

Tuula Nuutinen ja Hannu Hirvelä

Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2001–2030 Kainuun metsäkeskuksen alueella

Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2003. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2001–2030 Kainuun metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2003: 257–272.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Kainuun metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 2001–2030. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala- ja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsiä tulevaa puuta riittäisi hakattavaksi inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella 4,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,7-kertaisesti vuosina 1996–2000 keskimäärin toteutuneisiin hakkuihin verrattuna (noin 2,6 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Jos hakkuumahto hyödynnettäisiin kokonaan, puuvaranto puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla suurensi lähivuosisikymmeninä, mutta hakkuumahto vähenisi toisella kymmenvuotiskaudella 3,1 miljoonaa kuutiometriin vuodessa. Jos hakkuita halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan vuosittaisen käyttöpuumäärän arvio laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla siten, että 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. Arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 3,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Metsä- ja kitumaasta on tiukasti suojeltu noin kuusi prosenttia ja rajoitetussa käytössä noin seitsemän prosenttia. Suojelu ja käytön rajoitukset supistavat ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahtoa 1,2 miljoonaa kuutiometriä ja kestäviä hakkuumahdollisuuksia 0,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

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

Asiasanat: hakkuumahdollisuusarvio, suurin kestävä hakkuumäärä, hakkuumahto, MELA-ohjelmisto, valtakunnan metsien 9. inventointi, Kainuun metsäkeskus

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

Sähköposti tuula.nuutinen@metla.fi, hannu.hirvela@metla.fi

Hyväksytty 20.5.2003

I Johdanto

Kainuun metsälautakunnan alueelle esitettiin Valtakunnan metsien 5.–7. inventointien (VMI5–VMI7) yhteydessä hakkuusuunnitteet (taulukko 1), jotka perustuivat tavoitehakkuulaskelman (Kuusela 1959, Kuusela 1964, Kuusela ja Nyssönen 1962) soveltamiseen. VMI6:n ja VMI7:n hakkuusuunnitteen yhteydessä esitettiin lisäksi lähinnä puuntuotannon ulkopuolelle jäävään puustoon ja sen kasvuun perustuva suojeluvähennys. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin yhteydessä hakkuumahdollisuuksia havainnollistettiin MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) tehdyillä vaihtoehtolaskelmilla. Puuntuotantoon kuulumattomat alueet oli rajattu peruslaskelmien ulkopuolelle ja suojelun vaikutuksia hakkuumahdollisuuksiin tarkasteltiin erillisellä laskelmalla.

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin maastomittaukset tehtiin Kainuun metsäkeskuksen alueella vuonna 2001 (Tomppo ym. 2003). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmistoa avulla Kainuun metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2001–2010 sekä niitä vastaava hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen ehdollinen kehitys kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle.

VMI9-aineistoon perustuvia ja MELA-ohjelmistoa avulla tehtyjä hakkuumahdollisuusarvioita on aikaisemmin esitetty Etelä-Pohjanmaan (Hirvelä ym. 1998), Keski-Suomen ja Pohjois-Savon (Hirvelä ym. 1999), Kymen (Hirvelä 1999), Rannikon (Hirvelä 2000), Lounais-Suomen (Nuutinen ja Hirvelä 2000a), Hämeen-Uudenmaan (Nuutinen ja Hirvelä 2000b), Pirkanmaan (Nuutinen ja Hirvelä 2000c), Etelä-Savon (Nuutinen ja Hirvelä 2001a) ja Pohjois-Karjalan (Nuutinen ja Hirvelä 2001b) metsäkeskusten sekä Ahvenanmaan maakunnan (Hirvelä ja Härkönen 1999) alueelle.

Tässä tutkimuksessa hakkuumahdollisuuksia tarkasteltiin hakkuumahdon ja suurimman kestävän hakkuumäärän avulla. Nämä hakkuulaskelmat eivät olleet toteuttamishjelmaksi tarkoitettuja. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita. Tuloksia verrattiin vuosien 1996–2000 keskimäärin toteutuneisiin hakkuuihin ja niitä vastaavaan metsien

Taulukko 1. Kainuun 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 ¹⁾ (1969)	VMI6 ²⁾ (1975)	VMI7 ³⁾ (1982)	VMI8 ⁴⁾ (1992)
Metsämaa				
Pinta-ala, 1000 ha	1533	1627	1658	1660
Metsä- ja kitumaa				
Pinta-ala, 1000 ha	1800	1933	1898	1882
Tilavuus, m ³ /ha	63,0 ⁵⁾	57,8	59,0	63,9
Kasvu, m ³ /ha/v	1,6 ⁵⁾	1,6	1,7	2,3
Hakkuusuunnitteen käyttöpääosa, milj. m ³ /v	3,3 ⁵⁾	3,0	2,9	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m ³ /v	–	–	–	3,6 ⁶⁾
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	2,0 ⁵⁾	1,8	1,9	2,2 ⁶⁾

