % pienempi kuin kuusioksan. Tulosten pohjalta laadittiin oksan katkaisuvoimien laskentataulukko konevalmistajien käyttöön.

Mitään yksittäistä läpimurtoa ei kuoriutumisen vähentämiseksi löydetty. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että hakkuukoneen syöttörullien ja terien puristuspainoiden alentamisella voidaan vähentää kuoriutumista. Tärkeä tekijä kuoriutumisen minimoimiseksi on hakkuupään huolellinen säätö ja huolto. Rullien ja terien puristuspainoiden tulisi olla mahdollisimman alhaiset kuitenkin aiheuttamatta ongelmia itse työn kulkuun. Hakkuupään säädöt voidaan nykyisin tehdä koneen ohjaamosta käsin nappia painamalla.

Lisäksi tulee pitää huolta karsintaterien teroituksesta ja erityisesti oikeasta teroitustavasta. Väärin teroitettu tai tylsä terä lisää karsintaterän pystysuoraa leikkuuvoimaa, jolloin oksankatkaisussa terän takaisinisku puuhun lisääntyy lisäten samalla kuoriutumista. Kuljettajan ammattitaidolla ja huolellisuudella on myös huomattava merkitys kuoriutumisen alentamisessa. Varsinkin nila-aikana kaikki ylimääräiset liikkeet hakkuussa lisäävät helposti kuoriutumista, mikä korostaa ammattitaidon merkitystä laadukkaan työpölyn tuottamisessa.

Tutkimus osoitti, että puutavaran laatua voidaan parantaa merkittävästi varsin pienin toimenpitein ja samalla lisätä tehtaalle tulevan biopolttoaineen määrää sadoilla tuhansilla kuutiometreillä. Tulosten vieminen käytäntöön vaatii kuitenkin vielä paljon tutkijoiden, puunkorjuun käytännön ja koulutuksen yhteistyötä. Tutkimuksen tulokset on julkaistu sekä kotimaisella foorumilla (Erkkilä ym. 2004, Liiri ym. 2003, 2004a,b, 2005, Lindblad 2008c) että kansainvälisessä tutkijayhteisössä (Asikainen ja Liiri 2004, Liiri ym. 2004c).

## Kirjallisuus

- Asikainen, A. & Liiri, H. 2004. Control of bark losses in single grip harvester cutting. Julkaisussa: BIOENERGY 2003. International Nordic Bioenergy Conference, 2.–5. Sept. 2003, Jyväskylä, Finland, Proceedings. Ss. 253–255.
- Asikainen, A., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2009. Timber measurement. Julkaisussa: Kellomäki, S. (ed.). Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2. Second Edition – Totally Updated. Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy. Ss. 133–215. Gummerus Oy, Jyväskylä.
- Erkkilä, A., Kaipainen, H. & Aalto, J. 2004. Mänty- ja kuusioksien katkaisukokeet. Projektiraportti PRO2/P6001/04. VTT Prosessit. 36 s. + liitteet 3 s.
- Heikkilä, J. 2002. Puutavara-auton kuormainvään käyttö pienten puutavaraerien mittauksessa. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, metsävarojen käytön laitos. Metsäteknologian pro gradu –tutkielma. 54 s. + liitteet 2 s.
- Heikkilä, J., Hujo, S., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2004. Pienten kuitupuuerien mittaaminen puutavara-auton kuormainvään alla. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4/2004: 527–540.
- Hämäläinen, J., Hujo, S. & Korpilahti, A. 2006. Puutavaran mittauksen tutkimus- ja kehitysohjelma. Metsätalon katsaus 191. 18 s. + liitteet.

- Kainulainen, J. & Lindblad, J. 2005. Puutavaralajien tuoretiheyden alueellinen vaihtelu mittausasemien vastaanottomittauksessa. Metlan työraportteja 19. 29 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp019.htm>.
- Kiviniemi, M., Hujo, S. & Lindblad, J. 2006. Puukauppa – valmistelu, sopimus, puutavaran mittauss. Metsäkustannus Oy, Helsinki. 539 s. (Eriyisartikkeli: Lindblad, J. & Hujo, S., Ss. 350–407 + liitteet)
- Korpilahti, A., Varhimo, A., Backman, M. & Rieppo, K. 1998. Karsimattoman puun korjuu ensiharvennuksilta. Metsäteho, loppuraportti projektissa 137. Joulukuu 1998.
- Kuronen, M. 2004. Kuoren kestävyuden vuodenaikaisvaihtelu ja vaikutus kuoriutumiseen hakkuussa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Pro gradu –tutkielma. 45 s. + liit. 21 s.
- Liiri, H., Asikainen, A., Erkkilä, A., Kaipainen, H. & Aalto, J. 2004a. Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Control of bark losses in single grip harvester cutting. Julkaisussa: Alakangas, E. & Holviala, N. (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2003. VTT Symposium 231: 167–183.
- Liiri, H., Asikainen, A. & Lindblad, J. 2005. Kuoriutumisen vähentäminen hakkuuvaiheessa. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim.). Kehittyvä puuhuolto 2005. Seminaarijulkaisu 16.–17.2.2005, Paviljonki, Jyväskylä. Ss. 88–92.
- Liiri, H., Asikainen, A., Lindblad, J. & Ala-Ilomäki, J. 2004b. Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Kuoriutumisen kenttäkokeet. Julkaisussa: Asikainen, A. (toim.). Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Tutkimushankkeen loppuraportit. CD-ROM. 38 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Liiri, H., Asikainen, A., Lindblad, J., Ala-Ilomäki, J. & Nuutinen, Y. 2004c. Reducing of unwanted barking in single grip harvester cutting. Julkaisussa: Uusitalo, J., Nurminen, T. & Ovaskainen, H. (eds.). NSR Conference on Forest Operations 2004 – Proceedings. Hyytiälä Forest Field Station, Finland, 30–31 August 2004. *Silva Carelica* 45: 280–284.
- Liiri, H., Asikainen, A., Lindblad, J., Kuronen, M. & Ala-Ilomäki, J. 2003. Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliusstalo. Ss. 19–20. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/liiri-asikainen-lindblad-kuronen-ala-ilomaki.htm>
- Lindblad, J. 2003. Puutavaran mittaustutkimuksen ajankohtaiskatsaus. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliusstalo. Ss. 29–30. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/lindblad.htm>
- Lindblad, J. 2005a. Puutavaran mittauksen ajankohtaiskatsaus. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 22 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/jari-lindblad.pdf>
- Lindblad, J. 2005b. Puutavaran mittauss. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). Metsäkoulu. Metsäkustannus Oy, Helsinki. Ss. 153–162.
- Lindblad, J. 2006a. Laser-skannaukseen perustuva kehyskuvamittauss. Lausunto puutavaran mittauksen neuvottelukunnalle, 30.05.2006. 8 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Lindblad, J. 2006b. Obmer lesomaterialov (Puutavaran mittauss). Julkaisussa: Rantala, S. (ed.). Osnovy lesnogo hozjaistva v Finljandii (Metsätalouden perusteet Suomessa, venäjänkielinen julkaisu). Metsäkustannus Oy, Helsinki.
- Lindblad, J. 2008a. Kuormainvaakamittauss 2 -mittausohje (TME2453). Puutavaran mittausslain mukainen lausunto MMM:lle. Metsäntutkimuslaitos, 19.9.2008. 11 s.
- Lindblad, J. 2008b. Puutavaran mittauss. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). Tapion taskukirja. 25. uudistettu painos. Metsäkustannus, Helsinki. Ss. 383–390.
- Lindblad, J. 2008c. Puutavaran uudet mittaussmenetelmät ja laadun säilyttäminen. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo, 13.11.2008. Abstrakti, 3 s., PowerPoint, 30 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/malinen.pdf>
- Lindblad, J. 2008d. Puutavaran tuoretiheystaulukot. Väiliraportti 2007. 16 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Lindblad, J. 2010. Puutavaran tuoretiheystaulukot. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle. TME 25676. 17 s. Metsäntutkimuslaitos.

- Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2005. Eräkoon vaikutus puutavaran mittaustarkkuuteen. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle, 17.01.2005. 13 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Maa- ja metsätalousministeriön määräykset 47/99. 13.4.1999. Kuormainvaakamittaus. 4 s.
- Pesonen, E., Mäkinen, H. & Verkasalo, E. 2010. Puuta koskemattoman mittauksen mahdollisuudet ja menetelmiä raakapuun laadun määrittämiseen. Metlan työraportteja 173. 42 s. + liitteet 4 kpl. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp173.htm>.
- Sorsa, J.-A., Imponen, V., Hujo, S., Korpilahti, A., Poikela, A. & Räsänen, T. 2004. Kuvaan perustuva mittaus apteerauksessa ja puutavaran lajittelussa. Metsätehon raportti 194. 23 s. + liitteet.
- Verkasalo, E. 2003–2008. Puuvarat, puutuoteteollisuuden raaka-ainepohja, puutuoteteollisuuden puunkäyttö, puutavaran mittaus, mekaanisen puuteollisuuden sivutuotteet. Luvut julkaisussa: Puumieskalenteri. Puumiesten liitto ry., Jyväskylä. Alkuperäinen versio 2003, 42. vuosikerta. Päivitys vuosittain.

## 8 Ohjelman tulosten yhteenveto ja soveltaminen

*Erkki Verkasalo*

### 8.1 Tulos- ja vaikuttavuustavoitteiden toteutuminen

PKM-tutkimusohjelma tuotti ja kokosi tietoa ennen kaikkea puuraaka-aineen vaihtoehtoisista teknis-taloudellisista ja markkinalähtöisistä käyttömahdollisuuksista puunkäytön ja puukaupan toimintaedellytysten kehittämiseksi. Luvuissa 2–7 on esitelty kattavasti ohjelman hankkeiden keskeisiä tutkimustuloksia ja arvioitu tulosten merkitystä ja vaikuttavuutta. Koosteita ja synteesejä hankkeiden tuloksista on esitetty hankkeiden loppuraporteissa, Metlan omissa julkaisusarjoissa, tutkimuskonsortioiden yhteenvedoissa, niitä rahoittaneiden tutkimus- ja kehittämisohjelmien loppu- ja väliraporteissa, sekä ohjelman järjestämän neljän tutkimuspäivän ja muiden tiedonsiirtotilaisuuksien tulosaineistoissa (ks. liitteet 3 ja 4).

PKM-ohjelman tutkimukset olivat pääosin soveltavaa perustutkimusta ja osin soveltavaa tutkimusta, joissa tulosten käyttökelpoisuus ja soveltamisen mahdollisuus tutkimuksen sidosryhmiensä omassa operatiivisessa tai strategisessa toiminnassa on yksi keskeinen tulosmittari. Ohjelman tulokset tukevat puutuoteteollisuuden (erityisesti pk-sektori) ja osin energiapuun käyttäjien tuote- ja teknologiakehitystyötä ja markkinoinnin suunnittelua ja toteutusta, puurakentamisen, sisustamisen ja muiden loppukäyttökohteiden materiaalien hankintaa, puunhankinnan ja -oston suunnittamista alueittain ja leimikoittain, aines- ja energiapuukaupan kehittämistä (mittaus, laadutus, hinnoittelu) ja puun laatu- ja kasvatusta. Tulosten kohderyhmiksi määriteltiin puunkäyttäjät ja metsänomistajat (molemmat etujärjestöineen) mutta myös julkiset hallinto-, kehittämis- ja rahoitusorganisaatiot ja puutuotteiden markkinoinnista ja menekin edistämisestä vastaavat organisaatiot (ks. luku 1).

Tutkimukset käynnistettiin puutuoteklusterin sen hetkisten tietotarpeiden ja teollisuuden näkymien perusteella. Siitä huolimatta tutkimusten tulokset ovat edelleen ajankohtaisia ja hyödyntämiskelpoisia ja useat hankkeet otettavissa uudestaan tarkasteluun. Taulukossa 1 on esitetty, miten hankkeet sijoittuivat vuonna 2008 julkistetun Puutuoteklusterin tutkimusstrategian painopistealueille.

Seuraavassa nostetaan esille ohjelman hankkeiden keskeisiä tuloksia ja niiden merkitystä ja hyödyntämistä tutkimusten asiakkaiden piirissä sekä esille nousseita uusien tutkimusten ja kehityshankkeiden tarpeita.

**Taulukko 1.** PKM-tutkimusohjelman hankkeet ja Puutuoteklusterin tutkimusstrategia (2008).

## PKM-tutkimusohjelman hankkeiden sijoittuminen Puutuoteklusterin tutkimusstrategian painoaloille

1. Uudet tuotteet ja palvelut (Uudet jalosteet ja puukomponentit, Komposiittituotteet ja -rakenteet, Tulevaisuuden raaka-aineet ja puun materiaaliominaisuudet) [3353, 3354, 3355, 3356]
2. Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (Kokonaisvaltaisten kannolta asiakkaalle ulottuvien informaatiojärjestelmien kehittäminen, Muuttuvan raaka-ainepohjan hyödyntäminen valmistusprosesseissa) [3353, 3354, 3355, 3357, 3358, 3359]
3. Puurakentaminen ja rakentamisen energiatehokkuus (---)[---]
4. Standardisointia tukeva tutkimus (Puumateriaalien optimaaliset käyttökohteet, Puun kestävyys ja käyttöikä, Puun rooli osana asuin- ja työympäristöä) [3354, 3356]
5. Puun ympäristösuorituskyky (Puutuotteiden valintaan vaikuttavat päätöksentekomallit, Puun saatavuus ja hinta kilpailukyvyyn ratkaisijana, Puun ekologisten etujen tuotteistamisen edellytykset ja mahdollisuudet) [3356]
6. Bioenergian ja biopohjaisten kemikaalien mahdollisuudet (Puutuoteteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen, Biomassan hankinta puutuoteteollisuuden toiminnan osana, Bioenergian tuotannon vaihtoehdot puutuoteklusterissa) [3353, 3359]
7. Liiketoiminnan innovaatiot ja uudistuminen (Markkinointistrategiat ja asiakasrakenteet)[3356]

Leena Paavilainen, 13.11.2008

### A Havupuun raaka-aineet ja jalostus

*Laajoja tuloksia pohjoismaisen männyn puuaineksen visuaalisista, fysikaalisista, mekaanisista ja työstettävyyden- ja kestävyysominaisuuksista puutuoteteollisuuden tärkeissä, kehityskelpoisissa tuoteryhmissä ja niiden vaihtelusta ja hallintamahdollisuuksista kaikkiaan viidellä osa-alueella Suomessa ja Ruotsissa on hyödynnetty ja hyödynnetään edelleen useiden suomalaisten ja muutamien ruotsalaisten saha- ja jatkojalostusyriyten tuotekehitys- ja teknologiahankkeissa ja puutuoteryritysten markkinoinnin suunnittelussa ja viestinnässä. Tuloksia ja niiden pohjalta laadittuja lausuntoja on käytetty toimialan edistämisen organisaatioiden ja etujärjestöjen tekemässä männyn kansainvälisessä promotointityössä ja tuotestandardisoinnin valmistelussa, kuten myös Pohjois-Suomen puutuotealan strategiatyössä ja liiketoiminnan ja markkinoinnin kehittämisessä.*

Tutkimuksissa tuotettiin ainutlaatuista uutta tietoa pohjoismaisesta männystä tärkeiden puutuoteryhmien kannalta ja ominaisuustietokanta-aineisto. Hankkeissa tehtiin aineistoyhteistyötä Metlan metsäsuunnittelun tutkimusryhmän ja tutkimusmetodologian kehittämisen yhteistyötä ruotsalaisen SLU:n Forest Products tutkimusryhmän kanssa. Pohjoinen – etelä erot männyn ominaisuuksissa olivat lähes kauttaaltaan yhteydessä kasvukauden teholliseen lämpösummaan ja kasvunopeuteen. Kirjallisuuskatsaus männyn kriittisistä ominaisuuksista ja täten materiaalin kilpailukyvyistä suhteessa globaalisti kilpaileviin havupuulajeihin ja kolmessa tuoteryhmässä suhteessa muihin, puun kanssa kilpaileviin materiaaleihin ja SWOT-analyysi pohjoismaisen mäntyteollisuuden asemasta ja tulevaisuudesta pohjoismaisen tutkijaryhmän laatimana olivat lajissaan ensimmäiset Euroopassa. Pohjoismaisen mäntykonsortion piirissä toteutetusta asiantuntijaryhmätyöskentelystä saatiin hyviä kokemuksia LivingLab-tyyppisenä kehittämistyön muotona.

Tutkimusten tulokset palvelevat sekä raaka-aineen tuottamista ja käyttömahdollisuuksien hyödyntämistä että puutuotteiden kehittämistä. Tulosten jalkauttamiseksi suomalaisiin pk-puutuoteryhtiöihin käynnistettiin Metlassa tutkimushankkeiden jatkoksi vuonna 2008 kolmeen maakuntaan kohden-



nettu tiedonsiirtohanke, joka tukee yritysten markkinointiviestintää ja tuotekehitystä sekä perusjalostajien raaka-aineiden hankintaa ja jatkojalostajien saha- ja höylätavaran hankintaa tärkeissä mäntytuoteryhmissä. Hanke kuuluu EU:n pohjoisen periferian ohjelmaan, ja palvelee tätä kautta tutkimustiedon levittämistä ja hyvien käytäntöjen siirtoa myös Skotlantiin, Ruotsiin ja Norjaan.

*Harvennuskäytön edellytykset sahayrityksissä* pikku- ja lyhyttukkeina ja lyhyttukkiteknikan edut ja rajoitukset selvitettiin ja tehtiin soveltamiskelpoinen ohje ensiharvennusten ja myöhempien harvennusten leimikkovalintaan puunostajille ja valtion ja yksityismetsien puunmyyjille puukauppojen suunnittelun tueksi. VTT teki yhteishankkeessa analyysit harvennuskäytön tuotelahtöisen sahauskannattavuuden edellytyksistä erilaisilla sahausaseteilla ja lopputuotetuotteilla sekä sahatavaran ja sahauskannattavuuden sivutuotteiden hintatasojen ja valmistuskustannusten mukaan. Hankkeessa mukana olleet pk-yritykset käyttävät tuloksia omassa normaali- ja pikkutukin käytön strategisessa suunnittelussa ja pystyyn ostettavien leimikoiden valinnan, puutavaran lajittelun ja sahaussuunnitelmien laadinnan tukena. Puutuoteyritysten ja konevalmistajien julkisesta rahoitustuesta päättävät organisaatiot käyttävät tuloksia kehitys- ja investointitukihakemusten käsittelyn tukena.

*Erillistutkimukset harvennuskäytön sahatavaran lujuudesta ja mitta- ja muotomuutoksista* kuivauksessa osoittivat lupaavia käyttömahdollisuuksia pieniläpimittaisten tyvitukkien sahatavaralle rakennustuotteissa; eräs yhteistyöyritys hyödynsikin tuloksia tuotannon suunnittelussa ja tuotteiden markkinoinnissa. Tulosten mukaan ensiharvennuskäytön laadun ja lujuuden vaihtelu on poikkeuksellisen suuri, ja kyseiset ominaisuudet selvästi myöhemmistä hakkuista saatavaa mäntyä huonommat. Myöhemmistä harvennuksista saatavan männyn lujuusominaisuudet sen sijaan mahdollistavat käytön päätehakkuumäntyä korvaavana materiaalina, vaikka harvennuspuu ei olekaan esimerkiksi oksaisuuslaadun ja laadun tasaisuuden osalta päätehakkupuun veroista. Tutkimukset tuottivat uutta tieteellistä ja varsinkin käytännöllistä tietoa ja olivat suomalaisen julkisen tutkimuksen avaus harvennuspuusta puutuoteteollisuudessa. Kotimainen jatkotutkimus käynnistettiin kahden pk-yrityksen kanssa harvennuskäytön havupikkutukkiin perustuvien liimattujen rakennustuotteiden ja piha- ja ympäristörakentamisen tuotteiden ominaisuuksista vuonna 2008.

Eräs mahdollisuus harvennuspuun käytön kannattavuuden parantamiseksi voi olla *normaali- ja pikkutukkien ja rankahakkeena tai koko- ja osapuuhakkeena korjattavan energiapuun rinnakkainen talteenotto*. Lisääntyvä pienpuun kysyntä energiakäyttöön antaa mahdollisuuksia tähän toimintamalliin. Tällöin ei korjattaisi välttämättä lainkaan kuitupuuta, joten se soveltuisi lähinnä itsenäisten sahojen ja energiapuun käyttäjien yhteishankintaan, myös metsänhoitoyhdistysten, puuenergiaosuuskuntien ja lämpölaitosyrittäjien toimesta. Soveltuvuus vaihtelee epäilemättä sekä alueellisesti että ajallisesti kuitupuun kysynnän ja hintatason mukaan. Laskelmien mukaan sahapuun kertymä kasvaisi hieman ja energiapuun kertymä paljonkin kuitupuuhun verrattuna, koska hukkapuun osuus pienenis. Leimikon kantorahatulot pienenisivät kuitenkin huomattavasti vallitsevilla kantohinnoilla, varsinkin energiapuurankaa korjattaessa.

*Lapin ja Vienan Karjalan kuusen ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista* rakennuspuusepän- ja rakennustuotteissa ja puutaloteollisuudessa ja laatu- ja lujuuslajittelusta julkaistiin kokonaan uusia tuloksia ennen kaikkea ammatillisille ja alueellisille foorumeille pohjoista puuta käyttävän teollisuuden raaka-aineen hankinnan ja tuotesuunnittelun tueksi. Pohjois-Suomen pk-yritykset ovat tulosten rohkaisemina siirtymässä käyttämään enenevässä määrin lähialueidensa kuusta erityisesti puutalojen komponenteissa ja eräissä rakennuspuusepäntuotteissa. Pohjoista havupuuta koskevat tutkimukset sisälsivät myös Pohjois-Suomen männyn ja kuusen erityispuutavarylajien saatavuusskenaarioita seutukunnittain lähivuosisikymmenille. Tuotetulle tiedolle on kysyntää Poh-

jois-Suomen alue- ja elinkeinokehittäjien samoin kuin yksityismetsätalouden ja Metsähallituksen piirissä. Männyin järeän tukin saatavuus olisi tällä hetkellä vielä vahvistumassa mutta vaikeutumassa jo 2010-luvun puolivälin jälkeen, nykyisilläkin suojelualueilla ja – varauksilla. Tavallista väljempien tukkipituuksien ja -läpimittojen käyttö sekä useat erikoispuutavaralajit, erityisesti pikkutukit ja lyhyet erikoistukit parantavat sahapuun kertymää olennaisesti Pohjois-Suomen mäntytuustoissa. Kuusitukin saatavuus vaikeutuu 2020-luvulla etenkin Kaakkois- ja Metsä-Lapissa, mutta paranee Lounais-Lapissa. Kuusellakin pikkutukin täysimääräiset hakkuut lisääisivät sahapuun kertymää olennaisesti.

*Luoteis-Venäjältä tuotavan kuusi- ja mäntytukin raaka-aineominaisuuksista ja niistä saatavan sahatavaran visuaalisesta laadusta ja lujuudesta* tuotettiin vertailevia tuloksia kolmelta kotimaiselta alueelta peräisin olevaan materiaaliin verrattuna. Tärkein tavoite oli tuottaa tietoa sahatavaran teknisestä toimivuudesta, markkinoitavuudesta ja sopivista lopputuoteryhmistä lujuuslajiteltavan ja visuaalisesti lajiteltavan sahatavaran tuottajille ja sahatavaran jatkojalostajille. Tämä käsitti myös tietoa sahatavaran vastaavuudesta kaupallisten laatustandardien kanssa ja eri lajitelumenettelyjen mukaisesta laatuluokajakaumasta ja taloudellisista tuotoista. Samalla syntyi tietoa Itämeren altaan tukkipuun hankkijoille hankinta-alueiden kuusi- ja mäntytukeista saatavan sahatavaran yleisistä eroista. Vaikka tutkimukset olivat aineistoon liittyvien epävarmuuksien vuoksi osin case-tyyppisiä, tulokset täsmäsivät paljolti käytännön toimijoiden kokemusten kanssa. Tutkimukset tuottivat samalla täydentävää aineistoa Metlan tuleviin havuopuututkimuksiin ja ne olivat pohjana VTT:n koordinoimassa Combigrade-hankkeessa tehdyille lujuuslajittelun kehittämistutkimuksille.

Kuusen ja männyin tukkien, puuaineen ja sydäntavaran laadussa ilmeni alueellisia eroja osin kasvukauden pituuden ja kasvupaikkojen viljavuuden eroavaisuuksien vuoksi, jotka näkyivät kasvunopeudessa, oksaisuudessa, tiheydessä ja lujuudessa. Venäjän ja Suomen välillä eroja aiheuttavat käytännössä myös erilaiset metsänkasvatuksen perinteet, normit ja laatutasot sekä vaihtelevat korjuu- ja kuljetuskäytännöt. Yleisesti nopeammasta kasvustaan ja suuremmasta oksaisuudestaan huolimatta venäläinen kuusi käyttäytyi lähes samoin kuin suomalainen, kun taas suomalainen mänty oli osin selvästikin parempaa kuin venäläinen. Alueelliset erot olivat puuaineksessa ja täten myös puutuotteissa monimutkaisempia ja osin erisuuntaisia kuin tukeissa.

*Eurooppalaiselle tutkimusfoorumilla* osallistuttiin aktiivisesti COST E44 Wood Processing Strategy yhteistyöhön, jossa laadittiin yhteistyössä VTT:n kanssa Suomen maaraportti puutuotealan tilasta, rakenteesta ja näkymistä. *Kotimaisella yhteistyöfoorumilla* tärkein vaikutuskanava oli Puutuotealan osaamiskeskusten (1999–2006) hanke Puunkäytön laaja-alaistaminen (Pien- ja harvennuspuu –teemaryhmä).

## **B Lehtipuun raaka-aineet ja jalostus**

*Lehtipuuhankeissa* tehtiin Suomen ensimmäiset sahakoivututkimukset 30 vuoteen. Sekä järeästä että pieniläpimittaisesta kotimaisesta koivusta sahauksessa ja jatkojalostuksessa tehtiin kattavat tutkimukset, joiden tulokset herättivät kiinnostusta erityisesti Järvi-Suomen pk-puutuoteyrityksissä ja puutavaran sahaus-, kuivaus- ja modifiointilaitteita valmistavassa konepajateollisuudessa. Tulokset ovat käyttökelpoisia myös koivuleimikoiden puukauppojen ja hakkuiden suunnittelussa sekä puunostajille että -myyjille. Koivun käyttö kasvoi 2000-luvulla aluksi mm. hankkeissa mukana olleissa pk-yrityksissä, mutta kasvu pysähtyi ja osin taantui sittemmin koivuhuonekalujen markkinatilanteen ja suomalaisten yritysten suhteellisen hintakilpailukyvyin heikentyessä.

*Tutkimuksissa tuotettiin monipuolista laatutietoa puutuote-, puusepän- ja huonekaluteollisuudelle soveltuvan koivun lähteistä, arvosta, apteerauksesta ja lajittelusta sekä lopputuotesoveltuvuudesta: Etelä- ja Keski-Suomen päätehakkuihin kertyvä hies- ja rauduskoivutukki; Itä-Suomen harvennushakkuihin kertyvä hies- ja rauduskoivutukki; tuontikoivutukki sekä visakoivu. Tieto palvelee sekä laatu puun kasvatusta (erityisesti pystykarsintamenetelmät ja pystykarsinnan taloudellinen kannattavuus metsänomistajalle ja puun käyttäjälle) että puunhankinnan, perusjalostuksen (sahaus, sorvaus, viilutus) ja jatkojalostuksen (huonekaluteollisuus) tietotarpeita.*

*Koivusta tutkittuja ominaisuuksia olivat puutavaralajikertymät erityyppisistä leimikoista ja erilaisilla apteeraustavoilla, tukkien ulkoinen ja sisäinen laatu (sahaoksen ja sorvauksen saanto, runkomuoto, oksaisuus, pintaviat, lahoviat, sahatavaran ja viilun laatu jakaumat) sekä puuaineen fysikaaliset ominaisuudet (tiheys, lujuus, jäykkyys, pinnan kovuus). Tässä yhteydessä viettiin loppuun WoodWisdom – lehtipuukonsortion tutkimuksia, joiden tuloksia mukana olleet pk-yritykset myös käyttivät. Käytettävissä on nyt laajat aineistot koivun ominaisuustietokannan rakentamiseksi, jota yhdistettynä tuotesuunnitteluun voidaan hyödyntää uusien koivutuotteiden innovointi-, teknologia- ja design-työssä.*

*Tuontikoivua koskevat tulokset, joiden yhteydessä sivuttiin myös harvennuskoivikoita, palvelevat pääasiassa vaneriteollisuutta ja osin saha- ja jatkojalostusteollisuutta. Venäläiset koivutukkimetallit olivat ehkä odottamattomasti hieskoivuvaltaisia. Venäläisestä koivutukista saadaan yleensä hyvälaatua viilua, keskimäärin parempaa kuin kotimaisesta toisen harvennuksen viljelyrauduskoivutukista. Venäläinen tukki on kuitenkin yleensä huonosti apteerattua ja sisältää paljon sydänlahoa ja oksavikoja. Tulosten hyödyntämisestä on vaikeuttanut tukin tuonnin tyrehtyminen Venäjältä raakapuun vientitullien myötä vuodesta 2008 lähtien, mutta aikaisempi tilanne on osittain palautunut vuonna 2010 ja tuonti voi jatkossa kasvaa. Kotimaisten viljelykoivikoiden harvennushakkuihin kertyvien tukkien ja viilun laadusta saatu tieto on jatkossa entistä ajankohtaisempaa viljelykoivun harvennusten kuten myös päätehakkuiden lisääntyessä.*

*Tuloksia koivun pystykarsinnan kannattavuudesta ja pienistä vaurioriskeistä, kun karsinta tehdään asianmukaisilla työvälineillä ja oikeaan aikaan vuodesta, käytettiin useissa metsänhoitoyhdistyksissä neuvontatyössä ja maa- ja metsätalousministeriössä KEMERA-rahoitus säännöksiä päivitettäessä. Annetut lausunnot myötävaikuttivat aluksi pystykarsinnan säilymiseen yhtenä tuetuista työläjeistä, mutta myöhemmin pystykarsinta poistettiin niistä. Hirvieläinten vaurioittamien koivujen laadun analyysit osoittivat, että koivuntaimeen aiheutunutta runkomuotovikaa voidaan vielä ensiharvennuksen aikaan käyttää puun kasvatuskelpoisuuden ja sisälaadun indikaattorina.*

*Visakoivun geneettisistä alkuperistä, kasvatuksesta ja ominaisuuksista tuotettiin tuloksia ja perustettiin uudet raudus- ja visakoivun viljely- ja pystykarsintakokeiden sarjat laatu kasvatuksen tutkimiseksi. Merkittävä koivutietämyksen käytäntöön siirron saavutus oli Metsäkustannus Oy:n kanssa yhteistoiminnassa julkaistu oppi- ja käsikirjojen pari Koivun kasvatusta ja käyttöä ja Visa-koivun kasvatusta ja käyttöä.*

*Haapatutkimuksissa määritettiin metsä- ja hybridihaavan keskeiset puutekniset ominaisuudet ja erot sahatavaran ja eräiden jatkojalosteiden valmistuksen kannalta. Hankkeessa tuotettiin monipuolinen aineisto haapasahatavaran ja teknisen eli modifioitun puun käyttömahdollisuuksista. Erityisesti tulokset tuoteominaisuuksista ja jatkojalostusprosessien, kuten kuivauksen ja lämpö- ja puristuskäsittelyn lopputuloksesta herättivät kiinnostusta muutamissa sisustustuotteita ja sahatavaraa valmistavissa pk-yrityksissä ja kone- ja laitevalmistajien piirissä tuote- ja laitekehityksen perustietoina. Haapalajien välillä ilmeni vain vähäisiä eroja runkomuodossa, oksikkuudessa ja fysikaalisissa ominaisuuksissa, mutta kasvunopeus ja koko elinkaaren kasvurytmi poikkesivat*

toisistaan varsin selvästi. Fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet ovat hybridihaavalla jonkun verran huonommat kuin metsähaavalla. Saheiden lamelleihin jaon simuloinneissa havaittiin saata- van oksattomina sormijatkoskelpoisina liimalevykomponentteina talteen jopa 70 % saheen pinta- alasta, kun haettiin yhdeltä lappeelta oksattomia komponentteja.

*Erilaisilla kuivaus- tai modifointitavoilla* voidaan vaikuttaa paitsi haapapuun ulkonäköön myös sen fysikaalisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Lämpökäsittely ja puristuskuivaus vähentävät kompo- nenttien mittojen ja muodon muutoksien ja halkeilun riskiä käyttöympäristössä. Puristuskuivauk- sella voidaan kasvattaa puun tiheyttä erityisesti pintakerroksessa, mikä näkyy parantuvina mekaani- sina ominaisuuksina. Lämpökäsittelyssä osa mekaanisista ominaisuuksista heikkenee, osa paranee.

Puutuotteiden nykyaikaisella valmistustekniikalla keskilaatuisestakin haapatukista voidaan saada talteen huomattava osuus oksatonta, visuaalisiin tuotteisiin kelpaavaa puutavaraa, josta voidaan jalostaa ominaisuuksiltaan kilpailukykyisiä puusepäntuotteita. Jos tukiin hankinta saadaan orga- nisoitua kustannustehokkaaksi, kuten voidaan odottaa tapahtuvan 1990-luvun lopulla ja 2000-lu- vun alussa istutettujen hybridihaapametsiköiden tullessa korjuuikään 10–15 vuoden kuluttua, voi haavan mekaaninen jalostus kasvaa arviolta muutamiin kymmeneen tuhansiin kuutiometreihin eli lähes kymmenkertaisia nykyisestä. Haavan viljelypinta-alaa pitäisi kuitenkin kasvattaa nykyi- sestä, jotta raaka-aineen tasainen saatavuus turvattaisiin. Viljelypinta-alan kasvattamista rajoittaa ylisuuri hirvieläinkanta.

*Lehtipuun käytön laajentamista* koskeneissa tutkimuksissa julkaistiin kansainvälisellä foorumilla yhteenveto Itämeren alueen lehtipuuteollisuudesta markkinoinnin suunnittelua ja liiketoimintaym- päristöön asemoitumista sekä raaka-aineen hankinnan mahdollisuuksien ja tuote- ja teknologiake- hitystyön painopisteiden identifointia varten. Lisäksi osallistuttiin COST E42 Growing Valuable Broadleaved Tree Species yhteistyöhön koivun laatuksivatoksen ja sen tavoitteiden ja mahdolli- suuksien määrittelyssä. Kotimaisella foorumilla tärkein vaikutuskanava oli Puutuotealan osaamis- keskuksen (1999–2006) hanke Puunkäytön laaja-alastaminen (Lehti- ja erikoispuut -teemaryhmä).

## **C Puutuotemarkkinat**

*Puutuotteiden markkina- ja kilpailukykytutkimuksissa* arvioitiin uusia markkinoita Venäjällä ja Kiinassa ja arvotettiin valintakriteerejä kotimaan kuluttajamarkkinoilla sekä Saksan ja Iso-Bri- tannian teollisilla markkinoilla. Hankkeissa tarkasteltiin myös puutuotteisiin liittyviä mielipiteitä ja puun imagoa. Tämän ohessa julkaistiin tuloksia puutuotteiden ympäristöarvoista vientimarkki- noiden asiakkaiden näkökulmasta yhteistyössä Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen kanssa. Puutuotealan liiketoimintamallien yhteistutkimuksissa tehtiin avaus osallistamalla PuuOske-yh- teistyön pohjalta useiden toimijoiden Puutuotealan uudet liiketoimintakonseptit – käsitteitä, toi- mintamalleja ja kehittämismahdollisuuksia –yhteisjulkaisun laadintaan.

*Puutuotteiden käytölle ilmeni lisämarkkinoita tietyissä vientimarkkinoiden tuote- ja asiakasseg- menteissä*, joissa puun ulkonäkö ja eräät käyttöominaisuudet, kuten visuaalisuus, keveys, työstettä- vyys ja ympäristöystävällisyys ovat selviä vahvuuksia. Nämä ominaisuudet ovat erityisen tärkeitä markkinoitaessa sisustuspuutuotteita ja puutuotteita huonekaluteollisuudelle. Aineettomat hyödyt ovat muodostuneet entistä tärkeämmiksi kuluttajille. Erityisesti tietyille asiakasryhmille kuten hy- vin koulutetuille lapsiperheille ympäristöasioilla on merkitystä.

