

Tuula Nuutinen, Hannu Hirvelä ja Olli Salminen

## Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2003–2032 Lapin metsäkeskuksen alueella

**Nuutinen, T., Hirvelä, H. & Salminen, O.** 2005. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2003–2032 Lapin metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2005: 289–305.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Lapin metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 2003–2032. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventointiin (VM19) koeala- ja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa.

Kymmenvuotiskaudella 2003–2012 metsänkäsitteilysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukyp-säksi tulevaa puuta riittäisi hakattavaksi 5,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,6-kertaisesti vuosina 1998–2002 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna (noin 3,8 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Vaikka välittömät hakkuumahdollisuudet hyödynnettäisiin kokonaan, puuvaranto puuntuotan-toon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla suurensi lähivuosisikymmeninä ja hakkuumahdollisuudet säilyisivät 5,5 miljoonan kuutiometrin tasolla vuodessa. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyt-töpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se kohoaa 5,4 miljoonaan kuutiometriin vuodessa 30 vuoden tarkastelujakson aikana. Tarkastelujakson jälkeen kestävien hakkuumahdollisuuksien ennakoidaan nousevan yli 6,0 miljoonaan kuutiometriin vuodessa.

Metsä- ja kitumaasta on tiukasti suojeltu noin 20 prosenttia ja rajoitetussa käytössä on noin 23 prosenttia. Suojelu ja käytönräjoitukset supistivat ensimmäisen kymmenvuotiskauden välittömiä hakkuumah-dollisuuksia 3,2 miljoonaa kuutiometriä ja kestäviä hakkuumahdollisuuksia 2,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tu-levaisuuden ennusteita. Käytännössä puunostajat ja metsänomistajat ratkaisevat, miten metsiä hakataan ja hoidetaan.

Asiasanat: hakkuumahdollisuudet, suurin kestävä hakkuumäärä, MELA-ohjelmisto, valtakunnan metsien 9. inventointi, Lapin metsäkeskus

Yhteystiedot: Metla, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu

Sähköposti [tuula.nuutinen@metla.fi](mailto:tuula.nuutinen@metla.fi), [hannu.hirvela@metla.fi](mailto:hannu.hirvela@metla.fi), [olli.salminen@metla.fi](mailto:olli.salminen@metla.fi)

Hyväksytty 7.6.2005

## I Johdanto

Rahavirroilla ja työllisyydellä mitattuna metsäsektori (metsätalous ja -teollisuus) on Lapin aluetalouden tärkein osa (Riissanen ja Härkönen 2001). Puuntuotannon ohella metsiä hyödynnetään poronhoidossa, luonnontuotteiden keräilyssä ja matkailussa. Lapin metsäkeskuksen alueella sijaitsee lisäksi valtaosa (89 prosenttia) Suomen lakisäateisistä luonnonsuojelualueista ja erämaa-alueista, joita on Lapin metsätalousmaan pinta-alasta 27 prosenttia (Metsätalastollinen vuosikirja 2004).

Koillis-Suomen (taulukko 1) ja Lapin (taulukko 2) metsälautakuntien alueelle valtakunnan metsien 5.–7. inventoinnin (VMI5–VMI7) yhteydessä esitetyt hakkuusuunnitteet perustuivat tavoitehakkuulaskelman (Kuusela 1959, Kuusela 1964, Kuusela ja Nyysönen 1962) soveltamiseen. VMI6:n ja VMI7:n hakkuusuunnitteen yhteydessä esitettiin lisäksi lä-

hinnä puuntuotannon ulkopuolelle jäävään puustoon ja sen kasvuun perustuva suojeluvähennys. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin yhteydessä hakkuumahdollisuusarviot perustuivat MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) tehtyihin vaihtoehtolaskelmiin (Jämsä ja Hirvelä 1996). Puuntuotantoon kuulumattomat alueet oli rajattu peruslaskelmien ulkopuolelle ja suojelun vaikutuksia hakkuumahdollisuuksiin tarkasteltiin erillisellä laskelmalla. Suurimman kestävän hakkuumäärän arviot oli laskettu erikseen Koillis-Suomen, Etelä-Lapin, Keski-Lapin ja Ylä-Lapin alueille.

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin maastomittaukset tehtiin Lapin metsäkeskuksen alueella vuosina 2002–2003 (Tomppo ym. 2005). Lapin metsäkeskuksen alueeseen kuuluvat entisten Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien alueet lukuun ottamatta Kuusamon kuntaa, joka liitettiin vuonna 1996 Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskukseen.

**Taulukko 1.** Koillis-Suomen metsälautakunnan alueen metsävaratietoja ja hakkuumäärän arvioita eri inventoinneissa. Hakkuusuunnite (VMI5–VMI7) perustuu tavoitehakkuulaskelman soveltamiseen. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio (VMI8) on laskettu MELA-ohjelmistolla.

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 <sup>1)</sup> (1970)	VMI6 <sup>2)</sup> (1976)	VMI7 <sup>3)</sup> (1982–1983)	VMI8 <sup>4)</sup> (1993)
<b>METSÄMAA</b>				
Pinta-ala, 1000 ha	1553	1783	1725	1738
<b>METSÄ- JA KITUMAA</b>				
Pinta-ala, 1000 ha	2099	2192	2178	2176
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	43,0 <sup>5)</sup>	39,6	40,4	46,5
Kasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	0,9 <sup>5)</sup>	0,8	1,0	1,3
Hakkuusuunnitteen käyttöpuosa, milj. m <sup>3</sup> /v	2,0 <sup>5)</sup>	1,7	1,5	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m <sup>3</sup> /v	–	–	–	2,0 <sup>6)</sup>
Hakkuukertymää vastaava kokonais- poistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	1,1 <sup>5)</sup>	1,0	0,9	1,1 <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Kuusela ja Salovaara (1971).

<sup>2)</sup> Kuusela ja Salminen (1978).

<sup>3)</sup> Kuusela ym. (1986).

<sup>4)</sup> Metsätalastollinen vuosikirja 1995.

<sup>5)</sup> Tilavuuden laskentamenetelmästä johtuen kuutiomääriin on tehty 3 prosentin korotus (Kuusela 1978).

<sup>6)</sup> Jämsä ja Hirvelä (1996).

**Taulukko 2.** Lapin metsälautakunnan alueen metsävaratietoja ja hakkuumäärän arvioita eri inventoinneissa. Hakkuusuunnite (VMI5–VMI7) perustuu tavoitehakkuulaskelman soveltamiseen. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio (VMI8) on laskettu MELA-ohjelmistolla.

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 <sup>1)</sup> (1970)	VMI6 <sup>2)</sup> (1970, 1974–1976)	VMI7 <sup>3)</sup> (1978, 1983–1984)	VMI8 <sup>4)</sup> (1993–94)
<b>METSÄMAA</b>				
Pinta-ala, 1000 ha	3281	3544	3586	3562
<b>METSÄ- JA KITUMAA</b>				
Pinta-ala, 1000 ha	4855	5119	5157	5017
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	38,5 <sup>5)</sup>	36,9	37,6	43,6
Kasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	0,9 <sup>5)</sup>	0,9	1,0	1,2
Hakkuusuunnitteen käyttöpuosa, milj. m <sup>3</sup> /v	3,8 <sup>5)</sup>	3,2	3,4	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m <sup>3</sup> /v	–	–	–	3,9 <sup>6)</sup>
Hakkuukertymää vastaava kokonais- poistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	0,9 <sup>5)</sup>	0,8	0,9	1,0 <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Kuusela ja Salovaara (1971).

<sup>2)</sup> Kuusela ja Salminen (1978).

<sup>3)</sup> Kuusela ym. (1986).

<sup>4)</sup> Metsätalastollinen vuosikirja 1995.

<sup>5)</sup> Tilavuuden laskentamenetelmästä johtuen kuutiomääriin on tehty 3 prosentin korotus (Kuusela 1978).

<sup>6)</sup> Jämsä ja Hirvelä (1996).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmiston avulla Lapin metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 2003–2012 sekä niitä vastaava hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen kehitys kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle.