¹⁾ Kuusela ja Salovaara (1971)

²⁾ Kuusela ja Salminen (1976)

³⁾ Kuusela, Mattila ja Salminen (1986)

⁴⁾ Tomppo, Henttonen ja Tuomainen (2001)

⁵⁾ Tilavuuden laskentamenetelmästä johtuen kuutiomääriin on tehty 3 prosentin korotus (Kuusela 1978)

⁶⁾ Jämsä ja Hirvelä (1996)

kehitykseen. Lisäksi tarkasteltiin puuntuotannon rajoitusten ja laskelmissa sovelletun korkokannan vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin.

2 Aineisto

Tutkimuksessa käytettiin vuonna 2001 mitattuja Kainuun metsäkeskuksen alueen VMI9:n koeala- ja puutietoja (Valtakunnan metsien ... 2001). 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 ... 2001). 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 6190 koealakuvioita).

Taulukko 2. VMI9-maastoaineistosta muodostetun laskelma-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet Kainuun metsäkeskuksen alueella.

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
Pinta-ala, 1000 ha				
Ensisijaisesti puuntuotanto	1648,0	– ¹⁾	1648,0	86,2
Rajoitettu puuntuotanto	13,3	127,1	140,5	7,3
Puuntuotannon ulkopuolella	92,7	30,5	123,3	6,4
Yhteensä	1754,0	157,7	1911,7	100,0
Tilavuus, milj. m ³				
Ensisijaisesti puuntuotanto	123,0	– ¹⁾	123,0	86,7
Rajoitettu puuntuotanto	1,8	1,8	3,6	2,6
Puuntuotannon ulkopuolella	14,5	0,8	15,3	10,8
Yhteensä	139,3	2,6	141,9	100,0

¹⁾ Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella

VMI9-metsävaratulosten mukaan Kainuun metsäkeskuksen alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 1,91 miljoonaa hehtaaria, puuston tilavuus 141,9 miljoonaa kuutiometriä (74,2 m³/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 6,0 miljoonaa kuutiometriä (3,1 m³/ha) vuodessa (Tomppo ym. 2003). Männyn kasvuindeksit olivat 9. inventoinnin kasvunlaskentajaksolla lähellä vuosien 1972–2001 keskimääräistä tasoa ja kuusen kasvuindeksit saman aikajakson keskiarvotason yläpuolella (Tomppo ym. 2003). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta (taulukko 2) oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella (taulukko 3) 123 300 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 15,3 miljoonaa kuutiometriä.

3 Menetelmät

3.1 Laskelmakehikko

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmiston vuoden 2002 julkistusversiolla (Nuutinen 2002, Redsvén ym. 2002), jossa oli Kainuun metsäkeskuksen alueen osalta käytössä valtakunnan metsien 8. inventoinnin aineistoon perustuva tukkivähennysmalli (Mehtätalo 2002).

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) herkkyyshanalyysi.