*Suomalaisten kuluttajien puutuotteiden valintaa kuvaavassa tutkimuksessa analysoitiin mitkä ovat puutuotteiden ostokriteerit kuluttajien päätöksenteossa ja millaiset ovat kuluttajien mielikuvat puutuotteista ja niiden markkinoinnista kilpaileviin tuotteisiin verrattuna. Tulosten mukaan laatu ja ulkonäkö ratkaisevat yleensä puutuotteiden valinnan, tämän jälkeen materiaalin käyttöominaisuudet, myyjien palveluhalukkuus ja pintojen helppohoitoisuus. Ostokriteereistä kaikki muut paitsi valmistajan imago ja tuotemerkki koettiin tärkeämmiksi kuin hinta. Ympäristöystävällisyys koettiin vasta kymmenenneksi tärkeimmäksi ostokriteeriksi. Metsäteollisuuden vihreät kuluttajat -kyselytutkimuksessa puisen huonekalun tärkeimpänä valintakriteerinä pidettiin ulkonäköä. Tämän jälkeen tulivat tärkeysjärjestyksessä: käytön mukavuus, laadun korkeatasoisuus, puulaji, valmistusmaa, ympäristöystävällisyys ja hinta. Kuluttajat pitävät puuta ja puutuotteita lähtökohdaisesti hyvin ympäristöystävällisinä verrattuna moniin muihin materiaaleihin ja tuotteisiin, eikä ympäristöystävällisyyden merkitys nouse siten kovin korkealle sijalle valintakriteereissä.*

*Kuluttajien mielestä puu materiaalina ja puutuotteet ovat hyvin kilpailukykyisiä ominaisuuksiltaan muihin materiaaleihin verrattuna. Lähes kaikkien kuluttajien mielestä puu näyttää hyvältä, on lämmin ja houkutteleva, ympäristöystävällinen ja tyylikäs materiaali. Puu on myös terveydelle vaaraton, sosiaalisesti hyväksyttävä, yksilöllinen ja vahva materiaali, moderni ja nuorekas eikä lainkaan vanhanaikainen. Kuluttajat pitävät puutuotteiden markkinointia melko hyvin hoidettuna. Parhaiten eri markkinointitekijöistä sijoittuvat kuluttajien mielikuvissa tuotteeseen liittyvä palvelu, tuoteinformaation saatavuus ja hyvät toimitus- ja maksuehdot. Puutuotteita ja niiden markkinointia voidaan kuitenkin ja niitä pitää kehittää edelleen kilpailukyvyyn parantamiseksi. Puutuotteiden mainontaa ja tuoteuutuuksista tiedottamista pitää aktivoida kuluttajille sopivien tiedotusvälineiden kautta. Markkinoinnin kehittämisessä keskeisellä sijalla on tuotteiden korkea laatu ja myyntihenkilöstön asiantuntemus ja palveluhalukkuus.*

*Teolliset asiakkaat arvostavat edelleen tuotteiden teknistä toimivuutta ja hyvää hinta-laatusuhdetta, mutta joissakin käyttökohteissa jopa enemmän ulkonäköä. Kuitenkin tekniseen laatuun liittyvät myös puutuotteiden suurimmat suhteelliset heikkoudet verrattuna muihin materiaaleihin. Kaikkein tärkeimmäksi laadun tekijäksi nousi kuitenkin toimittajan luotettavuus, tämän ohessa toimittajan tavoitettavuus, toimitusten nopeus sekä asiakaslähtöisyys. Puutuotteita myyvät yritykset jakaantuivat ympäristöarvostusten mukaan joko niitä voimakkaasti korostaviin tai vain vähän painottaviin. Voimakkaimmin ympäristöystävällisyyttä korostavat tee-se-itse-liikkeet. Laadun taustalla voitiin havaita kolme eri laatu-ulottuvuutta: toimittajan ominaisuudet, tiedon saatavuus ja ympäristöasiat, tuotteen fyysiset ominaisuudet. Ulottuvuuksien perusteella organisaatiot voitiin ryhmitellä ympäristötekijöitä korostaviin ja toimittajan ominaisuuksia korostaviin. Haastattelujen perusteella näyttäisi siltä, että puutuotteille voisi olla kehitettävissä brändi, joka perustuisi ympäristöystävällisyyden lisäksi ulkonäköön, yksilöllisyyteen ja puumateriaalin korkeaan sosiaaliseen hyväksyttävyyteen.*

*Avaintutkijat osallistuivat myös Metlan taustajulkaisun laadintaan *Kansalliselle metsäohjelmalle 2015* koskien puutuoteteollisuuden tulevaisuutta ja puurakentamisen mahdollisuuksia. Asiakaspalvelutöinä osallistuttiin Joensuun yliopiston *Metsäalan tulevaisuusfoorumin* erillisprojekteihin ja tehtiin analyysit *asiakasrakenteen muutoksista* ja *asiantuntijanäkemyksistä metsäsektorin tulevaisuudesta* Suomessa Metsäteollisuus ry:n toimeksiannoista.*

*Puutuoteteollisuuden asiakasrakenteen muutoksiin perustuvan tulevaisuudenkuvan toteutuessa onnistutaan löytämään keinot tuottaa ”hyvää elämää ihmisille hyvän asumisen kautta”. Tällöin tehdään yhteistyötä raaka-ainevalmistajien, suunnittelijoiden, arkkitehtien ja palveluiden tarjoajien kanssa. Omaksutaan aito kiinnostus siihen, mitä erilaiset ihmiset eri maissa haluavat, ja kyky selvittää nämä tarpeet ja tuottaa heidän mieltymyksiään vastaavia tuotteita kilpailukykyiseen hin-*

taan. Onnistutaan irtautumaan nykyisistä toimintamalleista niin, että yritykset toimivat yhdessä horisontaalisesti ja vertikaalisesti jakeluketjun muiden toimijoiden kanssa. Tällöin syntyy yhteistyökuvioita palveluiden tarjoajien ja suunnittelijoiden kanssa niin, että markkinointi, brändit ja tuoteperheet (tuote-palvelu kokonaisuudet) tyydyttävät vientimarkkinoiden erilaisia asiakassegmenttejä. Perustuotteiden vienti vähenee, mutta jalostus ja jalosteiden vienti kasvavat. Toimialan volyyymi ei kasva, mutta jalostusarvo kasvaa ja yritykset ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä.

Hankkeissa tehdyt tutkimukset auttavat suomalaisia metsäteollisuusyrityksiä pysymään mukana maailman markkinoilla tapahtuvassa kehityksessä ja varautumaan toimintaympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Tutkimusten tuloksia on voitu käyttää myös julkisen vallan toimesta tapahtuvaan teollisuuspolitiikan suunnitteluun. Kansallisen metsäohjelman talous- ja työllisyystavoitteiden toteutumisen katsottiin esimerkiksi riippuvan keskeisesti siitä, onnistutaanko puutuoteollisuuden jalostusastetta nostamaan ja metsäalan pk-yritystoimintaa kehittämään. Kansallinen metsäohjelma edellyttikin, että julkisessa tutkimus- ja kehittämistoiminnassa korostetaan pk-yritystoiminnan tarpeita ja että tutkimuksen lähestymistavaksi vakiinnutetaan "Markkinoilta metsään" -tarkastelu. Puurakentamisen kehitystä ja puutuotteiden kilpailukykyä Euroopassa ja uusilla markkinoilla kuvaavia tuloksia voidaan käyttää erityisesti saha- ja jatkojalostusteollisuuden pienten ja keski suurten yritysten markkinoinnin ja koko toiminnan kehittämiseen sekä toimintaedellytysten parantamiseen. Tutkimushankkeissa tuotettiin tietoa, joka antaa perusteita sekä metsäteollisuuden strategisille ja muille markkinointipäätöksille että koko metsäsektoria koskeville päätöksille kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Tutkimus antoi aikaisempaa parempia valmiuksia metsäsektorin osapuolille varautua myös markkinoilta tuleviin uusiin haasteisiin toimintaympäristössään.

## **D Uusia puutuoteratkaisuja**

*Rakennepuutuotteilla (Engineered Wood Products)* tarkoitetaan puutuotteita, jotka on valmistettu liimaamalla yhteen puulastuja, -säleitä, -viiluja tai muita pilkottuja puun osia siten, että tuotteesta on saatu ominaisuuksiltaan massiivipuuta tasalaatuisempi. Hankkeessa tuotettiin laatuaan ensimmäinen kotimainen laaja kirjallisuuskatsaus rakennepuutuotteista, laskelmia teollisuudelle saatavissa olevista pienpuumääristä sekä esitutkimus mänty- ja koivupienpuun soveltuvuudesta ja käytön kannattavuudesta rakennepuupalkkien valmistukseen suurlastuista (OSL, lastut samantyyppisiä kuin OSB-levyissä). Tulosten perusteella suomalaisesta mänty- ja koivupienpuusta on mahdollista valmistaa rakennepuutuotteita niiden raaka-aineominaisuuksien puolesta, edellyttäen että lastujen suuntaamisessa onnistutaan riittävän hyvin. Mänty- ja koivupienpuu ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan pääosin kilpailukykyisiä raaka-aineita verrattuna muualla maailmassa rakennepuutuotteisiin käytettäviin puulajeihin. Pienpuusta valmistettavissa olevalla OSL-palkilla olisi tämän esitutkimuksen perusteella mahdollisuuksia kannattavaksi tuotteeksi, ja raaka-ainekustannukset muodostavat esimerkkilaskelmien mukaan vain noin 25 % tuotteen arvioidusta markkinahinnasta. Valmistettavissa olevia tuotteita samoin kuin tuotteiden valmistusmenetelmiä rajoittavat monet tuotesuojaukset. Esille tulleita epävarmuustekijöitä ja mahdollisia jatkotutkimuskohteita ovat esimerkiksi erilaisten raaka-aineiden sekoittuminen rakennepuutuotteita valmistettaessa, tuotteiden lujuusominaisuuksien suuri hajonta sekä puutavaran läpimitan vaikutus lastuamiseen ja lastujen laatuun. Tulokset herättivät kiinnostusta kotimaisessa suuren mittakaavan puutuoteollisuudessa, joskaan eivät pilot-tuoteasteelle. – Euroopassa valmistetaan laajasti OSB-levyä, mutta ei tutkitun kaltaisia, oriented strand -lastuun perustuvia palkkituotteita. Pohjois-Amerikka on sen sijaan rakennepuutuotteiden massatuottaja, ja Kanada on niiden alkuperämaa.

*Palkkimaisten rakennepuutuotteiden (liimapalkki, I-palkki, LVL, LSL, PSL) markkinoita ja niiden viimeaikaista kehitystä Euroopassa tarkasteltiin edellisen tutkimuksen rinnalla, samoin kuin markkinoiden kehityksen vaikutuksia Suomen puutuoteteollisuuteen. Rakennepuutuotteiden markkinat ovat hyvin pienet perinteisen sahatavaran markkinoihin nähden sekä maailmanlaajuisesti että Euroopassa, 2–3 %. Euroopan kulutuksesta yli puolet on Saksassa, ja tärkein käyttöalue on asuntorakentamisessa. Rakennepuutuotteiden käytön arvioitiin lisääntyvän vain vähän Euroopassa, ja lisäyksellä olisi melko vähäiset vaikutukset Suomen puutuoteteollisuuteen ja puumarkkinoihin vielä 2010-luvulla. Rakennepuutuotteiden käytön kasvua hidastavat rakentamista ohjaava lainsäädäntö sekä paloturvallisuusmääräykset, samoin kuin heikko tunnettuus ja puutteellinen säänkestävyys. Suomi kuuluu Saksan jälkeen rakennepuutuotteiden suurimpiin tuottajiin Euroopassa ollen muun muassa Euroopan ainoa viilupuun tuottaja.*

*Yhtenä kokonaan uutena puutuoteratkaisuna esiteltiin ns. sahapilkekonsepti. Tässä on ajatuksena, että koivusaha valikoi leimikosta tukit sahaukseen soveltuvat tukit lähinnä runkomuotolaadun perusteella, sahaa ns. sahatukit tavoitteena laadukas sahatavara ja ns. pilketukit tavoitteena pilkkeet omilla asetteillaan ja erottelee tämän jälkeen sahatavarasumasta riittävän hyvälaatuiset saheet varsinaiseksi sahatavaraksi sekä muut saheet eli ns. sahapilkeaihiot polttopuiksi. Sahapilke eli kahdelta sivulta mitallistettu, pilkepituuksiin katkottu polttopuu käsittää siis sekä pilketukeista saatavat että osan sahatukeista saatavasta sahetuotannosta. Tarvittaessa voidaan kuitupuun sijasta hakata myös polttopuurankaa, joka tehdään tavallisiksi pilkkeiksi täydentämään sahepilketoimituksia.*

Sahapilkekonseptin puutavaralajien kertymiä tarkasteltiin harvennuskoivuleimikoissa simulointitutkimuksin vaneritukkien ja kuitupuun hakkuuseen vertaillen; sahatukin ja pilketukin kertymä oli yhteensä 35–60 m<sup>3</sup>/ha, sahatukia 11–16 % ja pilketukia 74–76 %. Lisäksi määritettiin koivupolttopuun tuotannon materiaalitaset sekä tuotot ja kustannukset sahalaitoksen yhteydessä tapahtuvassa tuotannossa. Harvennusten tyypillisissä läpimittaluokissa 13–27 cm sahapilkekonsepti tuotti *sahatukeille* 5–12 € nettoarvonlisäyksen per raaka-ainekuutiometri perinteiseen sahatavaratuotantoon verrattuna. *Pilketukeille*, jotka normaalisti päätyvät kuitupuuksi, sahaus pilkkeeksi tuotti 20–27 € nettoarvonlisäyksen raaka-ainekuutiometriä kohden. Sahapilkkeiden tuotannon edut perinteiseen pilkkeen valmistukseen nähden kohdentuvat erityisesti materiaalin käsittelylogistiikkaan tuotanto-, kuivaus-, pakkaus- ja jakeluprosesseissa. Yksi merkittävä sähäkonevalmistaja on kehittänyt tutkimuksen tulosten pohjalta sahapilkekonseptia mukailevan prototyypilaitteiston, ja muutama klapiyrittäjä on testannut konseptia omassa toiminnassaan.

Pohjois-Karjalan osaamiskeskuksen toimeksiannosta Asumisen osaamisklusterissa ja Uudistuva metsäteollisuus -klusterissa toteutetussa valmisteluhankkeessa määriteltiin *Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla* -teeman aihealue ja kartoitettiin tutkimustarpeita ja hyödyntämismahdollisuuksia puutuotteiden ja -rakentamisen kannalta. Hankkeessa tehtiin kirjallisuus selvityksiä ja asiantuntija- ja yritys haastatteluita ja kartoitettiin yleisiä mielikuvia pientalo- ja korjausrakentajille ja asumisen kuluttajille suunnatussa kyselytutkimuksessa yhteistyössä Rakennustutkimus RTS Oy:n kanssa.

*Hyvä ympäristösuorituskyky määritellään yleisesti tuotteen tai yrityksen mahdollisimman vähäisenä resurssien käyttönä suhteessa tuotettuun hyötyyn. Puutuotteilla sitä voidaan arvioida mitaamalla erilaisia ympäristövaikutuksia raaka-aineen hankinnassa (metsän kasvatusta, hakkuuta, kuljetuksia), tuotteiden valmistuksessa ja jakelussa (esimerkiksi haitallisten aineiden päästöt) ja lopulta tuotteiden käytössä (esim. energian käyttö talon lämmityksessä ja ilmastoinnissa) ja kierätyksessä (esim. rakennuksen osien uusiokäyttö valmistusmateriaaleina tai energianlähteenä). Arvioitavia asioita voivat olla hiilen sitoutuminen (hiilinielu), materiaalien kulutus, energianku-*

lutus, syntyvät jätteet ja muut vaikeammin määriteltävät vaikutukset (esim. metsäluonnon monimuotoisuuteen). Ympäristösuorituskykyyn voidaan liittää myös teemoja, jotka liittyvät materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksiin ja kuntoon vuorovaikutuksessa käyttöympäristön kanssa sekä materiaalien, tuotteiden ja asumisympäristön erilaisiin vaikutuksiin taloissa asuvien ja valmistusketjussa mukana olevien ihmisten kannalta. Tällaisia asioita ovat ennen kaikkea pitkäaikaiskestävyys (lahon-, sään-, kulutuksen-, säteilynkesto, korjattavuus, kierrätettävyys) ja käyttö- ja asuisturvallisuus (esimerkiksi sisäilman terveellisyys).

*Standardisointi ja rakennusmääräykset sekä asumisen kuluttajien arvostukset* ovat keskeisessä asemassa, kun yritykset harkitsevat ympäristösuorituskyvyn ja sen osatekijöiden tuotteistamista. Standardisointi on vielä kesken, mutta ympäristösuorituskyvyn osalta rakennustuotteiden mitattavia ominaisuuksia tulevat ilmeisesti olemaan vaikutukset ilmastomuutokseen, otsonikerrokseen, happamoitumiseen, rehevöitymiseen, alailmakehän otsonin muodostumiseen ja uusiutumattomien materiaaliresurssien häviämiseen, ja näiden lisäksi uusiutuvien materiaaliresurssien käyttö, uusiutuvien ja uusiutumattomien energiavarojen käyttö, ongelmajätteet, radioaktiivinen jäte ja muut jätteet. Puutuotteiden kannalta useimmat näistä ovat positiivisia verrattuna kilpaileviin materiaaleihin, mutta yllättäen esimerkiksi ilmastomuutosvaikutus eli hiilinielun merkitys riippuu huomattavan paljon siitä, miten se lasketaan ja sisällytetäänkö raaka-aineiden tuotanto- tai muodostumisvaihe mukaan laskentaan.

*Puutuoteteollisuuden nykyisiä tuoteryhmiä*, joiden tuotekehityksessä ja markkinointiviestinnässä puun ja puutuotteiden ympäristösuorituskykyä voidaan hyödyntää, voivat olla:

- puukerrostalot, pientalot ja vapaa-ajan rakennukset, joiden osalta olennaista on rakennuksen koko ympäristösuorituskyvyn ketju eri osatekijöineen;
- sisustustuotteet eli lattia-, seinä- ja kattomateriaalit ja huonekalut, joissa teemoina esimerkiksi tuotteiden kulutuskestävyys ja helppohoitoisuus ja sisäilman terveellisyys;
- ulkorakentamisen tuotteet kuten ulkovuoraukset, porrasrakenteet yms., joissa pääteemana sään- ja lahonkestävyys;
- pihapiiri- ja ympäristörakentaminen, jossa teemoina sään ja lahonkestävyys, terveellisyys, turvallisuus ja yleinen pitkäaikaiskestävyys.

Ympäristösuorituskyvyn tuotteistaminen on toimialan yrityksissä vielä melko kaukana, harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta (hirsitalot ja -mökkit, leikkikenttärakenteet, kyllästetyt puutuotteet (tietyin varauksin)). Tässä vaiheessa korostuu asioiden todennettavan mittaamisen kehittäminen ja sitä tukevan faktatiedon tuottaminen ja testaaminen.

Ympäristösuorituskyvyn tuotteistamiseen puutuotealan tarpeisiin ei ole tämän hetkiselä tiedolla suuria edellytyksiä. Ihmiset kyllä liittävät puumateriaaleihin ja -tuotteisiin positiivisia mielikuvia, mutta ympäristöasioiden merkitys ihmisten tekemissä käytännön valinnoissa on pienehkö, ja todellisuudessa muut asiat kuten käytettävyys, laatu, erilaiset muodit ja hinta ratkaisevat. Näiden asioiden ollessa kilpailukykyisiä voi ympäristömyönteisyys olla etu tuotevalinnassa osalle kuluttajista. Kyselytutkimusten tulosten mukaan konkreettisia rakentamispäätöksiä tekevät henkilöt eivät näe ympäristöasioita yhtä merkittävänä kuin "keskivertoasujat", puumateriaaleihin liitetään myönteisiä ympäristömielikuvia ja kivitalon rakentaneet näkevät ympäristökriteerit omassa valinnassaan tärkeämpinä kuin puutalon rakentaneet. Hanke oli pohjana kokonaan uuden tutkimusalueen käynnistämiseen vuosikymmenen vaihteessa.



Puutuotteiden- ja rakentamisen ympäristömyönteisyyden lisätodentaminen tutkimukseen perustuen on jatkossa tarpeen, ja tämän tiedon selkeä esille tuominen markkinoilla menestymiseksi on tärkeää. Etenkin hiilensidontakysymykset ovat puutuotteiden kannalta positiivinen mahdollisuus edellyttäen, että puutuotteiden ominaisuudet saadaan luotettavasti todennettua ja kaikille materiaaleille yhteiset laskentamenetelmät saadaan määriteltä puun kannalta oikeudenmukaisesti erityisesti rakennuksissa.

Kaksi valmisteluhankkeessa ilmennyttä tutkimus- ja kehittämiskokonaisuutta, jotka tulisi toteuttaa kiireisesti ympäristösuorituskyvyn hyödyntämiseksi puurakentamisen ja puutuotealan kannalta:

1. Standardien ja lainsäädännön tehtyä tarkempi läpikäyminen siten, että näkökulmana olisivat puutuoteryhtysten ja puurakentamisen todelliset tarpeet, mahdollisuudet ja rajoitteet. Painotus olisi standardien ja normien antamien erityismahdollisuuksien arvioinnissa kilpailukyvyille, tuotteistamiselle ja liiketoiminnan kannattavuudelle eri puutuoteryhmien kannalta, joko omana projektinaan tai etujärjestöjen/yritysten prosessina.
2. Puurakennuksen hiilitaseen laskenta koko kiertoajan aikana (sis. myös metsät), jatkona vertailut kilpaileviin materiaaleihin perustuvien rakennusratkaisujen kanssa.

*Metla osallistui vuosina 1999–2006 Puutuotealan osaamiskeskuksen (PuuOske) toimintaan koordinaattorina osaamisalueella Puun käytön laaja-alaistaminen.* PuuOsken toimintatavaksi oli jo perustamisvaiheessa määriteltä valtakunnallinen verkosto, joka muodostui seitsemästä osaamisalueesta. Ne verkottuivat keskenään sekä Puu-Suomi-ohjelman alueellisten toimijoiden ja yritysten kanssa. Verkostoon kuuluivat kaikki Suomen puutuotealan korkeakoulut, tutkimuslaitokset ja ammattikorkeakoulut, sekä Vaasan yliopisto, Helsingin yliopisto, Joensuun yliopisto, Metla ja Taideteollinen korkeakoulu omine yhteistyökumppaneineen; laajimmillaan verkostoon kuului 55 toimijaa. PuuOskea isännöi Wood Focus Oy, ja sen tärkeä yhteistyökumppani oli Puu-Suomi-ohjelma ja sen 19 hankeaktivaattoria.

*PuuOsken toiminnan tärkein tavoite oli liittää yritysten taitopainotteinen ja tutkijoiden tietopainotteinen osaaminen toisiinsa tutkimus- ja kehittämishankkeissa:*

- tarjoamalla hankkeille sekä uutta että vakiintunutta tietoa yrityksille sopivassa muodossa
- tuottamalla koko liiketoimintaketjuun kohdistuvia tutkimus- ja kehittämispalveluja
- yhdistämällä eri osaamisen alueita ja vahvistamalla näin uusien liiketoimintojen syntymistä
- vahvistamalla osaamisen perustaa ja pitämällä huolta osaajien määrästä ja laadusta
- vahvistamalla yritysten ja tutkijoiden välistä yhteistoimintaa ja alan kehittämiskulttuuria

*Puun käytön laaja-alaistaminen osaamisalueessa* ylläpidettiin pk-yrityksille ja t&k-organisaatioille suunnattua valtakunnallista tiedonsiirto- ja keskustelufoorumia, järjestettiin yhteisseminaareja ja yritysneuvontaa sekä suunniteltiin yhteisiä t&k-hankkeita. Teema-alueet olivat lehti- ja erikoispuun käyttö, pien- ja harvennuspuun käyttö sekä puumateriaalitekniikka (puukemia ja -fysiikka). Osaamisalueen toimijaverkoston muodosti 18 tutkimus- ja kehittämisorganisaatiota. Puun käytön laaja-alaistaminen osallistui keskeisesti 13 kotimaisen yhteishankkeen tai konsortion suunnitteluun ja käynnistämiseen. Osaamisalueen keskeiset tulokset julkaistiin osana PuuOsken loppuraporttia.

Yhtenä sovelluksena käynnistettiin kaksivuotinen Pirkanmaan puutoimialan toimenpideohjelma-hanke, jossa laadittiin maakunnallinen visio toimialasta sekä edistettiin puunjalostajien yhteistyötä ja verkottumista. Strategiatyö kohdistui maakunnan puutuotealan pk-yrityksiin ja toteutettiin haastattamalla noin 40 puutuotealan yrittäjää. Haastattelussa selvitettiin yrityskohtaiset kehittämistarpeet ja yrittäjien näkemyksiä toimialan tilasta ja tulevaisuuden haasteista. Yrityshaastatteluiden tulosten perusteella määriteltiin neljä tärkeintä toimenpidekokonaisuutta toimialan kehittämistyössä:

1. henkilöstön ja liikkeenjohdon koulutuksen järjestäminen
2. verkottumisen ja markkinoinnin edistäminen
3. tuotekehityksen ja investointien aktivointi
4. maakuntien välisen yhteistyön edistäminen

## **E Puuraaka-ainevarannon arvopotentialit**

*Tuloksia erilaisten leimikoiden myynti- ja käyttöarvoista ja niiden vaihtelusta tutkittiin sekä puunmyyjien että puunkäyttäjien näkökulmista.* Tutkimukset olivat päänavaus aihepiirin tutkimuksessa tutkimuslaitosten tai yliopistojen tasolla. Ensisijainen tavoite oli ymmärryksen lisääminen leimikon arvonmuodostuksen periaatteista tutkimalla katkontaohjeiden, erikoispuutavaralajien ja ostajatyypin vaikutuksia leimikon puutavaralajikertymään ja myynti- ja käyttöarvoon ja puuston ominaisuuksien vaikutusta leimikon arvoon.

Tämä vaihtelee kaikkien tutkittujen vaikuttimien yhteisvaikutuksen mukaan. Tulokset osoittivat leimikoiden kriittisimmät ominaisuudet puutavaralajikertymien ja sitä kautta arvosaantojen kannalta, arvosaannon erilaisen riippuvuuden katkontaohjeista puunmyyjien ja puunkäyttäjien kannalta ja erilaisten puutavaralajien yhdistelmien ja katkontaohjeiden vaikutukset erityyppisissä leimikoissa. Samoin ilmeni eroja erilaisia puutavaralajien yhdistelmiä ja erilaisia runkojen katkontaohjeita soveltavien ostajatyypin välillä leimikoiden myyntiarvon muodostumisen kannalta.

Soveltavissa osissa tutkittiin *leimikon hakkuukertymän puutavaralajirakenteen ennustamista*, omana työnä tilastotieteellisen mallintamisen ja simulointimenettelyjen pohjalta ja Joensuun yliopiston kanssa yhteistyössä lentokoneesta tehtävää laserkeilausta soveltamalla. Kehitetyt ennustemallit tarjoavat erään mahdollisuuden päätehakuuleimikoiden puutavaralajikertymien ennakointiin. Mallit antavat kuitenkin vain suuntaa-antavia tuloksia eikä niitä voida suositella käytettäväksi yksittäisen leimikon kaupallisen arvon määrittämiseen. Puukaupassa tarvitaan edelleen menetelmää, jolla yksittäisen leimikon puutavaralajien kertymät ja raha-arvo voidaan ennustaa yksinkertaisesti ja kustannustehokkaasti, myös yksittäisen metsänomistajan tai pienen puunhankintaorganisaation toimesta. Laserkeilainpohjainen leimikon puustotunnusten ennustaminen tarjonnee tulevaisuudessa varsin hyvät lähtökohdat puuston arvottamiseen, mutta vain niille puukaupan osapuolille, joiden resurssit riittävät järjestelmän käyttöön.

Tämän lisäksi tarkasteltiin vaihtoehtoisia *puuraaka-aineen hinnoittelumenetelmiä*, ennen kaikkea tukkien laatuhinnoittelua tavaralajihinnoitteluun verrattuna: menetelmien hyvät ja huonot puolet, maksutapojen vaikutukset esimerkkileimikoiden katkontaan ja myyntiarvoon, menetelmien vertailu koeleimikoissa. Tulokset osoittivat puutavaralajien yksikköhintoihin pohjautuvan puukaupan ongelmat. Metsänomistajan puukaupan yhteydessä saama arvio odotettavissa olevasta myyntitulosta vaikuttaa varsin yksiselitteiseltä asialta, mutta todellisuudessa varsinkin erilaisia puutavaralajien yhdistelmiä edustavien ostotarjousten vertailu on hankalaa, ellei mahdotonta. Tavaralajihinnoittelun taustalla on puukaupan osapuolten epätasapainoinen tietämys raaka-aineen

arvosta. Tällaisessa tilanteessa päädytään yleisesti suoriteperusteiseen kauppaan. Asymmetrinen informaatio johtaa myös yleisesti tehokkuustappioihin. Puukaupassa tämä tarkoittaa usein sitä, että laadukkaasta raaka-aineesta ei makseta sille kuuluvaa hintaa mutta heikkolaatuisesta raaka-aineesta maksetaan korkeampaa hintaa kuin mitä käyttöarvo edellyttäisi.

Leimikon myyntiarvon maksimointi on usein ristiriidassa puunkäyttäjälle koituvan käyttöarvon maksimoinnin kanssa, koska ennalta sovitut katkentaohjeet eivät välttämättä ole optimaaliset tuotteiden sen hetkiseen markkinatilanteeseen ja raakapuun kysyntään. Kokonaisuuden kannalta olisi parasta, että raaka-aineen jalostusarvon maksimointi johtaisi suurimpaan mahdolliseen lisäarvoon, ja tästä riittäisi eniten jaettavaa myös puunmyyjälle.

Huolestuttavaa on myös se, että nykyisellä tavaralajihinnoittelulla metsänomistajan on kannattavinta realisoida puusto-omaisuutensa huomattavan paljon aikaisemmin kuin jalostusarvon kannalta olisi järkevää. Metsänkasvatuksen yksityistaloudellista optimointia koskevat kiertolaskelmat eivät ota huomioon tukkipuuosan järeytymisestä koituvaa käyttöarvon nousua, vaan ohjaavat myymään puuston heti kun se on ylittänyt riittävässä määrin tukkipuun minimirajan.

Hankkeissa tehtiin aineistoyhteistyötä Metlan metsäsuunnittelun tutkimusryhmän ja tutkimusmetodologian kehittämisen yhteistyötä Joensuun yliopiston ja ruotsalaisen SkogForskin kanssa. Tulosten laskennassa hyödynnettiin ja kehitettiin edelleen Metlan puuntutkimuksen piirissä tehtyä apteeraussimulaattoria, joka pölkyttää yksittäiset rungot arvoapteeraukseen perustuen niistä mitattujen dimensioiden ja ulkoista laatua koskevien tietojen pohjalta. Tutkimuksissa koostettiin laaja kotimainen laatukoepuuaineisto erilaisista tukki- ja pikkutukkileimikoista sekä tässä hankkeessa että edellä kuvatuissa pääte- ja harvennushakkuututkimuksissa kerätyistä aineistoista. Aineistoa on hyödynnetty myös jatkohankkeissa.

Tutkimusten tuloksia on hyödynnetty kolmen puutuoteyrityksen, kahden metsänomistajien liiton ja useiden metsänhoitoyhdistysten omissa leimikoiden ennakoarviointimenetelmien ja laatuhinnoittelun kehittämishankkeissa. Aihe on ajankohtainen, ja tuloksia on jo otettu käyttöön puukaupassa ja puuraaka-aineen ohjauksessa kannattavimpiin käyttökohteisiin. Käytännön kehittämistyössä mietitään jatkuvasti, miten raakapuumarkkinoiden toimivuutta voidaan parantaa ja mistä löydetään toimivat elementit hinnoitteluperiaatteisiin. Tulosten jatkojalostaminen kuuluu yhtenä osana edellä mainitussa EU:n pohjoisen ulottuvuuden ohjelman kehittämis- ja tiedonsiirtotyö, mm. leimikoiden arvon määrittämiseen ennen hakkuuta soveltuvan IT-pohjaisen simulaattorin kehittäminen internet-ympäristöön ja vaihtoehtoisten hinnoittelumenetelmien vaikutusten tarkastelu puukaupan toimivuuden ja markkinaosapuolten intressien kannalta.

*Keski-Suomen metsäkeskuksen laatupuun kasvatuksen edistämiseen tähdänneessä kehittämishankkeessa* tehtiin asiantuntijapalvelutyönä IT-pohjainen pilot-työkalu asiakaslähtöisen laatupuun kasvatuksen ja hankinnan suunnittelu- ja neuvontatyöhön demonstraatiokoealoineen ja vaihtoehtolaskelmineen. Lisäksi laadittiin laskelmat vaihtoehtoisten laatupuun kasvatusketjujen vaikutuksista puutavaralajien kertymiin ja metsänkasvatuksen taloudelliseen tulokseen metsiköiden tasolla koko kiertoajalla ja päätehakkuussa suuraluetason tarkasteluihin 5–20 vuoden suunnittelujaksoilla. Tässä pystyttiin ensimmäistä kertaa yhdistämään metsävaratietojen hallinta, metsänkasvatusketjujen simulointi ja optimointi, puun laadun huomioon ottaminen runkojen apteerauksessa ja arvonalaskennassa ja puutavaralajien asiakaslähtöiset tarpeet ja laatuvaatimukset monipuoliseksi laskenta- ja mallinusketuksi. Vaihtoehtotarkasteluihin sisällytettiin useita erikoispuutavaraaleja, jotka lisäävät potentiaalisesti leimikoiden myyntiarvoa ja joista erityisesti pk-sektorin puutuoteyritykset ovat kiinnostuneita. Alueellisista sidosryhmäedustajista koostunut

asiantuntijaryhmä ja Puu-Suomi-laatuohjelma tukivat hanketta puunkäytön vaihtoehtoisia tapoja edustaneiden yritysten puunkäytön tarpeiden ja vaatimusten kartoituksessa varsinaisten hankkeiden käynnistämässä.

Tärkeimmät tulevan puuston laatuun vaikuttavat metsänhoidon toimenpiteet ajoittuvat kiertoajan alkutaipaleelle metsänuudistamisesta aina ensiharvennusvaiheeseen saakka. Laatuksvatuksen hyödyt eivät tulleet vielä esille 20 vuoden tarkastelujaksolla, koska toimenpiteiden vaikutus näkyy vasta pidemmällä aikajänteellä. Itse asiassa intensiivinen laatuksvatusta lisää välittömästi kuitupuun ja mahdollisesti energiapuun kertymiä, mutta vasta 15–30 vuoden kuluttua tukki- ja erikoispuun kertymiä.

Metsikkökoealojen vertailulaskelmat osoittavat, että asiakaslähtöisten puutavaralajien kertymiin voidaan vaikuttaa oikeilla metsänhoitotoimenpiteillä. Tehtyjen toimenpiteiden hyötyvaikutukset puutavaralajien kertymiin osoittautuivat hyvin selviksi. Hyvälaatuisen järeän puun kasvattaminen vaatii kuitenkin panostuksia. Tukkipuun hinnan ollessa laadusta riippumatta lähes vakio ja erikoispuutavaralajien hintalisten ollessa pieniä ei laatuun kasvatuksella ole riittävästi kannattavuutta.

Metsäteollisuus tarvitsee strategisen päätöksenteon tueksi arvioita raaka-aineen riittävydestä ja laatuajasta myös tulevaisuudessa. Hankkeessa kehitetyillä laskentamenetelmillä voidaan ennakoida helposti asiakaslähtöisten puutavaralajien kertymiä. Tulokset hyödyttävät metsäkeskuksen metsäsuunnittelu- ja neuvontatehtävien lisäksi metsänhoitoyhdistysten ja metsäpalveluyritysten puukaupallisten palveluiden kehittämistä, alueellisten metsäohjelmien laadintaa, metsäteollisuusyritysten puuhankintastrategioiden suunnittelua, valtakunnallista puumarkkinoiden toimivuuden edistämistyötä. Alueelliset toimintamallit ovat tarvittaessa sovellettavissa myös muihin maakuntiin.

## **F Puutavaran mittaus ja hävikit**

PKM-ohjelmaa käynnistettäessä *puutavaran mittaustutkimukset* sijoitettiin Metlassa tähän kokonaisuuteen, koska ne ovat paljolti sidoksissa puuhankinnan ja -käytön ja puukaupan yleiseen viitekehukseen sekä raaka-aineen (mittaus)tekniisiin ominaisuuksiin ja tehtaiden valmistusprosessien ja lopputuotteiden tarpeisiin. Kaikki tutkimukset koskivat *puutavaran määrän mittausta, palvelivat mittausten ohjeistusta ja tukivat puutavaran mittauksen neuvottelukunnan työtä*. Tehtävät sisälsivät säännöllisesti virallisten lausuntojen laatimista. Tutkimustehtävien ohessa osallistuttiin aktiivisesti toimialan tutkimus- ja kehittämistoiminnan tarpeiden ja tavoitteiden määrittelyyn, mm. Metsäteho Oy:n vetämään Puutavaran mittauksen vision 2010 laadintaan.

*Tutkimukset keskitettiin pienten puutavaraerien mittauksen perusteisiin ja menetelmiin, puutavaraerien massan mittaukseen ja kuormien ja nippujen optiseen mittaukseen perustuvien menetelmien kehittämiseen sekä mittaustarkkuuden tarkasteluihin*. Vuonna 2005 tuli välttämättömäksi käynnistää uudelleen energiapuun mittauksen tutkimukset mutta ne siirrettiin BIO-ohjelmaan (Bioenergiaa metsistä) jo vuonna 2007. *Energiapuun mittauksen tutkimukset* raportoidaan kokonaisuudessaan BIO-ohjelman yhteydessä.

Kotimaisen puutavaran mittauksen kehittämisen ohella tuettiin asiantuntijapalvelutyönä *Venäjältä, Valko-Venäjältä ja Baltian maista tuotavan puutavaran mittauksen* suomalaisten osapuolten puukaupallisia neuvotteluja mittausten käytön osalta (mittausmenetelmien soveltuvuu-

den arviointia ja lausuntoja, puuntuojien toteuttaman kehityshankkeen ohjaus). Tutkimustiedon käytäntöön siirrossa osallistuttiin keskeisessä roolissa muun muassa useiden *oppi- ja käsikirjojen* tekoon puutavaran mittauksesta. Laajimmat näistä ovat kotimaisille tiedonkäyttäjille suunnattu Puukauppa – valmistelu, sopimus, puutavaran mittaus ja kansainväliselle foorumille tarkoitettu Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2, luku Timber measurement.

Pienten hankinta- ja käteiskauppaerien mittauksen tehostamiseksi tehtiin tutkimus kuormainvaakojen hyödyntämiseen perustuvasta kuitupuun mittaamenetelmästä. Tässä määritetään puutavaraerien massat tienvarsivarastolla puutavara-auton kuormainvaakalla kuormauksen yhteydessä ja kuormien kokonaistilavuudet mitataan käyttöpaikalla tai puutavaraterminaalissa vahvistetulla perusmittausmenetelmällä ja jaetaan mittauserille kuormainvaakalla punnittujen massojen suhteissa. Menetelmää voidaan hyödyntää eri puunmyyjien samoissa auto- ja junakuormissa ja nipuissa kuljetettavien puutavaraerien erillään pidossa kuljetuksen aikana ja pienten erien luovutusmittauksessa punnitsemalla erien massat kuormainvaakalla ja muuntamalla massat kiintotilavuudeksi tuoretiheyslukuilla. Kuormainvaakamittaus nivoutuu puunhankinnan logistiikkaan joustavasti, koska mittaus toteutetaan kaukokuljetuksen ja puutavaran tehdasvastaanoton yhteydessä. Menetelmän käyttö ei vaadi erillistä käyntiä puutavaran metsävarastolla tai terminaalissa, kuten tienvarsimittaus. Ongelmana voidaan nähdä se, että eräkohtaisen tarkkuuden valvonta ei ole mahdollista jälkikäteen.

Tätä ns. *kuormainvaakamittaus II –menetelmää* on ollut mahdollista käyttää luovutus- ja työmittauksessa vuoden 2003 alkupuolelta lähtien. Mittausohjetta on sittemmin päivitetty siten, että tehdasvastaanoton perusmittauksessa voidaan käyttää vuonna 2006 vahvistettua laserskannaukseen perustuvaa kehyskuvamittausmenetelmää (Modus2000-mittalaite). Samalla soveltamisalaa on laajennettu koskemaan kuitupuun lisäksi tukkeja. Menetelmäohjetta on täydennetty massan ja tilavuuden välisessä muuntamisessa tarvittaessa käytettävien tuoretiheyslukujen osalta vuonna 2010 (ks. seur.).

*Puutavaran tilavuuden ja massan välisessä laskennallisessa muuntamisessa käytetään puutavaranmittauksessa tuoretiheyslukuja ja niitä koskevia taulukoita.* Tyypillisin sovelluskohde liittyy puutavaran kaukokuljetusmaksujen määritykseen. Lukujen ja taulukoiden päivittämiseksi käynnistettiin tutkimukset vuonna 2005 Metlan ja Metsäteollisuus ry:n yhteistyönä. Tuoretiheydet laskettiin pääpuutavaralajeille suuralueittain ja kuukausittain Metsäteollisuus ry:n ja Suomen Sahat ry:n jäsenyritysten sekä puutavaran tehdasmittaukseen erikoistuneiden yritysten toimittaman aineiston perusteella laadituilla neljännen asteen polynomifunktiomalleilla. Tuoretiheys vaihteli vähemmän vuodenaikojen ja kuukausien välillä kuin vanhoissa taulukoissa, erityisesti kuitupuulla. Mänty- ja koivukuitupuulla tuoretiheydet olivat kesällä ja syksyllä selvästi korkeampia kuin aiemmin, minkä voidaan olettaa johtuvan lyhentyneistä puutavaran varastointi- ja kuivumisajoista. Tukilla tuoretiheydet olivat talvella ja keväällä vastaavasti aiempaa alempia. Aineistojen rajoitteiden vuoksi tutkimuksessa ei pystytty tuottamaan kaikille puutavaralajeille alueellisesti kattavaa päivitysesitystä uusiksi tuoretiheystaulukoiksi. Tämän vuoksi käynnistettiin jatkohanke, joka toteutettiin vuosina 2007–2009. Koko aineistoon perustuvat tuoretiheystaulukot valmistuivat tammikuussa 2010, minkä jälkeen maa- ja metsätalousministeriö vahvisti ne Kuormainvaakamittaus II -menetelmäohjeen liitteeksi. Taulukoille on näköpiirissä myös uusia käyttötarpeita ja sovelluksia.