Tutkimuksessa hakkuumahdollisuuksia tarkasteltiin metsänkäsittelysuositusten mukaan hakkuukypsän ja laskelmakauden aikana hakkuukypsäksi tulevan puuston määrän sekä suurimman kestävän hakkuumäärän avulla. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita. Tuloksia verrattiin vuosien 1998–2002 keskimäärin toteutuneisiin hakkuuihin ja niitä vastaavaan metsien kehitykseen. Lisäksi tarkasteltiin kestävyysrajoitteiden soveltamisalueen, puuntuotannon rajoitusten ja laskelmissa sovelletun korkokannan vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin.

## 2 Aineisto

Tutkimuksessa käytettiin vuosina 2002–2003 mitattuja Lapin metsäkeskuksen alueen VMI9:n koealaja puutietoja (Valtakunnan metsien ... 2002, 2003). Ylä-Lapin (Enontekiön, Inarin ja Utsjoen kuntien alueiden) inventoinnissa oli käytetty kaksivaiheista otantaa (Valtakunnan metsien ... 2003). VMI9-koeala oli ympyrä, jonka säde määräytyi metsä- tai kitumaalta relaskoopilla (kertoimella 1,5) luetun suurimman puun läpimitan perusteella. Säde oli kuitenkin korkeintaan 12,45 m (Valtakunnan metsien ... 2002, 2003). Jos koealaympyrä ei mahtunut kokonaan samalle kuviolle, koeala jaettiin osiin. Kuviota, jolle koealan keskipiste osui, nimitettiin keskipistekuvioksi ja muita kuvioita sivukuvioiksi. Tutkimukseen valittiin metsä- ja kitumaan koealat puuttomia sivukuvioita lukuun ottamatta (yhteensä 10 571 koealakuvioita).

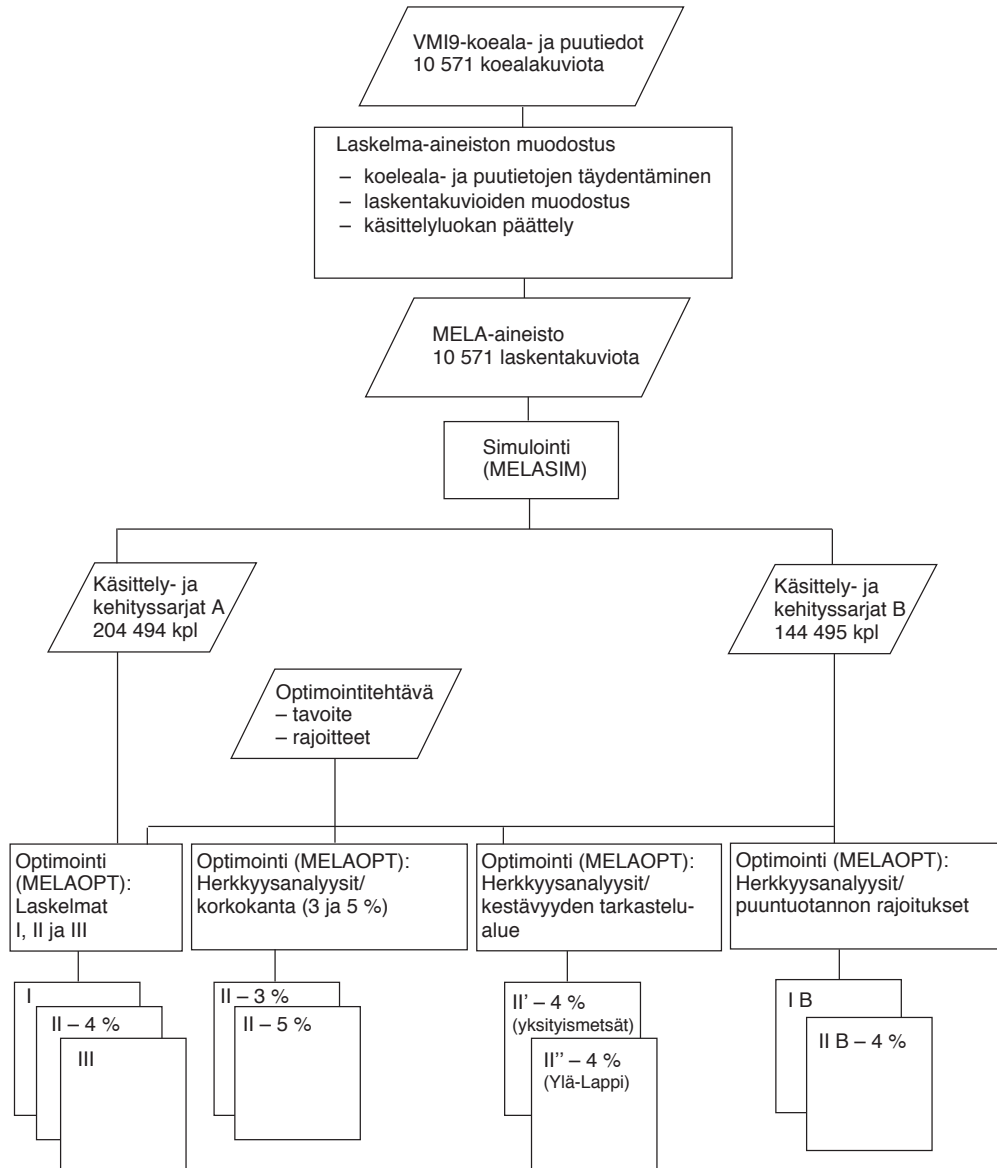
VMI9-metsävaratulosten mukaan Lapin metsäkeskuksen alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 6,7 miljoonaa hehtaaria, puuston tilavuus 340,6 miljoonaa kuutiometriä (50,6 m<sup>3</sup>/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 11,8 miljoonaa kuutiometriä (1,7 m<sup>3</sup>/ha) vuodessa (Tomppo ym. 2005). Alueen

metsä- ja kitumaan pinta-alasta oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella (taulukko 3) 1,4 miljoonaa hehtaaria (taulukko 4), jota vastaava puuston tilavuus oli 71,5 miljoonaa kuutiometriä.

**Taulukko 3.** Laskenta-aineiston käsittelyluokat (1 = ensisijaisesti puuntuotannossa olevat, 2 = rajoitetussa puuntuotannossa olevat ja 3 = puuntuotannon ulkopuolella olevat).

Suojelupinta-alaluokitus <sup>1)</sup>	Laskenta-aineiston käsittelyluokka		
	1	2	3
Luonnonpuistot			x
Kansallispuistot			x
Suojeluohjelmiin kuuluvat alueet lukuunottamatta rantojen-, harjujen- ja lintuvesien suojeluohjelmia			
– suojeluohjelmiin kuuluvat valtion maat			x
– suojeluohjelmiin kuuluvat yksityismaat			x
Yksityismaiden lakisäätiset luonnonsojelualueet, joilla hakkuut on kielletty			x
Metsähallituksen soidensuojelualueet			x
Valtiolle luonnonsuojelutarkoituksiin hankitut alueet			x
Erämaa-alueet			
– erämaa-alueiden suojellut osat			x
– erämaa-alueiden luonnonmukaisesti hoidettavat alueet			x
Metsähallituksen suojelumetsät (entiset aarnialueet)			x
Metsäntutkimuslaitoksen omilla päätöksillään perustamat suojelualueet			x
Rantojensuojeluohjelmaan kuuluvat alueet	x		
Muun omistajan kuin valtion metsätaloukskäytön ulkopuolella olevat alueet		x	
Seutukaavan suojeluun varatut alueet			
– valtion mailla		x	
Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt		x	x
Luonnonsuojelulain perusteella suojellut luontotyypit		x	x
Valtion retkeilyalueet		x	
Metsähallituksen ja kuntien virkistysmetsät		x	
Metsähallituksen			
– ojitusrauhousalueet		x	
– tutkimussopimusmetsät		x	
– luonnonhoitometsät		x	
– maisema-alueet		x	
– korkeat alueet		x	
– suojametsäalueet		x	
Muut alueet			
– metsämaa	x		
– kitumaa		x	

<sup>1)</sup> Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Metsien suojelupinta-alat (1999) ja Metsien suojelun ... (2002).



Kuva 1. Laskennan vaiheet.

## 3 Menetelmät

### 3.1 Laskelmakehikko

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmiston vuoden 2004 julkistusversiolla (Redsven ym. 2004).