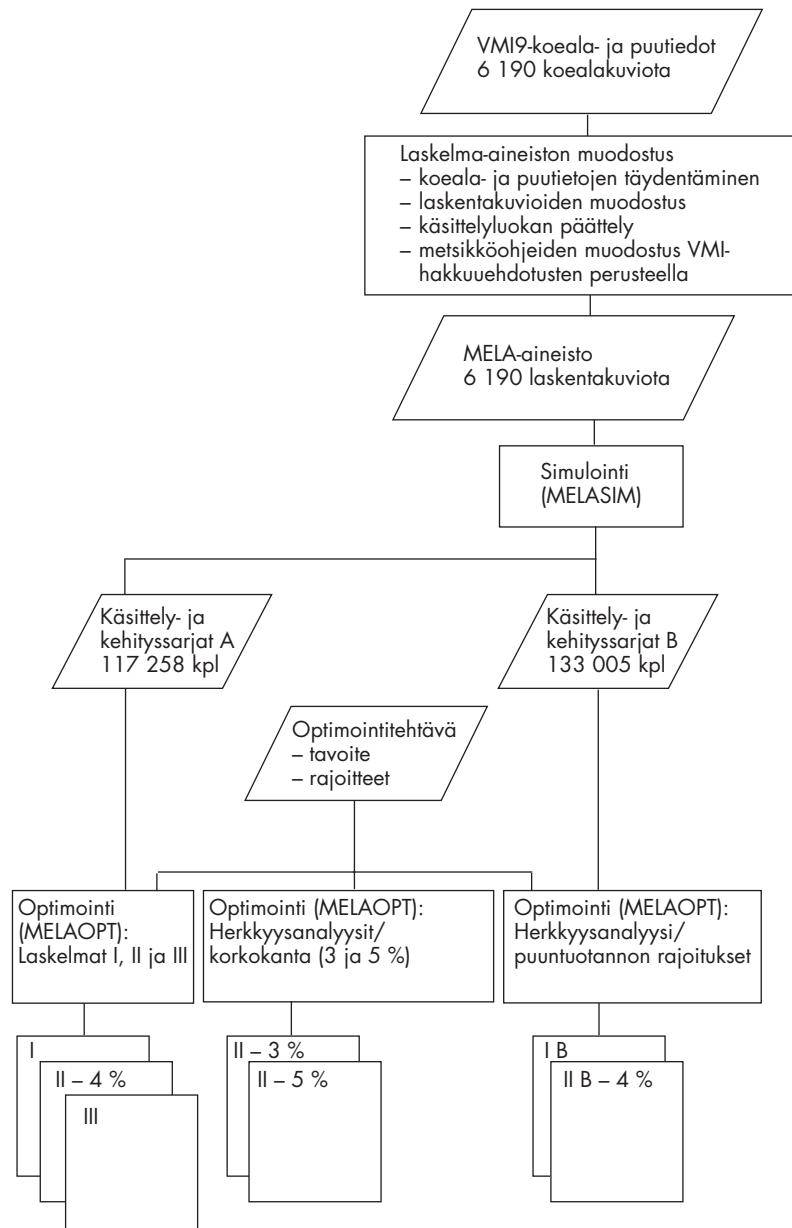
Tarkastelun alueen hakkuumäärät, puuston kehitys, tulot ja kustannukset määräytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä koko alueen metsätaloudelle asetettujen laskentateknisten tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella.

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-koealatiiedoiksi sekä luku- ja koepuutietojen MELA-kuvauspuutiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263),
- 2) VMI9-koealojen yhdistäminen laskentakuvioiksi ja
- 3) käsittelyluokan päättely VMI9-kuviotietojen perusteella.



Kuva I. Laskennan vaiheet.

Ensimmäisessä vaiheessa VMI9-lukupuille ennustettiin puuttuvat MELA-kuvauspuutiedot puukohdistaisten mallien avulla.

Toisessa vaiheessa tavoitteena oli muodostaa jokaiselle koelalle 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 koelan lisäksi kahdesta viiteen puusto- ja kasvupaikkatunnuksiltaan vastaavaa koelaa Kainuun metsäkeskuksen alueelta. Koalojen yhdistelyssä käytetyt kuviokohtaiset tunnuksot olivat maaluokka, kasvupaikkatyyppi,

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

Suojelupinta-alaluokitus ¹⁾	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 lakisäätöiset luonnonsuojelualueet, joilla hakkuut on kielletty			x
Metsähallituksen soidensuojelualueet			x
Valtiolle luonnonsuojelutarkoituksiin hankitut alueet			x
Erämaa-alueet			
– erämaa-alueiden suojellut osat			x
– erämaa-alueiden luonnonomukaisesti hoidettavat alueet			x
Metsähallituksen suojelumetsät (entiset aarnialueet)			x
Metsäntutkimuslaitoksen omilla päätöksillään perustamat suojelualueet			x
Rantojensuojeluohjelmaan kuuluvat alueet		x	
Muun omistajan kuin valtion metsätaloudeikäytön ulkopuolella olevat alueet		x	
Seutukaavan suojeluun varatut alueet			
valtion mailla			x
Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt		x	x
Luonnonsuojelulain perusteella suojellut luontotyypit			x
Valtion retkeilyalueet			x
Metsähallituksen ja kuntien virkistysmetsät			x
Metsähallituksen			
– ojitusrauhoidusalueet			x
– tutkimussopimusmetsät			x
– luonnonhoitometsät			x
– maisema-alueet			x
– korkeat alueet			x
Muut alueet			
– metsämaa		x	
– kitumaa			x

¹⁾ Muuttajien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Metsien suojelupinta-alat (1999) ja Metsien suojelun ... (2002).

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 arvioitua

koko metsikkökuviota koskevien tunnusten perusteella, jotta koealat kuvaisivat metsikkökuvion sisäistä vaihtelua.