*Tärkeimpien mittausmenetelmien eräkohtaisesta tarkkuudesta* tehtiin mittaviin aineistoihin perustuva tutkimus vuonna 2004, jonka perusteella laadittiin lausunto puutavaran mittauksen neuvottelukunnan käsittelyä varten. Nykyiseen puutavaranmittausmenetelmiltä edellytettävään tarkkuuteen,  $\pm 4 \%$ , ei päästä likikään aina pienten puutavaraerien mittauksessa. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna nykyinen tarkkuusvaatimus on näiltä osin tarpeettoman tiukka, sillä oikein toteutettu

mittauskaan ei takaa tarkkuutta. Tarkkuus paranee kaikilla mittausmenetelmillä, kun eräköko kasvaa. Pölkyittäin mittaavissa menetelmissä hyväksyttävä tarkkuus saavutetaan erillä, joiden tilavuus on vähintään 10 m<sup>3</sup>. Puutavarapölkkyjen muodostelmien mittauksessa tämä raja on 100–150 m<sup>3</sup>.

*Laserskannaukseen perustuvan kehyskuvamittauksen* käytettävyyttä ja tarkkuutta tutkittiin sovellukseen ajoneuvokuormassa olevien kuitupuunippujen tai nipunosien tilavuuden mittaukseen puutavaran tehdasvastaanotossa. Mittaus toteutetaan *Modus2000-lasermittausjärjestelmillä*, joita on asennettu sekä puutavara-autoilla että junalla kuljetettavan puutavaran mittaukseen. Laitteita on Suomessa vajaat kymmenen kappaletta ja muutamia myös Ruotsissa. Laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus on viimeisin maa- ja metsätalousministeriön vahvistama mittausmenetelmä (2006).

*Yksioteharvesterilla korjatun puutavaran laatua* koskeneessa tutkimuksessa analysoitiin ja mallinnettiin tekijöitä, jotka aiheuttavat yksioteharvesterihakkuussa vaurioita valmistettavalle puutavaralle. Varsinaisesti tutkittiin kuorihävikkiä, sen syitä ja vaihtelua sekä kuorihävikin hallintaa hakkuun ajankohtaa säätelemällä ja hakkuukoneen käsittelyä ja prosessointiyksikköä kehittämällä. Tavoitteena oli minimoida kuorihävikki, koska kuori suojaa puutavaraa kuivumiselta ja vaurioitumiselta puunhankintaketjun eri vaiheissa ja on arvokas energiaraaka-aine puuta käyttäville tehtaille ja energialaitoksille. Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jossa pölkyistä digitaalikaameralla otetuista kuvista voidaan selvittää kuoriutumisen määrä. Metla teki tutkimukset yhteistyössä VTT:n kanssa.

Puutavaran kuoriutumista tapahtuu ympäri vuoden, mutta kuoriutuminen lisääntyy sulan ajanjakson aikana hakattaessa. Puun jälsisolukon jakautuessa nila-aikana kuoren ja rungon välinen sidosvoima on pienimmillään ja kuori irtoaa erityisen herkästi. Tämä sidos/leikkauslujuus (adheesiota) on koivulla talvella 2,5-kertainen mäntyyn ja kuuseen verrattuna, ja laskee nila-aikana koivulla kolmannekseen, männyllä viidennekseen ja kuusella seitsemännekseen talvisista arvoista. Hakkuuvaiheen vuotuiseksi kuorihävikiksi koko Suomessa arvioitiin noin 500 000 m<sup>3</sup> (hakkuumäärällä 47 milj. m<sup>3</sup>/a). Tämä on noin puolet koko hankintaketjun arvioidusta kuorihävikistä. Kokonaiskuoriutuminen leimikolta tehtaalle jakaantuisi siten lähes tasan hakkuun ja kuljetuksen kesken. Nila-ajan hakkuissa kuoriutumista vähensi eniten rulla- ja teräpaineiden alentaminen. Teräpaineiden alentaminen kolmanneksella pienensi kuoriutumista jopa puolella normaaliasetuksiin verrattuna. Karsintajälki ei heikentynyt vielä tällöin. Kuoriutumisen määrä tai puristusaineiden muuttaminen ei vaikuttanut hakkuukonemittauksen tarkkuuteen.

Tulokset osoittivat, että puutavaran laatua voidaan parantaa merkittävästi varsin pienin toimenpitein ja samalla lisätä merkittävästi tehtaille tulevan kuoripolttoaineen määrää. Tulosten vieminen käytäntöön vaatii edelleen paljon tutkimuksen, puunkorjuun käytännön ja koulutuksen yhteistyötä. Tulokset tukivat konevalmistajien laite- ja ohjelmistoratkaisujen kehittämistä kuoriutumisen minimoimiseksi prosessoitavan puutavaran ja hakkuun olojen mukaan, uusien karsintaterä- ja syöttörolaratkaisujen kehittämistä hakkuukoneisiin sekä metsäkoneenkuljettajien työskentelyn parantamista puunhankintayrityksissä ja koulutusohjelmissa. Hankkeessa mukana olleet metsäteollisuusyritykset soveltavat tuloksia leimikoiden biomassan käytön suunnittelussa ja raaka-ainekirjanpidossa.

## 8.2 Tutkimustiedon siirron menettelytavat

PKM-tutkimusohjelmassa oli pääosin soveltavan luonteensa mukaisesti tärkeää levittää tutkimustietoa sekä tarjota ja siirtää kehitettyjä tuotteita, palveluita ja hyviä käytäntöjä asiakkaille hyötykäyttöön. Kohderyhmien saavuttamiseksi käytettiin monenlaisia menettelytapoja.

*Ohjelman ohjausryhmän*, joka koostui elinkeinoelämän, ohjelmatoiminnan ja tutkimuksen kokeneista asiantuntijoista, kuten myös yksittäisten hankkeiden ohjausryhmien kautta harjoitettiin kaksisuuntaista tiedonsiirtoa: 1) tutkimusideoita ja niiden priorisointia ja fokusointia sekä tutkimus- ja kehittämistoimintojen rahoitusmalleja tutkijoille, 2) tutkimushankkeiden tulosten esittelyä ja spesifioitavien jatkohankkeiden ideointia sidosryhmille. Ohjausryhmät myös avustivat erilaisten tiedonsiirtotilaisuuksien järjestämisessä ja toimivat linkkinä edustamiensa organisaatioiden ja niiden kehityshankkeiden palvelemiseksi – Ohjelman ohjausryhmä kokoontui kaikkiaan 10 kertaa ja hankkeiden ohjausryhmät kunkin hankkeen kestoajasta ja sisällöstä riippuen 3–10 kertaa.

*Ohjelman yhteisinä tiedonsiirron toimenpiteinä* järjestettiin kolme valtakunnallista tutkimuspäivää, osallistuttiin Puu ja Bioenergia -messuille kolme kertaa omalla osastolla ja lisäksi useille kansallisille erityismessuille. Joensuussa järjestettiin Puutiede tänään -teemaseminaari Metlan Joensuun yksikön ja PKM-ohjelman yhteistyönä ja Puunkäytön laaja-alaistaminen -hankkeessa pidettiin lukuisia erikoisseminaareja ja järjestettiin yhteishankesuunnittelua monien toimijoiden yhteistyönä. Hankkeet esittelivät tuloksistaan kansallisesti merkittävien tutkimusohjelmien väli- ja loppuseminaareissa, järjestivät omia loppuseminaarejaan ja välittivät tietoa ahkerasti ammattilehtiartikkelein ja mediahaastatteluin (ks. liite 3). Tutkijat osallistuivat myös Metlan metsäsektorin tulevaisuuskatsauksen kirjoitustyöhön ja kolmeen oppi- ja käsikirjahankkeeseen.

Ohjelman tutkijat osallistuivat aktiivisesti valtioneuvoston *osaamiskeskusohjelmakauden 2007–2013* kolmen metsäsektoriin liittyvän osaamisklusterin käynnistämiseen (Asumisen osaamisklusteri, Uudistuva metsäteollisuus -klusteri, Energiateknologian klusteriohjelma), joihin Metla on sittemmin osallistunut Pohjois-Karjalan osaamiskeskuksen / Joensuun Tiedepuisto Oy:n kanssa tehdyn yhteistyön kautta. Tässä olivat hyvänä pohjana kokemukset toiminnasta ja koordinoinnista *Puutuotealan osaamiskeskuksessa ja yhteistyötoiminnot Pohjois-Karjalan osaamiskeskuksen koordinoiman PUUGIA puuteknologiakeskuksen kanssa*. Avaintutkijat osallistuivat myös metsä- ja puutoimialojen kannalta tärkeiden kansallisten prosessien ja ohjelmien sisällön valmisteluun: *Suomen metsäklusterin tutkimusstrategia (NRA), Metsäklusteri Oy:n (nykyisin FIBIC Oy) ensimmäiset tutkimusohjelmat, Puutuoteklusterin tutkimusstrategia*. Näissä ohjelmissa yhdistyvät elinkeinoelämän, tutkijoiden ja julkisrahoittajien intressit metsäsektorin keskipitkän aikavälin kehittämisessä.

Eurooppalaisella tasolla olennaisia toimintoja olivat hankkeiden valmistelu *WoodWisdom-Net / ERANET ohjelmaan* ja osallistuminen maaedustajana kuuteen *COST-hankkeeseen*. Eurooppalaisten tutkimusteemojen suunnitteluun osallistuttiin myös Metsäsektorin eurooppalaisen teknologiayhteisön strategisen tutkimusagendan (*FTP / SRA*) ja sitä valmistelleiden tukiryhmien kautta (Wood Products, Pulp and Paper). Kansainvälisistä toiminnoista mainittakoon myös osallistuminen usean *IUFRO-työryhmän* työhön ja seminaareihin, suora hankeyhteistyö *Ruotsin, Saksan, Kanadan ja Venäjän* suuntiin ja *määrävuosittain toistuvat konferenssit* Bionenergy in Wood Industry, Nondestructive Testing of Wood Conference, Precision Forestry, International Wood Building Conference (IHF), ja International Scientific Conference of Hardwood Processing (ISCHP).

*Ohjelman tuotteita* olivat myös erilaiset *tietokannat* ja muutamat *ohjelmistot*, tutkimus- ja kehittämistyön *toimintamallit ja menettelytavat, käytännön ohjeet, suosituks*et ja *neuvontapalvelut* sekä

*sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut.* Erikseen on mainittava erilaiset asiakkaiden toimeksiantoista tehdyt *erillisselvitykset, lausunnot ja laskelmat.* Ohjelman tutkijat toimivat runsaasti asiantuntijoina myös *yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen opetuksessa* ja erilaisissa *akateemisissä lausunnototehtävissä.* Ohjelman piirissä oli käynnissä kaikkiaan *viisi väitöskirjahanketta*, joista kolme johti tohtorin tutkinnon suorittamiseen.

Ohjelman tuotteet ja tiedonsiirron toimenpiteet on lueteltu yksityiskohtaisesti liitteessä 4.

### 8.3 Jatkohankkeiden ja ohjelmien suuntaaminen

Puutuotealan näkymät ovat lupaavat keskipitkällä ja varsinkin pitkällä aikavälillä, muun muassa puuraaka-aineen uusiutuvuuden, ympäristösuorituskykytekijöiden ja puutuotteiden myönteinen imagon mutta myös positiivisten hintakilpailukykyodotusten ansiosta (suhteessa öljy- ja mineraalipohjaisiin vaihtoehtoisiin materiaaleihin). Myönteinen arvio perustuu myös modernin tuote- ja teknologiakehitystyön ja kehittyvien arvoketjujen antamiin mahdollisuuksiin ja bioenergian ja ilmastonmuutoksen torjunnan kautta näköpiirissä oleviin uusiin liiketoimintamahdollisuuksiin puutuotealalle.

Suomalaisen tuotannon kilpailukyky riippuu puolestaan mahdollisuuksista ja taidoista vastata eri asiakasryhmien tarpeisiin entistä paremmilla ja pidemmälle jalostetuilla tuotteilla ja palveluilla, mutta myös raaka-aineen ja tuotteiden teknisestä ja funktionaalisesta laadusta ja erityisesti raaka-aineen hinnasta verrattuna kilpailijoihin ja sen todellisesta saatavuudesta teollisuuden käyttöön. Kotimaista puuta voidaan käyttää monipuolisesti sille soveltuviin tuotteisiin, mikäli sopivat raaka-ainelähteet tunnistetaan, raaka-aineen ominaisuuksia parannetaan edelleen ja raaka-aine voidaan hyödyntää oikeilla hinta-laatu suhteilla ja toimivilla puukaupan mekanismeilla. Puutuotteiden asiakasrakenteet ovat olleet vähittäisessä mutta kiihtyvässä muutoksessa ja globaalit markkina-alueet laajenemassa viimeiset 20 vuotta. Nämä tekijät korostavat entisestään kilpailukykyyn, palveluvalmiuden ja reagoitiherkkyiden merkitystä toimialan tulevaisuudelle.

Puubiomassan hyödyntäminen erilaisissa energiatuotteissa on tullut ajankohtaiseksi myös puutuoteteollisuudelle. Jatkossa voidaan odottaa hajautetun lämmön- ja sähköntuotannon ja mahdollisesti myös sellutehtaita pienimuotoisempien, hajautettujen biojalostamojen yleistyvän, mikä avaa uusia mahdollisuuksia puuteollisuuden sivutuotteiden ja myös hakkuista kertyvän biomassan vaihtoehtoiselle käytölle. Kemianteollisuuden ja elintarvike-, lääke- ja kosmetiikkateollisuuden mahdolliset raaka-ainetarpeet kuuluvat näihin mahdollisuuksiin.

Puuraaka-aineen käyttöä puutuoteteollisuudessa on siis tarpeellista tehostaa ja laajentaa edelleen monestakin syystä. Samalla pitää kuitenkin panostaa monipuoliseen puunkasvatukseen ja tavoitella korkeaa laatua puuntuotannossa, kehittää puukaupan ja puunhankinnan toimintamalleja ja ottaa käyttöön uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja -konsepteja. Ennen kaikkea on tehostettava puuarvoketjujen toimintaa ja hankinta-valmistus-markkinointi ketjun verkottumista puutuotealan pk-sektorin yritysten omien verkostojen ja suurten yritysten kanssa tehtävän partneriyhteistyön tarjoamalta pohjalta. Tällainen kehitys parantaa sekä puun tarjontaa ja menekkiä, jolloin metsänomistajien metsäomaisuudestaan saamat tulot kasvavat ja metsätalouden kannattavuus kohenee, että lisää ja laajentaa puutuotteiden markkina- ja tuotemahdollisuuksia, jolloin puutuoteyritysten liiketoiminnan suhdanneherkkyys vähenee ja kannattavuus paranee. Koko arvoketjun tuottama lisäarvo pitää olennaisesti yllä haja-asutusalueiden elinvoimaisuutta, ja voi myös parantaa sitä.



PKM-ohjelman jälkeen Metlassa suunniteltiin uusi tutkimus- ja kehittämisohjelma Uudistuvat puutuotearvoketjut ja puunhankintaratkaisut vuosille 2009–2013 (PUU-ohjelma). Sen tavoitteena on tuottaa tietoa puuraaka-aineiden hankinnasta, laaduista ja käytöistä sekä tukea uusien tuotteiden, palvelujen, prosessien, liiketoimintamallien ja tietojärjestelmien kehittämistä ja käytäntöön vientiä. Ohjelma koostuu kolmesta teema-alueesta: 1) Puuraaka-ainepotentiaalit ja puukaupan toiminta, 2) Puunhankinta ja yritysten kilpailukyky, 3) Puutuotteet ja asiakasratkaisut. Ohjelman teemoista ensimmäinen ja viimeinen perustuvat monilta osiltaan PKM-ohjelman tulosten pohjalta ideoituihin aiheisiin. Ohjelmassa tavoitellaan arvoketjuihin perustuvaa lähestymistapaa. Merkittävimmät kehitysaskleet liittyvät ainespuun hankinnan tutkimusten ja puutuotealan ja puurakentamisen yritystoiminnan ja liiketaloudellisen tarkastelun yhdistämiseen puuraaka-aineiden ja puutuotteiden kanssa samaan kokonaisuuteen.

Männyn ja kuusen raaka-ainepohjan hyödyntämiseen ja käytön kehittämiseen tähtäviä tutkimuksia jatketaan uudelleen suunnattuina hankkeessa ”Männyn ja kuusen raaka-ainepotentiaalit, niiden ominaisuudet, soveltuvuus ja kilpailukyky puutuoteteollisuudessa”. Painopiste on kotimaasta saatavissa olevassa viljelymännynsä ja -kuudessa ja niiden puutavaran ja puuaineksen ominaisuuksissa, teknisessä soveltuvuudessa, jalostusarvossa ja käytön kilpailukyvyssä puutuoteyritysten raaka-aine- ja tuoteryhmästrategioiden ja valmistusteknologioiden suunnittelua ja puuntuottajien kantorahatulon muodostuksen arviointia varten. Tätä varten on tarpeen kartoittaa kokemuksia viljelymetsien raaka-aineesta, sen hyödyntämisestä ja tuotteiden saamasta vastaanotosta markkinoilla sellaisissa maissa, joissa viljelyhavupuuta on kasvatettu ja käytetty jo vuosikymmeniä.

Hankkeen tavoitteena on tutkia myös tukkien koko- ja laatujaumassa odotettavissa olevia muutoksia alueittain metsävara- ja hakkuumahdollisuustietojen ja vaihtoehtoisten puutavaralajitavoitteiden pohjalta ja analysoida muutosten syitä ja seurauksia teollisuuden kannalta. Hankkeen puitteissa pyritään viemään loppuun päätehakuiden ja harvennushakkuiden mäntyä koskevat keskeneräiset väitöskirjatutkimukset, jatkamaan pohjoismaista mäntyä koskevien ja suomalaisten ja luoteisvenäläisten kuusi- ja mäntytukkien ja sahatavaran tulosten tieteellistä raportointia sekä erilaisia asiakaspalvelutehtäviä. Tuotettu aineisto on käyttökelpoista hyvin monipuoliseen tarkasteluun ja systemaattiseksi tietokannaksi järjestettynä hyvä pohja muun muassa materiaalimallinnukseen perustuvaan tuotekehitystyöhön.

Pohjoismaisen mäntypuun kosteudensieto- ja halkeiluerkkyystutkimukset täydennettynä kotimaista kuusipuuta koskevilla täsmätutkimuksilla viedään loppuun hankkeessa ”Sään- ja lahonkestävän puutavaran ympäristösuorituskyky”. Lisäksi käynnistetään tutkimukset mäntyvarojemme sydänpuun määrästä ja laadusta sekä käyttöikää lyhentävän halkeilun ja lahoamisen mittauksesta, ennustamisesta ja hallinnasta erityisesti viljelymetsistä saatavan sydänpuun käytön kannalta. Männyn uuteainetutkimusta syvennetään stilbeenien analyysiin ja hyödyntämiseen mm. puutuotteiden suojauksessa ja metsäpuun taimien tuotannon laadun parantamisessa.

Lehtipuututkimuksia on tehty ohjelman jälkeen hyvin vähän koko maassa. Koivun ja haavan ominaisuuksista tuotettu aineisto tarjoaa männyn tavoin tietokannaksi järjestettynä mahdollisuuksia yhdistää materiaalitietous modernien muotoilu- ja design-työkalujen soveltamiseen sisustustuotteiden ja muiden kuluttajatuoteratkaisujen kehitystyössä. Lehtipuun määrä on ollut kasvussa ja puusto järehtymässä 1980-luvulta lähtien, joten kotimaista raaka-ainetta on tarjolla puutuote- ja komposiitteollisuudelle. Eurooppalainen metsä- ja ympäristöpolitiikka tähtää lehtipuumetsien lisäämiseen ja odotettavissa on tähän nojautuen myös lehtipuunnovaatioiden ja teollisuuden virkistymistä.

Leimikon arvonmuodostusta käsitteitä tutkimuksia on tarpeen kehittää koskemaan puumarkkinoiden toiminnan mekanismeja. Näin onkin menetelty hankkeessa ”Puuraaka-aineen mittausta, laadutus ja arvon määrittäminen puukaupan ja puunhankinnan tukena”, jossa painopiste on siirretty puutavaran vaihtoehtoisiihin hinnoittelumenetelmiin ja niiden toteutusmalleihin, vaikutuksiin eri markkinaosapuolten kannalta ja hinnanmäärittäytksen teknisiin apuvälineisiin sekä puukaupan metsävaratieto- ja metsäsuunnittelupalveluihin. Metsän ja puun loppukäyttökohteet ovat laajenemassa. Kun metsien käsittely muuttuu metsälainsäädännön muutosten myötä siten että käsittelylle on useita vaihtoehtoja, se vaikuttaa myös puun käyttökohteisiin, laatuun ja hinnoitteluun.

Puuta käyttävän teollisuuden näkökulmasta puumarkkinoiden toimivuus ei ole kuitenkaan parantunut lisääntyneestä tutkimustiedosta huolimatta. Nykyisessä puukaupassa ratkaisemattomia kysymyksiä, jotka heikentävät metsien kasvun täysimääräistä hyödyntämistä, ovat esimerkiksi millä keinoilla vähennetään puukaupan volyymin heilahteluja, miten edistetään leimikon todelliseen jalostusarvoon perustuvaa hinnoittelua ja miten edistetään täsmäraaka-aineen hankintaa. Toinen näkökulma tulee muuttuvan toimintaympäristön puukaupalle asettamista haasteista eli miten metsänomistajarakenteen ja/tai metsänomistajien asenteen muutokset vaikuttavat puukauppaan, millaisia ovat teollisuuden puunkysynnän rakenteelliset muutokset ja mitä uusia mahdollisuuksia puukauppaan avautuu mittausteknologiaa kehittämällä.

Puutavaralogistiikka ja laadutiedon hallinta ovat myös tulleet uudestaan tutkimusfoorumille. Raaka-aineen laatu, ohjaus ja lajittelu ja puutavaran kustannustehokas mittausta ja laadutus ovat tärkeällä sijalla puutuotealan yhteisessä tutkimustoiminnassa. Tätä sivuavat Metlassa käynnistetyt tutkimukset, joiden tavoitteena on kehittää yhdenmukaisia menetelmiä ja laskentatapoja puun jalostusketjun tuottavuuden ja arvonmuodostuksen laskentaan kannolta tuotteiksi sekä testata aikaisemmin kehitetyn kokonaisoptimointimallin soveltuvuutta puunhankinnan strategisen ja taktisen suunnittelun apuvälineenä. Ensimmäisessä osassa on kehitetty menetelmiä ja laskentatekniikkaa (toimintopohjainen kustannuslaskenta). Toisessa osassa laskentatekniikkaa sovelletaan sahan, markkinasellutehtaan, valitun tyyppisen paperitehtaan ja lämpö- ja sähköenergiavoimalan puustamaksukyvyn laskentaan.

Puutavaran mittauksen tutkimus on ollut enimmäkseen käytännön mittausten menetelmien kehittämiseen tähtäävää ammattimaista tutkimusta, jonka vaikuttavuus näkyy toimialan yhteisten ohjeiden ja säädösten kautta mutta näkyy nopeasti myös metsä- ja puuteollisuuskoneiden ja mitta-laittevalmistajien tuotekehityksessä. Tutkimusten painopiste on jo siirtynyt sekä ainespuun että energiapuun määrän mittauksessa tilavuuspohjaisista menetelmistä massapohjaisiin, jolloin tarvitaan sekä suureiden välisiä muuntolukuja ja -taulukkoita että erilaisia ennuste- ja selitysmallipohjaisia ratkaisuja. Osittain ollaan siirtymässä myös yhteisiin menetelmiin metsäbiomassan mittauksessa. – Energiapuun mittausta ja laadutustutkimukset siirrettiin PKM-ohjelman loppupuolella vuonna 2007 käynnistettyyn Bioenergiaa metsistä tutkimus- ja kehittämisohjelmaan, mutta sittemmin ne on palautettu samaan toteutusympäristöön ainespuun mittauksen kanssa.

Erilaiset mittauksen ja laadutuksen menettelyt soveltaen epäsuoria, ainetta koskemattomia menetelmiä samoin kuin mittaustiedon hankinta-, hallinta- ja soveltamismahdollisuudet ja kustannus-hyötytarkastelut ovat tulleet ajankohtaisiksi aiheiksi, kun pyritään kehittämään puunhankinnan kustannustehokkuutta ja asiakas- ja tuotelähtöisyyttä. Tämä näkyy myös uusien tutkimusaiheiden innovoinnissa. Sama koskee mittausten menetelmien tutkimusta metrologian eli mittaamista ja mittaustekniiköitä koskevan tieteen näkökulmasta, joka lisää onnistuessaan puutavaran mittauksen läpinäkyvyyttä ja uskottavuutta.

”Puutuotteet ja asiakasratkaisut” teemassa ovat yhtenä asiana jatkojalosteet, valmistustekniikat ja raaka-ainevaatimukset. Suomen metsävarojen kehitysnusteet huomioon ottaen mänty- ja koi-vupienpuun ja jatkossa myös pieniläpimittaisen kuusen käytön lisääminen päätehakkuupuuta korvaavana materiaalina on haaste, jossa on pyrittävä löytämään uusia loppukäyttökohteita ja parantamaan tuotteita muun muassa erilaisilla fysikaalisilla ja kemiallisilla modifiointimenetelmillä. Massiivipuun lisäksi on syytä pitää mielessä lastumaisista tms. partikkeleista valmistuskelpoiset tuotteet ja puu – puu ja puu – muu materiaali komposiittituotteet. Suomalaiset yritykset, erityisesti pk-sektorilla, hakevat aktiivisesti apua tuotteiden ja tuotantoprosessien kehittämiseen.

Puurakentamisen merkitys puuraaka-aineen käytölle, teollisuudelle ja jatkossa koko biotaloudesta ja kestävässä kehityksessä on suuri. Kehitys ei kuitenkaan etene puhtaasti markkinavoimien avulla, vaan tarvitaan sääntelyn ja normiohjauksen tukea. Poliittinen valmius tähän on lisääntynyt monissa Euroopan maissa nopeasti. Jatkossa tarvitaan tutkimuksen alueella pysyvä eurooppalainen puurakentamisen johtavien tutkijoiden ja tärkeimpien tutkimuslaitosten yhteistyöverkosto. Tutkimuksella ja yhteistyöllä tulee edistää puurakenteiden tehdasvalmistusta, vakiointia, materiaali- ja energiatehokkuutta ja kehittää suunnittelu- ja laskentatyökaluja, jotka ottavat huomioon myös ympäristövaikutukset.

Puuraaka-aineen ja puutuotteiden ympäristösuorituskykyä koskevan tutkimustiedon kysyntä on selvässä kasvussa. Toteutetussa valmisteluhankkeessa identifiointiin puutuotealan ja puurakentamisen kannalta ensisijaiset suuret teemat, joihin tutkimuksissa tulee keskittyä (ks. luku 8.1). Aihepiiri on hyvin laaja käsittäen aiheita muun muassa kuluttajien arvostuksista ja kuluttajatuotteiden terveellisyydestä rakentamisen ympäristötehokkuuden, hiilijalanjäljen ja hiilensidonnan kautta rakentamisen standardeihin, raaka-aineiden ja tuotteiden ympäristömerkkeihin ja puutuotteiden ja rakennusten purkujätteiden kierrätykseen. Standardisointi ja rakennusmääräykset sekä asujen arvostukset ovat keskeisessä asemassa, kun yritykset harkitsevat esimerkiksi hiilensidonnan, energiatehokkuuden, rakennusten elinkaaren ja kestävyuden ja terveellisyyden tuotteistamista. Jatkohankkeissa on tähän mennessä keskitytty puutuotteiden kierrätyksen nykytilan ja edellytysten arviointiin, puutuotteiden ympäristöarvoista viestimisen menettelytapoihin ja rakentamisen ympäristösuorituskyvyn laskentamenetelmän kehittämiseen yksittäisen rakennuksen tasolle avoimen materiaalitietokannan pohjalta. Tutkimuksia toteutetaan hankkeessa ”Puunkäytön edistäminen rakentamisen arvoverkoissa”.

Muutos kohti entistä jalostetumpia ja enemmän kuluttajamarkkinoille suunnattuja tuotteita vaatii puutuotetoimittajien jakelujärjestelmien ja palveluiden kehittämistä. Kuluttajakunta pirstaloituu ja kuluttajaryhmien tarpeet erilaistuvat. Markkinointikanavat, eli tuotteita suoraan ostavat ja niitä jakelevat yritykset, keskittyvät yhä suuremmiksi ja kansainvälisemmiksi ketjuiksi. Jatkossa vaaditaan yhteistyötä raaka-ainevalmistajien, suunnittelijoiden, arkkitehtien ja palveluiden tarjoajien kanssa. On selvittettävä asiakkaiden tarpeet ja tuotettava heidän mieltymyksiään vastaavia tuotteita kilpailukykyiseen hintaan, sekä kehitettävä yhteistyötä palveluiden tarjoajien ja suunnittelijoiden kanssa niin, että markkinointi, brändit ja tuote-palvelu kokonaisuudet tyydyttävät vientimarkkinoiden erilaisia asiakassegmenttejä. Rakennepuutuotteiden käyttöä tulevat vauhdittamaan EU:n alueella kiristyvät energiamääräykset sekä elinkaariajattelun yleistymisen ja ekologisten näkökohtien korostuminen rakentamisessa.

Puutuotemarkkinoiden tutkimukseen tarvitaan myös menetelmällistä kehitystyötä. Kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien avulla, visuaalisten aineiden käytöllä ja narratiivisella tutkimusotteella voitaneen päästä syvemmälle asiakkaiden käyttäytymiseen kuin tähän asti yleisillä strukturoidulla kyselyillä. Tutkimusotetta on kehitetty tähän suuntaan ohjelman jälkeen käynnistetyssä hank-

keessa ”Puutuoteyritysten asiakasryhmien tuote- ja palvelutarpeet kansainvälisillä markkinoilla”. Tavoitteena tulee olla eteneminen kuluttajien tuotteisiin kohdistamien valintakriteerien sekä toimittajiin ja palveluihin liittyvien tekijöiden tutkimuksesta asumisympäristön ja demografisten tekijöiden vaikutusten tutkimuksiin, puumateriaalien ja puutuotteiden ominaisuuksien vertailuihin. Käytännön tutkimuskohteita ovat jo olleet puurakentamiseen ja asunnon valintaan sekä piha- ja ympäristörakentamiseen liittyvät maksuhalukkuustekijät ja markkinointiratkaisut. Tässä ei haluta rajoittaa lopputuotekuluttajan tasolle vaan sisällyttää teolliset asiakkaat ja päätöksentekijät ja markkinointiketjun väljäsenet kuten tukku- ja vähittäiskaupan portaat tutkimuskohteisiin. Teolliset asiakkaat sisältyvät ennen kaikkea rakentamisen teemoihin. ”Puurakentamisen yhteistyöverkostot, innovaatiotoiminta ja uudet tuote- ja palvelukonseptit” hanke tähtää selvittämään ja demonstroimaan puutuoteyritysten mahdollisuuksia osallistua puurakentamiseen sekä analysoimaan toimintatapoja ja tuomaan esille hyviä esimerkkejä erityisesti pk-yritysten verkottumisesta keskenään, suurten puutuoteyritysten ja rakennusyritysten kanssa.

Puutuotemarkkinoiden tutkimusten tulee olla yhteydessä tuotteita ja raaka-aineita koskeviin teknis-taloudellisiin selvityksiin. Tuotemarkkinoiden suunnittelu edellyttää käytännössä toiminta- ja kilpailuympäristön ja markkinoiden analyysyä tuotekohtaisesti. Markkinoita koskeva tutkimus tuo puutuotearvoketjuihin asiakasnäkökulman, asiakassegmentit, arvostukset, valintakriteerit, fyysiset ja immateriaaliset tuotekomponentit ja palvelut. Puutuotearvoketjut ovat nykyisinkin pitkiä, mikä asettaa suuria haasteita arvoketjujen osapuolten väliselle informaation kululle. Valtaosa perusteellisuuden kuten myös jatkojalostusteollisuuden tuotteista on arvoketjujen seuraavien portaiden raaka-aineita tai teollisille asiakkaille tuotettuja välituotteita tai komponentteja. Tämän mukaisesti erityisesti rakentamisen ja markkinoiden tutkimuksessa on toimialojen välisen yhteistyön tarvetta ja myös mahdollisuuksia.

Puurakentamiseen liittyvät myös uudet puutuotteiden vientimahdollisuuksien tutkimukset Venäjälle. Teemoina ovat täälläkin potentiaaliset tuoteryhmät, asiakasarvostukset ja asiakasrajapinnat. Pontimeksi näille tutkimuksille on tullut Venäjän liittyminen jäseneksi Maailman kauppajärjestöön (WTO) vuonna 2012. Tämä alentaa olennaisesti puutuotteidenkin tuontitulleja Venäjälle ja tarjoaa täten todennäköisesti aikaisempaa parempia vientimahdollisuuksia myös Suomesta. Tutkimukset liittyvät Metlassa vuodesta 2007 käynnissä olleeseen Venäjän metsätietopalveluun, jota on laajennettu vuonna 2010 muihin entisiin itäryhmän maihin, muiden muassa Baltian maihin, Puolaan, Slovakiaan, Romaniaan, Valko-Venäjälle ja Ukrainaan (Keski- ja Itä-Euroopan metsäpalvelu, KIEMET).

Liiketaloudelliseen tutkimukseen kuuluvat käsitteenä erottamattomasti liiketoimintamallit. Niihin ymmärretään yleisesti kuuluvan: 1) asiakaspinnat, mm. toteuttaminen ja tuki, tieto ja syvä ymmärrys, asiakassuhteen dynamiikka, hinnoittelurakenne; 2) ydinstrategia, mm. missio, tuote/markkina-alue, differentiperusta, 3) strategiset resurssit, esim. ydinosaaminen, ydinprosessit, strategiset omaisuuserät; 4) arvoverkosto eli alihankkijat, kumppanit, yhteenliittymät. Markkinoinnin tutkimuksen haasteena on tuottaa käsitteelle empiiristä sisältöä suomalaisen puutuoteollisuuden ja sen tuotteiden loppukäyttäjän välisistä arvoketjuista ja vaihdannoista.

PKM-ohjelmassa pantiin verraten paljon painoa puutuotealan alueellisille kehittämishankkeille, erityisesti pk-yritystoiminnan tukemiseksi. Metlalla on hyvät edellytykset jatkaa tätä toimintaa alueellisen verkostonsa ansiosta. Pirkanmaan puutoimialan toimenpideohjelman jatkoksi on vuonna 2010 käynnistetty hanke ”Puusta elinvoimaa”, jossa pyritään tehostamaan toimenpideohjelmassa kartoitettujen pk-yritysten verkottumista ja yhteistä markkinointiviestintää, edistämällä puurakentamishankkeiden käyntiinlähtöä, parantamaan rakennuspuusenpäteollisuuden

yhteistyötä ja yhteismarkkinointia kasvavan puurakentamisen tarpeisiin, aktivoimaan puutoimi-alan yrityksiä uusiin t&k-hankkeisiin ja toteuttamaan tutkimusta puun käytön lisäämiseksi sekä välittämään tietoa yrityksille valtakunnallisista kehittämisprojekteista.

Puu-Suomi toiminta jatkuu työ- ja elinkeinoministeriön toimeenpanemana Metsäalan strategisen ohjelman (MSO) verkostohankkeena vuoden 2013 loppuun. Metla on organisoinut tähän liittyen itäsuomalaisen version puutuotealan kehittäjäfoorumiksi ja järjestänyt sen puitteissa kaksi kertaa Itä-Suomen puupaneeli –kehittäjäpäivät ja kolme tutkimusseminaaria vuosina 2009–2012. Alueellisesti kohdistettuja tutkimushankkeita on toteutettu lisäksi Satakunnassa, Keski-Suomessa ja Itä-Savossa. Metla osallistuu osaamiskeskusohjelmakaudella 2007–2013 kolmen edellä mainitun osaamisklusterin toimintaan toteuttamalla valmisteluhankkeita ja osallistumalla ohjausryhmä- ja työpajatyöskentelyyn ja tätä kautta osaamiskeskusten jäsenten yhteisiin tutkimus- ja kehittämis-hankkeisiin (ks. luku 8.2).

## 8.4 Muita suosituksia

Tutkimuksen tekijöiden tulee tuoda osaamistaan esille aktiivisesti ja pyrkiä tuotteistamaan sitä. Sama haaste koskee koko metsäsektorin tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotyötä, tuotteistamiseen ja markkinointiin ei ole suhtauduttu kovin vakavasti vaan valtaosa panostuksesta on laitettu substanssiosaamisen kasvattamiseen. Tuotteistaminen pitää voida tehdä niin, että taustalla on riittävästi osaamista. Avainosaajilla tulee olla rooli tuotteistamisessa ja tuotteen markkinoinnissa. Substanssiosaajien tulee saada tukea asiakassuhteissa toimimiseen. Metlan osaamisryhmissä voitaisiin nimetä kontaktihenkilöt hoitamaan asiakassuhteita.

Tutkimustiedon välittämisessä on teemaseminaarien järjestäminen tärkeää. Niissä kannattaa esitellä omien tulosten lisäksi kansainvälisiä tutkimuksia ja tuloksia sekä varata aikaa teollisuuden ja muiden sidosryhmien fokusoiduille puheenvuoroille. Tavoitteena tulee olla aitojen keskustelufoorumien luominen, joita voidaan toteuttaa esimerkiksi työpajoin joissa hyödynnetään moderneja ryhmätyön menetelmiä. Tässä ohjelmassa toteutettu tiedonsiirto oli akuuttia ohjelmaan suoranaisesti liittyvissä asioissa, joskin myös asiantuntijafoorumien tyyppistä työtappaa ajettiin sisään tutkijoiden ja teollisuuden edustajien yhteistyössä. Tämän ohella tutkimuksen asiakkaille pitäisi pystyä viestimään missä asioissa toimija on kansainvälisestikin erityisen vahva, jotta liittoutuminen tutkimus- ja kehittämistyössä koetaan jatkossakin mielekkääksi.