Laskelmissa oli neljä vaihetta (kuva 1):

- 1) laskelma-aineiston muodostus,
- 2) vaihtoehtoisten käsittely- ja kehityssarjojen simulointi laskentakuvioille,
- 3) simuloiduista vaihtoehtoista käsittely- ja kehityssarjoista aluetason tehokkaiden tuotanto-ohjelmien hakeminen lineaariseen optimointiin perustuvalla JLP-ohjelmistolla (Lappi 1992) ja
- 4) herkkyyssanalyysi.

**Taulukko 4.** VMI9-maastoaineistosta muodostetun laskelma-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet Lapin metsäkeskuksen alueella.

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, 1000 ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	3803,4	– <sup>1)</sup>	3803,4	56,5
Rajoitettu puuntuotanto	469,1	1097,2	1566,4	23,3
Puuntuotannon ulkopuolella	734,1	625,1	1359,2	20,2
Yhteensä	5006,6	1722,3	6728,9	100,0
		Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>		
Ensisijaisesti puuntuotanto	218,2	– <sup>1)</sup>	218,2	64,1
Rajoitettu puuntuotanto	29,6	21,3	50,9	14,9
Puuntuotannon ulkopuolella	56,3	15,1	71,5	21,0
Yhteensä	304,2	36,4	340,6	100,0

<sup>1)</sup> Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

Tarkastelualueen hakkuumäärät, puuston kehitys, tulot ja kustannukset määräytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä koko alueen metsätaloudelle asetettujen laskentateknisten tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella.

Laskelmat tehtiin 50 vuoden jaksolle, joka jaettiin viiteen kymmenvuotiskauteen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa vain ensimmäisen 30 vuoden jaksoa.

### 3.2 Laskelma-aineiston muodostus

Laskelma-aineiston muodostuksen vaiheet olivat:

- 1) VMI9:n koealatietojen täydentäminen MELA-koealatiedoiksi sekä luku- ja koepuutietojen MELA-kuvauspuutiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263),
- 2) VMI9-koealojen yhdistäminen laskentakuvioiksi ja
- 3) käsittelyluokan päättely VMI9-kuviotietojen perusteella.

Ensimmäisessä vaiheessa VMI9-lukupuille ennustettiin MELA-kuvauspuutiedot puukohtaisten mallien avulla. Toisessa vaiheessa tavoitteena oli muodostaa jokaiselle koealalle metsikkökuviota vastaava laskentakuvio, joka olisi riittävän suuri kuvaamaan metsikön sisäistä vaihtelua, ja siten parantaa metsikkökuvion puuston määrän arvioinnin ja käsittelytarpeen päättelyn luotettavuutta. Kuhunkin laskentakuvioon yhdistettiin koealan lisäksi kahdesta viiteen

puusto- ja kasvupaikkatunnuksiltaan vastaavaa koealaa Lapin metsäkeskuksen alueelta. Koealojen yhdistelyssä käytetyt kuviokohtaiset tunnuksot olivat maaluokka, kasvupaikkatyyppi, puuston pohjapinta-ala, kehitysluokka, puuston keskiläpimitta, vallitseva puulaji, puuston biologinen ikä, kasvupaikan päätyyppi (alaryhmä) ja vallitsevan puulajin osuus. Yhdisteltävät koealat valittiin koealatunnusten sijasta VMI:ssä arvioitujen koko metsikkökuviota koskevien tunnusten perusteella, jotta koealat kuvaisivat metsikkökuvion sisäistä vaihtelua.

Kolmannessa vaiheessa määritettiin laskentakuvioille luonnonsuojelu- ja metsälakien sekä metsänkäsittelysuositusten mukaiset käsittelyrajoitukset. Rajoitusten kuvaamiseksi laskentakuviot jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin (taulukko 3). Jako perustui Suojelupinta-alaprojektin (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämistyöryhmän (Metsien suojelun ... 2002) laatimiin suojelupinta-alaluokituksiin ja se tehtiin VMI9-koealatietojen perusteella. Puuntuotantoon käytettävissä olevaan metsä- ja kitumaahan kuului ensisijaisen ja rajoitetun puuntuotannon alueet.

Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. luonnon- ja kansallispuistot sekä luonnonsuojelulain nojalla rauhoitetut alueet. Luokitusta täydennettiin rajaamalla puuntuotannon ulkopuolelle ne avainbiotooppikohteet, jotka VMI:n maastotöiden yhteydessä oli arvioitu täyttävän metsälain tarkoitaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän

elinympäristön vaatimukset ja joilla oli maastossa arvioitu kaikkien toimenpiteiden olevan kiellettyjä (ks. Valtakunnan metsien ... 2002, 2003). Avainbiotooppikohteiden alueellista yleisyyttä ei arvioitu maastossa. Jos avainbiotooppiesiintymä käsitti vain osan kuviosta, vaadittiin, että avainbiotooppiesiintymän piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoopin arvioinnissa käytetyn 30 metrin säteisen ympyrän pinta-alasta. Jos laskentakuvilla ei ollut muita käsittelyrajoituksia, metsämaan laskentakuvio luokiteltiin maaluokan perusteella ensisijaisesti puuntuotantoon ja kitumaan laskentakuvio rajoitettuun puuntuotantoon.

### 3.3 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi

Laskentakuvioiden käsittely- ja kehityssarjat tuotettiin puukohtaisiin malleihin perustuvalla MELA-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Hynynen ym. 2002, Redsvén ym. 2004). MELA-ohjelmistossa luonnonprosessimalleina (Hynynen ym. 2002) käytettiin metsien uudistumiseen ja puuston kehitykseen (Ojansuu ym. 1991), kasvupaikan kuvaukseen (Ojansuu 1996), puuston kasvuun ja luonnonpoistumaan (Hynynen 1996), suometsien kasvuun (Hökkä 1996, 1997, Hökkä ym. 1997, Hökkä ym. 2000, Nuutinen ym. 2000) ja suometsien luonnonpoistumaan liittyviä malleja (Jutras ym. 2003, Nuutinen ym. 2004). Kunnostusojitustarve ja kunnostusojituksen kasvureaktio ennustettiin Hynynen ym. (2002) mukaisesti. Kivennäismaiden luonnonprosessimalleissa taimikoiden vastemuuttajat laskettiin erikseen taimikolle, jos uudistusosalalla on taimikkoa isompi säästöpuujakso (Härkönen 2001).

Mallien ennustama kasvu oli korjattu vastamaan puuston keskimääräistä kasvuntasoa vuosien 1965–1994 välisenä aikana (Hynynen ym. 2002). Tasokorjaus oli tehty kasvuindeksien avulla.

Metsänkäsittelyt perustuivat vuoden 2001 metsänkäsittelysuositukseen (Hyppönen ym. 2001, Hyvän metsänhoidon ... 2001). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuut, siemenpuuhakkuut (mänty- ja koivuvaltaiset), suojuspuuhakkuut (kuusivaltaiset) sekä ylispuiden poisto.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloi-

tiin ns. kahden käyrän mallilla (Nuutinen ja Hirvelä 2000b). Simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausien puolivälissä, joten harvennuksissa pohjapinta-alan vaatimusta alennettiin 10 prosentilla. Siten harvennettavaksi tuli myös kohteita, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta 10-vuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla.

Laskelmissa sallittuja metsänkäsittelyjä olivat hakkuiden lisäksi säästöpuiden jättäminen uudistusaloille, metsänuudistamiseen liittyvä raivaus, maanpinnan käsittely, viljely ja taimikonhoito. Tavoiteltava säästöpuiden määrä oli viisi kuutiometriä hehtaarilla (ks. Kotiharju ja Niemelä 2000). Säästöpuut oletettiin jätetyksi tasaisesti koko uudistus- alalle. Ojitetuilla turvemilla harvennushakkuiden yhteydessä tehtiin kunnostusojitus. Lannoitus, uudisojitus ja pystypuiden karsinta eivät olleet mukana käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa.

Ensisijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennus-, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto. Rajoitetussa puuntuotannossa olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennushakkuut ja luontainen uudistaminen. Puuntuotannon ulkopuolella olevilla alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä.