Kolmannessa vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuvioille luonnonsuojelu- ja metsälakien sekä metsänkäsittelysuositusten mukaiset käsittelyrajoitukset. Rajoitusten kuvaamiseksi laskentakuviot jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin. 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-koealatiöiden perusteella. Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. luonnon- ja kansallispuistot sekä luonnonsuojelulain nojalla rauhoitetut alueet (taulukko 3). Luokitusta täydennettiin rajaamalla puuntuotannon ulkopuolelle ne avainbiotooppikohteet, jotka VMI:n maastotöiden yhteydessä oli arvioitu täyttävän metsälain tarkoittaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elinympäristön vaatimukset ja joilla oli maastossa arvioitu kaikkien toimenpiteiden olevan kiellettyjä (ks. Valtakunnan metsien ... 2001). Avainbiotooppikohteiden alueellista yleisyyttä ei arvioitu maastossa. Jos avainbiotooppiesiintymä käsitti vain osan kuvioista, vaadittiin lisäksi, että avainbiotooppiesiintymän piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoopin arvioinnissa käytetyn 30 metrin säteisen ympyrän pinta-alasta. Jos laskentakuvioilla 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 puukohtaisesti malleihin perustuvalla MELA-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Hynynen ym. 2002, Nuutinen 2002, Redsvén ym. 2002).

MELA-ohjelmistossa luonnonprosessimalleina (Hynynen ym. 2002) käytettiin Ojansuun ym. (1991) metsien uudistumiseen ja puuston kehitykseen, Ojansuun (1996) kasvupaikan kuvaukseen, Hynysen

(1996) puuston kasvuun ja luonnonpoistumaan sekä Hökän (1996, 1997) suometsien kasvuun liittyvien mallien uusimpia versioita (Hökkä ym. 1997, Hökkä ym. 2000, Nuutinen ym. 2000). Lisäksi kivennäismaiden luonnonprosessimalleissa taimikoiden vastemuuttajat laskettiin erikseen taimikolle, jos uudistusosalalla on taimikkoa isompi säästöpuujakso (Härkönen 2001).

Mallien ennustama kasvu oli korjattu vastaamaan puuston keskimääräistä kasvutason viimeisen 30 vuoden aikana (Hynynen ym. 2002). Tasokorjaus oli tehty kasvuindeksien avulla.

Käsittelyt perustuivat Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuosituksiin vuodelta 2001 (Hyvän metsänhoidon suositukset... 2001). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuut, siemenpuuhakkuut (mänty- ja koivuvaltaiset), suojuspuuhakkuut (kuusivaltaiset) sekä ylispuiden poisto.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloitiin ns. kahden käyrän mallilla (Nuutinen ja Hirvelä 2000b) noudattaen MELA-ohjelmiston vuoden 1999 julkistusversiossa käyttöön otettuja puulajeittaisia ja kasvupaikkaluokittaisia oletusarvoja. Koska simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausien puolivälissä, harvennuksissa pohjapinta-alan vaatimusta alennettiin 10 prosentilla, jotta harvennettavaksi tulisivat myös kohteet, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta 10-vuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla.

Laskelmissa sallittuja metsänkäsittelyjä olivat hakkuiden lisäksi säästöpuiden jättäminen uudistusaloille, metsänuudistamiseen liittyvä raivaus, maanpinnan käsittely ja viljely sekä taimikonhoito. Tavoiteltava säästöpuiden määrä oli viisi kuutiometriä hehtaarilla (ks. Kotiharju ja Niemelä 2000). Säästöpuut oletettiin jätetyksi tasaisesti koko uudistusosalalle. Ojitetuilla turvemaidella 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. Puun-

tuotannon ulkopuolella olevilla alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä.

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toteutuskelpoiset toimenpiteet päätettiin koko laskentakuvion keskimääräisistä tiedoista, jotka määritettiin laskentakuvioon kuuluvien koalojen avulla. Toimenpiteet toteutettiin erikseen laskentakuvion jokaisella koalalla, mutta optimoinnissa käytettävät päätösmuuttajat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä maastokoaloilta, joita oli yksi jokaisella laskentakuviolla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koaloja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Tomppo ym. 2003) laskennassa.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui tienvarsihintoihin. Tukkipuiden tienvarsihintoihin tehtiin MELA-ohjelmiston oletusjäreyskorjaus (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 Hirvelä 2001b). Nettotulot saatiin vähentämällä tienvarsihintoista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Näin otettiin huomioon mm. poistettavien runkojen koon ja hehtaarikohtaisen hakkuukertymän aiheuttamat erot nettotuloihin. Tienvarsihintoina käytettiin vuosina 1991–2000 Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla toteutuneiden hankintahintojen (Metsätalostollinen vuosikirja 2001) vuoden 2000 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 4).

Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmenekin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 5) tulona. Ajanmenekit perustuivat työtutkimuksiin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1993). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina edullisimman (kustannuksiltaan halvimmän) korjuuvaihtoehdon (metsurihakuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1991–2000 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 2000 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 6) tulona.