Metlan omin tuote on tutkimustieto ja asiakkaana on koko Suomen metsäsektori. Tutkimusten vaikutukset nähdään yleensä 5–10 vuoden aikajänteellä. Asiakasryhmät joudutaan pohtimaan erikseen kutakin hanketta suunniteltaessa. Isot metsäpoliittiset prosessit etenevät suurella nopeudella, eikä niissä tarvittavaa tutkimustietoa välttämättä ehditä tilata tai edes tunnisteta. Prosessin ja päätöksenteon tarvitsema tutkimustieto on tutkimuslaitosten ja tutkijoiden syötettävä omaaloitteisesti tiedon tarvitsijoille. Tutkimuslaitosten rooli on katsoa eteenpäin ja päättää mitä tietoa pitää itse tuottaa ja mitä hankkia muualta. Tiedonsiirrossa on oltava aktiivinen. Metlassa on viety jokseenkin hyvin viety tietoa julkiseen päätöksentekoon, mutta tiedonsiirto yritysmaailmaan, erityisesti pk-yrityksille on edelleen pulmallista. Entistä useammat yhteistyöprojektit yritysten kanssa asiakasrahoitteisena toimintana sekä tilaustutkimustyyppisten osien liittäminen hankkeisiin ovat suositeltavia ja realistisia mahdollisuuksia tiedonsiirtoon.

Kunkin toimijan tulee harkita perusteellisesti painotuksiaan puutuotealan arvoketjuissa ja mietittävä omat roolit ja liittoutumisen tarpeet. Metlan nykyiset vahvuudet painottuvat ketjujen alku-

päähän, puuntuotantoon ja raaka-aine- ja materiaalikysymyksiin ja osaksi puutuotemarkkinoihin ja yritysten verkostosuhteisiin. Puunjalostuksen ja esimerkiksi puurakentamisen osaamiselle on suurta kysyntää. On kuitenkin hahmotettava mitä muita toimijoita alalla on ja mikä on näiden rooli ja osaaminen. Roolien ja osaamisen tulee myös päivittyä ajan kuluessa. Ekologiset ja funktionaaliset puutuotteet kontra erilaiset biojalostamot, tulevaisuuden puumateriaalit, puutuotteiden kierrättäminen tai puutuotteiden hiilineutraalisuus ovat alueita, joita kannattaa selvittää. Osaamistarpeen täyttäminen voidaan hoitaa joko omien tutkijoiden perehtymisellä uuteen aiheeseen, uusien tutkijoiden rekrytoimisella tai liittoutumalla sellaisen tahon kanssa jossa tarvittava osaaminen jo on olemassa. Laajoissa aiheissa on tarkoituksenmukaista hakeutua konsortioihin.

PKM-ohjelman hankkeissa hankittua osaamis pohja kannattaa säilyttää ja sitä on kehitettävä edelleen. Hankittua osaamista ovat esimerkiksi puutuotekohtaiset laatutekijät, jatkojalosteet, toimialan ja materiaalien kilpailutekijät, raaka-ainemarkkinat ja ympäristösuorituskyky. Uusiutuvuuteen liittyvät asiat ovat akuutteja. Uusien puumateriaalien kehittäminen on elintärkeää, jotta puupohjaiset tuotteet voivat hankkia uusia käyttökohteita säilyttää tai lisätä markkinaosuuttaan akuuteissa käyttökohteissa. Puuraaka-aineen ja puutuotteiden markkinoista hankitulle osaamiselle olisi tarpeen hankkia lisäarvoa käyttäytymistieteellisellä tutkimuksella. Tulevaisuuden ongelmat ovat kuitenkin paljolti yhteiskuntatieteellisiä, eivätkä niinkään luonnontieteellisiä.

PKM-ohjelma käynnistettiin paljolti tutkijavetoisesti ja koordinointi, kokonaissuunnittelu ja -seuranta toteutettiin tulostointasuunnitelmien pohjalta ja paljolti ohjelmajohtajan työnä. Kysymyksessä oli yksi tapa ohjelmatyön toteuttamiseen. Metlassa on sittemmin pyritty muodostamaan tutkimus- ja kehittämisohjelmat neuvotellen sidosryhmien kanssa ohjelmien tavoitteista ja sisällöistä suunnittelun käynnistämistä lähtien ja aloittamalla ohjelmat ns. hankeryhminä, joissa aluksi käynnistetään vain ilmeisimmät ja valmiiksi resursoidut hankkeet. Ohjelmien koordinoitua ja päätöksentekoa on myös jaettu teema-alueittain useammalle ns. teemakoordinaattorille, mutta vastuutta ohjelmajohtaja vuosisuunnittelusta ja erityisesti tiedonsiirtotoiminnasta. Lisäksi on otettu käyttöön strategiaan partnerisuhteisiin perustuvat yhteiset tutkimus- ja kehittämisohjelmat metsäklusterin muiden avaintoimijoiden kanssa. Ohjelmien suunnittelu- ja johtamistyössä on edelleen tehostamisen varaa.

Tutkimus on myös uusien kehittämistyön ja innovoinnin resurssien luomista ja resurssien hyödyntämistä. Ohjelmien tuottamia tuloksia pitää työstää ja hyödyntää kaikki luotu osaaminen läpimurtojen saavuttamiseksi. Yritysmaailman läsnäolo on tarpeen tässä työssä. Erityisesti puutuotealalla on syytä kasvattaa yritysten halukkuutta sitoutua yhteiseen tutkimus- ja kehittämistyöhön. Tässä suhteessa ovat yhteydet toimialan kotimaisiin organisaatioihin ensiarvoisen tärkeitä (mm. Finnish Wood Research Oy, FIBIC Oy, Suomen Sahat ry, Puuteollisuusyrittäjät ry, Metsäteollisuus ry, Rakennustuoteteollisuus ry, FINBIO ry).

Julkisella sektorilla tärkeitä yhteistyötahoja tutkimus- ja kehittämistyön mahdollistajina ovat jatkossakin maa- ja metsätalousministeriö ja työ- ja elinkeinoministeriö (mm. MSO-ohjelma), valtioneuvoston tulevan osaamiskeskusohjelmakauden Innovatiiviset kaupungit –foorumi (INKA-ohjelma) ja Euroopan unionin uuden rakennerahastokauden ohjelmat (2014–2020). Eurooppalaisella tutkimus- ja kehittämistyön foorumilla korostuvat niinkään uuden puuteohjelmakauden rahoitusinstrumentit mutta myös COST-hankkeet, ERANET / WoodWisdom-net, joiltakin osin Itämeren alueen yhteistyö ja lisäksi kahdenvälinen yhteistyö (mm. Ruotsi, Venäjä, Kanada).

## Liite 1. Ohjelman johtoryhmä ja ohjausryhmä

### Johtoryhmä

#### *Erkki Verkasalo (puh. joht.)*

Antti Asikainen  
Raija-Riitta Enroth  
Henrik Heräjärvi  
Samuli Hujo (-31.8.2002)  
→ Jari Lindblad  
Pekka Saranpää  
Ritva Toivonen (PTT)  
Pirkko Velling  
Tapio Wall

#### *Seija Sulonen (sihteeri)*

### Ohjausryhmä

#### *Pekka Peura, UPM Kymmene Oyj (puh. joht.)*

Juha Hakkarainen, MTK (-31.12.2004)  
→ Timo Leskinen, Metsänomistajien liitto Järvi-Suomi  
Pentti Hakkila, VTT Prosessit (-31.12.2004)  
→ Pekka-Juhani Kuitto, FINBIO ry  
Kaj Karlsson, Metsämannut Oy (-31.12.2004)  
→ Antero Pasanen, Tornator Oy  
Markku Lehtonen, Wood Focus Oy / Metsäteollisuus ry  
Tero Paajanen, TKK (-31.12.2004)  
→ Ilmari Absetz, TKK  
Leena Paavilainen, Wood Material Science and Engineering -ohjelma (-31.1.2005)  
→ Metsäntutkimuslaitos  
Pekka Salonen, Puu-Suomi-laatuohjelma  
Mikko Tervo, Helsingin yliopisto, metsäekonomian laitos

#### *Raija-Riitta Enroth, PKM-ohjelma*

#### *Erkki Verkasalo, PKM-ohjelma*

## Liite 2. Ohjelman hankkeet

### *Hankekanta*

3352	PKM-tutkimusohjelman koordinointi ja ekstensio	Erkki Verkasalo
3353	Lehtipuun käytön monipuolistaminen	Henrik Heräjärvi
3354	Männyn laatutekijät puutuoteteollisuudessa	Erkki Verkasalo
3355	Mekaanisen puunjalostuksen uudet jatkojalosteet	Henrik Heräjärvi
3356	Puun kilpailuetujen hyödyntäminen puutuotteidemme markkinoilla	Raija-Riitta Enroth
3357	Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa	Tapio Wall
3358	Yksioteharvesterilla korjatun puutavaran laatu	Antti Asikainen
3359	Puutavaran määrän ja laadun mittauksen uudet menetelmät	Jari Lindblad

### *Tutkimushankkeita toteuttaneet YRT-yms. hankkeet (ulkopuolinen rahoitus)*

3352	7117	Puun käytön laaja-alaistaminen	1999–2006	Erkki Verkasalo, Timo Kärki, Jari Kärnä
	7227	Pirkanmaan puutuotealan toimenpide-ohjelma	2006–2007	Jori Uusitalo, Heikki Korpunen
	7291	Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusosalalla -valmisteluhanke	2007–2008	Erkki Verkasalo, Juho Matala
	90050	Puutieteen koulutus- ja kurssitoiminta	2000–2007	Erkki Verkasalo
3353	7088	Koivun ominaisuudet sahauksessa ja jatkojalostuksessa	2000–2002	Henrik Heräjärvi
	7090	Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin	2001–2003	Erkki Verkasalo, Jari Lindblad
	7173	Uudet menetelmät visa- ja viilukoivun kasvatuksessa	2003–2005	Risto Hagqvist
	50070	Rauduskoivun pystykarsinnan kannattavuus	2003–2004	Henrik Heräjärvi, Kari Kannisto
	50119	Koivun kasvatusta ja käyttö -kirja I	2005–2006	Erkki Verkasalo, Pentti Niemistö
	50154	Koivun kasvatusta ja käyttö -kirja II	2007–2008	Erkki Verkasalo, Pentti Niemistö



<b>3354</b>	7054	Harvennuskannan hankinnan ja sahauskehittämisen	2000–2003	Erkki Verkasalo, Tapio Wall
	7112	Pohjoisen männyn erityisominaisuudet ja jatkojalostus	2002	Erkki Verkasalo, Mika Grekin, Antti Lukkarinen
	602882	Pohjoismaisen männyn kilpailukykyiset ominaisuudet rakennuspuusepän- ja huonekalutuotteissa	2003–2005	Erkki Verkasalo, Mika Grekin
	7135	Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta	2003–2006	Mikko Hyppönen, Antti Lukkarinen
	7151	SPWT-konsortion asiantuntijaryhmä	2004–2006	Erkki Verkasalo
<b>3355</b>	7098	Suomalaisen pienpuun soveltuvuus insinööripuutuotteisiin	2002–2003	Henrik Heräjärvi, Aki Jouhiaho, Vesa Tammiruusu
	7145	Luonnon- ja hybridihaavan ominaisuudet puutuoteteollisuuden kannalta	2003–2004	Henrik Heräjärvi, Reijo Junkkonen
	721002	Venäjältä tuotavan koivun ja kuusen laatu	2005–2007	Henrik Heräjärvi, Juha Arponen, Erkki Verkasalo, Kari Kannisto, Sari Karvinen (osatutkimus kansainvälisen metsätalouden hankkeessa)
<b>3357</b>	7130	Leimikon oston ja myynnin päätöksentekomallit vaihtoehtoisten puutavaralajien ja niiden mitta- ja laatuvaatimusten mukaan	2003–2006	Tapio Wall, Jukka Malinen
	7248	Arvopuun kasvatus ja hankinta Keski-Suomessa	2007	Jukka Malinen, Jari Hynynen
<b>3358</b>	7125	Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa	2002–2004	Antti Asikainen, Harri Liiri
<b>3359</b>	7181	Puutavaran tuoretiheystaulukot	2005	Jari Lindblad, Jouni Kainulainen
	7182	Nuorten metsien energiapuun mittaaminen	2005	Jari Lindblad, Reijo Junkkonen, Heikki Korpunen
	7200	Puutavaran mittauksen käsikirja	2004–2005	Jari Lindblad
	90050	Ruspuu - Venäjän tuontipuun mittaaminen	2005	Erkki Verkasalo, Pekka Moilanen

## Liite 3. Ohjelman julkaisut

### 3352 PKM-tutkimusohjelman koordinointi ja ekstensio + liitännäishankkeet

#### *Referoimattomat tutkimusjulkaisut (14 kpl)*

##### *Toimitetut (6 kpl)*

- Heräjärvi, H. & Hakkila, P. (toim.). 2005. Metsän ja puun asialla. Professori Matti Kärkkäinen 60 vuotta. For the cause of forest and wood. Professor Matti Kärkkäinen 60 years. *Silva Carelica* 51. 116 s.
- Kettunen, L., Sulonen, S., Lindroos, M. & Verkasalo, E. (toim.). 2008. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Seminaarikansio (kutsu, ohjelma, tiedote ja esitelmien lyhennelmät). Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). 2002. Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861. 148 s.
- Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). 2002. Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855. 119 s.
- Sulonen, S., Kärnä, J. & Verkasalo, E. (toim.). 2003. Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Seminaarikansio (kutsu, ohjelma, tiedote ja esitelmien lyhennelmät). Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema.
- Sulonen, S., Kärnä, J. & Verkasalo, E. (toim.). 2005. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. Seminaarikansio (kutsu, ohjelma, tiedote ja esitelmien lyhennelmät). Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.

##### *Artikkelit (8 kpl)*

- Kärnä, J. 2005. Finnish Centre of Expertise for Wood Products: Diversification of wood utilization. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). *Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology*. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. *International Forestry Review* 7(5): 11.
- Pihkala, T., Mäkinen, P., Arhio, K., Kärnä, J., Riihonen, S., Mitts, H. & Ollonqvist, P. 2007. Puutuotealan uudet liiketoimintakonseptit - Käsitteitä, toimintamalleja ja kehittämismahdollisuuksia. Vaasan yliopisto, Levon instituutti. *Palvelututkimus* 8/2007. 65 s.
- Verkasalo, E. 2002. Puunkäyttö ja metsäteollisuus Pohjanmaalla – nyt ja tulevaisuudessa. Julkaisussa: Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). *Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861: 7–14.
- Verkasalo, E. 2002. Puunkäyttö ja sen mahdollisuudet Itä-Suomessa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). *Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö*. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 7–8.
- Verkasalo, E. & Enroth, R.-R. 2005. Potential for the utilization of roundwood and wood rawmaterials in relation to the wood product markets. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). *Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology*. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. *International Forestry Review* 7(5): 383.
- Verkasalo, E. & Kärki, T. 2002. Diversification of wood utilisation. Tiivistelmä: Puun käytön laajalaistaminen. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Marttila, S. (eds.). *Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998-2001). Final Report*. Report 3/2002: 435–437.

- Verkasalo, E. & Kärnä, J. 2007. Puun käytön laaja-alaistaminen. Julkaisussa: Paajanen, T., Patokoski, T. & Saarenmaa, L. (toim.). Tekemiseen tietämistä - tietämiseen tekemistä. Puutuotealan osaamiskeskuksen toimintakertomus 1999–2006. Ss. 37–44. Puutuotealan osaamiskeskus / Wood Focus Oy, Helsinki.
- Verkasalo, E., Usenius, A., Heikkilä, A., Ulvas, P., Kairi, M. & Paajanen, O. 2008. COST Action E44: Country Report of Finland. Julkaisussa: Van Acker, J. (toim.). A European Wood Processing Strategy: Country Reports. COST Action E44, June 2004–2008. Ss. 59–84. Ghent University, Belgium.

### ***Oppi- ja käsikirja-artikkelit (1 kpl)***

- Hakkila, P. & Verkasalo, E. 2009. Structure and properties of wood and woody biomass. Julkaisussa: Kellomäki, S. (ed.). Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2. Second Edition – Totally Updated. Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy. Ss. 133–215. Gummerus Oy, Jyväskylä.

### ***Lehtiartikkelit (15 kpl)***

- Ahonen, S. & Kärnä, J. 2004. Lehtipuissako sisäverhoustuotteiden tulevaisuus? Puumies 49(4): 17–18.
- Heräjärvi, H. & Stöd, R. 2006. Metsäntutkimuskongressi Australiassa. Puumies 51(2): 16–17.
- Heräjärvi, H., Stöd, R., Kärnä, J. & Verkasalo, E. 2003. Puuntutkijakongressissa ja radiatamäntyyn tutustumassa Uudessa Seelannissa. Puumies 48(5): 2–5.
- Kärnä, J. 2003. Metsäntutkimuslaitos tutkii puun uusia käyttömahdollisuuksia ja markkinoita – Uusimmat tutkimustulokset esillä tutkimuspäivillä Lahdessa. Puumies 48(9): 18–19.
- Kärnä, J. 2004. Sivutuotteiden jalostuksesta uusia mahdollisuuksia puutuoteteollisuudelle? Puumies 49(5): 6–7.
- Kärnä, J. 2006. Ajankohtaista puun suojauksesta ja modifioinnista. Puumies 51(5): 5–7.
- Kärnä, J. & Verkasalo, E. 2003. Puukemian uusia mahdollisuuksia. Puumies 48(2): 6–7.
- Malinen, J. 2005. Metlan PKM-tutkimusohjelman tuloksia esillä. Puumies 50(10): 8–12.
- Marttila, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2008. Luoteis-Venäjän puutuoteteollisuus: monimuotoinen nykyisyys, hämärä tulevaisuus. Puumies 53(8): 2–4.
- Marttila, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2008. Venäjä – raakapuureservaatista jatkojalostajaksi? Metsäntutkimus 4/2008: 24–26.
- Verkasalo, E. 2002. Metlan puutiede edistää puutuotealan kehitystä. Karjalainen 129(138), Silva Liite. s 2.
- Verkasalo, E. 2002. Metlassa selvitetään puun ja puutuotteiden uusia käyttö- ja markkinamahdollisuuksia. Metsäntutkimus 2: 5–6.
- Verkasalo, E. 2003. Näytteilleasettajat esittäytyvät - Metsäntutkimuslaitos. Puumies 48(6): 65. (Puu ja Metsä 2003 -messujen teemanumero).
- Verkasalo, E. 2007. Näytteilleasettajat esittäytyvät – Metsäntutkimuslaitos (METLA). Puumies 52(6): 56. (Puu ja Bioenergia 2007 -messujen teemanumero).
- Verkasalo, E. 2008. PKM-tutkimusohjelman keskeisiä tuloksia. Puumies 53(10): 2–4.

**Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (19 kpl)**

- Korpunen, H. 2006. Pirkanmaan puutuotealan kehittämiseen vauhtia. Metlan valtakunnallinen tiedote, 24.11.2006. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon yksikkö. 1 s.
- Kärnä, J. 2003. PuuOsken ajankohtaiskatsaus. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. S. 27. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/karna-puuoske.htm>
- Kärnä, J. 2004. Finnish Centre of Expertise for Wood Products: diversification of wood utilisation. Julkaisussa: Claridge, J. & Randle, T. (eds.). The Forestry Woodchain – Quantifying and forecasting quality from forest to end product. Heriot-Watt University, Edinburgh, 28–30 September, 2004. Abstracts of Conference Presentations and Posters. Ss. 136–137.
- Kärnä, J. 2006. Seminaari puun suojauksesta. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 26.04.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Markkola, J.-M. & Korpunen, H. 2008. Yrittäjyyttä metsästä ja puusta. Julkaisussa: Vuosikertomus 2006. Metsäntutkimuslaitos, Parkanon toimintayksikkö. Ss. 26–27.
- Matala, J. 2008. Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s. PowerPoint, 18 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/matala.pdf>
- Mielikäinen, K. 2003. Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Metlan tutkimuspäivän avaus. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Ss. 3–4. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/mielikainen-avaus.htm>
- Paavilainen, L. 2008. Loppuseminaarin avaussanat. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. PowerPoint, 12 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/paavilainen.pdf/>
- Parviainen, J., Ollonqvist, P., Verkasalo, E. & Muhonen, T. 2006. Metla mukaan Woodpolis-verkostoon. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 28.04.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Verkasalo, E. 2003. Mikä on PKM-tutkimusohjelma. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Ss. 10–11. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/verkasalo.htm>
- Verkasalo, E. 2003. Puutieteestä, sen haasteista ja tehtävistä Metsäntutkimuslaitoksessa kuluvalla vuosikymmenellä. Metsäpäivät 2003, Tieteenori. Helsinki, 31.3. – 1.4.2003. Esitelmän yhteenveto, 2 s.
- Verkasalo, E. 2005. Tervetuloa tutkimuspäiville. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. Abstrakti, (2 s.) [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspäiva/erkki-verkasalo-tervetuloa.pdf>
- Verkasalo, E. 2008. PKM-ohjelman anti – Asiakasvaikuttavuus. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. PowerPoint, 18 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/verkasalo-tulokset.pdf>
- Verkasalo, E. 2008. Pohjaa uudelle puunkäytölle puutuotealalla – tuotemarkkinat ja sopiva raaka-aine avainasemassa. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s. [verkkodokumentti] [http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/abstracts/pohjaa\\_uudelle\\_puunkaytolle\\_EV.pdf](http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/abstracts/pohjaa_uudelle_puunkaytolle_EV.pdf)
- Verkasalo, E. 2008. Puunkäytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusohjelma 2002–2008. Puun käytön kehittäminen ja uudet puutuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. PowerPoint, 13 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/verkasalo-ohjelman-sisalto.pdf>
- Verkasalo, E. & Enroth, R.-R. 2005. PKM etsii puutuotteille uusia markkinointi- ja käyttömahdollisuuksia. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 4.10.2005. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus ja Vantaan tutkimuskeskus. 1 s.

- Verkasalo, E. & Enroth, R.-R. 2008. Uusia puunkäyttömahdollisuuksia ja puutuotemarkkinoita osoitetaan monitieteisillä yhteistutkimuksilla – PKM-tutkimusohjelma päätösvaiheessaan. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusalo, 13.11.2008. Yhteenveto, 6 s. [verkkodokumentti] [http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/abstracts/Erkki\\_Raija-Riitta.pdf](http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/abstracts/Erkki_Raija-Riitta.pdf)
- Verkasalo, E. & Muhonen, T. 2006. Puutieteellä paljon uusia haasteita – apuna soveltava ote ja monipuolinen tutkimusyhteistyö. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 23.05.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 2 s.
- Verkasalo, E., Saranpää, P., Vapaavuori, E. & Nuutinen, T. 2005. Puumateriaalin tutkimusohjelman vuosikirja julkaistiin. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 22.04.2005. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, Vantaan tutkimuskeskus ja Suonenjoen tutkimusasema. 1 s.

### ***Lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset (5 kpl)***

- Enroth, R.-R. & Kärnä, J. 2004. Sidosryhmähaastattelut strategiатыön pohjaksi. Raportti Metlan esikunnalle. 11 s.
- Enroth, R.-R. & Verkasalo, E. 2004. Puutuotealan elinkeinopoliittinen ohjelma ja alan tutkimus Metsäntutkimuslaitoksessa (Metla). Muistio. 6 s. + liitteet 3 s. Metsäntutkimuslaitos, PKM-tutkimusohjelma.
- Jouhiahio, A. & Verkasalo, E. 2002. Potential Swedish research organisations for research collaboration with Finnish parties in the field of the wood material research of mechanical wood processing. Report to the Finnish Ministry of Agriculture and Forestry (for the preparation of Finnish-Swedish Wood Material Science and Engineering Research Programme). Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre. Moniste. 37 s.
- Toivonen, J. 2008. Ympäristösuorituskyky rakentajien valintaperusteina ja mielikuvissa 2008. Tuloraportti. Syyskuu 2008. Rakennustutkimus RTS Oy. 34 s.
- Verkasalo, E. & Matala, J. 2008. Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla. Valmisteluhankkeen loppuraportti, 9.5.2008. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö. 6 s.

## **3353 Lehtipuun käytön monipuolistaminen + liitännäishankkeet**

### ***Referoidut tutkimusjulkaisut (12 kpl)***

- Heräjärvi, H. 2002. Internal knottiness characteristics with respect to the sawing patterns of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Baltic Forestry* 8(1): 42–50.
- Heräjärvi, H. 2004. Static bending properties of Finnish birch wood. *Wood Science and Technology* 37(6): 523–530.
- Heräjärvi, H. 2004. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. *Wood and Fiber Science* 36(2): 216–227.
- Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2002. Timber grade distribution and relative stumpage value of mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* when applying different bucking principles. *Forest Products Journal* 52(7/8): 40–51.
- Härkönen, S., Pulkkinen, A. & Heräjärvi, H. 2009. Wood quality of birch (*Betula* spp.) trees damaged by moose. *Alces* Vol. 45: 67–72.
- Kannisto, K. & Heräjärvi, H. 2006. Rauduskoivun pystykarsinta oksasaksilla – vaikutus puun laatuun ja taloudelliseen tuottoon. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2006: 491–505.
- Kaurala, H., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2004. Sahakoivun laatu puhtaissa koivikoissa ja kuusi-koivusekametsiköissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2004: 129–143.

- Kilpeläinen, H., Heräjärvi, H., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2011. Saw log recovery and stem quality of birch from thinnings in southern Finland. *Silva Fennica*. Painossa.
- Möttönen, V., Heräjärvi, H., Koivunen, H. & Lindblad, J. 2004. Influence of felling season, drying method and within-tree location on the Brinell hardness and equilibrium moisture content of wood from 27–35-year old *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 241–249.
- Schatz, U., Heräjärvi, H., Kannisto, K. & Rantatalo, M. 2008. Influence of saw and scateur pruning on stem discolouration, wound cicatrisation and diameter growth of *Betula pendula*. *Silva Fennica* 42(2): 295–305.
- Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Sikanen, L., Heräjärvi, H., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2008. Combined production of sawn timber and firewood billets at a birch sawmill in Finland: A simulation approach. *Wood Material Science and Engineering* 3(1–2): 1–11.
- Verkasalo, E., Toppinen, A., Arponen, J. & Heräjärvi, H. 2007. Perspectives of wood resources, industrial competitiveness and wood product markets for birch industries in the Baltic Sea area. In: Blanchet, P. (ed.). *Proceedings of the International Scientific Conference on Hardwood Processing*, September 24–26, 2007, Quebec City, Canada. Ss. 29–34. [verkkodokumentti] [http://www.ischp.ca/pdf/ISCHP\\_Proceedings.pdf](http://www.ischp.ca/pdf/ISCHP_Proceedings.pdf)

### **Referoimattomat tutkimusjulkaisut (23 kpl)**

- Arponen, J., Heräjärvi, H., Kilpeläinen, H. & Ylimartimo, T. 2008. Tuontikoivutukin laatu. Metlan työraportteja 67. 42 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp067.htm>
- Erkkilä, A., Kaipainen, H., Paappanen, T., Tahvanainen, T., Lindblad, J., Sikanen, L., Nuutinen, Y., Kähkönen, T. & Airaksinen, U. 2005. Uusi pilkkeen käsittelykonsepti valmistuksesta asiakkaalle. Julkaisussa: Alakangas, E. (toim.). *Puupolttoaineiden pientuotannon ja -käytön panostusalue. Vuosikatsaus 2005. Tekesin teknologiakatsaus* 185: 38–51.
- Heräjärvi, H. 2002. Hieskoivu sahauksessa ja jatkojalostuksessa. Julkaisussa: Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). *Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 861: 95–104.
- Heräjärvi, H. 2002. Järeä koivu sahauksessa ja jatkojalostuksessa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). *Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 855: 9–22.
- Heräjärvi, H. 2002. Utilisation of birch in mechanical wood industry in Finland. Julkaisussa: Hynynen, J. & Sanaslahti, A. (eds.). *Management and utilisation of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries – Birch, aspen and alder. Proceedings of the Workshop held in Vantaa, Finland, May 16 to 18, 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 847: 73–82.
- Heräjärvi, H. 2003. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. Julkaisussa: Beall, F.C. (ed.). *Proceedings of the 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood*. August 19–21, 2002, University of California, Berkeley Campus, California, USA. *Forest Products Society, Madison, Wisconsin*. Ss. 291–297.
- Heräjärvi, H. 2004. Modelling of internal knot characteristics of mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens*. Julkaisussa: Nepveu, G. (toim.). *IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection Between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software*, Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. Ss. 85–93.
- Heräjärvi, H. 2008. Koivun ja haavan mahdollisuudet puutuotealalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 3: 225–228.
- Heräjärvi, H. & Arponen, J. 2008. Log and veneer quality of Finnish and Russian birch in plywood production. Julkaisussa: Spear, M. (ed.). *Proceedings of the International Panel Products Symposium 2008, 24th–26th September 2008, Espoo, Finland. The BioComposites Centre, Bangor, UK*. Ss. 67–76.
- Hynynen, J. & Verkasalo, E. 2004. COST Action E42: Growing valuable broadleaved tree species – Finnish perspectives. Kick-off Meeting, 3–5 November, 2004, ESF-COST Office, Brussels, Belgium. *Country Report. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus*, 6 s.

- Härkönen, S., Heräjärvi, H. & Pulkkinen, A. 2008. Wood quality of birch damaged by moose. Julkaisussa: Baskin, L.M., Sipko, T.P., Tikhonov, V.G., Okhlopov, I.M. & Crichton, V. (eds.). Proceedings of the V<sup>th</sup> International Moose Symposium. Yakutsk, Republic Sakha (Yakutia), Russia, August 14–20, 2008. Ss. 31–32.
- Lehtimäki, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2002. Harvennuskoivu sahauksessa ja jatkojalostuksessa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 23–37.
- Lindblad, J., Tammiruusu, V., Kilpeläinen, H., Lehtimäki, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2003. Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 899. 68 s.
- Nevalainen, S. 2006. Discolouration of birch after sapping. Julkaisussa: Solheim, H. & Hietala, A.M. (eds.). Forest pathology research in the Nordic and Baltic countries 2005. Proceedings from the SNS meeting in Forest Pathology at Skogbrukets Kursinstitut, Biri, Norway, 28–31 August 2005. Aktuelt fra skogforskningen 1/06: 32–36.
- Schatz, U., Heräjärvi, H., Kannisto, K. & Rantatalo, M. 2008. Saha- ja leikkurikarsinnan vaikutukset rauduskoivun puuaineen värivikoihin, oksien kyljestymiseen ja läpimitan kasvuun. Metsätieteen aikakauskirja 2/2008: 145–146.
- Verkasalo, E. 2002. Hieskoivu vaneriteollisuudessa. Julkaisussa: Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861: 69–94.
- Verkasalo, E. 2002. Resources and utilisation of birch, aspen and alder. Country reports, Finland. Julkaisussa: Hynynen, J. & Sanaslahti, A. (eds.). Management and utilisation of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries – Birch, aspen and alder. Proceedings of the Workshop held in Vantaa, Finland, May 16 to 18, 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 847: 7–18.
- Verkasalo, E. & Heräjärvi, H. 2009. Potential of European Birch Species for Product Development of Veneer and Plywood – Recovery, Grades and Mechanical Properties and Future Market Requirements. Julkaisussa: Rouger, F. & Goueffon, M. (eds.). ISCHP 09, 2<sup>nd</sup> International Scientific Conference on Hardwood Processing, September 28<sup>th</sup>–29<sup>th</sup>, 2009, Paris, France. Proceedings. P. 11 + App. 8 p. FCBA, France.
- Verkasalo, E., Heräjärvi, H., Arponen, J. & Toppinen, A. 2006. Wood resources and industrial perspectives of plywood industries in the Baltic Sea area. Julkaisussa: Van Acker, J., Irle, M. & Oliver, J.-V. (eds.). Wood Resources and Panel Properties. Conference Proceedings. Conference co-organized by Cost Action E44–E49, Valencia, Spain, 12–13 June 2006. AIDIMA – Furniture, Wood and Packaging Technology, Valencia. Ss. 309–312.
- Verkasalo, E., Heräjärvi, H. & Kärmä, J. 2005. Perspectives on the competitive ability and wood product markets for birch industries in the Baltic Sea area. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. International Forestry Review 7(5): 135.
- Verkasalo, E., Sipi, M., Luostarinen, K. & Kärki, T. 2002. Properties of domestic birch, aspen and alder and their utilisation in mechanical wood processing. Tiivistelmä: Kotimaisen koivun, haavan ja lepän ominaisuudet ja niiden hyödyntäminen mekaanisessa puuteollisuudessa. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Marttila, S. (eds.). Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998–2001). Final Report. Report 3/2002: 215–229.
- Verkasalo, E., Stöd, R., Heräjärvi, H., Kilpeläinen, H., Lindblad, J. & Wall, T. 2006. Suometsien puuraaka-aineen laatu ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Julkaisussa: Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö, tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947: 276–333.
- Verkasalo, E., Tahvanainen, T., Kilpeläinen, H., Sikanen, L., Heräjärvi, H. & Lindblad, J. 2005. Wood fuels in birch saw mills' product palette in Finland. Julkaisussa: Asplund, D. (toim.). Bioenergy in Wood Industry 2005, 12.–15.9.2005 – Book of Proceedings. FINBIO Publications 32: 243–250.

### **Opinnäytetyöt (7 kpl)**

- Arponen, J. 2007. Tuontikoivutukin laatu. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsä- ja puuteknologian pro gradu. 54 s. + liitteet.
- Heräjärvi, H. 2002. Properties of birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*) for sawmilling and further processing in Finland. Academic dissertation. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 871. 52 s. + liitteet. Väitöskirja.
- Kannisto, K. 2005. Rauduskoivun pystykarsinta leikkaavilla oksasaksilla: puun laatu ja työn kannattavuus. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsäsuunnittelun ja -ekonomian pro gradu. 78 s. + liitteet 6 kpl.
- Kokkala, K. 2007. Visakoivun pystykarsinnan kehittäminen. Typistämisen lahoriskit ja oksien valikoiva karsinta. Hämeen ammattikorkeakoulu, metsätalouden koulutusohjelma, Evo. Päättyö. 38 s.
- Lehtimäki, J. 2002. Sahauskelpoisen harvennuskoivun korjuu ja kertymät sekä sahatavaran saanto ja laatu. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsä- ja puuteknologian pro gradu. 63 s. + liitteet.
- Pulkkinen, A. 2009. Hirvieläinten vaurioittamankoivun laatu. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsäympäristön hoidon ja suojelun pro gradu –tutkielma. 44 s.
- Schatz, U. 2006. A comparison of the impacts between saw and scissor pruning to the technical quality of Silver birch (*Betula pendula*). Albert-Ludwigs-Universität, Faculty of Forestry and Environmental Science, Freiburg, Germany. Diploma thesis in the subject Forest Growth. 51 s.

### **Oppi- ja käsikirjat (5 kpl, joista 2 toimitettua kirjaa ja 3 kirjoitettua artikkelia)**

- Hagqvist, R. 2004. Visakoivu on harvinaisuus. Curly birch is a rarity. Julkaisussa: Kosonen, M. (toim.). Visakoivu – Curly birch. Ss. 70–81. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Hagqvist, R. 2004. Visakoivun levinneisyys – Distribution of Curly Birch. Julkaisussa: Kosonen, M. (toim.). Visakoivu – Curly Birch. Ss. 74–81. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Hagqvist, R. 2004. Visan kasvatus. Cultivation. Julkaisussa: Kosonen, M. (toim.). Visakoivu – Curly birch. Ss. 40–67. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Hagqvist, R. & Mikkola, A. 2008. Visakoivun kasvatus ja käyttö. Metsäkustannus Oy. 167 s.
- Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. (toim.) 2008. Koivun kasvatus ja käyttö. Metla & Metsäkustannus Oy. 254 s.

### **Lehtiartikkelit (15 kpl)**

- Haapanen, M., Hagqvist, R. & Mikola, J. 2006. Metsänjalostus parantaa puiden laatua – Kososen teesit vailla pohjaa (vastine). Karjalan Maa, 17.3.2006. S. 2.
- Haapanen, M., Hagqvist, R. & Mikola, J. 2006. Metsänjalostus vähentää puiden vikoja – Kososen väitteet väärinkäsityksiä (vastine). Puumies 51(3): 26.
- Hagqvist, R. & Heräjärvi, H. 2007. Miksi koivua karsitaan kesällä? Metsälehti Makasiini 2: 26.
- Hagqvist, R. & Mikkola, A. 2004. Visakuningatar sopii viulun sorvaukseen. Hartolan kuulu visayksilö tunnetaan nyt pintaa syvemältä. Metsälehti Makasiini 3: 56–57.
- Heräjärvi, H. 2002. Laatukoivu kelpaa arvotiloihin – Viilutukista jopa kolminkertainen hinta vaneritukkiin verrattuna. Metsälehti 69(1): 8–9.
- Heräjärvi, H. 2003. Väitöskirja koivun jalostusteknisistä ominaisuuksista. Puumies 48(1): 9.
- Heräjärvi, H. & Arponen, J. 2008. Metla tutki vanerikoivun laatua. Puumies 53(3): 2–4.
- Heräjärvi, H. & Lindblad, J. 2002. Suomen ensimmäiset sahakoivututkimukset viittä vaille valmiit. Metsäntutkimus 2: 6–7.



- Heräjärvi, H. & Stöd, R. 2006. Metsäntutkimuskongressi Australiassa. Puumies 151(2): 16–17.
- Hintikka, T, Hagqvist, R. & Velling, P. 2006. Visakoivu. Metsätietokortti. Kortti nro 11-001. Metsäkustannus Oy. 4 s.
- Kannisto, K. & Heräjärvi, H. 2005. Rauduskoivun pystykarsinta kannattaa. UPM-Metsä 3: 30–31.
- Salonen, P. & Verkasalo, E. 2008. Laadukasta koivua saatava markkinoille. Maaseudun Tulevaisuus 93(70). S. 2.
- Velling, P. 2007. Curly birch - Compressed by the Devil. Nordic genresources 6: 20–21.
- Velling, P. 2007. Masurbjörk - av djävulen hopdryckt ädelträd. Nordiske genresurser 6: 20–21.
- Velling, P. 2007. Visakoivu - pirun puristama arvopuu. Pohjolan geenivarat 6: 20–21.

### **Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (11 kpl)**

- Hagqvist, R. 2005. Presidentin visakoivu. Lopen kunnan lehdistötiedote, 31.05.2005.
- Hagqvist, R. & Schulman, E. 2002. Om masurbjörken (*Betula pendula* var. *carelica*), dess odling och skötsel i Finland. Den 20:e Nordiska Skogskongressen 16–19 juni i Finland. Exkursion lövskogsbruk. 4 s.
- Heräjärvi, H. 2002. Birch, its properties and utilisation in wood product industries. Suomalainen koivu ja italialainen muotoilu –seminaari. Joensuu, 6.6.2002. Esitelmän tiivistelmä. 2 s.
- Heräjärvi, H. 2002. Birch – properties and utilisation in wood product industry. La betulla finlandese e le altre betulle: caratteristiche che le differenziano. Nuove tecnologie finlandesi nei materiali e nei processi. Thermowood e sistema de visione per i pannelli di legno massiccio. San Giovanni al Natisone – Venerdì 19 Aprile 2002, Italia. Betula Carelia Group & CATAS S.p.A. Abstrakti. 2 s.
- Heräjärvi, H. 2002. Modelling of internal knot characteristics of mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens*. IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. S. 28.
- Heräjärvi, H. 2002. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. 13<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. 19–21 August 2002, University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA. S. 35.
- Heräjärvi, H. 2003. Static bending properties of *Betula pendula* and *B. pubescens* wood. Julkaisussa: Proceedings of IUFRO All Division 5 Conference, Forest Products Research – Providing for Sustainable Choices, Rotorua, New Zealand, 11–15 March 2003. S. 111.
- Heräjärvi, H. 2008. Koivun ja haavan käyttömahdollisuuksia puutuotealalla – miltä tulevaisuus näyttää? Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Abstrakti, 5 s. PowerPoint, 22 s. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/herajarvi.pdf>
- Heräjärvi, H. & Lindblad, J. 2003. Koivu sahauskessa ja jatkojalostuksessa. Julkaisussa: Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti. Esitelmien tiivistelmäkansio. 2 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/herajarvi-lindblad.htm>
- Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2008. Saw log recovery and quality of birch from commercial thinning stands in Finland. Julkaisussa: Cost E 42 conference ”Growing valuable broadleaved tree species” 06–08 October 2008, Freiburg-im-Breisgau, Germany. Book of abstracts. S. 12.
- Verkasalo, E. 2002. Pieniläpimittaisen lehtipuutukin sahaus ja jatkojalostus. Koivuaihoiden valmistus ja markkinointi –seminaari. WOOD WORKSHOP 2002, Imatra, 11.–12.04.2002. Esitelmämoniste. 3 s.