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toteutuskelpoiset toimenpiteet pääteltiin koko laskentakuvion keskimääräisistä tiedoista, jotka määritettiin laskentakuvioon kuuluvien koealojen avulla. Toimenpiteet toteutettiin erikseen laskentakuvion jokaisella koealalla, mutta optimoinnissa käytettävät päätösmuuttujat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä maastokoealoilta, joita oli yksi jokaisella laskentakuvilla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koealoja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Tomppo ym. 2005) laskennassa.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui hankintahintoihin. Tukkipuiden hankintahintoihin tehtiin MELA-ohjelmiston oletusjäreysskorjaus (Siitonen ym. 1996, s. 218–219, Laasasenaho ja Sevola 1971), jota on käytetty myös aikaisemmissa VMI9-aineistoon perustuvissa hakkuulaskelmissa (Hirvelä ym. 1998, Hirvelä ym. 1999, Hirvelä 1999, Hirvelä ja Härkönen 1999, Hirvelä 2000, Nuutinen ja Hirvelä 2000a, Nuutinen ja Hirvelä 2000b, Nuutinen ja Hirvelä 2000c, Nuutinen ja Hirvelä 2001a, Nuutinen ja

**Taulukko 5.** Vuosina 1993–2002 Lapissa toteutuneiden hankintahintojen vuoden 2002 hintatasolla lasketut keskiarvot (€/m<sup>3</sup>) puutavaralajeittain. (Metinfo 2003)

	Tukkipuu	Kuitupuu
Mänty	42,35	25,55
Kuusi	33,15	26,85
Koivu	26,45	26,45

**Taulukko 6.** Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat.

Työlaji	Yksikköhinta, €/h
Metsäkuljetus	46,00
Hakkuu monitoimikoneella	69,00
Metsurihakkuu	22,50

**Taulukko 7.** Metsänhoitotöiden vuosina 1992–2001 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 2002 hintatasoon muutettuna. (Metinfo 2003)

Työlaji	Yksikkö	Yksikköhinta
Raivaus (työ)	€/h	22,50
Äestys	€/ha	96,20
Auraus/mätästys	“	141,35
Männyn kylvä (siemenet)	“	157,00
Männyn taimi	€/taimi	0,10
Kuusen taimi	“	0,15
Koivun taimi	“	0,20
Männyn täydennystaimi	“	0,15
Kuusen täydennystaimi	“	0,20
Koivun täydennystaimi	“	0,30
Istutus- ym. metsänhoitotyö	€/h	16,90
Ruohous	€/ha	69,80
Taimikon perkaus (työ)	€/h	22,50
Kunnostusojitus	€/ha	87,40
Suunnittelu- ja työnjohto (työ)	€/h	16,90

Hirvelä 2001b, Nuutinen ja Hirvelä 2003, Nuutinen ym. 2004). Nettotulot saatiin vähentämällä hankintahintaisista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Hankintahintoina käytettiin vuosina 1993–2002 Lapissa toteutuneiden hintojen (Metinfo 2003) vuoden 2002 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 5).

Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmenekin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 6) tulona. Näin otettiin huomioon mm. poistettavien runkojen koon ja hehtaarikohtaisen hakkuukertymän aiheut-

tamat erot kustannuksiin ja niiden myötä nettotuloihin. Ajanmenekit perustuivat työn tuottavuusmalleihin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1995). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina edullisimman (kustannuksiltaan halvimman) korjuuvaihtoehdon (metsurihakkuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1992–2001 toteutuneiden keskimääristen, vuoden 2002 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 7) tulona.

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puutavaralajien tilavuus on laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa on käytetty mäntytkin kuorellisena minimiläpimitana 15 cm, kuusitkin 16 cm ja lehtipuutkin 18 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimitana männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Kuituosan minimipituus oli 2,0 m. Minimimitat eivät täysin vastanneet niitä mittoja, joiden perusteella VMI9:ssä pystypuusto on jaettu puutavaralajeihin (Valtakunnan metsien ... 2002, 2003). Tukkipuun määrää korjattiin metsikösimulaattorissa erillisellä tukkivähennysmallilla (Mehtätalo 2002), koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä. Erotus siirtyi kuitupuuksi.

VMI9-metsävaratulosten mukaan tukkipuun osuus puuston runkotilavuudesta metsä- ja kitumaalla oli keskimäärin 15 prosenttia (Tomppo ym. 2005). MELA-laskelmissa vastaava tukkiosuus olisi ollut VMI8:aan perustuvan korjauksen jälkeen keskimäärin 18 prosenttia. VMI8:n tukkivähennysmallin avulla saatua tukkipuun kokonaismäärää kalibroitiin puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan laskelmien alkuketkellä VMI9:ssä arvioituja tukkiosuuksia puulajeittain. Männyn tukkiosuus oli 18, kuusen 21, koivun 1 ja muiden lehtipuiden 3 prosenttia tilavuudesta (Tomppo ym. 2005).

### 3.4 Hakkuumahdollisuusarviot

Kaikissa laskelmissa valittiin lineaarisen optimoinnin tavoitefunktioksi nettotulojen nykyarvon maksimointi. Toiminnan kannattavuus määräytyi

nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena. Laskentakorkokantoina käytettiin kolmea, neljää ja viittä prosenttia (Nuutinen ja Hirvelä 2000a).

Metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa oleva ja hakkuukypsäksi laskelmakauden aikana tuleva puusto (hakkuulaskelma I) määritettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla ilman toiminnan kestävyys- ja lopputilan puustovaatimuksia (Siitonen ym. 1996, s. 103). Laskelmassa hakattiin kaikki sovellettujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täyttäneet kasvattamisen ehdoksi asetettua kannattavuusvaatimusta. Teknisesti vuotuinen hakkuumäärän arvio oli kymmenvuotiskauden puolivälissä hakattavissa oleva puumäärä jaettuna kymmenellä. Teoreettisesti tämä ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumäärän arvio on lyhyen aikavälin puuntarjonnan yläraja eli se puumäärä, joka markkinoille voisi lakeja ja suosituksia rikkomatta tulla edellyttäen, että kaikelle markkinoille tulevalle puulle on kysyntää ja että metsänomistajat hakkaavat metsiään metsikkökohtaisten suositusten ja viiden prosentin tuottovaatimuksen mukaisesti.

Suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa (hakkuulaskelma II) otettiin huomioon myös kestävyysvaatimukset. Suurin jatkuvasti hakattavissa oleva taloudellisen ja puuntuotannollisen kestävyuden huomioon ottava hakkuukertymä määritettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (vrt. Siitonen ym. 1996, s. 104). Kokonaishakkuukertymät ja nettotulot olivat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymät pysyivät koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään laskelman alkuhetken tasolla. Laskelmassa ei rajoitettu kasvun ja poistuman suhdetta, metsien ikäluokkarakennetta tai uudistushakkuiden määrää. Myöskään puulajikohtaista kestävyyttä ei edellytetty. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana.

Toteutuneiden hakkuiden ja niitä vastaavan metsien kehityksen (hakkuulaskelma III) avulla esitettiin, miten metsävarat kehittyisivät, jos hakkuut jatkuvat

viime vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös tässä laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavan 30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982). Laskelmassa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakkuupinta-aloja.

### 3.5 Herkkyysanalyysit

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvion herkkyyttä korkokannan suhteen tarkasteltiin käyttämällä vaihtoehtoisina korkokantoina kolmea ja viittä prosenttia. Korkokannan suhteen tehty herkkyysanalyysi havainnollistaa erilaisten tuottovaatimusten ja aikapreferenssien seurauksia hakkuuohjelmina ja puuvarannon kehityksenä, kun lähtökohtana ovat nykyiset metsävarat, niiden kasvu ja kasvuodotukset sekä puun hinta ja puunhankinnan kustannukset.

Puuntuotannon rajoitusten vaikutusta tarkasteltiin simuloimalla laskentakuvioille toinen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukko (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat B), jossa rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella olevat laskentakuviot oletettiin kuuluvan ensisijaisesti puuntuotannossa olevaan alueeseen lukuun ottamatta maaluokan perusteella tehtyä käyttörajoitusta (kaikki metsämaat ensisijaisesti puuntuotannossa ja kitumaat rajoitetussa puuntuotannossa). Tälle käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukolle määritettiin laskelmia I ja II vastaavat tuotanto-ohjelmat.