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puu-

Taulukko 4. Vuosina 1991–2000 Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla toteutuneiden hankintahintojen vuoden 2000 hintatasolla lasketut keskiarvot (e/m³) puutavara-lajeittain. (Metsätilastollinen vuosikirja 2001)

	Tukkipuu	Kuitu
Mänty	46,7	26,5
Kuusi	39,0	29,4
Koivu	40,3	27,5

Taulukko 5. Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat.

Työlaji	Yksikköhinta, e/h
Metsäkuljetus	46,0
Hakkuu monitoimikoneella	69,0
Metsurihakkuu	21,1

tavaralajien tilavuus oli laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa oli käytetty mäntytukin kuorellisena minimiläpimittana 14,5 cm, kuusitukin 17,0 cm ja lehtipuutukin 16,5 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimittana 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 pysty puusto on jaettu puutavara-lajeihin (Valtakunnan metsien ... 2001). Koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä, tukkipuun määrää korjattiin metsikkösimulaattorissa erillisellä tukkivähennysmallilla (Mehtätalo 2002). Erotus siirtyi kuitupuuksi.

VMI9-metsävaratulosten mukaan tukkipuun osuus puuston runkotilavuudesta metsä- ja kitumaalla oli keskimäärin 24 prosenttia (Tomppo ym. 2003). Männyn tukkiosuus oli 28, kuusen 32, koivun 2 ja muiden lehtipuiden 4 prosenttia tilavuudesta (Tomppo ym. 2003). Koska uuden tukkivähennysmallin (Mehtätalo 2002) ansiosta tukkiosuus MELA-laskelmissa (vajaa 26 prosenttia) oli lähellä VMI9-metsävaratuloksia, aiemmissa laskelmissa käytettyä tukkipuun kokonaismäärän kalibrointia puulajikohtaisilla tasokertoimilla ei enää käytetty.

Taulukko 6. Metsänhoitotöiden vuosina 1991–2000 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 2000 hintatasoon muutettuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 2001)

Työlaji	Yksikkö	Yksikköhinta
Raivaus	e/ha	49,30
Äestys	“	100,10
Auraus/mätästys	“	162,30
Männyn kylvö	“	150,00
Männyn taimi	e/taimi	0,09
Kuusen taimi	“	0,14
Koivun taimi	“	0,19
Männyn täydennystaimi	“	0,14
Kuusen täydennystaimi	“	0,16
Koivun täydennystaimi	“	0,25
Ruohous	e/ha	69,80
Kunnostusojitus	e/100 m	34,00
Metsänhoitotyö	e/h	15,70
Hakkuutyö	e/h	21,10

3.4 Optimointi

Hakkuulaskelmien tavoitteena oli havainnollistaa Kainuun metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuuksia ja verrata niitä viime vuosina keskimäärin toteutuneisiin hakkuusiin.

Kaikissa laskelmissa valittiin lineaarisen optimoinnin tavoitefunktioiksi nettotulojen nykyarvon maksimointi. Toiminnan kannattavuus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena. Laskentakorkokannoksi valittiin kolme, neljä ja viisi prosenttia (Nuutinen ja Hirvelä 2000a).

Ensimmäisellä laskelmalla kuvattiin metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevan puuston määrää. Hakkuumahto (hakkuulaskelma I) laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla ilman toiminnan kestävyys- ja lopputilan puustovaatimuksia (Siitonen ym. 1996, s. 103). Hakattavissa olevan puuston selvittämiseen valittiin laskentakorkokannaksi korkein eli viisi prosenttia. Laskelmassa hakattiin kaikki sovellettujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täyttäneet kasvattamisen ehdoksi asetettua kannattavuusvaatimusta. Teknisesti vuotuinen hakkuumahto oli kymmenvuotiskauden puolivälissä hakattavissa oleva puumäärä

jaettuna kymmenellä. Teoreettisesti ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto on lyhyen aikavälin puuntarjonnan ehdoton yläraja eli se puumäärä, joka markkinoille voisi lakeja ja suosituksia rikkomatta tulla edellyttäen, että kaikelle markkinoille tulevalle puulle olisi kysyntää ja että metsänomistajat myisivät puuta ja hakkaisivat metsiään metsikkökohtaisten suositusten ja viiden prosentin tuottovaatimuksen mukaisesti.

Toisen laskelman tavoitteena oli määrittää suurin jatkuvasti hakattavissa oleva hakkuukertymä. Suurimman kestävän hakkuukertymän toteuttavassa laskelmassa (hakkuulaskelma II) otettiin siis huomioon myös puuntuotannon kestävyysvaatimukset. Laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (vrt. Siitonen ym. 1996, s. 104). Puuntuotannon kestävyys laskelma-ajan kuluessa varmistettiin siten, että 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 eikä metsien ikäluokkarakennetta. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana.