### ***Lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset (5 kpl)***

- Drouin, M., Heräjärvi, H., Martinkauppi, B. & Luostarinen, K. 2008. Prevention of Plywood Darkening after the Hot Press. Company Report UPM. 34 s. Metla, InFotonics Center Joensuu & University of Joensuu, Faculty of Forestry.
- Erkkilä, A., Kaipainen, H., Paappanen, T., Alakangas, E., Lindblad, J., Sikanen, L., Tahvanainen, T., Kähkönen, T. & Airaksinen, U. 2006. Uusi pilkkeen käsittelykonsepti valmistuksesta asiakkaalle. VTT Prosessit & Metla. 106 s.
- Hagqvist, R. 2005. Visakoivun viljely ja kasvattaminen. Visaseura ry. Moniste. 8 s. Osallistunut anonyymina painetun opaslehtisen kirjoittamiseen, valokuvaamiseen ja toimittamiseen.
- Heräjärvi, H. 2005. Rahoituksen myöntäminen Tapio Ala-Soinin liiketoiminnan käynnistämiseksi uudentyypisen visakoivuliimalevyn valmistamiseksi. Lausunto liitettäväksi yrityksen rahoitushakemukseen Finnvera Oyj:lle. 2.8.2005. 2 s.
- Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2004. Lausunto Maa- ja metsätalousministeriön Kemera-työryhmälle: pystykarshintyön säilyttäminen Kemera-tuen piirissä. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. 25.3.2004. 2 s.

### **3354 Männyn laatutekijät puutuoteteollisuudessa + liitännäishankkeet**

#### ***Referoidut tutkimusjulkaisut (15 kpl)***

- Grekin, M. 2006. Wood colour in sapwood and heartwood of Nordic Scots pine and the changes under UV radiation. Julkaisussa: Kurjatko, S., Kúdela, J. & Lagana, R. (eds.). Proceedings of the 5th IUFRO symposium Wood Structure and Properties '06 held on September 3–6, 2006 in Sliač–Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. Ss. 233–238.
- Grekin, M. 2007. Color and color uniformity variation of Scots pine wood in the air-dry condition. Wood and Fiber Science 39(2): 279–290.
- Grekin, M. & Surini, T. 2008. Shear strength and perpendicular-to-grain tensile strength of Scots pine wood from mature stands in Finland and Sweden. Wood Science and Technology 41(7): 548–564.
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2010. Variation in and modelling for Brinell hardness of Scots pine wood from Finland and Sweden. Käsikirjoitus.
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2010. Variations in Basic Density, Shrinkage and Shrinkage Anisotropy of Scots Pine Wood from Mature Mineral Soil Stands in Finland and Sweden. Baltic Forestry 16(1): 113–125.
- Hautamäki, S., Kilpeläinen, H., Kannisto, K., Wall, T. & Verkasalo, E. 2010. Factors Affecting the Appearance Quality and Visual Strength Grade Distributions of Scots Pine and Norway Spruce Sawn Timber in Finland and North-Western Russia. Baltic Forestry 16(2): 217–234.
- Hautamäki, S., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2010. Factors affecting bending strength and stiffness of Scots pine and Norway spruce sawn timber in Finland and north-western Russia. Käsikirjoitus.
- Lindström, H., Reale, M. & Grekin, M. 2009. Using non-destructive testing to assess modulus of elasticity of *Pinus sylvestris* trees. Scandinavian Journal of Forest Research 24(3): 247–257.
- Malinen, J., Maltamo, M. & Verkasalo, E. 2003. Predicting the internal quality and value of Norway spruce trees by using two non-parametric nearest neighbor methods. Forest Products Journal 53(4): 85–94.
- Malinen, J., Maltamo, M. & Verkasalo, E. 2005. Stem and Wood Properties of Norway Spruce on Drained Peatlands and Mineral Forest Lands in Southern Finland. Baltic Forestry 1(1): 21–38.
- Stöd, R. & Kilpeläinen, H. 2006. Knot properties of Scots pine saw timber trees from thinning stands. Julkaisussa: Kurjatko, S., Kúdela, J. & Lagana, R. (eds.). Proceedings of the 5th IUFRO symposium Wood Structure and Properties '06 held on September 3–6, 2006 in Sliač–Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. Ss. 149–154.
- Stöd, R., Kilpeläinen, H. & Wall, T. 2006. Yield and technical quality of Scots pine saw timber from thinnings on drained peatlands and mineral soils in Finland. Baltic Forestry 12(2): 170–183.

- Stöd, R., Tantt, V., Sirén, M. & Verkasalo, E. 2003. Jäävän puuston ja poistuman tekninen laatu ensiharvennuskäytöksissä. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/2003: 439–464.
- Stöd, R. & Verkasalo, E. 2011. Bending strength and stiffness of sawn timber and clear wood of Scots pine from commercial thinnings. *Käsikirjoitus*.
- Verkasalo, E. & Leban, J.M. 2002. MOE and MOR in static bending of small clear specimens of Scots pine, Norway spruce and European fir from Finland and France and their prediction for the comparison of wood quality. *Paperi ja Puu – Paper and Timber* 84(5): 332–340.

### ***Referoimattomat tutkimusjulkaisut (39 kpl)***

- Boren, H. 2002. Pienpuun käyttömahdollisuudet mekaanisessa puunjalostuksessa. *Julkaisussa: Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 861: 31–43.
- Grekin, M. 2006. Nordic Scots Pine vs. Selected Compering Species and Substitute Materials in Mechanical Wood Products. Literature Survey. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 36. 64 p. + Appendices. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp036.htm>
- Grekin, M., Lukkarinen, A. & Verkasalo, E. 2005. Colour change of Nordic Scots pine wood under UV radiation – a laboratory approach. *Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01–04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA–ENGREF, Nancy–France.*
- Grekin, M., Nevalainen, S., Verkasalo, E., Lindström, H. & Nylinder, M. 2005. Competitive properties of Scots pine from Nordic countries in mechanical wood processing – selected results of projects 1 and 2 in the SPWT consortium. *Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01.04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA–ENGREF, Nancy–France.*
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2007. Modelling the variation in latewood proportion of Scots pine wood from Finland and Sweden. *Julkaisussa: Van Acker, J. & Usenius, A. (eds.). Modelling the wood chain: Forestry – Wood industry – Wood product markets. Proceedings of the COST Action E44 Conference, Helsinki, Finland, 17–19 September 2007. Ss. 111–116.*
- Lindström, H., Grekin, M., Reale, M. & Råberg, U. 2005. Modulus of elasticity in Scots pine timber trees. *Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01.04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA–ENGREF, Nancy–France.*
- Malinen, J., Maltamo, M., Palander, T. & Verkasalo, E. 2004. Kuusen sisäisen laadun ei-parametrinen ennustaminen ja tukkijakaumien samankaltaisuusvertailut puunhankinnan suunnittelun tukena. *Julkaisussa: Palander, T. (toim.). Ryhmäpääöstuki puunhankinnassa. Projektin loppuraportti. Joensuun yliopisto, metsätieteellisen tiedekunnan tiedonantoja* 159: 73–85.
- Malinen, J., Maltamo, M. & Verkasalo, E. 2004. Predicting the internal quality and value of Norway spruce trees using non-parametric nearest neighbor methods. *Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software, Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. IUFRO WP S5.01.04. Proceedings. Publication LERFoB/2004. INRA–ENGREF, Nancy–France. Ss. 464–473.*
- Nevalainen, S. 2005. Decay resistance of Scots pine in Finland and Sweden. *Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fifth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software, November 20–27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01.04. Proceedings. Publication LERFoB/2005. INRA–ENGREF, Nancy–France.*
- Riekkinen, M., Lukkarinen, A., Kärnä, J. & Verkasalo, E. 2005. Maturity effect on basic density, shrinkage, and shrinkage anisotropy of Scots pine wood. *Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. International Forestry Review* 7(5): 173–174.

- Riekkinen, M., Lukkarinen, A., Kärnä, J. & Verkasalo, E. 2005. Visual and machining properties of Nordic Scots pine for joinery and furniture industry. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). *Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology*. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. *International Forestry Review* 7(5): 174.
- Saranpää, P. & Verkasalo, E. (toim.). 2002. Kuusen laatu ja arvo. Vuosina 1994–2001 toteutettujen tutkimusten loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 841. 138 s. + 2 liites.
- Stöd, R. 2002. Ensiharvennussmänniköiden ja -kuusikoiden teknillinen laatu käytössä pyöreänä rakennuspuuna. Julkaisussa: Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). *Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861: 25–30.
- Stöd, R. 2002. Ensiharvennussmänniköiden ja -kuusikoiden teknillinen laatu sahauksessa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). *Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö*. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 67–72.
- Stöd, R. 2004. Technical quality of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) on drained peatlands. Julkaisussa: Päivänen, J. (ed). *Wise Use of Peatlands*. International Peat Society. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Peat Congress. Tampere, Finland. 6–11 June 2004. Vol. 2. Poster presentations. Ss. 1276–1280.
- Stöd, R. 2005. Internal quality of Scots pine from thinnings. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). *Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology*. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. *International Forestry Review* 7(5): 174.
- Stöd, R. 2009. Anisotropic shrinkage and swelling of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from thinning forests in Finland. Julkaisussa: Ispas, M. & Gurau, L. (eds.). *ICWSE 2009 – Proceedings of the International Conference “Wood Science and Engineering in the Third Millennium”*, 7<sup>th</sup> Edition. “Transilvania” University of Brasov, Romania, 04–06 June 2009. Ss. 15–20.
- Stöd, R. & Wall, T. 2004. Predicting the applicability of Scots pine (*Pinus sylvestris*) harvested in thinnings to the raw material of mechanical wood processing. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). *IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software*, Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. *IUFRO WP S5.01.04. Proceedings*. Publication LERFoB/2004. INRA–ENGREF, Nancy–France. Ss. 356–361.
- Stöd, R., Wall, T., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2002. Mänty- ja kuusipuustojen teknillinen laatu turvemailla puutuoteteollisuuden kannalta – nykytila ja tulevaisuuden näkymiä. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/2002: 624–633.
- Verkasalo, E. & Fröblom, J. 2002. Development of procurement and saw milling of Scots pine from thinnings. Tiivistelmä: Harvennussmännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Marttila, S. (eds.). *Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998–2001)*. Final Report. Report 3/2002. Ss. 333–340.
- Verkasalo, E. & Kilpeläinen, H. 2004. Saw Timber Recovery and Selected Physical and Mechanical Properties of Wood from Scots Pine on Drained Peatlands in Finland. Julkaisussa: Päivänen, J. (ed.). *Wise Use of Peatlands*. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Peat Congress, Tampere, Finland, 6–11 June 2004. Vol. 1. Oral presentations. International Peat Society, Jyväskylä. Ss. 521–530.
- Verkasalo, E., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Kannisto, K. 2008. Venäjän tuontikuusen laatu ja arvo vaativissa rakennustuotteissa ja rakennuspuusepäntuotteissa – vertailukohtana suomalainen kuusi. PowerPoint, 34 s. [verkkodokumentti] <http://www.idanmetsatieto.info>
- Verkasalo, E. & Leban, J.-M. 2002. Kuusitukkirunkojen laatu ja puuaineen mekaaniset ominaisuudet Suomessa ja Ranskassa. Julkaisussa: Saranpää, P. & Verkasalo, E. (toim.). *Kuusen laatu ja arvo. Vuosina 1994–2001 toteutettujen tutkimusten loppuraportti*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 841: 115–139.
- Verkasalo, E. & Leban, J.-M. 2003. Predicting Modulus of Elasticity and Modulus of Rupture of the Major Softwoods from Finland and France for the Comparison of Wood Quality. Julkaisussa: Beall, F.C. (ed.). *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood*, August 19–21, 2002, University of California, Berkeley Campus, California, USA. Forest Products Society, Madison, Wisconsin. Ss. 33–40.
- Verkasalo, E., Nylinder, M. & Roos, A. 2004. Specific wood and timber properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Humala, I. (eds.). *Wood Material Science Yearbook 2004*. Wood Material Science Research Programme, Report 1/2004: 32–37.

- Verkasalo, E., Nylinder, M. & Roos, A. 2005. Specific wood and timber properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing (SPWT). Julkaisussa: Johansson, B. & Larsson, B. (eds.). Wood Material Science Yearbook 2005. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2007. Report 1/2005: 43–51.
- Verkasalo, E., Nylinder, M. & Roos, A. 2006. Specific wood and timber properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing (SPWT). Julkaisussa: Paavilainen, L. & Helander, P. (eds.). Wood Material Science and Engineering Yearbook 2006. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2006. Report 1/2006: 49–60.
- Verkasalo, E., Nylinder, M. & Roos, A. 2007. Specific wood and timber properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing (SPWT). Julkaisussa: Poppius-Levlin, K. & Johansson, B. (eds.). Wood Material Science and Engineering Final Report. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2007. Ss. 67–87.
- Verkasalo, E., Riekkinen, M. & Lindström, H. 2005. Specific wood and timber properties and competitive ability of Nordic Scots pine in mechanical wood processing. Julkaisussa: Teischinger, A. & Van Acker, J. (eds.). Proceedings of the COST Action E44 Conference "Broad Spectrum Utilisation of Wood"; COST Action E44 "Wood Processing Strategy", June 14th–15th 2005, BOKU Vienna, Austria. Lignovisionen special edition. Lignovisionen 9: 27–38.
- Verkasalo, E., Sairanen, P., Kilpeläinen, H. & Maltamo, M. 2004. Modelling the end-use based value of Norway spruce trees and logs by using predictors of stand and tree levels. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software, Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. IUFRO WP S5.01.04. Proceedings. Publication LERFoB/2004. INRA–ENGREF, Nancy–France. Ss. 474–488.
- Verkasalo, E., Sairanen, P. & Melén, P. 2002. Kuusirunkojen ja -tukkien arvon riippuvuus metsikön, rungon ja tukin ominaisuuksista sekä runkojen ja niistä saatavan sahatavaran laatu ja arvo perinteisessä ja erikoistuvassa sahauksessa. Julkaisussa: Saranpää, P. & Verkasalo, E. (toim.). Kuusen laatu ja arvo. Vuosina 1994–2001 toteutettujen tutkimusten loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 841: 91–113.
- Verkasalo, E., Sairanen, P., Ylikojola, H., Maltamo, M. & Melén, P. 2002. Kuusen laatu ja arvo sahauksessa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 87–109.
- Verkasalo, E. & Wall, T. 2005. Pikkutukit sahatteollisuudessa. Julkaisussa: Hänninen, R. & Sevola, Y. (toim.). Metsäsektorin suhdannekatsaus 2005–2006. Ss. 62–65. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus.
- Verkasalo, E., Wall, T. & Fröblom, J. 2005. Profitable raw material – processing – product chain for sawmilling of Scots pine from thinnings in Finland. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. International Forestry Review 7(5): 155.
- Wall, T. 2002. Havupienpuun käytön haasteet ja harvennushäntyn sahaus. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 57–65.
- Wall, T., Fröblom, J., Heikkilä, A., Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Song, T., Stöd, R. & Verkasalo, E. 2004. Harvennushäntyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen. WOOD WISDOM-tutkimusohjelman hankekonsortion julkinen loppuraportti. Laaja versio. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. Puun käytön mahdollisuudet ja puutuotteiden menekki -tutkimusohjelma. 23.11.2004. 146 s. + liitteet 34 s.
- Wall, T., Fröblom, J., Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Heikkilä, A., Song, T., Stöd, R. & Verkasalo, E. 2005. Harvennushäntyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 943. 129 s. + liitteet 13 s.
- Wall, T., Kilpeläinen, H., Kannisto, K. & Verkasalo, E. 2010. Venäläisen ja suomalaisen kuusisahatavaran laatu ja arvo puutuotteissa. Tutkimus- ja kehittämishankkeen loppuraportti. Metlan työraportteja. Käsikirjoitus.
- Wall, T., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2005. Parallel procurement of small-diameter logs for sawmilling and forest chips for energy in commercial thinnings of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Finland. Julkaisussa: Asplund, D. (ed.). Bioenergy in Wood Industry 2005, 12.–15.9.2005 – Book of Proceedings. FINBIO Publication 32: 233–240.

### ***Opinnäytetyöt (1 kpl)***

Penttinen, H. 2002. Lapin ja Koillismaan mäntypuustojen tekniset viat ja puutavaralajijakaumat varttuneissa ja hakkuukypsissä metsiköissä. Kandidaatintyö. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 28 s. + liitteet 5 kpl.

### ***Lehtiartikkelit (9 kpl)***

Lukkarinen, A., Riekkinen, M., Verkasalo, E. & Hyppönen, M. 2004. Pohjoisen havupuun laatu puntarissa – mihin Lapin mäntyä ja kuusta kannattaa käyttää. Maaseudun Tulevaisuus 88(145). S. 2.

Stöd, R. & Wall, T. Harvennuskanniköt ovat kasvava sahaiteollisuuden raaka-ainelähde. Metsäntutkimus 2: 9–11.

Verkasalo, E., Heräjärvi, H. & Karvinen, S. 2008. Venäjän tukkien ja niistä saatavien puutuotteiden laatua vertailtiin kotimaiseen. Puumies 53(2): 14–15.

Verkasalo, E., Korhonen, K.T. & Lukkarinen, A. 2008. Saha- ja erikoispuun saatavuus Pohjois-Suomessa – hakkuumahdollisuudet ja puun käytön kehittäminen puuston erityispiirteiden ja tuotesoveltuvuuden pohjalta. Puumies 53(5): 16–19.

Verkasalo, E. & Kärnä, J. 2004. Uutta tietoa pohjoismaisen männyn kilpailukyvästä ja markkinoinnista puutuoteollisuudessa. Wood Wisdom Info 1/2004: 10–11.

Verkasalo, E., Nylinder, M. & Roos, A. 2004. Specific wood and timber properties, competitive ability and advanced conversion of Nordic Scots pine in mechanical wood processing. Julkaisussa: Johansson, B. (ed.). Wood Material Science – A Finnish-Swedish Research Programme 2003–2006. Basic Research Projects. Formas, Sweden. S. 4.

Verkasalo, E., Wall, T. & Fröblom, J. 2006. Harvennuskannikoista sahapuuta ja jatkojalostuskelpoista sahatavaraa – kannattavasti? Puumies 51(3): 5–9.

Verkasalo, E., Wall, T. & Heräjärvi, H. 2006. Kuinka parantaa harvennushakkuiden kannattavuutta? Uusia käyttökohteita harvennuspuille. Lusto – Länsi-Suomen metsänomistajien lehti, 1/06: 12.

Wall, T. 2004. Lyhyttikin hakkuu harvennuskannikossa – Tuottavuuden laskuun löytyy monta syytä. Koneyrittäjä 1/2004: 12.

### ***Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (46 kpl)***

Boren, H., Verkasalo, E. & Hanhijärvi, A. 2006. Sahatavaran lujuutta tutkitaan Kotkassa. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 23.02.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, Kymen ammattikorkeakoulu ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. 2 s.

Grekin, M. 2005. Pohjoismaisen männyn ominaisuudet valituissa tuoteryhmissä kilpaileviin havupuulajeihin ja muihin materiaaleihin verrattuna. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 28 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/mika-grekin.pdf>

Grekin, M. 2006. Pohjoisen männyn ominaisuudet rakennuspuusepän- ja huonekalutuotteiden kannalta. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta –hankkeen loppuseminaari, Rovaniemi, 27.4.2006. Esitelmien yhteenvedot. 2 s.

Grekin, M. 2006. Wood colour in sapwood and heartwood of Nordic Scots pine and the changes under UV radiation. Julkaisussa: Proceedings of Abstracts of the 5th International Symposium, Wood Structure and Properties '06, September 3–6, 2006, Sliač–Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. S. 11.

- Grekin, M. 2007. Suomalainen ja ruotsalainen mänty rakennuspuusepän-, sisustus- ja huonekalutuotteiden raaka-aineena. Tuloksia kirjallisuustarkastelusta ja empiirisistä tutkimuksista viideltä osa-alueelta. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 18–21. PowerPoint, 37 s. ja 17 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Grekin, M., Lukkarinen, A. & Verkasalo, E. 2005. Colour change of Nordic Scots pine wood under UV radiation – A laboratory approach. Julkaisussa: IUFRO WP S5.01.04 Fifth Workshop. Connection between forest resources and wood quality: modelling approaches and simulation software. Summaries. Waiheke Island Resort, Auckland, New Zealand, 20–27 November, 2005. S. 21.
- Grekin, M. & Verkasalo, E. 2008. Modelling the basic density, shrinkage and shrinkage anisotropy variation of Scots pine wood from Finland and Sweden. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO WP 5.01.04, June 8–14, 2008, Koli, Finland. S. 61.
- Karvinen, S., Gerasimov, J., Verkasalo, E., Heräjärvi, H. & Karjalainen, T. 2006. Venäjän puun laatu ja korjuumenetelmät tutkimuskohteina. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 26.09.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Korhonen, K.T., Kilpeläinen, H., Salminen, H., Lehtonen, M., Repola, J., Lukkarinen, A. & Verkasalo, E. 2006. Erikoispuutavaralajien saatavuus Pohjois-Suomessa – mänty. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta –hankkeen loppuseminaari, Rovaniemi, 27.4.2006. Esitelmien yhteenvedot. 2 s.
- Lindstrom, H. & Nylinder, M. 2007. Suomalainen ja ruotsalainen mänty rakennustuotteiden raaka-aineena. Tuloksia tutkimuksista viideltä maantieteelliseltä alueelta. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 16–17. PowerPoint, 26 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Lindström, H., Reale, M. & Riekkinen, M. 2004. Modulus of elasticity variation of Scots pine timber trees in central Sweden. Julkaisussa: Claridge, J. & Randle, T. (eds.). The Forestry Woodchain – Quantifying and forecasting quality from forest to end product. Heriot-Watt University, Edinburgh, 28–30 September, 2004. Abstracts of Conference Presentations and Posters. Ss. 78–79.
- Lukkarinen, A. 2005. Pohjois- ja Etelä-Suomen kuusen ominaisuudet vaativien rakennustuotteiden kannalta. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 15 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/antti-lukkarinen.pdf>
- Lukkarinen, A. 2009. Pohjoisen kuusen ominaisuudet vaativissarakennustuotteissajarakennuspuusepäntuotteissa. Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuotealalla. Kutsuseminaari, 15.4.2009. Digipolis – Kemin teknologiakylä, Auditorio Horisontti, Kemi. Lyhennelmä, 2 s., PowerPoint, 19 s. [verkkodokumentit] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2009/kuusiseminaari>
- Lukkarinen, A., Grekin, M. & Verkasalo, E. 2006. Pohjoinen puu soveltuu raaka-aineeksi moniin arvokkaisiin puutuotteisiin. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 27.04.2006. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema ja Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Lukkarinen, A., Repola, J., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2006. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta – Pohjoisen kuusen ominaisuudet rakennustuotteiden kannalta. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta –hankkeen loppuseminaari, Rovaniemi, 27.4.2006. Esitelmien yhteenvedot. 2 s.
- Lukkarinen, A., Riekkinen, M. & Verkasalo, E. 2003. Pohjoisen havupuun erityisominaisuuksien todentaminen ja niiden hyödyntäminen on käynnistetty Metlassa. Lapin metsätalouspäivät, 6.–7.2.2003. Tiedote. 2 s.
- Lukkarinen, A., Salminen, H., Repola, J., Korhonen, K.T., Kilpeläinen, H., Verkasalo, E., Lehtonen, M. & Hynynen, J. 2007. Männyn lopputuotelähtöisten tavaralajien saatavuusanalyysi Pohjois-Suomessa tärkeimpien käyttökohteiden, raaka-ainepohjan ja hankintakustannusten pohjalta. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 22–24. PowerPoint, 15 s. [verkkodokumentit] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Lukkarinen, A., Verkasalo, E. & Riekkinen, M. 2005. Comparison between predicted and measured strength and stiffness of Norway spruce lumber from Finland and north-west Russia. Julkaisussa: 14th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 2<sup>nd</sup> – 4<sup>th</sup> May 2005, Hannover, Germany. Abstracts, s. 54. PowerPoint, 14 s.

- Nevalainen, S. 2004. Decay resistance of Scots pine from northern Finland. Julkaisussa: Claridge, J. & Randle, T. (eds.). The Forestry Woodchain – Quantifying and forecasting quality from forest to end product. Heriot-Watt University, Edinburgh, 28–30 September, 2004. Abstracts of Conference Presentations and Posters. Ss. 20–21.
- Riekkinen, M., Lukkarinen, A., Lindström, H. & Verkasalo, E. 2004. Timber assortments and selected aesthetic wood properties of Nordic Scots pine. Julkaisussa: Claridge, J. & Randle, T. (eds.). The Forestry Woodchain – Quantifying and forecasting quality from forest to end product. Heriot-Watt University, Edinburgh, 28–30 September, 2004. Abstracts of Conference Presentations and Posters. Ss. 164–165.
- Riekkinen, M., Lukkarinen, A., Nevalainen, S. & Verkasalo, E. 2003. Pohjoismaisen männyn laatuodotukset ja markkinalähtöinen hyödyntäminen. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puunkäyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliusstalo. Ss. 17–18. [verkkodokumentti <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/riekkinen-lukkarinen-nevalainen-verkasalo.htm>]
- Roos, A., Wang, L., Juslin, H. & Verkasalo, E. 2007. SWOT analyysi – entistä dynamisempi ja kilpailukykyisempi mäntyteollisuus pohjoismaissa. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 32–35, PowerPoint, 12 s.. [verkkodokumentti] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Salminen, H., Verkasalo, E., Korhonen, K.T., Repola, J. & Kilpeläinen, H. 2009. Kuusisahapuun saatavuus Pohjois-Suomessa. Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuoteteollisuudessa. Kutsuseminaari, 15.4.2009. Digipolis – Kemin teknologiakylä, Auditorio Horisontti, Kemi. Lyhennelmä, 2 s., PowerPoint, 10 s. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2009/kuusiseminaari>
- Stöd, R. 2002. Predicting the applicability of Scots pine (*Pinus sylvestris*) harvested in thinnings to the raw material of mechanical wood processing. IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. S. 60.
- Stöd, R. 2003. Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Harvested in Thinnings as Raw Material for Mechanical Wood Processing Industry. Julkaisussa: Proceedings of IUFRO – All Division 5 Conference “Forest Products Research – Providing for Sustainable Choices. Rotorua, New Zealand, 11–15 March 2003. S. 133. Forest Research, Rotorua, New Zealand.
- Stöd, R. 2005. Harvennuskäyttö puutuoteteollisuudessa – sahatavaran lujuus. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 6 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspva/reeta-stod.pdf>
- Stöd, R. & Kilpeläinen, H. 2006. Knot properties of Scots pine saw timber trees from thinning stands. Julkaisussa: Proceedings of Abstracts of the 5th International Symposium, Wood Structure and Properties '06, September 3–6, 2006, Sliač–Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. S. 21.
- Stöd, R., Kilpeläinen, H. & Wall, T. 2004. Yield of saw timber from thinnings on drained peatlands. Julkaisussa: Claridge, J. & Randle, T. (eds.). The Forestry Woodchain – Quantifying and forecasting quality from forest to end product. Heriot-Watt University, Edinburgh, 28–30 September, 2004. Abstracts of Conference Presentations and Posters. Ss. 170–171.
- Stöd, R. & Verkasalo, E. 2008. Static bending properties of Scots pine thinning wood. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO WP 5.01.04, June 8–14, 2008, Koli, Finland. S. 22.
- Stöd, R., Wall, T., Heräjärvi, H., Kilpeläinen, H., Machón, P. & Verkasalo, E. 2008. Harvennuspuiden raaka-ainekominaisuudet ja puutuotemahdollisuudet. Harvennuskäytön ja harvennuspuiden valmistettujen rakennepuutuotteiden lujuusominaisuudet. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo, 13.11.2008. Abstrakti 3 s., PowerPoint, 14 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/stod.pdf>
- Verkasalo, E. 2002. Metla tutkii pohjoisen männyn erityisominaisuuksia yhdessä Lapin puuohjelman kanssa. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 9.8.2002. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema ja Joensuu tutkimusasema. 1 s.



- Verkasalo, E. 2007. Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla Johdanto loppuseminaariin. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 7–9. [verkkodokumentti] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Verkasalo, E. 2009. Suomalaisen kuusen näkymistä puutuotealalla ja pohjoisen kuusen kilpailuasema. Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuotealalla. Kutsuseminaari, 15.4.2009. Digipolis – Kemin teknologiakylä, Auditorio Horisontti, Kemi. PowerPoint, 59 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2009/kuusiseminaari>
- Verkasalo, E., Grekin, M. & Lukkarinen, A. 2008. Ylä-Lapin männyn kilpailukykyiset ominaisuudet sahatavarassajajatkjalostuksessa. Ivalonmetsäpäivä, 16.9.2008. PowerPoint, 47 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Verkasalo, E., Grekin, M., Nevalainen, S., Harju, A. & Venäläinen, M. 2008. Männyn vahvuudet ja kilpailukyky tärkeissä puutuoteryhmissä. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemerkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Yhteenveto, 8 s. PowerPoint, 48 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/verkasalo-mannyn-vahvuudet.pdf>
- Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). 2007. Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit, 35 s. [verkkodokumentti] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Verkasalo, E., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Hanhijärvi, A. 2007. Suomalaisen ja venäläisen mänty- ja kuusisahatavaran taivutusominaisuuksien vertailu. Julkaisussa: Verkasalo, E. & Kettunen, L. (toim.). Pohjoismainen mänty puutuoteteollisuudessa ja tuotteet asiakasmarkkinoilla. Suomalais-ruotsalaisen SPWT-tutkimuskonsortion loppuseminaari (2003–2007). Lahti, 3.5.2007. Esitelmien abstraktit. Ss. 29–31, PowerPoint, 20 s. [verkkodokumentti] <http://www.woodwisdom.fi/default.asp?docID=14868>
- Verkasalo, E. & Leban, J.-M. 2002. Predicting MOE and MOR of the Major Softwoods from Finland and France for the Comparison of Wood Quality. 13<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. 19–21 August 2002, University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA. S. 11.
- Verkasalo, E., Riekkinen, M. & Lukkarinen, A. 2005. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta – tuloksia tutkimuksista männyn ja kuusen ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista puutuoteteollisuudessa. Lapin 47. Metsätalouspäivät, Rovaniemi, 10.2.2005. Lyhennelmä, 3 s. [verkkodokumentti] [http://www.metolappi.net/pdf\\_2005/verkasalo\\_riekkinen\\_lukkarinen.pdf](http://www.metolappi.net/pdf_2005/verkasalo_riekkinen_lukkarinen.pdf)
- Verkasalo, E., Sairanen, P., Kilpeläinen, H. & Maltamo, M. 2002. Modelling the end-use based value of Norway spruce trees and logs by using predictors of stand and tree levels. IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. S. 76.
- Verkasalo, E., Sairanen, P. & Melén, P. 2003. Quality and Value of Norway Spruce Trees and Logs in Sawmilling for Traditional Bulk Production and Specialized End-Use Oriented Production. Julkaisussa: Proceedings of IUFRO – All Division 5 Conference “Forest Products Research – Providing for Sustainable Choices. Rotorua, New Zealand, 11–15 March 2003. S. 178. Forest Research, Rotorua, New Zealand.
- Verkasalo, E., Wall, T. & Fröblom, J. 2006. Sahojen mäntyharvennuspuun hankinta kannattavaa runsaspuustoisissa ja hyvälaatuisissa leimikoissa. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 25.01.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Verkasalo, E., Wall, T. & Kilpeläinen, H. 2005. Saha- ja energiapuun hankinnan yhdistäminen harvennusmänniköissä. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 18 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/erkki-verkasalo.pdf>
- Wall, T. 2005. Harvennusmännyn sisäoksaisuus. PKM-tutkimusohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 12 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/tapio-wall.pdf>

- Wall, T. 2008. Harvennuspuun raaka-aineominaisuudet ja puutuotemahdollisuudet. Harvennusmännyn sisäöksat. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo 13.11.2008. PowerPoint, 14 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/wall.pdf>
- Wall, T., Stöd, R. & Fröblom, J. 2003. Harvennusmänty sahauskessa ja jatkojalostuksessa. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Ss. 14–16 [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/wall-stod-froblom.htm>

### ***Lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset (12 kpl)***

- Grekin, M. 2006. Comparison of selected physical and mechanical properties of European spruce (*Picea abies*) and selected North American spruce species. Expert statement to CEI-Bois, Brussels, Belgium. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre. 2 s.
- Grekin, M. 2006. Ylä-Lapin puuaineen ominaisuudet. Raportti Lapin Puuohjelmalle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. PowerPoint, 30 s.
- Gyawali, B. & Grekin, M. 2007. A Report on Applied Period in Metla Joensuu Unit: Resistance of Nordic Scots Pine Wood against Weather. University of Joensuu, Faculty of Forestry. 34 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Stöd, R. & Verkasalo, E. 2005. Harvennusmännystä saatavan sahatavaran lujuus. Isojoen Saha Oy:n tuottama sahatavara. Empiiriseen tutkimukseen perustuva asiantuntijalausunto. Strength and stiffness of sawn timber for Scots pine from commercial thinnings. Sawn timber produced by Isojoen Saha Ltd., Finland. Study report and expert statement Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre. 24.1.2005. 21 s./ 22 p.
- Surini, T., Grekin, M. & Stöd, R. 2005. Influences of different factors on hardness and shear strength of mature Scots pine *Pinus sylvestris* in Sweden and Finland. Study report during the Internship of the Second Year – Academic Year 2004/2005. Ecole Supérieure du Bois, Nantes, France & Metla – Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre, Finland. 33 p. + Appendices.
- Verkasalo, E. 2002. Ag Kronenholz Oy:n ja Varsipuu ry:n pyytämä lausunto liitettäväksi yrityksen rahoitushakemukseen. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, 11.12.2002. 5 s.
- Verkasalo, E. 2002. Ekopine Oyn pyytämä lausunto liitettäväksi yrityksen rahoitushakemuksen täydennykseen. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. 26.8.2002. 5 s.
- Verkasalo, E. 2003. Suomessa kasvatetun kontortamännyn soveltuvuus teollisiin käyttötarkoituksiin. Lausunto UPM-Kymmene Metsälle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. 25.08.2003. 3 s.
- Verkasalo, E. 2006. Specific gravity (weight density) of sawn timber of Scots pine at the sawmill of Oy Shinshowa Finland Ltd. Expert statement. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre, 2 February, 2006. 4 p.
- Verkasalo, E. 2006. Specific gravity (weight density) of structural softwood timber manufactured in Finland. Expert statement to Puuinfo Oy. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre, 20 February, 2006. 6 s.
- Verkasalo, E. 2008. Ylä-Lapin männyn kilpailukykyiset ominaisuudet sahatavarassa ja jatkojalosteissa. Asiantuntijalausunto Ivalon Arktinen Yhteispuu Oy:lle ja Ylä-Lapin metsänhoitoyhdistykselle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö, 18.8.2008. 4 s.
- Verkasalo, E. & Grekin, M. 2008. Properties of Scots pine wood from five regions in Finland and Sweden for window products. Lausunto Metsäteollisuus ry:lle ja Tanskan ikkuteollisuusyhdistykselle (DVC). Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö, 5.12.2008. 2 s. + PowerPoint-esitys, 61 s.

### **3355 Mekaanisen puunjalostuksen uudet jatkojalosteet + liitännäishankkeet**

#### ***Referoidut tutkimusjulkaisut (6 kpl)***

- Borrega, M., Nevalainen, S. & Heräjärvi, H. 2009. Resistance of European and hybrid aspen wood against two brown-rot fungi. *European Journal of Wood and Wood Products*. 67(2): 177–182.
- Heräjärvi, H. 2006. Static bending and swelling properties of strand-made beams of *Pinus sylvestris* and *Betula* sp. Julkaisussa: Morlier, P., Morais, J. & Dourado, N. (eds.). Proceedings of the Third International Conference of the European Society for Wood Mechanics (ESWM), 5–8 September 2004. Printed by UTAD, Vila Real, Portugal. Ss. 3–10.
- Heräjärvi, H. 2009. Effect of drying technology on aspen wood properties. *Silva Fennica* 43(3): 433–445.
- Heräjärvi, H., Jouhiaho, A., Tammiruusu, V. & Verkasalo, E. 2004. Small-diameter Scots pine and birch timber as raw materials for engineered wood products. *International Journal of Forest Engineering* 15(2): 23–34.
- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2006. Wood Density and Growth Rate of European and Hybrid Aspen in Southern Finland. *Baltic Forestry* 12(1): 2–8.
- Junkkonen, R. & Heräjärvi, H. 2006. Physical properties of European and hybrid aspen wood after three different drying treatments. Julkaisussa: Kurjatko, S., Kudela, J. & Lagana, R. (toim.). Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium Wood Structure and Properties '06, September 3–6, 2006, Sliač–Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers. Ss. 257–263.

#### ***Referoimattomat tutkimusjulkaisut (9 kpl)***

- Heikkilä, K. & Heräjärvi, H. 2008. Stiffness and strength of 45x95 mm beams glued from Norway spruce using 8 different structural models. Julkaisussa: Gard, W.F. & van de Kuilen, J.W.G. (eds.). End user's needs for wood material and products. Proceedings of COST E53 Conference, 29th–30th October 2008, Delft, The Netherlands. Delft University of Technology. Ss. 271–280.
- Heräjärvi, H. 2004. Static bending and swelling properties of strand-made beams of *Pinus sylvestris* and *Betula* sp. Julkaisussa: Morlier, P. & Morais, J. (eds.). Proceedings of the Third International Conference of the European Society for Wood Mechanics. Ss. 9–15.
- Heräjärvi, H. 2005. Puutuotteille kilpailukykyä teknologia-, tuote- vai organisaatioinnovaatioilla? Julkaisussa: Heräjärvi, H. & Hakkila, P. (toim.). Metsän ja puun asialla. Professori Matti Kärkkäinen 60 vuotta. *Silva Carelica* 51: 102–106.
- Heräjärvi, H. 2007. Shear and tensile strength of conventionally dried, press dried and heat treated aspen. Julkaisussa: Hill, C.A.S., Jones, D., Militz, H. & Ormondroyd, G.A. (eds.). Proceedings of the 3rd European Conference on Wood Modification, Cardiff, UK, 15th–16th October 2007. University of Bangor, Wales. Ss. 173–176.
- Heräjärvi, H. 2009. Wood product manufacture potential of European and hybrid aspen in Finland. Julkaisussa: Bergstedt, A. (ed.). Proceedings of the 5<sup>th</sup> Meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering, October 1–2, 2009, Copenhagen, Denmark. University of Copenhagen, Forest & Landscape Working Papers 43: 121–126.
- Heräjärvi, H., Jouhiaho, A., Tammiruusu, V., Nuutinen, T., Väärä, T. & Verkasalo, E. 2003. Mänty- ja koivupienpuun käyttömahdollisuudet rakennepuutuotteissa (EWP). Tekesin osarahoittaman esiselvityshankkeen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 890. 59 s. + liitteet 2 s.
- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2004. Puutuotteita haavasta ennen, nyt ja tulevaisuudessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 69–75.
- Heräjärvi, H., Junkkonen, R., Koivunen, H., Metros, J., Piira, T. & Verkasalo, E. 2006. Metsä- ja hybridihaapa sahatavaran ja jatkojalosteiden raaka-aineena. *Metlan työraportteja* 31. 102 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp031.htm>

Junkkonen, R. & Heräjärvi, H. 2008. Bending strength and fracture of finger-joints of modified and unmodified *Populus* sp. components: comparison of air-dry and wet wood jointed with six different glues. Julkaisussa: Fioravanti, M. & Macchioni, N. (eds.). Proceedings of the International Conference on Integrated Approach to Wood Structure, Behaviour and Applications. Joint Meeting of ESWM and COST Action E35. Florence, Italy, May 15–17, 2006. Ss. 283–288.