Kestävyysrajoitteiden soveltamisalueen vaikutuksia tutkittiin kahdella erillisellä tarkastelulla. Ensimmäisessä tarkastelussa kestävyysrajoitteet määriteltiin vain yksityismetsille (laskelma II') ja näin saatua yksityismetsien suurimman kestävän hakkuumäärän arviota verrattiin yksityismetsien osuuteen hakkuulaskelmassa II. Toisessa tarkastelussa kestävyysrajoitteet määriteltiin erikseen Ylä-Lapin osa-alueelle (laskelma II'') ja näin saatua Ylä-Lapin suurimman kestävän hakkuumäärän arviota verrattiin Ylä-Lapin osuuteen hakkuulaskelmassa II.

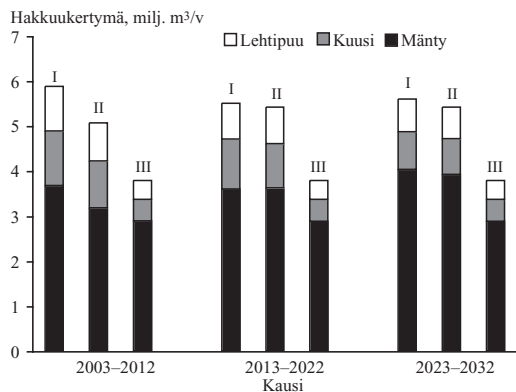


## 4 Tulokset

### 4.1 Toteutuneiden hakkuiden mukainen hakkuukertymä

Lapin metsäkeskuksen alueen metsistä hakattiin vuosina 1998–2002 keskimäärin 3,8 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuiden ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Kertymästä oli mäntyä 76, kuusta 13 ja lehtipuuta 11 prosenttia. Tukkipuukertymä oli keskimäärin 1,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta männyn osuus oli 84 prosenttia.

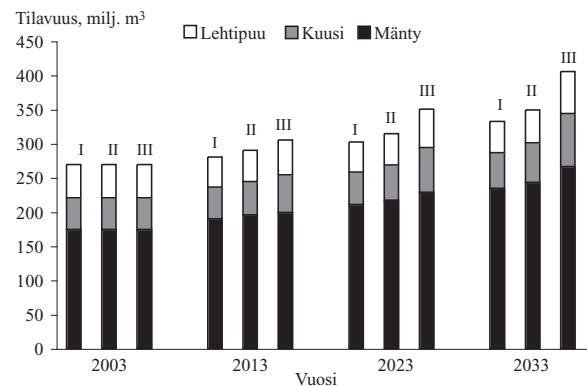
Jos hakkuut säilyvät vuosien 1998–2002 keskimääräisellä tasolla (kuva 2, hakkuulaskelma III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 4,5 miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla kolmenkymmenen vuoden kuluessa (kuva 3). Vastaavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 9,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoitetaan nousevan 10,6 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella.



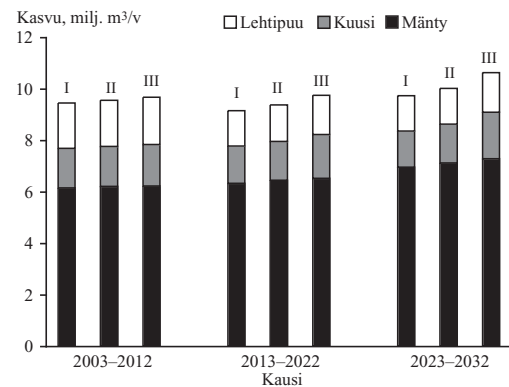
**Kuva 2.** Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 2003–2032 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (I = nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II = suurin kestävä hakkuukertymä ja III = vuosina 1998–2002 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä).

### 4.2 Nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla

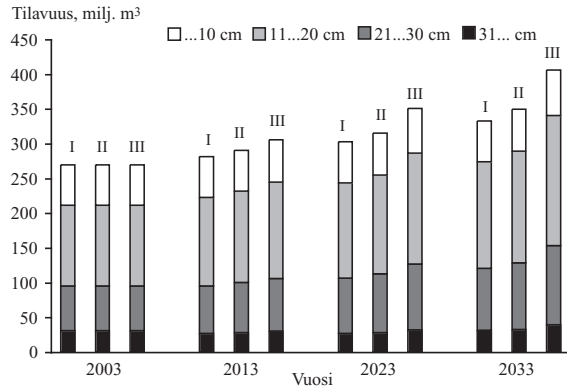
Metsänkäsittelysuositusten (Hyppönen ym. 2001, Hyvän metsänhoidon ... 2001) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi 5,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, hakkuulaskelma I) eli 1,6-kertaisesti vuosina 1998–2002 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna.



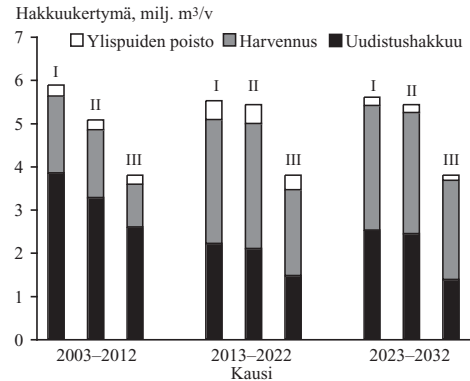
**Kuva 3.** Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2003–2033 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



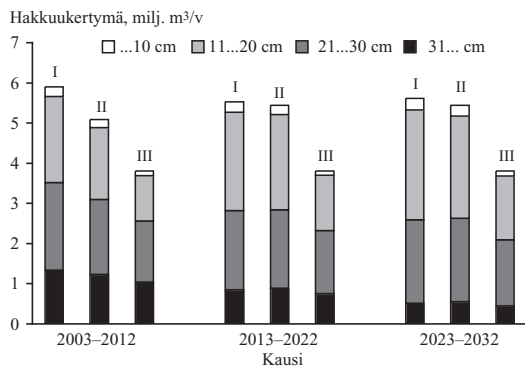
**Kuva 4.** Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2003–2032 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



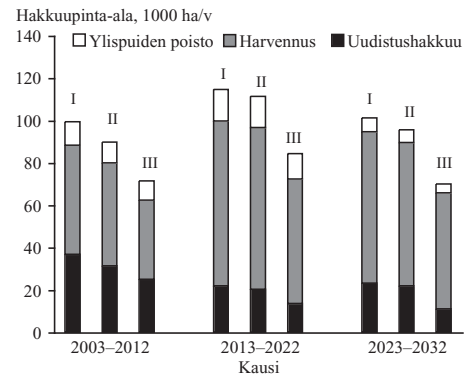
**Kuva 5.** Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2003–2033 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



**Kuva 7.** Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 2003–2032 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



**Kuva 6.** Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 2003–2032 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



**Kuva 8.** Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 2003–2032 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

Kertymästä oli mäntyä 63, kuusta 21 ja lehtipuuta 17 prosenttia. Tukkipuukertymä oli vajaa 1,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Vaikka hakkuulaskelman I mukainen hakkuumäärä hyödynnettäisiin kokonaan, puuvaranto puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla kasvaisi nykyisestä (kuva 3). Kahtena seuraavana kymmenvuotiskautena vuotuinen hakkuukertymä (kuva 2) olisi noin 5,5 miljoonan kuutiometrin ja tukkipuukertymä 1,3 miljoonan kuutiometrin tasolla. Kolmenkymmenen vuoden kuluessa järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) kasvaisi 27 prosenttia. Järeän, erityisesti rinnankorkeusläpimitaltaan yli 30 cm, puun hakkuukertymä (kuva 6) kuitenkin supistuisi selvästi ensimmäiseen kymmenvuotisjaksoon verrattuna.

Hakkuulaskelman I mukaisesti toimittaessa harvennushakkuuiden osuus kertymästä vuosina 2003–2012 olisi 30 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 44 prosenttia (kuva 7). Kokonaishakkuualue olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 99 400 hehtaaria (kuva 8) ja keskimääräinen korjuukustannus 10,7 €/m<sup>3</sup> (taulukko 8).

### 4.3 Suurin kestävä hakkuukertymä

Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta se nousee 5,4 miljoonan kuutiometrin tasolle

**Taulukko 8.** Hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla (laskelmat, ks. kuva 2).

Tunnus	Laskelma I	Laskelma II	Laskelma III
<b>KAUSI 2003–2012</b>			
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	1,8	1,8	1,8
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	1,5	1,4	1,1
Korjuukustannus, €/m <sup>3</sup>	10,7	10,5	9,8
Keskimääräinen hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	59,1	56,6	52,9
<b>KAUSI 2013–2022</b>			
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	1,7	1,7	1,8
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	1,3	1,3	1,0
Korjuukustannus, €/m <sup>3</sup>	11,4	11,2	10,1
Keskimääräinen hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	48,0	48,6	45,0
<b>KAUSI 2023–2032</b>			
Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v	1,8	1,9	2,0
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m <sup>3</sup> /ha/v	1,3	1,2	0,9
Korjuukustannus, €/m <sup>3</sup>	11,6	11,3	10,4
Keskimääräinen hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	55,4	56,6	54,1

kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana (kuva 2, hakkuulaskelma II). Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä keskimäärin 68, kuusta 18 ja lehtipuuta 15 prosenttia. Tarkastelujakson jälkeen suurimman kestävän hakkuumäärän ennakoidaan nousevan yli 6,0 miljoonaa kuutiometriin vuodessa.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arviossa vain toisen kymmenvuotiskauden tukkikertymärajoite on sitova. Tukkipuun kertymäarvio on 1,3 miljoonan kuutiometrin vuositasolla kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson ajan. Järeimmän (rinnankorkeusläpimittä yli 30 cm) puun osuus hakkuumahdollisuuksista vähenee koko kolmenkymmenen vuoden ajan (kuva 6). Suurimman kestävän hakkuumäärän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on mäntytukkia, keskimäärin 78 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Mäntykuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 64 prosenttia. Kuusitukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 21 ja 17 prosenttia.

**Taulukko 9.** Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m<sup>3</sup>/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2003–2012. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla (laskelmat, ks. kuva 2).

Tunnus	Laskelma I	Laskelma II	Laskelma III
Kokonaispoistuma	8,29	7,44	6,07
Mänty	4,57	4,06	3,76
Kuusi	1,51	1,33	0,73
Koivu	2,09	1,93	1,51
Muu lehtipuu	0,13	0,12	0,08
Hakkuupoistuma	7,10	6,23	4,81
Hakkuukertymä	5,88	5,07	3,79
Tukkikertymä	1,47	1,29	1,09
mäntytukki	1,06	0,93	0,91
kuusitukki	0,39	0,34	0,17
koivutukki	0,02	0,02	0,01
muu lehtipuutukki	0,01	0,01	0,00
Kuitupuukertymä	4,41	3,79	2,70
mäntykuitu	2,61	2,25	1,98
kuusikuitu	0,83	0,71	0,31
koivukuitu	0,89	0,75	0,38
muu lehtipuukuitu	0,08	0,07	0,03
Hakkuutähde	1,22	1,16	1,02
Luonnonpoistuma	1,20	1,21	1,26
Kasvu	9,43	9,53	9,65
Mänty	6,14	6,19	6,21
Kuusi	1,53	1,55	1,61
Koivu	1,69	1,70	1,74
Muu lehtipuu	0,08	0,08	0,09

Malleilla laskettu puuston kasvun arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 9,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella poistuma jää selvästi kasvua pienemmäksi, sillä vastaava kokonaispoistuman arvio on 7,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 9). Kokonaispoistuma koostuu hakkuupoistumasta ja metsiin jäävästä luonnonpoistumasta. Hakkuupoistuma sisältää tukki- ja kuitupuun, hakkuuiden yhteydessä hakkuutähteenä metsään jäävän kuitupuun minimimittoja pienemmän runkopuun sekä raivauksessa ja taimikonhoidossa metsään jäävän runkopuun. Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuuta vastaava kokonaispoistuman arvio on 6,9 ja kasvun 9,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 6,6 ja 10,0 miljoonaa

kuutiometriä vuodessa. Kokonaispoistuman ja kasvun ero siis kasvaa tarkastelukauden aikana. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 10,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

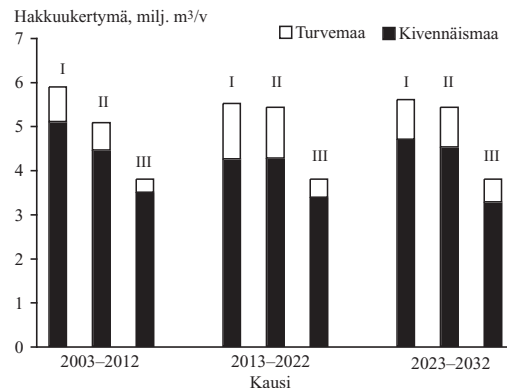
Jos hakkuut noudattavat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvarannon arvioidaan kasvavan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla kahdeksan prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenessä ja 30 prosenttia koko kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson aikana (kuva 3). Järeän (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) puun varanto kasvaa noin kolmanneksen kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 5). Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 30 cm puun varanto kasvaa 6 prosenttia. Tulosten mukaan keskitilavuus kohoaa 50 kuutiometrissä 65 kuutiometriin hehtaarilla kolmen vuosikymmenen kuluessa.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 31 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 46 prosenttia (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuuala on 89 800 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on 48 500 hehtaaria (kuva 8). Uudistushakkuualasta (31 400 hehtaaria) noin kolmannes on luontaista uudistamista. Ylispuiden poistoa on 9 900 hehtaaria. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimäärin 10,5 €/m<sup>3</sup> (taulukko 8). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa 9,1 €/m<sup>3</sup> sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 13,2 €/m<sup>3</sup>.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 12 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden aikana keskimäärin 17 prosenttia (kuva 9). Männyn hakkuumahdollisuuksista on vuosina 2003–2032 turvemailla keskimäärin 8 prosenttia. Kuusella, koi-vulla ja muilla lehtipuilla vastaavat osuudet ovat 30, 42 ja 14 prosenttia.

#### 4.4 Herkkyysanalyysit

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio oli herkkä korkokannan muutokselle (taulukko 10). Viiden prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio



**Kuva 9.** Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemailla vuosina 2003–2032 laskelmissa I, II ja III Lapin metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

on kolmen vuosikymmenen aikana 9 prosenttia korkeampi kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu arvio ja puuston keskitilavuus nousee 30 vuoden tarkastelujakson aikana 11 m<sup>3</sup>/ha (61 kuutiometriin hehtaarilla) eli 4 m<sup>3</sup>/ha vähemmän kuin laskelmassa II. Vastaavasti kolmen prosentin korkokannalla hakkuumäärän arvio jää 12 prosenttia alemmalle tasolle kuin neljällä prosentilla ja puuston keskitilavuus kohoaa 20 m<sup>3</sup>/ha (70 kuutiometriin hehtaarilla) eli 5 m<sup>3</sup>/ha enemmän kuin laskelmassa II.

Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisäsi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arviota 40 ja hakattavissa olevan puuston määrän arviota 55 prosenttia (taulukko 11). Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen arvioidaan olevan suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa 34 prosenttia ja hakattavissa olevan puuston määrän arvioissa 31 prosenttia. Ilman puuntuotannon rajoituksia ensimmäisen kymmenvuotiskauden avohakkuukertymä olisi suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa 73 prosenttia ja hakattavissa olevan puuston määrän arvioissa 96 prosenttia suurempi.

Kestävyysrajoitteiden soveltamisalue vaikutti molemmissa erillisissä tarkasteluissa hakkuiden ajoittumiseen. Lapin yksityismetsille erikseen laskettu suurimman kestävän hakkuumäärän arvio pysyy koko tarkastelujakson tasaisempana kuin yksityismetsien osuus koko Lapille lasketusta arviosta (taulukko 12). Muiden metsänomistajaryhmien metsissä on kahdella ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella

**Taulukko 10.** Hakkuukertymä (milj. m<sup>3</sup>/vuosi) puun-  
tuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla  
laskelman II herkkyysohjelmassa.

Kymmenvuotiskausi	Korkokanta		
	3%	4%	5%
2003–2012	4,4	5,1	5,6
2013–2022	4,7	5,4	5,8
2023–2032	4,9	5,4	5,8

**Taulukko 11.** Hakkuukertymä (milj. m<sup>3</sup>/vuosi) puun-  
tuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla  
laskelmissa I ja II sekä niiden herkkyysohjelmassa ilman  
puuntuotannon rajoituksia (B) (laskelmat, ks. kuva 1).