### **Opinnäytetyöt (1 kpl)**

Hallongren, H. 2007. Sulfaattiselluloosateollisuuden sivutuotteet ja selluloosan kemialliset jalosteet. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsä- ja puuteknologian kandidaatintyö. 25 s.

### **Oppi- ja käsikirja-artikkelit (1 kpl)**

Heräjärvi, H. 2005. Mitä puun ominaisuuksista tulee tietää rakentamisessa. Julkaisussa: Parviainen, J. (toim.). Metla-talo, Joensuu. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. Ss. 42–43.

### **Lehtiartikkelit (6 kpl)**

Heräjärvi, H. 2003. Lastuista lupaavia puutuotteita. Puumies 48(6): 20–22.

Heräjärvi, H., Jouhiaho, A. & Wall, T. 2002. Puutuoteollisuuden uudet jalosteet. Maa ja Metsä 1/2002: 6.

Heräjärvi, H., Jouhiaho, A. & Wall, T. 2002. Sivutuotteesta huipputuotteeksi – puun uudet jalosteet. Metsäntutkimus 2: 8–9.

Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2003. Puita, puutuotteita ja tutkimusta läntisessä Pohjois-Amerikassa. Puumies 48(1): 4–8.

Puranen, A., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2005. Modernia rakennustuoteollisuutta Saksassa ja Itävallassa. Puumies 50(4): 2–5.

Talikka, L. & Heräjärvi, H. 2006. Onnistuuko lämpöpuun liimaus? Puumies 51(9): 20–22.

### **Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (9 kpl)**

Heräjärvi, H. 2005. Haapa puutuoteollisuudessa. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 18 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiiva/herik-herajarvi-haapa.pdf>

Heräjärvi, H. 2006. Haavassa potentiaalia arvopuutuotteiksi. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 21.08.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.

Heräjärvi, H. 2006. Uusia ja parannettuja puutuotteita – puutieteen keihäänkärkiä. Puutiede tänään –seminaari, Joensuu, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta –juhlaseminaarisarja. Tiivistelmä, 1 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>

Heräjärvi, H. 2008. Technical modification of aspen wood properties. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO WP 5.01.04, June 8–14, 2008, Koli, Finland. S. 39.

Heräjärvi, H., Jouhiaho, A., Tammiruusu, V. & Verkasalo, E. 2003. Small-diameter Scots pine and birch timber as raw materials for engineered wood products. Improving the Economics of Early Thinnings. Joensuu, 7.–9.5.2003. IUFRO Joint Workshop of 3.10.06 Economics and harvesting of thinnings and 3.10.04 Harvesting and forest energy. Abstrakti, 1 s.

- Heräjärvi, H. & Junkkonen, R. 2007. Characteristics of *Populus tremula* (L.) and *Populus tremula x tremuloides* stems in Southern Finland. In: 2007 IUFRO All Division 5 Conference Forest Products and Environment – A Productive Symbiosis, October 29 – November 2, 2007, Taipei, Taiwan. Abstracts. S. 115.
- Heräjärvi, H. & Järvinen, E. 2003. Rakennepuutuotteet. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. S. 21. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/herajarvi-jarvinen.htm>
- Junkkonen, R. & Heräjärvi, H. 2006. Physical and mechanical properties of European and hybrid aspen wood after three different drying treatments. Julkaisussa: Proceedings of Abstracts of the 5th International Symposium, Wood Structure and Properties '06, September 3–6, 2006, Sliač–Sielnica, Slovakia. Arbora Publishers, Zvolen. S. 13.
- Saranpää, P. 2005. Haapakuitujen ominaisuudet. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 19 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/pekka-saranpaa.pdf>

#### ***Lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset (4 kpl)***

- Heräjärvi, H. 2004. Luonnon- ja hybridaapa puutuoteteollisuuden raaka-aineena. 7145-hankkeen evaluointiraportti. Moniste. 3 s. + liitteet. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Heräjärvi, H., Riekkinen, M. & Stöd, R. 2005. Lausunto LATE-Rakenteet Oy:lle: Characterisation of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree and wood material. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, 20.8.2005. 4 s.
- Puranen, A., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2005. Rakennuslevy- ja talotuoteteollisuus Saksassa ja Itävallassa. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu / PUUGIA & Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. Matkaraportti, 25.–28.1.2005. 5 s.
- Verkasalo, E. & Erni, M. 2002. NDT-mittausmenetelmät ja niiden soveltuvuus puutuotteiden ominaisuuksien mittaukseen. Yhteenveto Stora Enso Timber Oy Ltd.:lle. 13.1.2002. 6 s.

### **3356 Puun kilpailuetujen hyödyntäminen puutuotteidemme markkinoilla**

#### ***Referoidut tutkimusjulkaisut (4 kpl)***

- Toivonen, R. 2007. Perceived Environmental Quality of Wood Products: The UK Markets. Journal of Forest Industry Business Research Online, Vol 4(2). 27 s. [verkkodokumentti] <http://www.forestprod.org/jFpbr-online.htm>
- Toivonen, R., Enroth, R.-R. & Järvinen, E. 2004. Competitive position of the Nordic wood industry on German markets – focusing on intangible product dimensions. Julkaisussa: Baudin, A. (ed.). Industrial and Market Perspectives on the Forest Sector. Proceedings from the International Conference on Forest Industry and Markets. Växjö University. 20 s.
- Toivonen, R. & Hansen, E. 2003. Quality dimensions of wood products – perceptions of German organizational customers. Julkaisussa: Helles et al. Recent Accomplishments in Applied Forest Economics Research. Kluwer Academic Publishers, Forestry Sciences, Vol. 74. Ss. 219–226.
- Toivonen, R., Hansen, E., Järvinen, E. & Enroth, R.-R. 2005. The competitive position of the Nordic wood industry in Germany – intangible quality dimension. *Silva Fennica* 39(2): 277–287.

#### ***Referoimattomat tutkimusjulkaisut (23 kpl)***

- Enroth, R.-R. 2002. Competitiveness of wood products in European building material markets. Rakentamisen visiot Euroopassa ja puun kilpailuetujen hyödyntäminen. Julkaisussa: Paavilainen, L. (ed.). Finnish Forest Cluster Research Programme WOOD WISDOM (1998–2001). Final report. Ss. 243–245.

- Enroth, R.-R. & Karjalainen, T. 2003. EU:n itälaajeneminen ja Venäjä – lisää työtä ja vientiä vai hiipuva metsäsektori Suomessa? PTT-katsaus 2: 24–31.
- Enroth, R.-R. & Rämö, A.-K. 2003. Rakennepuutuotteiden näkymät. Julkaisussa: Hänninen, R. (toim.). Metsäsektorin ajankohtaiskatsaus 2003–2004. Ss. 47–49. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus.
- Enroth, R.-R. & Rämö, A.-K. 2003. The Outlook for Engineered Wood Products. Julkaisussa: Hänninen, R. (ed.). Finnish Forest Sector Economic Outlook 2003–2004 (pdf-publication). Ss. 39–41. Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Centre.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2002. Euroopan unionin itälaajentuminen ja metsäteollisuus. Julkaisussa: Hänninen, R. (toim.). Metsäsektorin suhdannekatsaus 2002–2003. Metsäntutkimuslaitos. Ss. 56–57. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2002. The European Union's eastward enlargement and the forest industry. In: Hänninen, R. (ed.). Finnish Forest Sector Economic Outlook 2002–2003. Ss. 49–51. Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Centre.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2004. Puutuotteiden vientimahdollisuudet Kiinaan. Julkaisussa: Hänninen, R. (toim.). Metsäsektorin suhdannekatsaus 2004–2005. Metsäntutkimuslaitos. Ss. 51–53. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2004. The potential for exporting Finnish wood products to China. In: Hänninen, R. (ed.). Finnish Forest Sector Economic Outlook 2004–2005. Ss. 39–41. Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Centre.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2006. Puun saatavuuden turvaaminen ja metsäalan osaaminen Suomessa. Asiantuntijanäkemyksiä kehittämistarpeista ja vaikuttamiskeinoista. Metsäalan tulevaisuusfoorumi, Joensuun yliopisto. 42 s. [verkkodokumentti] <http://www.metsafoorumi.fi/tietoa.htm>
- Enroth, R.-R., Toivonen, R., Järvinen, E. & Rämö, A.-K. 2005. Competitiveness of wood industry in Europe and the need for innovative business concepts. Julkaisussa: Innes, J.L., Edwards, I.K. & Wilford, D.J. (eds.). Forests in the Balance: Linking Traditions and Technology. XXII IUFRO World Congress, 8–13 August 2005, Brisbane, Australia. Abstracts. International Forestry Review 7(5): 162.
- Flink, A., Järvinen, E. & Toivonen, R. 2007. Northwest Russia: Development of the Woodworking Industry and Opportunities as a Potential Market Area for Finland. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No. 99. 62.s.
- Hetemäki, L. & Verkasalo, E. 2006. Puunjalostuksen uudet tuotteet ja kehitys Suomessa. Julkaisussa: Hetemäki, L., Harstela, P., Hynynen, J., Ilvesniemi, H. & Uusivuori, J. (toim.). Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015. Katsaus Suomen metsäalan kehitykseen ja tulevaisuuden vaihtoehtoihin. Metlan työraportteja 26: 199–213. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp026.htm>
- Hänninen, R., Toppinen, A., Verkasalo, E., Ollonqvist, P., Rimmler, T., Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2007. Puutuoteteollisuuden tulevaisuus ja puurakentamisen mahdollisuudet. Metlan työraportteja 49. 55 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp049.htm>
- Järvinen, E., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2001. Competence and image of wood on the German building material markets. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita nro 50. 74 s.
- Järvinen, E., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2002. The German wood products markets. Importance of supplier characteristics. Prospective consumption. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No. 54. 44 s.
- Kärnä, J. 2002. Truly new orientation for environmental marketing. Nauja socialinio marketingo orientacija. Ekonomika – Mokslo darbai, Economics – Research Papers 59: 131–146.
- Mäki, P., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2003. Puutuotteiden vientimahdollisuudet Kiinaan. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja nro 187. 59 s.
- Rämö, A.-K., Järvinen, E., Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2003. Rakennepuutuotteiden tulevaisuus Saksan markkinoilla. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita N:o 64. 72 s.
- Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2007. Etsikkoaika. Metsäsektorin tulevaisuus Suomessa – selvitys asiantuntijanäkemyksistä. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita N:o 95. 21 s.
- Toivonen, R., Järvinen, E., Enroth, R.-R. & Rämö, A.-K. 2008. Environmental quality of wood products – preliminary study about the UK market. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No 111. 35 s.

- Uusivuori, J., Asikainen, A., Enroth, R.-R., Hetemäki, L., Kallio, M. & Verkasalo, E. 2007. Bioenergia ja uudet tuotteet. Julkaisussa: Vaihtoehtolaskelmat kansallisen metsäohjelman 2015 valmistelua varten. Metsäntutkimuslaitos. Asiantuntijaselvitys maa- ja metsätalousministeriölle. Ss. 53–63.
- Valtonen, K. 2008. Millä perusteella kuluttajat valitsevat puutuotteet? Metsätieteen aikakauskirja 3/2008: 221–224.
- Valtonen, K. 2010. Ympäristökysymykset metsäteollisuustuotteiden markkinointitutkimuksissa. Julkaisussa: Sevola, Y. (toim.). Metsä, talous, yhteiskunta. Katsauksia metsäekonomiseen tutkimukseen. Metlan työraportteja 145: 90–106. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp145.htm>

### *Opinnäytetyöt (4 kpl)*

- Hirvonen, P. 2002. Puutuotteiden ulkonäön merkitys ostopäätöstä tehdessä. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Metsä- ja puutalouden markkinoinnin koulutusohjelma. Amk-opinnäytetyö. 56 s.
- Kärnä, J. 2003. Environmental Marketing Strategy and its Implementation in Forest Industries. Academic Dissertation. University of Helsinki, Department of Forest Economics, Publications 11. 39 s. + 6 osajulkaisua. Väitöskirja.
- Toivonen, R. 2011. Dimensionality of quality from a customer perspective in the wood industry. Academic Dissertation. Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki. Dissertations Forestales 114. 71 s. + 5 osajulkaisua. Väitöskirja.
- Xu, Yajun. 2005. Choices of entry modes for Chinese timber markets. Bachelor's thesis in the degree programme of business and administration. Kemi-Tornio Polytechnic Unit. 40 s.

### *Lehtiartikkelit (14 kpl)*

- Enroth, R.-R. 2002. Kestääkö puuteollisuutemme kilpailukyky EU:n laajenemisen itään? Särmä 14: 2.
- Enroth, R.-R. 2002. Puhdasta uutta puuta (pääkirjoitus). Metsäntutkimus 2: 2.
- Enroth, R.-R. 2002. Puusta energiaa (pääkirjoitus). Metsäntutkimus 3: 2.
- Enroth, R.-R. 2003. Elinkeinot myllerryksessä (pääkirjoitus). Metsäntutkimus 3: 2.
- Enroth, R.-R. 2003. Metsäsertifiointi - aatosta jaloa ja alhaista mieltä. Kirja-arvostelu: Hannes Mäntyranta: Metsäsertifiointi – ideaalista itsetarkoitukseksi. Metsälehti Kustannus. Metsälehti 1: 21.
- Enroth, R.-R. 2003. Viherpesua vai valkopyykinä? Metsäntutkimus 2: 11–12.
- Enroth, R.-R. 2005. Suomalainen sertifiointi kansainvälisesti korkeatasoista. Metsäntutkimus 2: 18–20.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2003. EU laajenee itään – uudet jäsenmaat ja Venäjä tuovat uusia markkinoita, mutta myös uutta kilpailua. Metsänhoitaja 3/03.
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2003. Kiina kutsuu. Metsäntutkimus 3: 6–7.
- Enroth, R.-R., Toivonen, R. & Järvinen, E. 2005. Metsäsertifikaatit kilpasilla – Briteille FSC on edelleen tutumpi. Metsäntutkimus 2: 20–22.
- Hirvonen, P., Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2002. Kauneus on puun valtti. Metsäntutkimus 2: 12–13.
- Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2003. Itälaajeneminen tuo murroksen puutuotemarkkinoille. Sahateollisuuden kilpailukyky koetuksella. Karjalainen, Keskipohjanmaa, Kouvola Sanomat, Pohjolan Sanomat, Savon Sanomat. Artikkelit 5 sanomalehdessä 30.1.
- Toivonen, R. & Enroth, R.-R. 2007. Yhteiskunnan murros ravistelee metsäalaa. Tieto ja Trendit 7: 26–28.
- Toppinen, A., Hänninen, R. & Verkasalo, E. 2006. Sahateollisuuden tulevaisuus – sopeutumista kiristyvään kilpailuun vai aktiivista muutosta? Puumies 51(8): 2–4.

**Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (11 kpl)**

- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2003. Venäjä ja Baltian maat markkinamahdollisuutena ja kilpailijoina puutuoteteollisuudelle. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Ss. 22–24. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/enroth-toivonen.htm>
- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2005. Metsäntutkimuslaitos ja Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos selvittivät puutuotteiden kilpailukykyä Saksan markkinoilla. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 8.7.2005. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, 1 s.
- Kärnä, J. 2003. Vihreä markkinointi ja metsäteollisuusyritysten yhteiskunnallinen vastuu. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Ss. 25–26. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/karna.htm>
- Kärnä, J., Hansen, E. & Juslin, H. 2003. Social Responsibility in Environmental Marketing Planning. Julkaisussa: Proceedings of IUFRO – All Division 5 Conference “Forest Products Research – Providing for Sustainable Choices. Rotorua, New Zealand, 11–15 March 2003. Forest Research, Rotorua, New Zealand. S. 259.
- Ollonqvist, P., Toppinen, A., Viitanen, J. & Karjalainen, T. 2005. Import of roundwood and sawn wood from northwest Russia – options to partnership among Finnish wood product enterprises. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 10 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/pekka-ollonqvist.pdf>
- Rämö, A.-K., Toivonen, R., Enroth, R.-R. & Järvinen, E. 2008. Puutuotteiden kasvavat markkinat ja asiakasrakenteet. Puunkäytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat — uusia mahdollisuuksia ja toimintatapoja puutuotetekjuihin. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/ramo.pdf>
- Toivonen, R. 2006. Miksi valita puutuote – suomalaisten puutuotteiden ja yritysten kilpailuasema Euroopassa puutuotteita myyvien yritysten näkökulmasta. Puutiede tänään -seminaari, Joensuu, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta –juhlaseminaarisarja. Tiivistelmä, 2 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>
- Toivonen, R., Järvinen, E. & Enroth, R.-R. 2004. Contribution of environmental factors to perceived quality of wood. Julkaisussa: Claridge, J. & Randle, T. (eds.). The Forestry Woodchain – Quantifying and forecasting quality from forest to end product. Heriot-Watt University, Edinburgh, 28–30 September 2004. Abstracts of Conference Presentations and Posters. Ss. 124–125.
- Toivonen, R., Järvinen, E. & Enroth, R.-R. 2005. Competitiveness of wood. Product quality & new products – ewp products & new markets – China. Metla/PTT project. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 21 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/raija-riitta-enroth.pdf>
- Valtonen, K. 2005. Puutuotteiden kilpailukyky Suomen kuluttajamarkkinoilla. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 15 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/kari-valtonen.pdf>
- Valtonen, K. 2006. Miksi kuluttajat valitsevat puutuotteen? Puutiede tänään –seminaari, Joensuu, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta –juhlaseminaarisarja. Tiivistelmä, 1 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>

**Lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset (2 kpl)**

- Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2006. Asiakasrakenteen muutos. Julkaisussa: Suomen puutuoteteollisuus 2020. Skenaario- ja strategiatyön loppuraportti. 2006. Metsäteollisuus ry. Ss. 16, 33–35.
- Kokko, K., Toivonen, R., Pelkonen, P., Mäki-Hakola, M., Letto-Vanamo, P., Enroth, R.-R., Ojanen, T. & Tahvanainen, L. 2006. EU competences in forestry policy. Ministry of Agriculture and Forestry 6/2006. 27 s.



### **3357 Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa + liitännäishankkeet**

#### ***Referoidut tutkimusjulkaisut (10 kpl)***

- Korhonen, L., Peuhkurinen, J., Malinen, J., Suvanto, A., Maltamo, M., Packalén, P. & Kangas, J. 2008. The use of airborne laser scanning to estimate sawlog volumes. *Forestry* 81(4): 499–510.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Piira, T., Redsvén, V., Wall, T. & Nuutinen, T. 2007. Comparing model-based approaches with bucking simulation-based approach in the prediction of timber assortment recovery. *Forestry* 80(3): 309–321.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2006. Variation in the value recovery when bucking to alternative timber assortments and log dimensions / Kasumi varieerumine soltuvalt tüve järkamisest erinevateks sortimentideks. *Forestry studies / Metsanduslikud Uurimused* 45: 89–100.
- Malinen, J., Piira, T., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2010. Timber Assortment Recovery Models for Southern Finland. *Baltic Forestry* 16(1): 102–112.
- Maltamo, M., Hyypä, J. & Malinen, J. 2006. A comparative study of the use of laser scanner data and field measurements in the prediction of crown height in boreal forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 231–238.
- Maltamo, M., Malinen, J., Packalén, P., Suvanto, A. & Kangas, J. 2006. Nonparametric estimation of stem volume using laser scanning, aerial photography, and stand register data. *Canadian Journal of Forest Research* 36(2): 426–436.
- Maltamo, M., Peuhkurinen, J., Malinen, J., Vauhkonen, J., Packalén, P. & Tokola, T. 2009. Predicting tree attributes and quality characteristics of Scots pine using airborne laser scanning data. *Silva Fennica* 43(3): 507–522.
- Peuhkurinen, J., Maltamo, M. & Malinen, J. 2008. Estimating Species-Specific Diameter Distributions and Saw Log Recoveries of Boreal Forests from Airborne Laser Scanning Data and Aerial Photographs. A Distribution-Based Approach. *Silva Fennica* 42(4): 625–641.
- Peuhkurinen, J., Maltamo, M., Malinen, J., Pitkänen, J. & Packalén, P. 2007. Preharvest measurement of marked stands using airborne laser scanning. *Forest Science* 53(6): 653–661.
- Piira, T., Kilpeläinen, H., Malinen, J., Wall, T. & Verkasalo, E. 2007. Leimikon puutavaralajikertymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkontaohjeilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2007: 19–37.

#### ***Referoimattomat tutkimusjulkaisut (14 kpl)***

- Malinen, J. 2005. Non-parametric prediction of stand characteristics using harvester collected stem database. Julkaisussa: Hobbelstad, K. (ed.). *Forest Inventory and Planning in Nordic Countries. Proceedings of SNS Meeting in Sjusjøen, Norway, September 6–8, 2004.* NIJOS Reports 09/05: 251–260.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Hynynen, J., Ahtikoski, A. & Verkasalo, E. 2008. Simulating the effects of different growing-for-quality schemes on the recovery of conventional and special timber assortments and net revenue during the rotation of Scots pine and Norway spruce stands. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). *Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software.* IUFRO WP 5.01.04, June 8 – 14, 2008, Koli, Finland. Ss. 69–75.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Piira, T., Wall, T. & Verkasalo, E. 2005. Variation in the sales and processing value of a timber stand by its timber quality when targeting for alternative end-products in shortwood harvesting. Julkaisussa: Nepveu, G. (ed.). *IUFRO WP S5.01-04 Fifth Workshop “Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software”, November 20-27, 2005, Waiheke Island Resort, New Zealand, IUFRO WP S5.01-04. Proceedings.* Publication LERFoB/2005. INRA–ENGREF, Nancy–France.

- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2007. Model chains to predict the recovery of conventional and special timber assortments in clear-cutting in southern Finland. Julkaisussa: Van Acker, J. & Usenius, A. (eds.). Modelling the Wood Chain: Forestry – Wood Industry – Wood Product Markets. Conference organised by COST Action E44 Wood Processing Strategy, Helsinki, Finland 17–19 September 2007. Conference Proceedings. Ss. 135–144.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2008. Combining stem dimensions and technical quality with bucking objectives and constraints in the estimation of value potential of timber stand. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO WP 5.01.04, June 8–14, 2008, Koli, Finland. Ss. 40–44.
- Malinen, J., Wall, T., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2011. Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa. Metlan työraportteja 206. 45 s. [verkkodokumentti]
- Malinen, J., Verkasalo, E., Kilpeläinen, H., Eerikäinen, K., Korhonen, K.T., Ojansuu, R., Siipilehto, J., Ahtikoski, A., Lehtonen, M. & Hynynen, J. 2009. Laatupuun tuottamisen strategiset vaihtoehdot pohjoisessa Keski-Suomessa. Metlan työraportteja. Käsikirjoitus.
- Maltamo, M., Peuhkurinen, J., Malinen, J., Vauhkonen, J., Packalen, P. & Tokola, T. 2009. Männyn puu- ja laatuennustusten ennustaminen laserkeilauksella. Metsätieteen Aikakauskirja 4/2009: 409.
- Nuutinen, T., Moberg, L., Verkasalo, E. & Peltola, H. 2004. Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions. Julkaisussa: Paavilainen, L. & Humala, I. (eds.). Wood Material Science Yearbook 2004. Wood Material Science Research Programme. Report 1/2004: 17–23.
- Nuutinen, T., Moberg, L., Verkasalo, E. & Peltola, H. 2005. Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions. Julkaisussa: Johansson, B. & Larsson, B. (eds.). Wood Material Science Yearbook 2005. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2007. Report 1/2005: 18–26.
- Nuutinen, T., Moberg, L., Verkasalo, E. & Peltola, H. 2006. Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions (VACHA). Julkaisussa: Paavilainen, L. & Helander, P. (eds.). Wood Material Science and Engineering Yearbook 2006. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2006. Report 1/2006: 18–28.
- Nuutinen, T., Moberg, L., Verkasalo, E. & Peltola, H. 2007. Value-chain analysis for forest management, timber purchasing and timber sale decisions (VACHA). Julkaisussa: Poppius-Levlin, K. & Johansson, B. (eds.). Wood Material Science and Engineering Final Report. Finnish-Swedish Research Programme 2003–2007. Ss. 27–48.
- Peuhkurinen, J., Maltamo, M. & Malinen, J. 2008. Puulajeittaisten läpimittajakaumien ja tukkisaannon ennustaminen laserkeilausaineiston ja digitaalisen ilmakuvan avulla. Metsätieteen aikakauskirja 3/2008: 242–243.
- Verkasalo, E. 2005. Puutavaran laadutus ja arvon määrittäminen. Julkaisussa: Heräjärvi, H. & Hakkila, P. (toim.). Metsän ja puun asialla – Professori Matti Kärkkäinen 60 vuotta. Silva Carelica 51: 74–87. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.

### ***Opinnäytetyöt (2 kpl)***

- Piira, T. 2004. Hakkuukertymän arvon vaihtelu erilaisilla puutaveralajien mitta- ja laatuvaatimuksilla. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Proseminarityö. 20 s.
- Piira, T. 2005. Katkontaohjeiden vaikutus leimikon puutaveralajikertymään ja myyntiarvoon. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Metsänarvioimistieteen pro gradu. 52 s.

**Lehtiartikkelit (3 kpl)**

- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2007. Tukkileimikoiden myynti- ja jalostusarvo ja runkojen apteeraus. *Puumies* 52(6): 8–10.
- Malinen, J. & Verkasalo, E. 2007. Katkonnan onnistuminen vaikuttaa olennaisesti kantorahatuloon. *Kotimetsä* 1/2007: 8–9.
- Verkasalo, E. & Salonen, P. 2006. Puun laatuksivatkuksella on edelleen paikkansa. *Maaseudun Tulevaisuus* 91(63). S. 2.

**Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (14 kpl)**

- Hynynen, J. 2008. Laatuun tuottamisen ja saatavuuden strategiset vaihtoehdot pohjoisessa Keski-Suomessa. Laatuun parempiin päiviin – Laatuunhankkeen päätösesseminaari, Karstula, 13.2.2008. PowerPoint, 33 s. [verkkodokumentti] <http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/22C42C98-58CB-448E-97DB-22DEE0766524/8471/LaatuunhankkeenPaaotseminaaari.pdf>
- Hynynen, J., Verkasalo, E. & Malinen, J. 2008. Kannattava laatuksvatutus asiakaslähtöisesti. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s., PowerPoint, 42 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/hynynen.pdf>
- Malinen, J. 2006. Kannolta käyttäjälle - rungon katkosta esijalostusprosessina. Puutiede tänään –seminaari, Joensuu, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta –juhlaseminaarisarja. Tiivistelmä, 1 s. [verkkodokumentti]. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>
- Malinen, J. 2008. Laatuun kasvatuksen, leimikon ominaisuuksien sekä katkonnan vaikutus metsikön puutavaralaji-jaarvosaantoon. Laatuun parempiin päiviin – Laatuunhankkeen päätösesseminaari, Karstula, 13.2.2008. PowerPoint, 39 s. [verkkodokumentti] [http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/22C42C98-58CB-448E-97DB-22DEE0766524/8112/02\\_Malinen\\_PuutavaralajiJaArvosaanto1.pdf](http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/22C42C98-58CB-448E-97DB-22DEE0766524/8112/02_Malinen_PuutavaralajiJaArvosaanto1.pdf)
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Piira, T., Wall, T. & Verkasalo, E. 2005. Leimikon arvonmuodostus – myyntiarvo. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 22 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiiva/jukka-malinen.pdf>
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Piira, T., Wall, T. & Verkasalo, E. 2005. Variation in the sales and processing value of timber stand by timber quality when targeting for alternative end-products in shortwood harvesting. Julkaisussa: IUFRO WP S5.01.04 Fifth Workshop. Connection between forest resources and wood quality: modelling approaches and simulation software. Summaries. Waiheke Island Resort, Auckland, New Zealand, 20-27 November, 2005. S. 19.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2006. Katkonnan vaikutukset leimikon myynti- ja käyttöarvoon. Puun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet tulevaisuudessa –seminaari, Porthania, Helsinki, 30.11.2006. PowerPoint, 32 s. [verkkodokumentti] [http://www.woodwisdom.fi/content/Tapahtumat/Puun\\_ominaisuudet\\_ja\\_kayttomahdollisuudet\\_tulevaisuudessa/ErkkiVerkasaloFINAL.pdf?from=732549372399822](http://www.woodwisdom.fi/content/Tapahtumat/Puun_ominaisuudet_ja_kayttomahdollisuudet_tulevaisuudessa/ErkkiVerkasaloFINAL.pdf?from=732549372399822)
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2006. Katkonnan vaikutus leimikon myynti- ja käyttöarvoon. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta –hankkeen loppuseminaari, Rovaniemi, 27.4.2006. Esitelmien yhteenvedot. 2 s.
- Malinen, J., Kilpeläinen, H., Wall, T. & Verkasalo, E. 2008. Leimikon arvosaanto ja puukaupan tehostaminen. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo, 13.11.2008. Abstrakti, 2 s., PowerPoint, 42 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/malinen.pdf>
- Malinen, J., Maltamo, M. & Verkasalo, E. 2002. Predicting the internal quality and value of Norway spruce trees using non-parametric nearest neighbor methods. IUFRO WP S5.01.04 Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada, September 8–15, 2002. S. 75.

- Maltamo, M., Peuhkurinen, J., Malinen, J., Vauhkonen, J., Packalen, P. & Tokola, T. 2008. Predicting tree level quality characteristics of Scots pine using airborne laser scanning data. Julkaisussa: Peltola, H. (ed.). Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software. IUFRO WP 5.01.04, June 8–14, 2008, Koli, Finland. S. 81.
- Mäkinen, H. 2006. Metsänhoito ja puun laatu – kasvatusvaihe laadun muodostumisessa. Puutiede tänään –seminaari, Joensuu, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta –juhlaseminaarisarja. Tiivistelmä, 1 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>
- Nuutinen, T., Verkasalo, E. & Peltola, H. 2007. Metsätalouden suunnitteluun malleja puun käyttöominaisuuksista. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 12.01.2007. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö. 1 s.
- Packalen, P., Maltamo, M., Malinen, J., Suvanto, A. & Kangas, J. 2005. Using laser scanning and aerial photography to estimate plot volume. Julkaisussa: Silviscan, Lidar applications in Forest Assessment and Inventory. Virginia University of Technology, Blacksburg, VA, USA, 3.10.2005. Agenda and Abstracts. Ss. 5–6.

### **3358 Yksioteharvesterilla korjatun puutavaran laatu + liitännäishankkeet**

#### ***Referoimattomat tutkimusjulkaisut (6 kpl)***

- Asikainen, A. & Liiri, H. 2004. Control of bark losses in single grip harvester cutting. Julkaisussa: BIOENERGY 2003. International Nordic Bioenergy Conference, 2.– 5. Sept. 2003, Jyväskylä, Finland, Proceedings. Ss. 253–255.
- Erkkilä, A., Kaipainen, H. & Aalto, J. 2004. Mänty- ja kuusioksien katkaisukokeet. Projektiraportti PRO2/P6001/04. VTT Prosessit. 36 s. + liit. 3 s.
- Liiri, H., Asikainen, A., Erkkilä, A., Kaipainen, H. & Aalto, J. 2004. Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Control of bark losses in single grip harvester cutting. Julkaisussa: Alakangas, E. & Holviala, N. (toim.). Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2003. VTT Symposium 231: 167–183.
- Liiri, H., Asikainen, A. & Lindblad, J. 2005. Kuoriutumisen vähentäminen hakkuuvaiheessa. Julkaisussa: Kariniemi, A. (toim.). Kehittyvä puuhuolto 2005. Seminaarijulkaisu 16.–17.2.2005, Paviljonki, Jyväskylä. Ss. 88–92.
- Liiri, H., Asikainen, A., Lindblad, J. & Ala-Ilomäki, J. 2004. Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Kuoriutumisen kenttäkokeet. Julkaisussa: Asikainen, A. (toim.). Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa. Tutkimushankkeen loppuraportit. CD-ROM. 38 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Liiri, H., Asikainen, A., Lindblad, J., Ala-Ilomäki, J. & Nuutinen, Y. 2004. Reducing of unwanted barking in single grip harvester cutting. Julkaisussa: Uusitalo, J., Nurminen, T. & Ovaskainen, H. (eds.). NSR Conference on Forest Operations 2004 – Proceedings. Hyytiälä Forest Field Station, Finland, 30–31 August 2004. Silva Carelica 45: 280–284.

#### ***Opinnäytetyöt (1 kpl)***

- Kuronen, M. 2004. Kuoren kestävyuden vuodenaikaisvaihtelu ja vaikutus kuoriutumiseen hakkuussa. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Pro gradu –tutkielma. 45 s. + liit. 21 s.

#### ***Lehtiartikkelit (1 kpl)***

- Liiri, H., Asikainen, A. & Erkkilä, A. 2004. Kuoriutumista voi vähentää hakkuissa lähes puoleen. Koneyrittäjä 48(6): 39–41.

***Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (1 kpl)***

Liiri, H., Asikainen, A., Lindblad, J., Kuronen, M. & Ala-Ilomäki, J. 2003. Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakuussa. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Ss. 19–20. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/liiri-asikainen-lindblad-muronen-ala-ilomaki.htm>

**3359 Puutavaran määrän ja laadun mittauksen uudet menetelmät + liitännäishankkeet**

***Referoidut tutkimusjulkaisut (2 kpl)***

Heikkilä, J., Hujo, S., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2004. Pienten kuitupuuerien mittaus puutavara-auton kuormainvaa'alla. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4/2004: 527–540.

Lindblad, J., Ronkainen, P., Junkkonen, P. & Kilpeläinen, H. 2010. Harvennusenergiapuun ja latvusmassan kosteuden vaihtelu palsta- ja varastokasoissa ja kosteuden mittaus kenttäkosteusmittarilla. Käsikirjoitus.

***Referoimattomat tutkimusjulkaisut (4 kpl)***

Hujo, S. & Verkasalo, E. 2004. Puutavaran mittaus ulkomaankaupassa. Metsäntutkimuslaitoksen työpapereita – Forest Research Institute Working Papers. Moniste.

Kainulainen, J. & Lindblad, J. 2005. Puutavaralajien tuoretiheyden alueellinen vaihtelu mittausasemien vastaanottomittauksessa. Metlan työraportteja 19. 29 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp019.htm>

Lindblad, J. 2002. Teollisuushakkeen ja kuitupuun arvo ja mittaus puuaineen tiheyden perusteella. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 111–119.

Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2007. Measurement demands and novel solutions for forest fuels – the Finnish state-of-art. Julkaisussa: Savolainen, M. (ed.). Bioenergy 2007 – 3<sup>rd</sup> International Bioenergy Conference and Exhibition, From 3<sup>rd</sup> to 6<sup>th</sup> of September 2007, Jyväskylä, Finland. Book of Proceedings. FINBIO Publication 36. Ss. 283–288.

***Opinnäytetyöt (1 kpl)***

Heikkilä, J. 2002. Puutavara-auton kuormainvaa'an käyttö pienten puutavaraerien mittauksessa. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, metsävarojen käytön laitos. Metsäteknologian pro gradu –tutkielma. 54 s. + liitteet 2 s.

***Oppi- ja käsikirjat (7 kpl, joista 1 toimitettu kirja ja 6 kirjoitettua artikkelia)***

Asikainen, A., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2009. Timber measurement. Julkaisussa: Kellomäki, S. (ed.). Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2. Second Edition – Totally Updated. Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy. Ss. 133–215. Gummerus Oy, Jyväskylä.

Lindblad, J. 2005. Puutavaran mittaus. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). Metsäkoulu. Metsäkustannus, Helsinki. Ss. 153–162.

- Lindblad, J. 2006. Obmer lesomaterialov (Puutavaran mittausta). Julkaisussa: Rantala, S. (ed.). Osnovy lesnogo hozjaistva v Finljandii (Metsätalouden perusteet Suomessa, venäjänkielinen julkaisu). Metsäkustannus Oy, Helsinki.
- Lindblad, J. 2008. Puutavaran mittausta. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). Tapion taskukirja. 25. uudistettu painos. Metsäkustannus, Helsinki. Ss. 383–390.
- Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A. 2008. Energiapuun mittausta. Tapio – Metla. Ensimmäinen painos 29.2.2008, päivitetty painos 7.8.2008. 24 s.
- Verkasalo, E. 2003. Metsäteollisuuden sivutuotteet. Kirjassa: Knuuttila, K. (toim.). Puuenergia. Ss. 41–44. Jyväskylän Teknoliigakeskus Oy ja BENET Bioenergiaverkosto. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Verkasalo, E. 2003-2008. Puuvarat, puutuoteteollisuuden raaka-ainepohja, puutuoteteollisuuden puunkäyttö, puutavaran mittausta, mekaanisen puuteollisuuden sivutuotteet. Luvut julkaisussa: Puumieskalenteri, metsä- ja puualan käsikirja. Puumiesten liitto ry., Jyväskylä. Alkuperäinen versio 2003 (42. vuosikerta), päivitys vuosittain.

#### ***Lehtiartikkelit (4 kpl)***

- Heikkilä, J., Hjelm, L., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2003. Puutavaran mittausta kehittyä eri osapuolten yhteistyöllä. Maaseudun Tulevaisuus 87(44). S. 2.
- Kiviniemi, M., Hujo, S. & Lindblad, J. 2006. Puukauppa - valmistelu, sopimus, puutavaran mittausta. Metsäkustannus Oy, Helsinki. 539 s. (Erityisartikkeli: Lindblad, J. & Hujo, S. Puutavaran mittausta. Ss. 350–407 + liitteet)
- Lindblad, J. 2008. Näin mitataan energiapuun määrä. Bioenergia 4: 14–15.
- Lindblad, J., Junkkonen, R & Verkasalo, E. 2005. Metsäenergiapuun mittausta – missä mennään? Bioenergia 3/05: 2–4.

#### ***Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet (6 kpl)***

- Lindblad, J. 2003. Puutavaran mittaustutkimuksen ajankohtaiskatsaus. Julkaisussa: Sulonen, S. (toim.). Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliusstalo. Ss. 29–30. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003/lindblad.htm>
- Lindblad, J. 2005. Puutavaralajeille alueellisia tiheyslukuja. Metlan valtakunnallinen tiedote, 22.12.2005. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Lindblad, J. 2005. Puutavaran mittausta ajankohtaiskatsaus. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PowerPoint, 22 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva/jari-lindblad.pdf>
- Lindblad, J. 2006. Puutavaran mittausta viranomaistehtävät Joensuuhun. Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnallinen tiedote, 3.11.2006. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 1 s.
- Lindblad, J. 2008. Puutavaran uudet mittausta menetelmät ja laadun säilyttäminen. Puun käytön kehittäminen ja uudet tuotemerkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliusstalo, 13.11.2008. Abstrakti, 3 s. PowerPoint, 30 s. [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari/lindblad.pdf>
- Lindblad, J. & Lindroos, M. 2008. Energiapuun mittausta pelisäännöistä sovittiin. Metlan valtakunnallinen tiedote, 19.02.2008. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö. 2 S.

***Lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset (13 kpl)***

- Hujo, S. 2002. Mänty- ja kuusitukkien kuorivähennys. Lausunto Stora Enso Timber Oy Ltd:lle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, 17.06.2002. 2 s. + liitteet 5 s.
- Lindblad, J. 2006. Laser-skannaukseen perustuva kehyskuvamittaus. Lausunto puutavaran mittauksen neuvottelukunnalle, 30.05.2006. 8 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Lindblad, J. 2008. Energiapuun mittauksessa käytettävät tuoreiheysluvut. Raportti TJO 606. 17 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Lindblad, J. 2008. Kuormainvaakamittaus 2 –mittausohje (TME2453). Puutavaran mittauslain mukainen lausunto MMM:lle, 19.9.2008. 11 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Lindblad, J. 2008. Puutavaran tuoreiheystaulukot. Väkiraportti 2007. 16 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.
- Lindblad, J. 2010. Puutavaran tuoreiheystaulukot. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle. TME 25676. 17 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2005. Eräkoon vaikutus puutavaran mittaustarkkuuteen. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle, 17.01.2005. 13 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Moilanen, P. & Verkasalo, E. 2005. RUSPUU-projekti – Venäjältä tuotavan puutavaran mittaus. Työraportti. 72 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Verkasalo, E. 2004. Pyöreän puutavaran määrien muutokset kuorellisten ja kuorettomien tilavuuksien välillä. Lausunto Tullihallitukselle, 17.12.2004. 3 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2004. Puutavaran mittaus ja sen yleisperiaatteet Suomessa. ART-lausunto Metsäteollisuus ry:lle venäläistä tuontipuukauppaa koskevia neuvotteluja varten, 23.08.2004. 7 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2005. Metsäpolttoaineiden mittauksen tutkimus, menetelmät ja mahdollisuudet. Koneyrittäjien energiapäivät 2005, Jyväskylä, 4.-5.2.2005. Yhteenveto. 4 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2007. Puutavaran mittauksessa käytettävien vahvistettujen mittausmenetelmien tarkkuus Suomessa. Lausunto Metsäteollisuus ry:lle tuontipuukauppaa koskevia neuvotteluja varten. 4.6.2007. 7 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2007. Pyöreän puutavaran mittausmenetelmät Suomessa ja niiden soveltaminen Venäjältä, Valko-Venäjältä ja Baltiasta tuotavan puutavaran mittauksessa. Lausunto Metsäteollisuus ry:lle tuontipuukauppaa koskevia neuvotteluja varten. 27.03.2007. 10 s. Metsäntutkimuslaitos.

**Kaikki hankkeet**

Referoidut tutkimusjulkaisut:	49 kpl	julkaistuja artikkeleita 44, painossa 1, käsikirjoituksia 4
Referoimattomat tutkimusjulkaisut	132 kpl	julkaistuja artikkeleita 122, käsikirjoituksia 4, toimitettuja koostejulkaisuja 6
Opinnäytetyöt	17 kpl	väitöskirjoja 3, pro graduja 8, kandidaatin- ja amk-töitä 6
Oppi- ja käsikirjat	14 kpl	toimitettuja kirjoja 3, kirja-artikkeleita 11
Lehtiartikkelit	67 kpl	
Abstraktit, esitelmäpaperit ja tiedotteet	117 kpl	
Kirjalliset lausunnot, työpaperit, muut kirjoitukset	41 kpl	
<b>Kaikki</b>	<b>437 kpl</b>	

## Liite 4. Ohjelman tuotteet ja tiedonsiirron toimenpiteet

### **3352 PKM-tutkimusohjelman koordinointi ja ekstensio + liitännäishankkeet**

#### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Ei ole

#### **2. Toimintamallit ja menettelytavat**

PKM-ohjelman ohjausryhmätoiminta (elinkeinotoiminnan, ohjelmatoiminnan ja tutkimuksen asiantuntijoita):

- tutkimusideoita ja niiden priorisointia sekä rahoitusmalleja tutkijoille
- hankkeiden tulosten esittelyä ja spesifioituvien jatkohankkeiden ideointia sidosryhmille
- kahdensuuntaista tiedonsiirtoa tutkimuksen ja käytännön välillä

PKM-ohjelman yhteinen seminaaritoiminta:

- hankkeiden tulosten esittelyä valmistumisen mukaan sekä ohjelman avaintuloksia loppuseminaarissa
- pyydettyjä puheenvuoroja muilta tutkimusorganisaatioilta (yhteistyökumppaneita)
- kommenttipuheenvuoroja sidosryhmiltä
- esimerkkejä ohjelman vaikuttavuudesta ja tutkimus- ja hankeyhteistyön toteutustavoista tiedon käyttäjien kannalta

Kehittämishankkeet alueellisella tasolla ja yritysryhmien kanssa tutkimushankkeiden tulosten pohjalta, ml. seminaarit ja asiantuntijaryhmät, esim. Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta, Keski-Suomen laatupuu, RUSPUU-mittaus, Pirkanmaan puutuotealan toimenpideohjelma, Nordic pine -eksperttiryhmä (SPWT-konsortion pohjalta).

Teema-alueiden valmisteluhankkeet (Oske 2007–2013), esim. Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalaalla.

Toiminta lainsäädäntöä ja julkista normiohjausta palvelevissa neuvottelukunnissa, toimikunnissa, työryhmissä, ml. asiantuntijalausunnat ja erityishankkeet, esim. puutavaran ja energiapuun mittaus, rakennusten hiilensidontalaskenta, KEMERA-normit (pystykarsinta), Tapion metsänhoito-ohjeet ja metsäkeskusten metsäneuvonnan työkalut (laatuksavatus).

Avaintutkijat asiantuntijoina puutuoteyritysten tuote- ja teknologiakehityshankkeissa tutkimushankkeiden tulosten pohjalta, esim. Timber LVL, kuoren säilyttävät hakkuukoneet, kuormainvaakamittauksen laitteet.

Avaintutkijat lausunnonantajina puutuote- ja energiapuuyrityksille niiden omien kehitys- ja investointihankkeiden rahoitushakemuksissa (TE-keskuksille, Tekesille, Finnveralle).

Tutkijat luennoitsijoina muiden organisaatioiden tiedonsiirtotilaisuuksissa (mm. Puuinfo Oy, Metsäteollisuus ry., metsäkeskukset, Tapio) ja kansainvälisissä konferensseissa (mm. COST-hankkeet, IUFRO-työryhmät, kansainväliset yhteishankkeet).



Tutkijat tuntiopettajina yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja koulutusyritysten opintojaksoilla ja kursseilla sekä opinnäytteiden työnohjaajina ja valvojina.

Avaintutkijat osallisina kansainvälisten hankkeiden johto- ja työryhmissä (COST E42, COST E44, IUFRO 5. Division / Modelling Wood Quality -työryhmä), ulkomaisten t&k-ohjelmien hakemusten lausuntomenettelyissä ja hankkeiden evaluointipaneeleissa (Pohjoismaat, EU) sekä ruotsalaisten tutkimusohjelmien ohjausryhmissä (esim. KK Platform, Ädellövskog).

Yhteiset käsi- ja oppikirjaprojektit (Metsäkustannus Oy), erikoisartikkeleita useissa muiden organisaatioiden kirjahankkeissa, esim. Suomen Paperi-insinöörien yhdistys ry., FINBIO/Motiva, Puumiesten liitto ry.

Ammatti- ja sanomalehtiartikkelit, yliökirjoitukset, asiantuntijahaastattelut.

Puu ja Bioenergia -messuilla kolme kertaa omalla osastolla ja useilla kansallisilla erityismessuilla yhteisosastoilla.

Avaintutkijat aktiivisina osallistujina kansallisten strategia- ja tutkimusohjelmien laadinnassa:

- *Suomen metsäklusterin tutkimusstrategian (NRA) valmistelu 2006*
- *Kansallisen metsäohjelman 2015 taustajulkaisujen laadinta 2006–2007*
- *Eurooppalaisen WoodWisdom-Net ohjelman sisällön valmistelu (yhteishankkeiden suunnittelu ja hankehaut) 2006–2007*
- *Valtioneuvoston osaamiskeskusohjelman 2007–2013 kolmen metsäsektoriin liittyvän osaamisklusterin käynnistäminen 2006–2007 (Asumisen osaamisklusteri, energiateknologia, uudistuva metsäteollisuus (FIF-klusteri)*
- *Puutuoteklusterin tutkimusstrategian laadinta 2008–2009*
- *Metsäklusteri Oy:n ja Cleen Oy:n ensimmäisten tutkimusohjelmien sisällön suunnittelu 2008–2009 (ei koskenut varsinaisesti puutuotetoimialaa)*

PuuOske yhteistyö- ja tiedonsiirtoverkosto 1999–2006. Metla koordinoi osaamisaluetta Puun käytön laaja-alaistaminen (yksi kahdeksasta osaamisalueesta), jolla teemaryhmätoiminta, yhteishankemenettelyt ja tiedonsiirron organisointi ja toteutus:

- koordinaattorien ryhmä kokoontui 4–6 kertaa vuodessa
- yhteiset raportointi- ja itsearviointimenettelyt
- osaamisalueen teemat: 1) lehti- ja erikoispuukysymykset, 2) pien- ja harvennuspuukysymykset ja puutuoteteollisuuden sivutuotteet, 3) puumateriaaliteknikka (ml. puukemia ja -fysiikka)
  - järjestettiin asiantuntijaryhmien kokoontumisia kansallisille teema-alueittain muodostetuille yhteistyöryhmille
  - järjestettiin omia seminaarilaisuuksia ja tutustumisretkiä
  - organisoitiin puutuotealan yritysten ja t&k-toimijoiden yhteishankesuunnittelua
  - stimuloitiin alueellisten kehityshankkeiden ideointia (PuuOsken ja PuuSuomi-ohjelman yhteistyö)

Pirkanmaan puutuotealan toimenpideohjelma 2007–2008

- Maakunnan pk-puutuoteyritysten yhteistyö- ja t&k-verkoston rakentaminen
- Kurssitoiminnan käynnistäminen
- PuuSuomi-ohjelman maakunta-aktivaattorina

### 3. Ohjeet ja suositukset

Ei ole

### 4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät, muut)

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Mitä puusta? - Puunjalostuksen perusteet
- Pk-sektorin erityispiirteet puunkäyttäjänä ja erikoispuun käyttö
- Puumekaniikan perusteet
- Puun käyttöön perustuvat uudet tuotemahdollisuudet ja arvoketjut – resurssi- ja kysyntänäkymät
- Puun laadun osatekijät ja ominaisuuksien merkitys eri käyttötarkoituksissa
- Puun lujuuteen vaikuttavat tekijät
- Puun viskoelastinen käyttäytyminen
- Sahatavaran lujuuslajittelukurssi (Pirkanmaan pk-yrittäjille)
- Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusallalla

#### Oppi- ja käsikirjat:

Hakkila, P. & Verkasalo, E. 2009. Structure and properties of wood and woody biomass. Julkaisussa: Kellomäki, S. (ed.). Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2. Second Edition – Totally Updated. Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy. Ss. 133-215. Gummerus Oy, Jyväskylä.

PKM-ohjelman tutkijoiden opetus- ja koulutustehtävät ja osaamisen kehittämisen toimenpiteet (hankkeet yhteensä):

- Luennoitsijana yliopistoissa tai ammattikorkeakouluissa, 42 kpl
- Opinnäytetöiden ohjaajana, 20 kpl (väitöskirjat 7 kpl, pro gradut ja amk-päättötyöt 13 kpl)
- Opinnäytetöiden tarkastajana, 34 kpl (väitöskirjat 6 kpl, pro gradut 28 kpl)
- Tieteellisten julkaisusarjojen refereena, 22 kpl
- Muiden akateemisten lausuntojen antajana, 10 kpl
- Ohjelmien tai hankkeiden asiantuntija- ja ohjausryhmien jäsenenä, 51 kpl
- Tieteellisten seminaarien luennoitsijana, 129 kpl
- Ammatillisten seminaarien tai koulutustapahtumien luennoitsijana, 95 kpl
- Erilaisten posteresitysten pitäjänä, 79 kpl
- Ammatillisten lausuntojen antajana, 19 kpl
- Mediahaastattelujen antajana, 97 kpl
- Mediatiedotteiden laatijana, 23 kpl
- Tieteellisille ulkomaanmatkoille osallistujana, 99 kpl
- Ulkomaisten tieteellisten vieraiden isäntänä, 50 kpl
- Tieteelliset huomionosoitukset ja palkinnot, 4 kpl

## 5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut

PKM-ohjelman yhteisten seminaarien järjestäminen, sisältötuotanto ja dokumentit internetsivustoina (ks. luku 6) ja vuosina 2003–2008

- Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo.
- PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, Sibeliustalo, 4.10.2005.
- Puutiede tänään –seminaari, Joensuu, Metla-talo, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta -juhlaseminarisarja.
- Puun käytön kehittäminen ja uudet puutuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo 13.11.2008.

Ohjelman toimesta on lisäksi julkaistu Metlan puutieteen tieteenalan vuosina 2000–2001 järjestämien yhteisten seminaarien loppujulkaisut:

- Nurmi, J., Verkasalo, E. & Kokko, A. (toim.). 2002. Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861. 148 s.
- Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). 2002. Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855. 119 s.
- Saranpää, P. & Verkasalo, E. (toim.). 2002. Kuusen laatu ja arvo. Vuosina 1994–2001 toteutettujen tutkimusten loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 841. 138 s. + 2 liites.

## 6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut

- Puun käyttö- ja markkinamahdollisuudet – mitä uutta. Tutkimuspäivä 16.10.2003, Lahti, Sibeliustalo. Esitelmien abstraktit. <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm/tutkimuspv-2003>
- PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. PKM-ohjelman tutkimuspäivä nro 2, Lahti, 4.10.2005. Esitelmät. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2005/pkm-tutkimuspaiva>
- Puutiede tänään –seminaari, Joensuu, 23.05.2006. Metla Joensuu 25 vuotta –juhlaseminarisarja. Esitelmien tiivistelmät. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf>
- Puun käytön kehittäminen ja uudet puutuotemarkkinat – PKM-tutkimusohjelman loppuseminaari. Lahti, Sibeliustalo, 13.11.2008. Esitelmät ja abstraktit. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2008/pkm-loppuseminaari>
- PKM-ohjelman esite painettuna materiaalina ja sähköisessä muodossa Metlan sivustoilla (englanninkielinen).
- PKM-ohjelman esittelyposterit COST E44 –hankkeen seminaareissa (2004–2008) ja IUFRO:n konferensseissa (2005–2008).
- PKM-ohjelman verkkosivusto, <http://www.metla.fi/ohjelma/pkm>
- Puutuotealan osaamiskeskuksen verkkosivusto, <http://www.puuoske.com> – Puun käytön laaja-alaistamisen osuus.
- Hetemäki, L. & Verkasalo, E. 2006. Puunjalostuksen uudet tuotteet ja kehitys Suomessa. Julkaisussa: Hetemäki, L., Harstela, P., Hynynen, J., Ilvesniemi, H. & Uusivuori, J. (toim.). Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015. Katsaus Suomen metsäalan kehitykseen ja tulevaisuuden vaihtoehtoihin. Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 26: 199–213. [verkkodokumentti] [verkkodokumentti] <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp026.htm>

- Verkasalo, E. & Kärnä, J. 2007. Puun käytön laaja-alaistaminen. Julkaisussa: Paajanen, T., Patokoski, T. & Saarenmaa, L. (toim.). Tekemiseen tietämistä - tietämiseen tekemistä. Puutuotealan osaamiskeskuksen toimintakertomus 1999–2006. Ss. 37–44. Puutuotealan osaamiskeskus / Wood Focus Oy, Helsinki. [http://www.metla.fi/pp/EVer/julkaisut-en -> Verkasalo, E. & Kärnä, J. 2007. ... -> puuoske\\_loppuraportti\\_web-1.pdf](http://www.metla.fi/pp/EVer/julkaisut-en -> Verkasalo, E. & Kärnä, J. 2007. ... -> puuoske_loppuraportti_web-1.pdf)
- Hemery, G., Spiecker, H., Aldinger, E., Kerr, G., Collet, C. & Bell, S. 2008. Cost Action E42 Growing Valuable Broadleaved Tree Species. Final Report. October 2008. 40 s. [http://www.valbro.uni-freiburg.de/pdf/Cost\\_E42\\_Final\\_Report\\_2008.pdf](http://www.valbro.uni-freiburg.de/pdf/Cost_E42_Final_Report_2008.pdf) (Suomen osuus)
- Verkasalo, E., Usenius, A., Heikkilä, A., Ulvas, P., Kairi, M. & Paajanen, O. 2008. COST Action E44: Country Report of Finland. Julkaisussa: Van Acker, J. (toim.). A European Wood Processing Strategy: Country Reports. COST Action E44, June 2004–2008. Ss. 59–84. Ghent University, Belgium. <http://dfwm.ugent.be/woodlab/CostE44/docs/CountryReportsCOSTE44:compressed.pdf>
- Suomen metsäklusterin tutkimusstrategia– Maailman johtavana metsäklusterina vuoteen 2030. PowerPoint, 37 s. <http://www.forestplatform.org>. (Osuus valmistelussa)
- Puutuoteklusterin tutkimusstrategia. 2008. Metsäteollisuus ry. 24 s. <http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/puutuoteklusterintutkimusstrategia/Sivut/default.aspx> (Osuus valmistelussa)

## 7. Koneet ja laitteet

Ei ole

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat

- Enroth, R.-R. & Kärnä, J. 2004. Sidosryhmähaastattelut strategiatyön pohjaksi. Raportti Metlan esikunnalle. 11 s.
- Enroth, R.-R. & Verkasalo, E. 2004. Puutuotealan elinkeinopoliittinen ohjelma ja alan tutkimus Metsäntutkimuslaitoksessa (Metla). Muistio. 6 s. + liitteet 3 s. Metsäntutkimuslaitos, PKM-tutkimusohjelma.
- Jouhiahho, A. & Verkasalo, E. 2002. Potential Swedish research organisations for research collaboration with Finnish parties in the field of the wood material research of mechanical wood processing. Report to the the Finnish Ministry of Agriculture and Forestry (for the preparation of Finnish-Swedish Wood Material Science and Engineering Research Programme). Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre. Moniste. 37 s.
- Toivonen, J. 2008. Ympäristösuorituskyky rakentajien valintaperusteina ja mielikuvissa 2008. Tulokset Metsäntutkimuslaitoksen tilaamasta tutkimuksesta. Syyskuu 2008. Rakennustutkimus RTS Oy. 34 s.
- Verkasalo, E. & Matala, J. 2008. Ympäristösuorituskyky puutuote- ja rakennusalalla. Valmisteluhankkeen loppuraportti Joensuun Tiedepuisto Oy:lle, 9.5.2008. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö. 6 s.

**Huom!** Ks. myös sähköiset tallenteet (luku 6).

### **3353 Lehtipuun käytön monipuolistaminen + liitännäishankkeet**

#### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Empiiriset mittausaineistot päätehakkuu- ja harvennusikäisten raudus- ja hieskoivun metsiköiden ja runkojen sekä visakoivun teknisestä laadusta kasvupaikoittain (runkomuoto, järeytys, oksikkuus, pinta- ja sisävikaisuus, puuaineen tiheys, fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet).

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät, koivun kasvattajat ja käyttäjät, koivun käytön tuotekehittäjät
- Valmiusaste: aineistot ovat käyttövalmiita sähköisessä muodossa, järjestettävissä tietokannaksi

#### **2. Toimintamallit ja menettelytavat**

Tuotettu ja koostettu tietopohja ja laadittu ennustemallit järeän raudus- ja hieskoivun ominaisuuksista, laadusta ja myyntiarvosta eri kasvupaikoilla – valtakunnan ensimmäiset sahakoi-vututkimukset. Tietoa on sovellettu ja voidaan edelleen soveltaa koivusahojen ja vaneri- ja viiluteollisuuden puunhankinnan ohjauksessa ja koivuleimikoiden käytön suunnittelussa.

- Hyödynsaajat: koivua jalostava puutuoteollisuus ja koivunhankkijat, puuntuottajat
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiina ja viety ohjausryhmien ja PuuOsken kautta käytännön yritystoimintaan

Tuotettu ja jalkautettu kokonaan uusi tietopohja raudus- ja visakoivun pystykarsinnan menetelmistä ja taloudellisuudesta. Menetelmien suosituksia käytännön metsätalouteen on kehitetty ja muutettu tutkimustulosten perusteella.

- Hyödynsaajat: raudus- ja visakoivun kasvattajat metsätalouden edistämisorganisaatiot, metsäneuvonta- ja palveluorganisaatiot
- Valmiusaste: tulokset viety käytännön metsätalouteen ja vaneri-, viilu- ja sahatteollisuuden yritystoimintaan

Tuotettu kokonaan uusi konsepti perusteluineen koivun sahauksen ja pilketuotannon yhdistävästä liiketoiminnasta, sen mahdollisuuksista ja taloudellisuudesta ja harvennuskoivikoiden vaihtoehtoisista käyttökohteista.

- Hyödynsaajat: koivun sahaajat ja pilketuottajat, koivun hankkijat
- Valmiusaste: alustavat tulokset ovat käyttövalmiina, tarkempia analyyseja tarvitaan ennen liiketoiminnan käynnistämistä

Tuotettu tietopohja Venäjältä tuotavan koivuvaneritukin ja -sahatukin sekä koivutukista sorvattavan viilun laatuvaihteluista ja laadunhallinnasta puunhankinnassa.

- Hyödynsaajat: venäläistä koivua käyttävä vaneriteollisuus, vaneri- ja sahakoi-vun hankkijat
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiina ja viety vaneriteollisuuden yritystoimintaan

Tuotettu kokonaan uusi tietopohja harvennuskoivun laadusta pystyvuuna, tukkeina ja sahatavaran ja sahauksen hallinnasta lajittelulla ja asetteilla. Lisäksi on laadittu menettelytapa koivutukin läpimitan ja vaikutusten analysoimiseksi sahatavaran saantoon ja laatuun.

- Hyödynsaajat: harvennuskoivua jalostava puutuote- ja huonekaluteollisuus, puuntuottajat, metsäneuvonta- ja palveluorganisaatiot
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiina ja viety ohjausryhmän ja PuuOsken kautta saha- ja ahioteollisuuden ja sahakonevalmistajien yritystoimintaan

Rakennettu toimiva keskustelu-, innovointi- ja verkostoyhteys Metlan ja arviolta neljän koivua sahaavan ja jatkojalostavan pk-puutuoteyrityksen, kahden koivutukkaa käyttävän vaneriteollisuusyhtiön ja useiden metsäkeskusten ja metsänhoitoyhdistysten välille.

- Rakennettu toimiva yhteistyösuhde Metlan ja kirjakustantajan välille.

Suunniteltu uusi visakoivun siemenviljely Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiolle vuonna 2006 (hanke 7173). Tuottaa kaiken maassa tarvittavan jalostetun visasiemenen, joka nyt periytyviltä ominaisuuksiltaan entistä selvästi parempaa.

- Hyödynsaajat: visakoivun taimia kasvattavat taimiyhtiöt sekä visakoivun istuttajat ja kylväjät.
- Valmiusaste: käyttövalmis, alkoi tuottaa siementä vuonna 2009.

### 3. Ohjeet ja suositukset

Uudet raudus- ja visakoivun karsintaohjeet sekä välinesuositukset

- Hyödynsaajat: koivun kasvattajat, metsäneuvonta- ja palveluorganisaatiot
- Valmiusaste: tulokset otettu käyttöön

### 4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Järeän raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla
- Raudus- ja hieskoivun käyttö puutuotteiden valmistuksessa
- Visakoivun laatukasvatus
- Rauduskoivun laatukasvatus
- Koivun pystykarsinta ja sen kannattavuus
- Harvennusköivun laatu ja käyttömahdollisuudet
- Tuontikoivutukin laatuvaihtelut
- Koivun sahauksen ja pilketuotannon yhdistämisen mahdollisuudet
- Koivun tulevaisuus Itämeren alueella
- Processing and products of hardwood species

### Oppi- ja käsikirjat:

Kosonen, M. (toim.). Visakoivu – Curly birch. 2004, Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. Artikkelit:

1) Visakoivu on harvinaisuus. 2) Visakoivun levinneisyys, 3) Visan kasvatus (Hagqvist, R.)

Hagqvist, R. 2005. Visakoivun viljely ja kasvattaminen. Visaseura ry. Opaslehtinen. 8 s.

Hagqvist, R. & Mikkola, A. 2008. Visakoivun kasvatus ja käyttö. Metsäkustannus Oy.

Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. (toim.) 2008. Koivun kasvatus ja käyttö. Metsäkustannus Oy. 254 s.

## 5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut

Neuvontapalveluina on hankkeen aihepiiristä vastattu arviolta sataan kyselyyn medialta, metsänkasvattajilta, puunjalostajilta ja metsätalouden edistämisorganisaatioiden edustajilta. Hankkeita rahoittaneet ja niiden ohjausryhmissä toimineet organisaatiot ovat olleet erityisen aktiivisia neuvontapalveluiden asiakkaita. Tuloksia on esitelty myös useissa PuuOsken Puun käytön laaja-alaistaminen –teema-alueen lehti- ja erikoispuuseminaareissa vuosina 2002–2006, jotka on järjestetty hankkeessa 3352/7117. Annettu lisäksi suunnitteluapua t&k-partnereille ja yrityksille niiden omissa t&k -hankkeiden sisällön, yhteistyösuhteiden ja rahoituksen hankinnan valmisteluissa.

## 6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut

- Hankkeen esitelmät ja niiden abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008)
- Hankkeen esitelmät COST E42-hankkeen seminaareissa (Valbro 2006–2008) ja esitelmien ja postereiden abstraktit IUFRO:n konferensseissa (2005–2008)
- Järeän raudus- ja hieskoivun tutkimusten vuosi- ja loppuraportit Wood Wisdom –ohjelmassa (1998–2002)
- Venäläistä tuontikoivua ja suomalaista harvennuskoivua koskevien tulosten koosteet Idän metsätieto –sivustolla

## 7. Koneet ja laitteet

Harvennuskoivun sahausteknologian valmistajilla omia modifikaatioita sahauslaitteissa ja -periaatteissa pikkutukin sahaukseen ja sahapilkekonseptiin.

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat

Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2004. Lausunto Maa- ja metsätalousministeriön Kemera-työryhmälle: Pystykarsintatyön säilyttäminen Kemera-tuen piirissä. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, 25.3.2004. 2 s.

Heräjärvi, H. 2005. Lausunto Finnvera Oy:lle: Rahoituksen myöntäminen Tapio Ala-Soinille uudentyypisen visakoivuliimalevyn valmistamiseksi. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, 2.8.2005. 2 s.

Verkasalo, E. 2007. Lausunto COST-hankkeelle ”COST Action E42 Growing Valuable Broadleaved Tree Species – ValBro” raudus- ja hieskoivun laatukriteereistä, puutavaran ja puuaineen ominaisuuksista ja mahdollisuuksista vaikuttaa ominaisuuksiin metsänhoidolla. COST – ESF Action E 42 Growing Valuable Broadleaved Tree Species – ValBro; University of Freiburg, Institute for Forest Growth.

Drouin, M., Heräjärvi, H., Martinkauppi, B. & Luostarinen, K. 2008. Prevention of Plywood Darkening after the Hot Press. Company Report UPM. 34 s. Metla, InFotonics Center Joensuu & University of Joensuu, Faculty of Forestry. (Empiirinen yrityspalvelututkimus)

### **3354 Männyn laatutekijät puutuoteteollisuudessa + liitännäishankkeet**

#### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Empiiriset mittausaineistot suomalaisen ja ruotsalaisen männyn puuaineen ja puutuoteaihioiden morfologisista, fysikaalisista ja mekaanisista ominaisuuksista ja työstettävyyss- ja kestävyysominaisuuksista ja niiden vaihtelusta alueittain, rungoittain ja rungonositain (pituuden ja läpimitan suunnassa)

- Hyödynsaajat: mäntyä käyttävä puutuoteteollisuus (konserniyhtiöt ja pk-yritykset), tuote- ja teknologiakehittäjät, raaka-aineen hankinnan suunnittelijat ja toteuttajat, tutkimusryhmät, kone- ja laitevalmistajat (potentiaalisesti)
- Valmiusaste: aineistot ovat käyttövalmiita sähköisessä muodossa, järjestettävissä tietokannaksi (osin valmiina)
- Aineistoista laskettuja mallinnettuja tuloksia on hyödyntänyt omassa tuote- ja teknologiakehitystyössään ainakin kaksi suomalaista ja yksi ruotsalainen suuri puutuoteyritys.
- Aineistoja on tarjottu VTT:n johtamalle OPTIKESTO-hankkeelle ja käytetty VTT:n suomalaisten puutuoteyritysten ja suomalaisten ja ulkomaisten mittauslaittevalmistajien Combigrade-hankkeessa, laatu-koepuuaineistoja hyödynnetään leimikoiden hakkuukertymien ja arvon simulointiohjelmistojen runkopankissa (ARVO- ja Prehas -ohjelmistot).

Empiiriset mittausaineistot suomalaisen harvennuskönnön puuaineen ja puutuoteaihioiden morfologisista, fysikaalisista ja mekaanisista ominaisuuksista ja työstettävyyss- ja kestävyysominaisuuksista ja niiden vaihtelusta alueittain, rungoittain ja rungonosittain (pituuden ja läpimitan suunnassa)

- Hyödynsaajat: könnön normaali- ja pikkutukkia käyttävä puutuoteteollisuus, tuote- ja teknologiakehittäjät, raaka-aineen hankinnan suunnittelijat ja toteuttajat, kone- ja laitevalmistajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: aineistot ovat käyttövalmiita sähköisessä muodossa, järjestettävissä tietokannaksi (osin valmiina)
- Aineistoista laskettuja tuloksia on hyödyntänyt omassa tuotekehitystyössään ainakin kaksi suomalaista puutuoteyritystä.

Empiiriset mittausaineistot suomalaisesta ja venäläisestä kuusi- ja mäntytukista ja Pohjois-Suomen kuusitukista saatavan sahatavaran visuaalisista ja mekaanisista ominaisuuksista ja laatu- ja laatuominaisuuksista eri lajittelukäytäntöjen mukaan

- Hyödynsaajat: puutuoteteollisuus, höylätavaran, vaativien rakennustuotteiden ja rakennuspuutuotteiden valmistajat, raaka-aineen hankinnan suunnittelijat ja toteuttajat, kone- ja laitevalmistajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: aineistot ovat käyttövalmiita sähköisessä muodossa, järjestettävissä tietokannaksi (osin valmiina) – venäläistä sahatavaraa koskevan aineiston yleistettävyydessä riskejä; Suomi-Venäjä aineisto on yhteinen Metlalle ja VTT:lle
- Metlan aineistoista laskettuja tuloksia on hyödyntänyt omassa tuotekehitystyössään ainakin neljä suomalaista puutuoteyritystä.



Rakennettu entistä parempi laskentaketju normaali- ja erikoispuutavaralajien hakkuumahdollisuuksien alueellisiin skenaariotarkasteluihin metsiköiden ja runkojen laatu ja loppukäyttötarpeet huomioon ottaen (metsäinventoinnin, kasvu- ja tuotostutkimuksen ja puutieteen tutkijoiden yhteistyönä).

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät, metsäsektorin strategiasuunnittelijat, puutuoteteollisuuden ja puunhankinnan strategiasuunnittelijat, puuntuottajajärjestöt ja Metsähallitus
- Valmiusaste: välittömästi käyttövalmiina, soveltaminen vaatii räätälöintiä käyttötarkoituksen mukaan

## 2. Toimintamallit ja menettelytavat

### Päättehakkuumänty tutkimukset

Tuotettu, koostettu ja jalkautettu uusi ja olemassa ollut tietopohja mäntyraaka-aineen ja tuotteiden laatukilpailukyvyistä muihin puulajeihin ja kilpaileviin materiaaleihin verrattuna

Tuotettu uutta tietoa tuote- ja teknologiainnointiin: raaka-aineominaisuuksista lähtökohtia uusille ja parannusta perinteisille mänty tuotteille ja niiden käyttökohteiden laajentamiselle puurakentamisessa, sisustamisessa ja pihaympäristörakenteissa.

Tuotettu uutta tietoa tuote- ja teknologiakehitykseen ja puutuotteiden markkinointiviestintään (puuteknologisten faktatietojen ja asiakasryhmäkohtaisten valintakriteerien synteesi). Otettu hyötykäyttöön Metlan NPP-DSP hankkeessa rakennettavan mäntyargumentointisivuston pohjaksi: Pohjoinen mänty – moniläyhtäinen ja laadukas; Scots pine – Excellence and Image (internet-sivusto, julkistettu keväällä 2010)

Rakennettu toimiva keskustelu-, innovointi- ja verkostoyhteys tutkijoiden ja puutuoteyritysten välillä, neljä tilattua jatkotyötä.

Rakennettu toimiva keskustelu-, innovointi- ja verkostoyhteys Metlan ja kolmen maakunnan puutuotealan julkiskehittäjien välille (Koillismaa-Lappi, Keski-Suomi, Pohjois-Karjala): mm. maakunnallisten puutuotesektorien strategiatyö ja kohdennettu tiedonsiirtohanke mänty tutkimusten tulosten jalkauttamiseen tukemaan saha- jatkojalostusyritysten ja hirsitalo- ja puuelementtitaloteollisuuden markkinointiviestintää ja tuote- ja teknologiakehitystä.

Nordic pine –eksperttiryhmä – kehittämistyön työskentelytapa (Living Lab)

- SPWT-konsortion tutkimusaiheiden priorisointi ja fokusointi ja tulosten hyödyntämistarpeiden ja -mahdollisuuksien ennakointi
- perus- ja jatkojalostajien ja tutkimuksen asiantuntijoiden yhteinen keskustelu- ja ideointifoorumi
- tulosten informoiminen mäntyteollisuuden, puutavarakaupan portaiden ja suunnittelu- ja arkkitehtikunnan toimijoille
- jatkotutkimusten ja kehityshankkeiden priorisointi ja luonnostelu julkisiin ohjelmiin ja yritysryhmien omiin kehitys- ja investointihankkeisiin
- Nordic pine SWOT-analyysi (tutkijaryhmän toimesta)

- Hyödynsaajat: mäntyä käyttävä puutuoteteollisuus (konserniyhtiöt ja pk-yritykset), tuote- ja teknologiakehittäjät, raaka-aineen hankinnan suunnittelijat ja toteuttajat, tutkimusryhmät (PUU-ohjelman hankkeen 3501 esitutkimuksiin ja osallistujien jatkotutkimuksiin), kone- ja laitevalmistajat (potentiaalisesti)
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiina viety ohjausryhmien ja kahdenvälisen yhteistyösuhteiden kautta osittain käytännön yritystoimintaan ja levitetty julkisissa seminaareissa ja kehtiystilaisuuksissa; t&k-yhteistyöverkostot valmiina perustuoteyritysten ja osin rahoittajien kanssa vaativat edelleen kehittelyä jatkojalostajien ja muiden t&k-ryhmien kanssa, verkoston laajentaminen ja toiminnan konkretisoituminen.

### Harvennusmäntyutkimukset

Tuotettu kokonaan uusi tietopohja mäntyharvennuspuun raaka-aineominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista ja vaihtoehtolaskelmia harvennusmännyn mekaanisen jalostuksen kannattavuudesta, laatuajakaumasta, saannosta ja arvosaannosta ja optimaalisista sahaustavoista ja lopputuotteista investointipäätöksiä ja tuotesuunnittelua varten

- Hyödynsaajat: männyn normaali- ja pikkutukkia käyttävä puutuoteteollisuus, ml. rakennus- ja puusepäntalan jatkojalostajat (erityisesti pk-yritykset), tuote- ja teknologiakehittäjät ja raaka-aineen hankinnan suunnittelijat ja toteuttajat, kone- ja laitevalmistajat tutkimusryhmät
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiita ja jalkautettu ohjausryhmien, PuuOsken ja kahdenvälisen yrityssuhteiden kautta ja niitä on levitetty käytäntöön julkisissa seminaareissa ja kehitystilaisuuksissa
- Tutkimuksissa mukana olleet pk-puutuoteyritykset käyttävät tuloksia omassa normaali- ja pikkutukin käytön strategisessa suunnittelussa ja pystyyn ostettavien leimikoiden valinnassa.
- Yritysten julkisista investointituista päättävät organisaatiot käyttävät tuloksia kehitys- ja investointitukihakemusten käsittelyn tukena.
- Jatkotutkimus kahden pk-puutuoteyrityksen kanssa harvennusten havupikkutukkiin perustuvien liimattujen rakennetuotteiden ja piha- ja ympäristörakentamisen tuotteiden ominaisuuksista.

Tuotettu kokonaan uusi tietopohja harvennusmäntyleimikoiden korjuusta ja kantora- haodotuksista sahapuuhun tähdättäessä: hakkuukertymät, puutavaralajit, apteraus, kustannukset, tehdashinta.

- Hyödynsaajat: puunhankkijat (erityisesti pk-yritykset, palveluyritykset, Metsähallitus), metsäteknologiateollisuus, puuntuottajat, metsäneuvonta- ja palveluorganisaatiot, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiita ja jalkautettu ohjausryhmien, metsäkeskusten ja kahdenvälisen yrityssuhteiden kautta ja niitä on levitetty käytäntöön julkisissa seminaareissa ja kehitystilaisuuksissa

Tuotettu ennakkotieto pikkutukkien ja metsäenergian yhdistävän puunhankinnan mahdollisuuksista ja taloudellisuudesta harvennusmäntyleimikoissa.

- Hyödynsaajat: männyn sahaajat ja metsäenergiapuun käyttäjät, pk-yrityksen hankintaorganisaatiot ja palveluyritykset
- Valmiusaste: alustavat tulokset ovat käyttövalmiina, toimintamallia on kokeiltu alueellisesti, hankintaolosuhteisiin sovellettuja analyysejä tarvitaan ennen varsinaisen liiketoiminnan käynnistämistä

Rakennettu toimiva keskustelu-, innovointi- ja verkostoyhteys Metlan ja kuuden normaali- ja pikkutukkaa käyttävän pk-puutuoteyrityksen välille, jatkotutkimuksia ja tilaustöitä (ks. myös 3355).