Kymmenvuotiskausi	Laskelma			
	I	I B	II	II B
2003–2012	5,9	9,1	5,1	7,1
2013–2022	5,5	6,8	5,4	7,1
2023–2032	5,6	6,4	5,4	7,1

runsaammin hakkuukypsiä metsiä, minkä vuoksi  
yksityismetsien hakkuuta voidaan osittain lykätä  
myöhemmille vuosikymmenille.

Kun kestävyys tarkastelun alueena on koko  
Lappi, Ylä-Lapin metsien hakkuukertymäarvio on  
kahtena ensimmäisenä kymmenvuotiskautena suu-  
rempi kuin tilanteessa, jossa kestävyysvaatimukset  
on määritetty erikseen Ylä-Lapille (taulukko 13).  
Ensimmäisen kymmenvuotiskauden suurimman  
kestävän hakkuumäärän arvio koko Lapin alueelle  
on 3 prosenttia suurempi kuin osa-alueittain (Ylä-  
Lappi ja muu Lappi) laskettu vastaava arvio.

## 5 Tulosten tarkastelu

Lapin metsäkeskuksen alueella vuosina 1998–2002  
keskimäärin toteutuneet hakkuut (hakkuulaskelma  
III) ovat mäntypainotteisemmat kuin inventointia  
seuraavan 10-vuotiskauden hakkuumahdollisuudet.  
Toteutunut hakkuukertymä on 0,3 miljoonaa kuutiometriä  
pienempi kuin alueellisen metsäohjelman  
ainespuun kertymätavoite (Riissanen ja Härkönen  
2001), 1,3 miljoonaa kuutiometriä pienempi kuin  
suurimman kestävän hakkuumäärän arvio ja 2,1  
miljoonaa kuutiometriä pienempi kuin välittömästi

**Taulukko 12.** Yksityismetsien hakkuukertymä (milj. m<sup>3</sup>/  
vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja  
kitumaalla, kun suurimman kestävän hakkuumäärän kes-  
tävyysrajoitteet on määritetty a) koko Lapin alueelle tai  
b) erikseen yksityismetsille.

Kymmenvuotiskausi	Kestävyysrajoitteet	
	a) koko Lapin alueelle	b) yksityismetsille
2003–2012	2,1	2,2
2013–2022	2,3	2,4
2023–2032	2,7	2,4

**Taulukko 13.** Ylä-Lapin osa-alueen hakkuukertymä (milj.  
m<sup>3</sup>/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja  
kitumaalla, kun suurimman kestävän hakkuumäärän kes-  
tävyysrajoitteet on määritetty a) koko Lapin alueelle tai  
b) erikseen Ylä-Lapin osa-alueelle.

Kymmenvuotiskausi	Kestävyysrajoitteet	
	a) koko Lapin alueelle	b) Ylä-Lapin osa-alueelle
2003–2012	0,7	0,5
2013–2022	0,6	0,5
2023–2032	0,5	0,6

hakattavissa olevan puuston määrä ensimmäisellä  
kymmenvuotiskaudella. Tulokset havainnollistavat  
hakkuumahdollisuuksien ja puuston kehitystä, jos  
metsiä hyödynnetään puuntuotantoon vähemmän  
kuin metsänkäsitteilysuositusten, suurimman kes-  
tävän hakkuumäärän arvion tai metsäohjelman tavoit-  
teiden mukaan olisi mahdollista.

Suojelun ja käytönrajoitusten takia ensimmäisen  
kymmenvuotiskauden hakattavissa olevan puuston  
määrä on supistunut 3,2 miljoonaa kuutiometriä ja  
kestävät hakkuumahdollisuudet 2,0 miljoonaa kuutiometriä  
vuodessa.

Laskelmassa I kokonaishakkuukertymä eli ha-  
kattavissa oleva ja hakkuukypsäksi tuleva puuston  
määrä on koko 30 vuoden tarkastelujakson suurempi  
kuin suurimman kestävän hakkuumäärän arvio.  
Tukkipuukertymää koskeva rajoite laskelmassa II  
määrittää tason, jolle kestävät hakkuumahdollisuudet  
jäävät.

Puuston tilavuus on suurentunut edellisestä inven-  
toinnista 43 miljoonaa kuutiometriä (14 prosenttia)  
ja kasvu 3,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (49  
prosenttia) (Tomppo ym. 2005). Hakkuumahdollisuu-  
ksissa vastaavaa lisäystä ei ole vielä havaittavis-

sa, vaikka inventointia edeltäneet hakkuut ovatkin jääneet alle suurimman kestävän hakkuumäärän arvion. Puuvaranto kasvaa, mutta metsien rakenteesta johtuen kestävät hakkuumahdollisuudet ovat huomattavasti pienemmät kuin puuston kasvu. Enintään 80-vuotiaiden metsien osuus metsämaan pinta-alasta on 53 prosenttia ja 81–100-vuotiaiden metsien osuus on 12 prosenttia (Tomppo ym. 2005). Ikäluokan 101–160 metsien osuus on vain 14 prosenttia. Yli 160-vuotiaiden metsien osuus on 21 prosenttia, mutta osa näistä alueista ei ole käytettävissä puuntuotantoon. Kestävät hakkuumahdollisuudet pysyvät koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson ajan alle 5,5 miljoonassa kuutiometrissä vuodessa. Puuvaranto kasvaa lähivuosikymmeninä kaikissa laskelmissa ja tarkastelujakson jälkeen suurimman kestävän hakkuumäärän arvio nousee yli 6 miljoonaa kuutiometriin vuodessa.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa hakkuupinta-ala kasvaa toisella 10-vuotiskaudella, mutta laskee taas kolmannella kaudella. Samalla hehtaarikohtaiset kertymät nousevat eivätkä keskimääräiset korjuukustannukset kohoa, vaikka harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta nousee ensimmäisen kymmenvuotiskauden 31 prosentista 52 prosenttiin kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana. Turvemaiden osuudessa hakkuumahdollisuuksista ei ole odotettavissa merkittävää lisäystä tarkastelujakson aikana.

Hakkuulaskelmat eivät ole puun tarjonnan tai todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita vaan olemassa olevan tiedon ja tehtyjen oletusten perusteella laskettuja arvioita. Laskelmissa tehdyt oletukset koskevat esimerkiksi puiden kasvua, metsien käsittelyohjeita, metsänhoidon tasoa, käytettävissä olevaa korjuuteknologiaa sekä niihin liittyvää hinta- ja kustannusrakennetta ja -tasoa.

MELA-ohjelmistossa käytössä olevat kasvumallit (Hynynen ym. 2002) kuvaavat aiempaa (Ojansuu ym. 1991) täsmällisemmin varttuneiden metsien puuston kehitystä ja metsikön reaktioita esimerkiksi puuston tihentymiseen ja käsittelyihin. Nuorten metsien osalta mallien uudistaminen on kuitenkin vielä kesken. Nykyiset mallit eivät sellaisenaan sovellu esimerkiksi metsänhoidon laiminlyöntien seurausten tarkasteluun. Myös metsien uudistumiseen – erityisesti suojametsäalueella – liittyvä riskejä (Hyppönen

ym. 2005, Varmola ym. 2004), joita malleissa ei pystytä kaikilta osin ottamaan huomioon. Näissä laskelmissa valtion mailla olevat suojametsäalueet olivat rajoitetussa puuntuotannossa ja siellä uudistaminen oli sallittu vain luontaisesti. Suojametsäalueen yksityismailla myös avohakkuu ja viljely olivat mahdollisia.

Hakkuulaskelmat tehtiin 50 vuoden laskelmakaudelle. Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tulosten luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmia tehdään. Tuloksia tarkasteltiin pääasiassa ensimmäisen 30 vuoden osalta. Kaksi viimeistä vuosikymmentä oli laskelmassa mukana kestävyuden varmistamiseksi.

Laskelmissa oletettiin puiden kasvun säilyvän vuosien 1965–1994 keskimääräisellä kasvuntasolla. Muutokset kasvuun vaikuttavissa tekijöissä ja puiden reagoinnissa kasvutekijöihin saattavat vaikuttaa puuston kasvun ennusteisiin ja sitä kautta hakkuumahdollisuusarvioihin. Tässä tutkimuksessa inventointia seuraavalla kymmenvuotisjaksoilla puuston kasvu jää kaikissa laskelmissa noin miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienemmäksi kuin inventoinnin mittaama kasvu.