### **Pohjois-Suomen tutkimukset**

Tuotettu uskottavat ja aikaisempia monipuolisemmat skenaariot mänty- ja kuusisahapuun saatavuudesta vaihtoehtoisilla puutavarajaeilla ja laajennetuilla puutavaralajimääritteillä ja puustojen alueellisiin ominaisuuksiin soveltaen Pohjois-Suomen eri osa-alueille – nykytila ja 20 vuoden perspektiivi.

Tuotettu kokonaan uusi tietopohja pohjoisen kuusen soveltuvuudesta rakennustuotteisiin (lujuus, jäykkyys, stabiliteetti) ja rakennuspuusepäntuotteisiin (visuaalinen laatu, työstettävyys, mitta- ja muotopysyvyys) ja varmennettua tietopohja pohjoisen männyn soveltuvuudesta jatkojalostukseen (ks. myös päätehakkuumäntytutkimukset).

- Hyödynsaajat: metsäsektorin strategiasuunnittelijat, puutuoteteollisuuden ja puunhankinnan strategiasuunnittelijat, tutkimusryhmät, Koillismaan ja Lounais-Lapin kuusiteollisuus, puuntuottajajärjestöt ja Metsähallitus, metsäneuvonta- ja palveluorganisaatiot
- Valmiusaste: välittömästi käyttövalmiina, soveltaminen vaatii räätälöintiä käyttötarkoituksen mukaan

### **Venäläisen ja suomalaisen sahatavaran tutkimukset**

Tuotettu uutta tietoa venäläisen kuusen ja männyn teknisestä toimivuudesta, markkinointavuudesta ja sopivista lopputuoteryhmistä lujuuslajiteltavan ja visuaalisesti lajiteltavan sahatavaran tuottajille ja sahatavaran jatkojalostajille.

Tuotettu uutta tietoa venäläisestä puusta valmistetun sahatavaran vastaavuudesta kaupallisten laatustandardien kanssa ja eri lajittelumenettelyjen taloudellisesta tuotosta.

Tuotettu uutta tietoa Itämeren altaan tukkipuun hankkijoille osa-alueiden kuusi- ja mäntytukeista saatavan sahatavaran eroista (tutkittu tarkasti mallinnusmenetelmin).

- Hyödynsaajat: venäläistä mäntyä ja kuusta käyttävä saha- ja jatkojalostusteollisuus, puuntuontioorganisaatiot, tutkijaryhmä (esim. PUU-ohjelman hankkeen 3501 esitutkimuksiin)
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiina ja jalkautettu teollisuuden käyttöön

### 3. Ohjeet ja suositukset

Tulokset ja soveltamiskelpoinen ohje harvennismäntyleimikoiden valintaan ja käyttöarvon arviointiin puutuoteyritystren kannalta ja yrityskohtaiset analyysit harvennismännyn tuotelähtöisen sahauksen kannattavuuden edellytyksistä (Metlan ja VTT:n yhteistyönä).

Ohjeet ja suositukset Pohjois-Suomen kuusen ja männyn oikeiksi käyttökohteiksi eri osaluveilta hankittuna paikallisille puutuoteyrityksille ja puunhankkijoille (rakennustuotteet/rakennuspuuspäntuotteet/lajittelut).

Ohjeet ja suositukset suomalaisesta ja venäläisestä kuusesta ja männystä sahatun tavaran ohjaamiseen lujuslajitteluun tai visuaaliseen laatulajitteluun ja eri tuoteryhmiin (luonnos).

### 4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Puun laatu kangas- ja suometsissä, tuotteet ja laadun merkitys eri käyttötarkoituksissa
- Puun rakenne, ominaisuudet ja soveltuvuus teollisiin käyttötarkoituksiin
- Harvennismännikäiden ja puutavaran vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet ja tuotteet
- Mäntypienpuun raaka-aine ja käyttömahdollisuudet puutuoteteollisuudessa
- Mäntypikkutukin sahaus ja jatkojalostus
- Saha- ja energiapuun hankinnan yhdistäminen harvennismänniköissä
- Männyn vahvuudet ja käyttökohteet puutuotealalla
- Suomalaisen kuusen vahvuudet ja näkymät puutuotealalla ja pohjoisen kuusen kilpailuasema
- Suomen ja Keski-Euroopan männyn ja kuusen laatuero ja käyttömahdollisuudet puutuotealalla
- Suomen ja Venäjän puutavaran laatuero ja käyttömahdollisuudet puutuotealalla

### 5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut

- SPWT-konsortion loppuseminaarit (Nordic pine). Uppsala 7.12.2006 ja Lahti 3.5.2007
- Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta –hankkeen loppuseminaari, Rovaniemi, 27.4.2006
- Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuotealalla. Kutsuseminaari, Kemi, 15.4.2009 (PKM-ohjelman päättymisen jälkeen)
- Tuloksia on esitelty myös useissa PuuOsken Puun käytön laaja-alaistaminen –teema-alueen harvennus- ja pienpuuseminaareissa vuosina 2002–2006, jotka on järjestetty hankkeen 3352/7117 ja ao. tutkimushankkeiden yhteistyönä. PuuOsken kautta on tarjottu myös yhteishankkeiden suunnitteluapua t&k-partnereille ja yrityksille.

Neuvontapalveluina on hankkeen aihepiiristä vastattu 150–200 kyselyyn medialta, metsänkasvattajilta, puunjalostajilta ja metsätalouden edistämisen organisaatioiden edustajilta. Hankkeita rahoittaneet ja niiden ohjausryhmissä toimineet organisaatiot ovat olleet erityisen aktiivisia neuvontapalveluiden asiakkaita. Lisäksi hankkeiden tuloksia on esitelty erillisestä kutsusta puutuotealan valtakunnallisille ja alueellisille kehittäjäryhmille ja puutuoteyrityksille noin 20 kokouksessa.

## 6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut

- SPWT-konsortion loppuseminaarit (Nordic pine). Uppsala 7.12.2006 ja Lahti 3.5.2007: esitelmät ja abstraktit
- Raaka-ainetta pohjoisesta havupuusta –hankkeen loppuseminaari, Rovaniemi, 27.4.2006: esitelmät ja abstraktit
- Pohjois-Suomen kuusen käyttömahdollisuudet ja saatavuus puutuotealalla. Kutsuseminaari, Kemi, 15.4.2009 (PKM-ohjelman päättymisen jälkeen): abstraktit
- Hankkeen esitelmät ja niiden abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008)
- Hankkeen esitelmät ja posterit COST E44–hankkeen seminaareissa (2004–2008) ja esitelmien ja postereiden abstraktit IUFRO:n konferensseissa (2005–2008)
- SPWT-konsortion esitelmät, posterit ja niiden abstraktit Wood Material Science and Engineering –ohjelman avausseminaarissa 2004 ja loppuseminaarissa 2007
- SPWT-konsortion ja Harvennumännyn hankinnan sahauksen kehittäminen –hankkeen vuosi- ja loppuraportit Wood Material Science and Engineering Research Programme –ohjelmassa ja Wood Wisdom –ohjelmassa
- Venäjäläistä ja suomalaista kuusisahatavaraa ja tukkeja koskevien tulosten kooste Idän metsätieto –sivustolla

## 7. Koneet ja laitteet

Sahaus-, kuivaus- ja lajitteluteknologian valmistajilla omia teknologia ratkaisuja pikku-tukin teolliseen jalostamiseen.

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot ja laskelmat

- Verkasalo, E. 2002. Ag Kronenholz Oy:n ja Varsipuu ry.:n pyytämä lausunto liitettäväksi yrityksen rahoitushakemukseen. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, 11.12.2002. 5 s.
- Verkasalo, E. 2002. Ekopine Oyn pyytämä lausunto liitettäväksi yrityksen rahoitushakemuksen täydennykseen. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. 26.8.2002. 5 s.
- Verkasalo, E. 2003. Suomessa kasvatetun kontortamännyn soveltuvuus teollisiin käyttötarkoituksiin Lausunto UPM-Kymmene Metsälle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. 25.08.2003. 3 s.
- Stöd, R. & Verkasalo, E. 2005. Harvennumännystä saatavan sahatavaran lujuus. Isojoen Saha Oy:n tuottama sahatavara. Empiiriseen tutkimukseen perustuva asiantuntijalausunto. Strength and stiffness of sawn timber for Scots pine from commercial thinnings. Sawn timber produced by Isojoen Saha Ltd., Finland. Study report and expert statement Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre. 24.1.2005. 21 s. / 22 p.
- Grekin, M. 2006. Comparison of selected physical and mechanical properties of European spruce (*Picea abies*) and selected North American spruce species. Expert statement to CEI-Bois, Brussels, Belgium. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre. 2 s.
- Grekin, M. 2006. Ylä-Lapin puuaineen ominaisuudet. Raportti Lapin Puuohjelmalle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. PowerPoint, 30 s.
- Verkasalo, E. 2006. Specific gravity (weight density) of sawn timber of Scots pine at the sawmill of Oy Shinshowa Finland Ltd. Expert statement to Oy Shinshowa Finland Ltd. 2 February, 2006. 4 s.
- Verkasalo, E. 2006. Specific gravity (weight density) of structural softwood timber manufactured in Finland. Expert statement to Puuinfo Oy. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre, 20 February, 2006. 6 s.

- Verkasalo, E. 2008. Ylä-Lapin männyn kilpailukykyiset ominaisuudet sahatavarassa ja jatkojalosteissa. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö. Asiantuntijalausunto Ivalon Arktinen Yhteispuu Oy:lle ja Ylä-Lapin metsänhoitoyhdistykselle, 18.8.2008. 4 s.
- Verkasalo, E. & Grekin, M. 2008. Properties of Scots pine wood from five regions in Finland and Sweden for window products. Lausunto Metsäteollisuus ry:lle ja Tanskan ikkuteollisuusyhdistykselle (DVC), 5.12.2008. 2 s. + PowerPoint-esitys, 61 s.
- Wall, T. & Fröblom, J. 2001. Harvennumännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen –hanke. Erityisraportit ja laskelmat hankkeen pk-sahayrityksille, 5 kpl. (Toimitettu PKM-ohjelman valmisteluvaiheissa).

## **3355 Mekaanisen puunjalostuksen uudet jatkojalosteet + liitännäishankkeet**

### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Empiiriset mittausaineistot päätehakkuikäisten metsä- ja hybridihaapojen teknisestä laadusta kasvupaikoittain (runkomuoto, järeys, oksikkuus, pinta- ja sisävikaisuus, puuaineen tiheys sekä eräät fysikaaliset, mekaaniset ja työstötekniset ominaisuudet, ml. lämpö- ja puristusmodifointi)

- Hyödynsaajat: tutkijat, haavan kasvattajat ja haapapuun käyttäjät, kone- ja laitevalmistajat
- Valmiusaste: aineistot ovat käyttövalmiita sähköisessä muodossa, tulokset viety ohjausryhmän kautta puutuoteyrityksille ja kahdelle kone- ja laitevalmistajalle

Läpisaheiden teknisten vikojen ja laadun manuaalinen mittausmenetelmä

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät
- Valmiusaste: käyttövalmis

### **2. Toimintamallit ja menettelytavat**

Tuotettu kokonaan uusi tietopohja metsä- ja hybridihaavan laatukasvatuksesta, puutavaran ja puutuotteiden laadusta, modifoinnista ja käytön mahdollisuuksista.

- Hyödynsaajat: haavan kasvattajat, metsäneuvonta- ja palveluorganisaatiot, puutuoteyritykset, puutuoteteknologiayritykset
- Valmiusaste: käyttövalmiita tuloksia, tulokset viety ohjausryhmän kautta puutuoteyrityksille ja kahdelle kone- ja laitevalmistajalle

Tuotettu uutta tietoa mänty- ja koivupienpuun ominaisuuksista ja teknistaloudellisista käyttömahdollisuuksista suurlastuista liimattavien palkkimaisten rakennepuutuotteiden kannalta.

- Hyödynsaajat: rakennepuutuotteiden valmistusta suunnittelevat yritykset, puutuoteteknologiayritykset
- Valmiusaste: esitutkimustulokset käyttövalmiina, tuloksista informoitu tutkimuksen laajapohjaista johtoryhmää (Tekes-hanke)

Tuotettu uutta tietoa kuudesta eri tavoin valmistettävien pienidimensioisten puuliimapalkkien lujuudesta ja jäykkydestä.

- Hyödynsaajat: pienidimensioisia liimapuupalkkeja valmistavat tai valmistusta suunnittelevat yritykset, puutuoteteknologiayritykset
- Valmiusaste: esitutkimustulokset käyttövalmiina

### **3. Ohjeet ja suositukset**

Suosituksien hybridihaavan kiertoajoina tähdättäessä laatupuun tuotantoon.

- Hyödynsaajat: haavan kasvattajat ja puun käyttäjät, metsäneuvonta ja palveluorganisaatiot
- Valmiusaste: tulokset käyttövalmiina

### **4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)**

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Mänty- ja koivupienpuun käyttömahdollisuudet lastuista liimattavissa rakennepuutuotteissa (EWP)
- Lastuista liimattavien rakennepuutuotteiden fysikaaliset ominaisuudet
- Mänty- ja koivupienpuun alueelliset raaka-ainepotentiaalit rakennepuutuotteiden valmistuksessa
- Metsä- ja hybridihaapatukkien, puuaineen ja puutuotteiden laatu
- Haapapuun modifointi ja sormijatkaminen
- Haapapuun lahonkesto ruskolahottajia vastaan

### **5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut**

Neuvontapalveluina on hankkeen aihepiiristä vastattu arviolta 50 kyselyyn medialta, metsänkasvattajilta, puunjalostajilta ja metsätalouden edistämisorganisaatioiden edustajilta. Hankkeita rahoittaneet ja niiden ohjausryhmissä toimineet organisaatiot ovat olleet erityisen aktiivisia neuvontapalveluiden asiakkaita.

Tuloksia on esitelty myös useissa PuuOsken Puun käytön laaja-alaistaminen –teema-alueen lehti- ja erikoispuuseminaareissa ja harvennus- ja pienpuuseminaareissa vuosina 2002–2006 (ks. myös 3353 ja 3354)

### **6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut**

- Hankkeen esitelmät ja niiden abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008)
- Hankkeen esitelmät ja posterit COST E44-hankkeen seminaareissa (2004–2008) ja esitelmien ja postereiden abstraktit IUFRO:n konferensseissa (2005–2008)

## 7. Koneet ja laitteet

Menetelmä ja laite suurlastujen sirotteluun levyaihioksi – tutkimusversio (Kymen ammattikorkeakoulu). Sahatavaran kuivaus- ja puristuskäsittelyteknologian valmistajille omia modifikaatioita ja kaavoja haavan teolliseen jalostamiseen.

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat

Verkasalo, E. & Erni, M. 2002. NDT-mittausmenetelmät ja niiden soveltuvuus puutuotteiden ominaisuuksien mittaukseen. Yhteenveto Stora Enso Timber Oy Ltd.:lle. 13.1.2002. 6 s.

Heräjärvi, H., Riekkinen, M. & Stöd, R. 2.8.2005. Lausunto LATE-Rakenteet Oy:lle: Characterisation of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree and wood material. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, 20.8.2005. 4 s.

## **3356 Puun kilpailuetujen hyödyntäminen puutuotteidemme markkinoilla**

### 1. Tietokannat ja ohjelmistot

Ei ole

### 2. Toimintamallit ja –menettelytavat

Ei ole

### 3. Ohjeet ja suositukset

Ei ole

### 4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Kuluttajakäyttäytyminen ja metsäteollisuuden vihreät markkinat luentosarja ja harjoitukset
- Resurssilähtöiset konseptit puutuotetoimialalla
- Puun käyttöön perustuvat uudet arvoketjut



## 5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut

Joint workshop between State Forestry Administration & Metsäliitto Group, Beijing, China, 20.3.2006. Noin 15 osanottajaa Kiinan metsä- ja teollisuushallinnosta ja Metsäliitto-yhtymästä. Viisi esitelmää (Enroth, R.-R.).

Puutuotteiden kilpailukyky ja markkinat. Tilaisuus puutuotteiden kaupan tutkimukseen tutustuneelle ranskalaiselle tutkijadelegaatiolle Metlan vieraana, Vantaa, 23.10.2006. Noin 15 osanottajaa. Esitelmä (Enroth, R.-R.).

## 6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut

- Hankkeen esitelmät ja niiden abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008).

## 7. Koneet ja laitteet

Ei ole

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat

Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2006. Asiakasrakenteen muutos. Julkaisussa: Suomen puutuoteteollisuus 2020. Skenaario- ja strategiatyön loppuraportti. 2006. Metsäteollisuus ry. Ss. 16, 33–35.

Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2006. Puun saatavuuden turvaaminen ja metsäalan osaaminen Suomessa. Asiantuntijanäkemyksiä kehittämistarpeista ja vaikuttamiskeinoista. Metsäalan tulevaisuusfoorumi, Joensuun yliopisto. 42 s. (Erillisselvitys Joensuun yliopiston koordinoimalle Metsäalan tulevaisuusfoorumille).

Kokko, K., Toivonen, R., Pelkonen, P., Mäki-Hakola, M., Letto-Vanamo, P., Enroth, R.-R., Ojanen, T. & Tahvanainen, L. 2006. EU competences in forestry policy. Ministry of Agriculture and Forestry 6/2006. 27 s.

Hänninen, R., Toppinen, A., Verkasalo, E., Ollonqvist, P., Rimmler, T., Enroth, R.-R. & Toivonen, R. 2007. Puutuoteteollisuuden tulevaisuus ja puurakentamisen mahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja 49. 55 s. (Jatkoselvitys Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015, katsaus Suomen metsäalan kehitykseen ja tulevaisuuden vaihtoehtoihin –selvitysprojektiin laaditun osion pohjalta).

Niemi, M. 2007. Puun kilpailukyky rakennusmateriaalina. Erillisselvitys STARKKI-rakennustarvikeliikkeille. 20 s. (STARKIN markkinoinnin kehittämistä varten).

Valtonen, K. 2007. Puutuotteiden kilpailukyky Suomen kuluttajamarkkinoilla. Erillisselvitys Puuinfo Oy:lle. 11 s. (Tulosmateriaalia tiedotteita ja täsmäesitelmiä varten).

## **3357 Leimikon arvonmuodostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa + liitännäishankkeet**

### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Laajoihin empiirisiin mittausaineistoihin perustuva runkojen dimensioiden ja laadun tietokanta Etelä- ja Keski-Suomen mänty- ja kuusivaltaisista päätehakkuiden ja myöhempien harvennusten leimikoista

- Hyödynsaajat: Metlan jatkohankkeet, muut tutkimusryhmät, raaka-aineen hankinnan ja puukaupan suunnittelijat ja toteuttajat
- Valmiusaste: käyttövalmis, otettu hyötykäyttöön Metlan NPP-DSP hankkeen leimikoiden saantosimulaattoriohjelmistoihin (ARVO, Prehas) -internetissä vapaasti ladattavissa

Puustojen empiirisiin dimensioiden ja laadun perustietoihin sekä erilaisten kasvu- ja tuotosopillisten ja puutieteellisten ennustemallien ja taloudellisten laskentamenetelmien käyttöön perustuva ohjelmistoketju metsiköiden laatuksatuksen vaikutuksista metsikötason hakkuukertymiin ja arvonmuodostukseen ja aluetason puuraaka-aineen määrälliseen ja laadulliseen tarjontaan

- Hyödynsaajat metsäalan suunnittelu- ja neuvontaorganisaatiot ja päättäjät, puunhankkijat, ammattimaiset puuntuottajat ja metsänhoitoyhdistykset
- Valmiusaste käytettävissä välittömästi, sovellettu pilot-menettelynä pohjoisessa Keski-Suomessa.

### **2. Toimintamallit ja –menettelytavat**

Normaali- ja erikoispuutavaralajien hakkuukertymien ennustemallit männylle ja kuuselle

- Hyödynsaajat: ammattimaiset metsänomistajat ja metsänhoitoyhdistykset sekä erikokoiset puun ostajat (potentiaalisesti), mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät
- Mallit jäivät kuitenkin liian monimutkaisiksi, hyödynnettävissä jatkotutkimuksissa, hyödynnettävyys käytännön sovelluksissa kyseenalainen.
- Valmiusaste: käyttövalmiita

Metsiköiden runkotilavuuden ennustaminen laserkeilaimella

- Hyödynsaajat: puunhankintaorganisaatiot, mittalaittevalmentajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: vaatii laserkeilaintekniikan kehittymistä, käyttökelpoinen 3–5 vuodessa

Metsiköiden latvusrajatiedon ennustaminen laserkeilaimella

- Hyödynsaajat: puunhankintaorganisaatiot, mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: vaatii laserkeilaintekniikan kehittymistä, käyttökelpoinen 5–10 vuodessa

Leimikoiden hakkuukertymien ja läpimitta-pituusjakaumien ennustaminen runkopankin ja laserkeilaimen avulla

- Hyödynsaajat: puunhankintaorganisaatiot, mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: vaatii laserkeilaintekniikan kehittymistä, käyttökelpoinen 5–10 vuodessa

Runkohtaisten laatutunnusten ennustaminen laserkeilaimella

- Hyödynsaajat: puunhankintaorganisaatiot, mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät
- Esitutkimus, vaatii lisätutkimusta ja laserkeilaintekniikan kehittymistä, käyttökelpoinen 5–10 vuodessa

Metsiköiden tukkikertymien ennustaminen laserkeilaimella

- Tulokset jäivät tavoitelluista, ei hyödynnettävissä

Puulajeittaisen läpimitta-pituusjakauman ja tukkiprosentin ennustaminen laserkeilaimella

- Tulokset jäivät tavoitelluista, ei hyödynnettävissä

### 3. Ohjeet ja suositukset

Laatupuun kasvatussuositukset Keski-Suomeen

- Hyödynsaajat: metsänomistajat, metsäneuvonta- ja palveluorgasaatiot puuta käyttävä teollisuus
- Valmiusaste: käyttökelpoisia välittömästi, voidaan soveltaa potentiaalisesti myös muissa maakunnissa ja valtakunnan tasolla

### 4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Puun asiakaslähtöinen laatukasvatus -ketjut, kannattavuus ja arvopuun kysyntä
- Raakapuun hinnoittelumenetelmät
- Runkojen tietokoneavusteinen katkonta – Computer aided bucking of timber

Demo-koealojen sarjat kolmen metsäalan oppilaitoksen mailla, runkojen katkontatavoitteiden vaikutukset hakkuukertymiin ja leimikoiden myynti- ja käyttöarvoon (päätehakkuvaiheen metsiköitä joille tehty vaihtoehtotarkastelut laskelmiseen)

- Hyödynsaajat metsä- ja puualan oppilaitokset, metsäkeskukset opetus- ja kurssi-toiminnan järjestämisessä
- Valmiusaste: käyttövalmiita

Laatupuun kasvatuksen esimerkkikoealasarjat: 8 koealasarjaa, 20 koealaa. Laatupuun kasvatuksen demonstrointi todellisin käsittelyin ja simulointilaskelmin.

- Hyödynsaajat: Metsäkeskus Keski-Suomen koulutuksen kautta metsäalan ammatillaiset ja metsänomistajat
- Valmiusaste: käyttövalmiita

## 5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut

- Keski-Suomen laatupuuhankkeen asiantuntijaryhmäkokoukset ja loppuseminaari, Karstula, 13.2.2008.
- Leimikon arvonmuodostuksen neuvontapalvelut kahdelle puutuote yritykselle, kahdelle suurelle metsänhoitoyhdistykselle ja yhdelle metsäkeskukselle.
- Tuloksia on esitelty erillisestä kutsusta puutuotealan valtakunnallisille ja alueellisisille kehittäjäryhmille, puutuote yrityksille ja puuntuottajien järjestöille 10–15 kokouksessa.

## 6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut

- Hankkeen esitelmät ja abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008)
- Hankkeen esitelmät ja posterit COST E44 –hankkeen seminaareissa (2004–2008) ja esitelmien ja postereiden abstraktit IUFRO:n konferensseissa (2005–2008)
- VACHA-konsortion esitelmät, posterit ja niiden abstraktit Wood Material Science and Engineering Reseach Programme –ohjelman avausseminaarissa 2004 ja loppuseminaarissa 2007
- Keski-Suomen laatupuuhankkeen loppuseminaarin esitelmät (2008)
- Laatupuun asiakaslähtöisen kasvatuksen koulutusmateriaalit Keski-Suomen, Lounais-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten sivustoilla (2008–2009)

## 7. Koneet ja laitteet

Ei ole.

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat

Laskelmat puuston ominaisuuksien ja katkontatavoitteiden vaikutuksesta leimikon arvonmuodostukseen sekä puun myyjän että puun käyttäjän arvosaannon kannalta.

- Hyödynsaajat: metsänomistajat, puuta käyttävä teollisuus
- Valmiusaste: käyttövalmiita

Tukkivähennysmallien toiminnan testaaminen apteeraussimulaattorilla ja laatuaineistolla

- Hyödynsaajat metsäsuunnittelun ja metsäteknologian tutkijat
- Valmiusaste: käyttövalmiita.

Laskelmat laatupuun tuottamisen strategisista vaihtoehdoista pohjoisessa Keski-Suomessa

- Hyödynsaajat: Metsäkeskus Keski-Suomi, puutuote yritykset, puuntuottajajärjestöt
- Valmiusaste: käytettävissä välittömästi

Leimikon arvonmuodostuksen erillislaskentaa kolmelle puutuote yritykselle ja yhdelle metsäkeskuksen projektille.

### **3358 Yksioteharvesterilla korjatun puutavaran laatu + liitännäishankkeet**

#### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Ei ole.

#### **2. Toimintamallit ja –menettelytavat**

Tuotettu tietopohja runkojen ja puutavarapölkkyjen kuoriutumiseen vaikuttavista tekijöistä ja kuoriutumisen vaihtelusta eri vuodenaikoina ja puulajeittain käytettäessä modifioituja prosessointilaitteita ja erilaisia koura-asetuksia yksioteharvestereissa. Metsäteknologiateollisuus on hyödyntänyt tuloksia omassa tuote- ja teknologiakehitystyössään ja puunhankintayhtiöt raaka-ainetaselaskelmissa (kuori) ja puutavaran laadun säilyttämisen operatiivisessa suunnittelussa ja toteutuksessa.

- Hyödynsaajat: metsäkonevalmistajat (3 kpl), puunhankintayhtiöt (3 kpl), Metlan ja VTT:n tutkimusryhmät
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Kuva-analyysimenetelmä puutavarapölkkyjen kuoriutumisen määrittämiseen.

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät, mittalaittevalmistajat
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Oksien katkaisuvoimien laskentataulukko

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät, metsäkone- ja laitevalmistajat
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Tutkimus johti seuraaviin jatkotutkimuksiin

- Partial debarking and natural drying in production of high quality fuel chips and fuel logs (DryMe): Tekes, Lako Oy (Ponsse Oyj), WalkiWisa Oy
- Syöttörullatyyppien vaikutus hakkuun tuottavuuteen, polttoainetalouteen ja tukki-osan pintapuun vaurioitumiseen: Waratah-OM Oy:n tilaama tutkimus

#### **3. Ohjeet ja suositukset**

Käytännön ohje kuoriutumisen minimoimiseksi hakkuutyössä yksioteharvesterilla

- Hyödynsaajat: metsäkoneurakoitsijat, puunhankintayhtiöt
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Arviot Suomen havupuuvaltaisten leimikoiden kuorihävikin määrästä alueittain ja kuukausittain ja suosituksia kuorihävikin hallitsemiseksi puunhankintaketjussa

- Hyödynsaajat: puunhankintayhtiöt, metsäkeskukset, metsä- ja energiasektorin strategiasuunnittelijat, Metlan ja VTT:n tutkimusryhmät
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi, soveltamisessa otettava huomioon hakkuumäärien ja puulajijakaumien vuositaso vaihtelut

#### **4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)**

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Kuorihävikin vähentäminen harvesterihakkuussa

#### **5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut**

Neuvontapalveluina on hankkeen aihepiiristä on vastattu arviolta 20 kyselyyn metsäkone- ja laitevalmistajilta, puunhankintayhtiöiltä ja metsätalouden edistämisorganisaatioiden edustajilta. Hanketta rahoittaneet ja sen ohjausryhmässä toimineet organisaatiot ovat olleet erityisen aktiivisia neuvontapalveluiden asiakkaita.

#### **6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut**

- Hankkeen esitelmät ja abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008)
- Hankkeen esitelmät Tekesin Puuenergian teknologiaohjelman vuosiseminaareissa (2003–2004) ja artikkelit vuosi- ja loppuraporteissa
- Hankkeen esitelmät Metsäteho Oy:n Kehittyvä puuhuolto –seminaarissa (2005) ja NSR Conference on Forest Operations 2004 –seminaarissa

#### **7. Koneet ja laitteet**

Testauspenkki oksien katkaisuvoimien mittaukseen (VTT:llä)

- Hyödynsaajat: metsäkone- ja laitevalmistajat, tutkijat
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Metsäkonevalmistajilla omia modifikaatioita yksioteharvesterien prosessointilaitteista

#### **8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat**

Yrityskohtaisia raportteja ja laskelmia, noin 10 kpl.

## **3359 Puutavaran määrän ja laadun mittauksen uudet menetelmät + liitännäishankkeet**

### **1. Tietokannat ja ohjelmistot**

Puutavarylajien tuoreiheys -aineisto, noin 140 000 havaintoa puutavarakuormista ja -nippuista (vuosina 2007–2009 täydennettynä)

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät, puunhankintayhtiöt, muut puutavaran mittauksen käytännön sidosryhmät
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi, jatkotutkimus käynnistetty aines- ja energiapuun mittauksen tarpeisiin

Mittaustarkkuus puutavarylajeittain ja mittausmenetelmittäin -aineisto

- Hyödynsaajat: puutavaran mittauksen käytännön sidosryhmät, mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Tuontipuun kuormamittaus -aineisto, noin 5 000 havaintoa

- Hyödynsaaja: Metsäteollisuus ry (aineiston omistaja)
- Valmiusaste: käyttövalmis, soveltaminen vaatii räätälöintiä käyttötarkoituksen mukaan

### **2. Toimintamallit ja menettelytavat**

Tutkimuksin perustellut ja vahvistetut mittausmenetelmät käytännön puutavaran mittaukseen: kuormainvaakamittaus II, laserskannaukseen perustuva kehyskuvamittaus (Modus 2000, AVM)

- Hyödynsaajat: puutavaran mittauksen hallinto-, valvonta- ja yhteistyöorganisaatiot, puutavaran mittauksen käytännön sidosryhmät, mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Tietopohja mittaustarkkuusvaatimusten täsmentämiseen puutavarylajeittain ja mittausmenetelmittäin

- Hyödynsaajat: puutavaran mittauksen hallinto-, valvonta- ja yhteistyöorganisaatiot, puutavaran mittauksen käytännön sidosryhmät, mittalaittevalmistajat
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi

Tietopohja suomalaisten puutavaran mittausmenetelmien soveltamiseen Venäjältä, Valko-Venäjältä ja Baltiasta tuotavan puutavaran mittaukseen

- Hyödynsaajat: puuntuontiorganisaatiot, metsäyhtiöt, Tullihallitus
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi, tuontipuuneuvottelut jatkuva prosessi

Koostettu olemassa oleva tieto energiapuun mittauksen kehittämisen pohjaksi ja tuotettu ensimmäiset tulokset käytännön mittausmenetelmien kehittämiseksi: pienpuurangan ja -kokopuun parannettu pinomittausmenetelmä, hakekuormien tiiviyslukujen toimivuuden arviointi, tuoretiheyslukujen soveltaminen energiapuulle, energiapuun kuormainvaakamittaus metsäkuljetuksen yhteydessä, joukkokäsittelyn pienpuun hakkuukonemittaus

- Hyödynsaajat: energiapuun mittauksen käytännön sidosryhmät, mittalaittevalmistajat, tutkimusryhmät, Energiapuun mittaustoimikunta
- Valmiusaste: hyödynnettävissä välittömästi (julkiset hyväksymismenettelyt reunaehtona), kaikki menetelmät vaativat edelleen parantamista (aikajänne 3–5 vuotta)

### 3. Ohjeet ja suositukset

Ks. toimintamallit, menettelytavat ja niitä koskevat lausunnot

### 4. Opetus- ja koulutuspalvelut (kurssit, valmiit esitelmät)

Opetusta ja koulutusta on tuotettu ja voidaan edelleen tarjota yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja ammatillista koulutusta tarjoaville organisaatioille seuraavista aihepiireistä:

- Puutavaran mittausmenetelmät
- Puutavaran mittauksen lainsäädäntö
- Puutavaran mittausmenetelmien tarkkuus
- Energiapuun mittauksen tarpeet, haasteet ja menetelmät
- Nykyiset kuitupuun mittausmenetelmät

### Oppi- ja käsikirjat:

- Asikainen, A., Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2009. Timber measurement. Julkaisussa: Kellomäki, S. (ed.). Forest Resources and Sustainable Management. Papermaking Science and Technology. Volume 2. Second Edition – Totally Updated. Paper Engineers' Association / Paperi ja Puu Oy. Ss. 133–215. Gummerus Oy, Jyväskylä.
- Lindblad, J. 2005. Puutavaran mittaus. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). Metsäkoulu. Metsäkustannus, Helsinki. Ss. 153–162.
- Lindblad, J. 2006. Obmer lesomaterialov (Puutavaran mittaus). Julkaisussa: Rantala, S. (ed.). Osnovy lesnogo hozjaistva v Finljandii (Metsätalouden perusteet Suomessa, venäjänkielinen julkaisu). Metsäkustannus Oy, Helsinki.
- Lindblad, J. 2008. Puutavaran mittaus. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). Tapion taskukirja. 25. uudistettu painos. Metsäkustannus, Helsinki. Ss. 383–390.
- Lindblad, J., Äijälä, O. & Koistinen, A. 2008. Energiapuun mittaus. Tapio – Metla. Ensimmäinen painos 29.2.2008, päivitetty painos 7.8.2008. 24 s.
- Verkasalo, E. 2003. Metsäteollisuuden sivutuotteet. Kirjassa: Knuutila, K. (toim.). Puuenergia. Jyväskylän Teknologiakeskus Oy ja BENET Bioenergiaverkosto. Ss. 41–44. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Verkasalo, E. 2003–2008. Puuvarat, puutuoteteollisuuden raaka-ainepohja, puutuoteteollisuuden puunkäyttö, puutavaran mittaus, mekaanisen puuteollisuuden sivutuotteet. Luvut julkaisussa: Puumieskalenteri, metsä- ja puualan käsikirja. Puumiesten liitto ry., Jyväskylä. Alkuperäinen versio 2003 (42. vuosikerta), päivitys vuosittain.



## 5. Omat seminaarit ja neuvontapalvelut

Puutavaran mittauksen vuosiseminaarit – Suomen Kubiikki (Metsäteho Oy:n ja Metlan yhteisesti järjestäminä, vuosittain tammi-helmikuussa): puutavaran mittauksen käytännön sidosryhmille, mittalaittevalmistajille, hallinto-organisaatioille ja tutkijoille.

Neuvontapalveluina on hankkeen aihepiiristä vastattu arviolta 100 kyselyyn medialta, puutavaran mittauksen käytännön sidosryhmiltä, metsä- ja sahakoneiden ja mittalaitteiden valmistajilta, hallinto-organisaatioilta, tutkijoilta ja yksityishenkilöiltä sekä ruotsalaisilta, norjalaisilta ja venäläisiltä t&k-organisaatioilta.

## 6. Sähköiset tallenteet ja verkkopalvelut

- Hankkeen esitelmät ja abstraktit PKM-ohjelman seminaareissa (2003–2008).
- Puutavaran mittaus -infopaketti Metlan verkkosivuston Metinfo-sivustolla. <http://www.metla.fi/metinfo/puutavaranmittaus> <http://www.metla.fi/metinfo/tietopakettit/mittaus/index.htm>
- Tutkimustuloksia ja mittausohjeita referoitu Metsäteho Oy:n sivustolla. <http://www.metsateho.fi>
- Puutavaran mittaus -esite painettuna materiaalina ja sähköisessä muodossa Metlan sivustoilla.

## 7. Koneet ja laitteet

Tehdas- ja hakkuukone- ja kuormainvaakamittauksen laitevalmistajilla ja ohjelmistotoimittajilla on omia modifikaatioita mittalaitteista ja ohjelmistoista eri tuotantolaitoksilla ja käyttöympäristöissä

Sahauspurun keruulaite moottorisahan yhteyteen.

- Hyödynsaajat: tutkimusryhmät, mittalaittevalmistajat, metsäkoneyrittäjät, metsäenergia- ja puunhankintayritykset
- Valmiusaste: hyödynnettävissä tutkimustarkoituksiin, soveltaminen käytännön energia- ja ainespuun mittaukseen edellyttää kehitystyötä

## 8. Erillisselvitykset, lausunnot, laskelmat

Hujo, S. 2002. Mänty- ja kuusitukkien kuorivähennys. Lausunto Stora Enso Timber Oy Ltd:lle. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, 17.06.2002. 2 s. + liitteet 5 s.

Lindblad, J. 2006. Laser-skannaukseen perustuva kehyskuvamittaus. Lausunto puutavaran mittauksen neuvottelukunnalle, 30.05.2006. 8 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.

Lindblad, J. 2008. Energiapuun mittauksessa käytettävät tuoretiheysluvat. Raportti TJO 606. 17 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.

Lindblad, J. 2008. Kuormainvaakamittaus 2 –mittausohje (TME2453). Puutavaran mittauslain mukainen lausunto MMM:lle, 19.9.2008. 11 s. Metsäntutkimuslaitos,

Lindblad, J. 2008. Puutavaran tuoretiheystaulukot. Väli­raportti 2007. 16 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö.

- Lindblad, J. 2010. Puutavaran tuoretiheystaulukot. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle. TME 25676. 17 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2005. Eräkoon vaikutus puutavaran mittaustarkkuuteen. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle, 17.01.2005. 13 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Moilanen, P. & Verkasalo, E. 2005. RUSPUU-projekti – Venäjältä tuotavan puutavaran mittaus. Työraportti. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 72 s. (Metsäteollisuus ry:n tuontipuuryhmän teettämä ART-tutkimus).
- Verkasalo, E. 2004. Pyöreän puutavaran määrien muuntokertoimet kuorellisten ja kuorettomien tilavuuksien välillä. Lausunto Tullihallitukselle, 17.12.2004. 3 s.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2004. Puutavaran mittaus ja sen yleisperiaatteet Suomessa. ART-lausunto Metsäteollisuus ry:lle venäläistä tuontipuukauppaa koskevia neuvotteluja varten, 23.08.2004. 7 s. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2007. Puutavaran mittauksessa käytettävien vahvistettujen mittausten tarkkuus Suomessa. Lausunto Metsäteollisuus ry:lle tuontipuukauppaa koskevia neuvotteluja varten. 4.6.2007. 7 s. Metsäntutkimuslaitos.
- Verkasalo, E. & Lindblad, J. 2007. Pyöreän puutavaran mittausten menetelmät Suomessa ja niiden soveltaminen Venäjältä, Valko-Venäjältä ja Baltiasta tuotavan puutavaran mittauksessa. Lausunto Metsäteollisuus ry:lle tuontipuukauppaa koskevia neuvotteluja varten. 27.03.2007. 10 s. Metsäntutkimuslaitos.