Laskelmissa sovellettiin Suojelupinta-alaprojektin (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämistyöryhmän (Metsien suojelun ... 2002) luokituksia (ks. Nuutinen ja Hirvelä 2000a). Käytön rajoitukset näkyvät myös simuloitujen käsittely- ja kehityssarjojen lukumäärässä (kuva 1). Jos puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee laskelmissa oletusta, metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä.

Laskelmissa ei otettu huomioon metsänomistuksen rakennetta tai metsänomistajien käyttäytymistä. Kaikissa laskelmissa oletettiin, että metsänhoitotyöt tehdään suositusten mukaisesti. Metsien hakkuumahdollisuudet muuttuvat, jos metsänhoitotoissa viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta.

Laskelmat ja tulokset eivät ole toteutettavaksi tarkoitettuja hakkuusuunnitteita. Metsän eri käyttömuotojen yhteensovittaminen ja hakkuusuunnitteiden laatiminen kuuluvat taloudenharjoittajille. Esimerkiksi tämän tutkimuksen Ylä-Lappia koskevat tulokset eivät ole yhteismitallisia Metsähallituksen Ylä-Lapin luonnonvarasuunnitelman kanssa. Metsähallituksen laskelmissa mm. maksimoitiin netto-

tulojen nykyarvoa 3 prosentin korkokannalla, kuusikot ja koivikot oli rajattu hakkuuiden ulkopuolelle, uudistushakkuutapana oli vain siemenpuuhakkuu ja jatkettun kiertoajan metsille oli määritetty uudistamisrajoitus (Sandström ym. 2000). Lisäksi luonnonvarasuunnitelman hakkuusuunnitteen tasoon oli tehty tasokorjaus alaspäin mm. alue-ekologisen ja luonnonhoitolaskelmien osoittamasta tasosta (Sandström ym. 2000).

## Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Lapin metsäkeskuksen johtaja Jukka Ylimartimo on kommentoinut käsikirjoitusta. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille.

## Kirjallisuus

- Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/1999: 587–601.
- 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2000: 233–253.
- & Härkönen, K. 1999. Uppskattningar av avverkningsmöjligheterna inom landskapet Åland åren 1997–2026. Metsätieteen aikakauskirja 4B/1999: 769–783.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1998: 279–291.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1996–2025 Keski-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten alueilla. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1999: 289–307.
- Hynynen, J. 1996. Puuston kehityksen ennustaminen MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 21–37.
- , Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 835: 116 s.
- Hyppönen, M., Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2001. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksset. 60 s. ISBN 951-98731-1-2.
- , Hallikainen, V. & Jalkanen, R. (toim.). 2005. Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 225 s.
- Hyvän metsänhoidon suosituksset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 95 s.
- Härkönen, K. 2001. Säästöpuut ja MELA2000. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.). MELA2000 ja muuttuva metsänkäsittely. MELA-käyttäjäpäivä 21.11.2000 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 814. s. 19–29.
- Hökkä, H. 1996. Suometsien uudet kasvu- ja pituusmallit. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 57–68.
- 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. 45 + 53 p.
- , Alenius, V. & Penttilä, T. 1997. Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica* 31(2): 161–178.
- , Alenius, V. & Salminen, H. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. *Suo* 51(1): 1–10.
- Jutras, S., Hökkä, H., Alenius, V. & Salminen, H. 2003. Modelling mortality of individual trees in drained peatland sites in Finland. *Silva Fennica* 37(2): 235–251.
- Jämsä, J. & Hirvelä, H. 1996. Pohjois-Suomen metsien hakkuumahdollisuudet. Julkaisussa: Hökkä, H., Salminen, H. & Varmola, M. (toim.) Pohjoisten metsien kasvu – ennen, nyt ja tulevaisuudessa. Metsäntutkimuspäivä Rovaniemellä 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 589: 96–106.
- Kotiharju, S. & Niemelä, H. 2000. Talousmetsien luonnonhoidon laadun arviointi. Seurantareportti. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. 19 s. + liitteet.

- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. *Metsätehon tiedotus* 410. 38 s. + liitteet.
- Kuusela, K. 1959. Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Summary: Largest permanent allowable cut and a method for its calculation. *Acta Forestalia Fennica* 71(1). 39 s.
- 1964. Increment-drain forecast for a large forest area. Seloste: Kasvun ja poistuman ennuste suurelle metsäalueelle. *Acta Forestalia Fennica* 77(5). 79 s.
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 93(6). 107 s.
- & Nyysönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. *Acta Forestalia Fennica* 74(6). 34 s.
- & Salminen, S. 1978. Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974–76. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974–76. *Folia Forestalia* 337. 35 s.
- & Salovaara, A. 1971. Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsävarat vuosina 1969–70. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Koillis-Suomi and Lappi in 1969–70. *Folia Forestalia* 110. 49 s.
- , Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piiri-metsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. Summary: Forest resources in North Finland by forestry board districts, 1982 to 1984. *Folia Forestalia* 655. 86 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- & Sevola, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantoarvot. Summary: Timber assortment relationships and stumpage value of Scots pine and Norway spruce. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 74(3). 87 s.
- Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 414. 134 s.
- Mehtätalo, L. 2002. Valtakunnalliset puukohtaiset tukki-vähennysmallit männylle, kuuselle, koivuille ja haavalle. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 575–591.
- Metinfo. 2003. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. *Metsäntutkimuslaitos*. [www-sovellus \(http://www.metla.fi/metinfo/\)](http://www.metla.fi/metinfo/).
- Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämistyöryhmä. 2002. Työryhmämuistio MMM 2002:15. Helsinki. 51 s. + liitteet. ISSN 0781-6723.
- Metsien suojelupinta-alat. Suojelupinta-alaprojektin raportti. 1999. *Suomen ympäristö 300*. Ympäristöministeriö. 44 s. ISBN 951-37-2869-2.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1995. *Skogsstatistisk årsbok*. Statistical Yearbook of Forestry. SVT Maa- ja metsätalous 1995:5. *Metsäntutkimuslaitos*. 354 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2004. *Skogsstatistisk årsbok*. Finnish Statistical Yearbook of Forestry. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2004:45. *Metsäntutkimuslaitos*. 416 s.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1998–2027 Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2000: 413–428.
- & Hirvelä, H. 2000b. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2000: 567–583.
- & Hirvelä, H. 2000c. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/2000: 741–757.
- & Hirvelä, H. 2001a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2001: 389–406.
- & Hirvelä, H. 2001b. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2000–2029 Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2001: 577–594.
- & Hirvelä, H. 2003. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2001–2030 Kainuun metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2003: 257–272.
- , Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- , Hirvelä, H., Härkönen, K. & Hökkä, H. 2004. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuu-



- mahdollisuusarviot vuosille 2002–2031 Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2004: 419–435.
- Ojansuu, R. 1996. Kangasmaiden kasvupaikan kuvaus MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 39–56.
- , Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – Metsä 2000-versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. Puuntuotoksen tutkimussuunta. 59 s.
- Riissanen, N. & Härkönen, J. 2001. Lapin metsäohjelma 2001–2005. Metsäkeskus Lappi. 48 s.
- 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. 2004. MELA2004 reference manual. The Finnish Forest Research Institute. 611 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1995. Wood procurement in the pressure of change – valuation model till year 2010. *Acta Forestalia Fennica* 248. 98 s.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. Polttopuun korjuu ja käyttö maatiloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehoseuran julkaisuja 241.
- Sandström, O. ym. 2000. Ylä-Lapin luonnonvarasuunnitelma. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 38. 176 s. + liitteet.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA handbook – 1996 edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- Tomppo, E., Tuomainen, T., Heikkinen, J., Henttonen, H., Ihalainen, A., Korhonen, K.T., Mäkelä, H. & Tontteri, T. 2005. Lapin metsäkeskuksen alueen metsävarat 1970–2003. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2005: 199–287.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 2002. Maastotyön ohjeet 2002. Kuusamo ja Lappi. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 176 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 2003. Maastotyön ohjeet 2003. Enontekiö, Inari ja Utsjoki. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 166 s.
- Varmola, M., Hyppönen, M., Mäkitalo, K., Mikkola, K. & Timonen, M. 2004. Forest management and regeneration success in protection forests near the timberline in Finnish Lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 424–441.

### 55 viitettä