Kolmannessa laskelmassa tavoitteena oli havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät, jos hakkuut jatkuvat viime vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös hakkuulaskelmassa III (vuosien 1996–2000 keskimääräinen kertymätaaso) maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaaso haettiin käyttämällä optimoinnissa rajoitteena vuosina 1996–2000 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä (Metinfo 2003). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavaksi 30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982). Laskelmissa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakkuupinta-aloja.

3.5 Herkkyysanalyysit

Hakkuulaskelman II herkkyyttä tarkasteltiin kolmen ja viiden prosentin korkokannan suhteen. 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 hakkuulaskelmiin tarkasteltiin simuloimalla Kainuun metsäkeskuksen alueen 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 laskettiin hakkuumahtoa (laskelma I) ja suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (laskelma II) vastaavat tuotto-ohjelmat.

4 Tulokset

4.1 Toteutuneiden hakkuiden mukainen hakkuukertymä

Kainuun metsäkeskuksen alueen metsistä hakattiin vuosina 1996–2000 keskimäärin 2,6 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuiden ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1996–2000 kertymästä oli mäntyä 60, kuusta 30 ja lehtipuuta 10 prosenttia. Tukkipuukertymä vuosina 1996–2000 oli keskimäärin 1,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta männyn osuus oli noin 70 prosenttia.

Jos hakkuut säilyisivät vuosien 1996–2000 keskimääräisellä tasolla (kuva 2, hakkuulaskelma III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 3,1 miljoonan kuutiometrin vuosivauhilla (kuva 3).

Vastaavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoitaan nousevan 7,1 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella. Koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

4.2 Hakkuumahto

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsitelysuositusten (Hyvän metsänhoidon suositukset... 2001) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta (hakkuumahto) riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi 4,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, hakkuulaskelma I) eli 1,7-kertaisesti vuosina 1996–2000 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Kertymästä olisi mäntyä 58, kuusta 30 ja lehtipuuta 12 prosenttia.

Vaikka hakkuumahto hyödynnettäisiin kokonaan, puuvaranto puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla suurensi nykyisestä (kuva 3). Toisella kymmenvuotisjaksolla (vuosina 2011–2020) vuotuinen hakkuumahto olisi 3,1 miljoonaa kuutiometriä. Järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) supistuisi 17 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 6) 51 prosenttia ensimmäiseen kymmenvuotisjaksoon verrattuna. Kolmenkymmenen vuoden kuluessa järeän puun varanto kasvaisi 37 prosenttia.

Hakkuumahdon mukaisesti toimittaessa harvennushakkuiden osuus kertymästä vuosina 2001–2010 olisi 20 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 43 prosenttia (kuva 7). Kokonaishakkuuala olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 40 700 hehtaaria (kuva 8) ja keskimääräinen korjuukustannus 9,1 e/m³ (taulukko 7).

4.3 Suurin kestävä hakkuukertymä

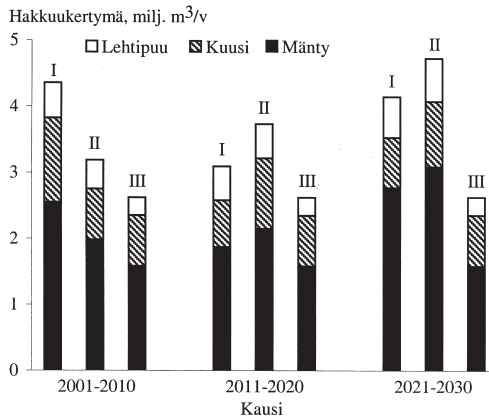
Jos hakkuita halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien kuitenkin vähentymättä tulevai-

Taulukko 7. Hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla (laskelmat, ks. kuva 2).

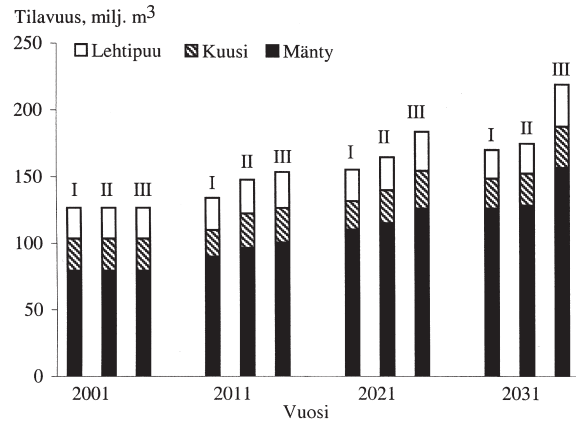
Tunnus	Laskelma I	Laskelma II	Laskelma III
2001–2010			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	3,4	3,5	3,5
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	3,0	2,3	2,0
Korjuukustannus, e/m ³	9,1	9,2	9,4
Hakkuukertymä, m ³ /ha	107,0	96,6	88,3
2011–2020			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	3,4	3,5	3,6
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	2,2	2,6	1,9
Korjuukustannus, e/m ³	11,3	10,3	9,8
Hakkuukertymä, m ³ /ha	70,0	82,4	79,7
2021–2030			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	3,6	3,7	4,0
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	2,8	3,1	2,0
Korjuukustannus, e/m ³	12,1	11,4	9,2
Hakkuukertymä, m ³ /ha	80,6	84,2	91,2

suudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 3,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se lähestyy 4,7 miljoonan kuutiometrin tasoa kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana (kuva 2, hakkuulaskelma II). Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävä hakkuumäärän arviosta on mäntyä keskimäärin 62, kuusta 24 ja lehtipuuta 14 prosenttia.

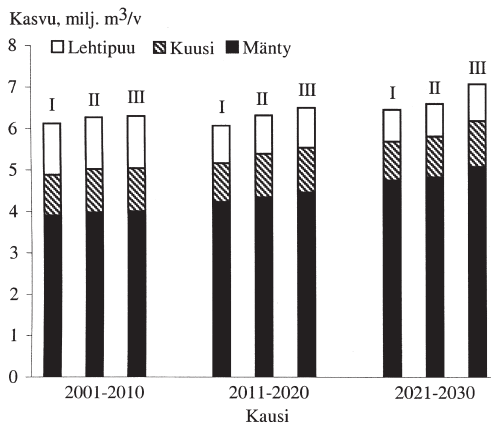
Suurimman kestävä hakkuumäärän arviota vastaava kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 4,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 8). Kokonaispoistuma koostuu hakkuupoistumasta ja metsiin jäävästä luonnonpoistumasta. Hakkuupoistuma sisältää tukki- ja kuitupuun, hakkuiden yhteydessä hakkuutähteenä metsään jäävän kuitupuun minimimittoja pienemmän runkopuun sekä raivauksessa ja taimikonhoidossa metsään jäävän runkopuun. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuita



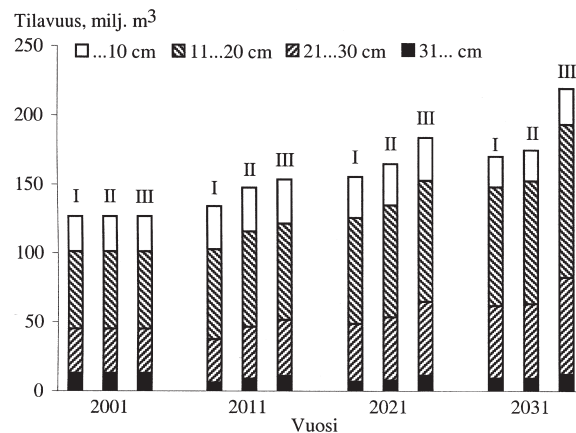
Kuva 2. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 2001–2030 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (I = nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II = suurin kestävä hakkuukertymä ja III = vuosina 1996–2000 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä).



Kuva 3. Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2001–2031 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 4. Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2001–2030 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

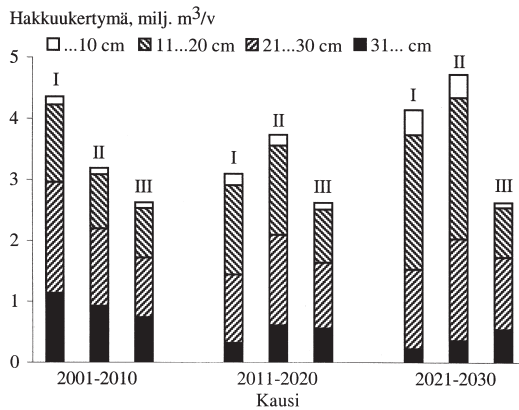


Kuva 5. Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2001–2031 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

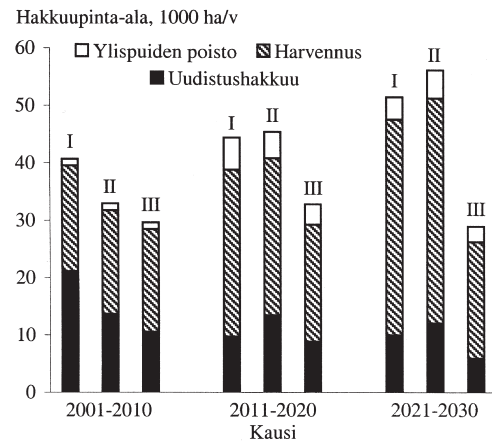
vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 4,6 ja kasvun 6,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 5,6 ja 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Kokonaispoistuma on siis koko kolmenkymmenen vuoden jakson ajan keskimäärin 1,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienempi kuin kasvu. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä

kymmenvuotiskaudella 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

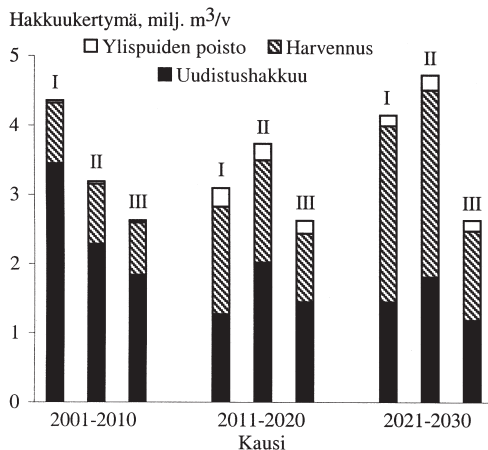
Jos hakkuut noudattaisivat suurimman kestävä hakuu määrän arviota, puuvaranto kasvaisi puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 17 prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenessä ja 38 prosenttia koko kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson aikana (kuva 3). Järeän (rinnankor-



Kuva 6. Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 2001–2030 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 8. Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 2001–2030 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 7. Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 2001–2030 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

keusläpimitta yli 20 cm) puun varanto kasvaisi 40 prosentilla kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 5). Laskelman mukainen hakkuuohjelma johtaisi keskitilavuuden kohoamiseen 71 kuutiometristä 98 kuutiometriin hehtaarilla kolmen vuosikymmenen kuluessa.

Lopputuottoarvorajoite hakkuulaskelmassa II ei ole sitova: tuottoarvo laskelmakauden lopussa on lähes 40 prosenttia korkeampi kuin alussa. Sen sijaan sekä kertymärajoite kolmannen ja neljännen kauden välillä että tukkirajoite toisella ja kolmannella kaudella ovat sitovia.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa tukkipuukertymän arvioidaan olevan 1,4 miljoonan kuutiometrin vuositasolla kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana. Järeimmän (rinnankorkeusläpimitta yli 30 cm) puun osuus hakkuumahdollisuuksista laskee selvästi koko kolmenkymmenen vuoden ajan (kuva 6). Suurimman kestävän hakkuumäärän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on mäntytukkia, keskimäärin 71 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Mäntykuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 57 prosenttia. Kuusitukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 27 ja 23 prosenttia.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 27 prosenttia, josta se nousee kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana 57 prosenttiin (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuuala on 33 000 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on 18 100 hehtaaria (kuva 8). Uudistushakkuiden osuus kokonaishakkuualasta on 41 prosenttia. Uudistushakkuualasta noin 30 prosenttia on luontaista uudistamista, lähinnä siemenpuuhakkuita. Ylispuiden poistoa on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 1200 hehtaaria ja toisella kymmenvuotiskaudella 4600 hehtaaria. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimäärin $9,2\text{ e/m}^3$ (taulukko 7). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa

Taulukko 8. Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2001–2010. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla (laskelmat, ks. kuva 2).

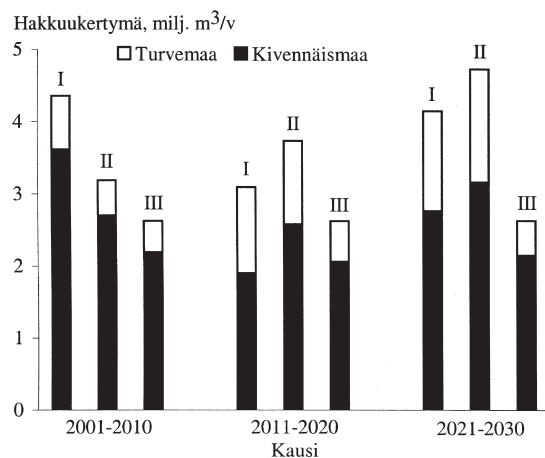
Tunnus	Laskelma I	Laskelma II	Laskelma III
Kokonaispoistuma	5,43	4,18	3,63
Mänty	2,85	2,27	1,88
Kuusi	1,40	0,89	0,88
Koivu	1,00	0,90	0,77
Muu lehtipuu	0,13	0,12	0,10
Hakkuupoistuma	4,69	3,47	2,90
Hakkuukertymä	4,36	3,19	2,63
Tukkikertymä	1,95	1,43	1,15
mäntytukki	1,37	1,09	0,82
kuusitukki	0,56	0,32	0,33
koivutukki	0,02	0,02	0
muu lehtipuutukki	0	0	0
Kuitupuukertymä	2,40	1,76	1,47
mäntykuitu	1,18	0,89	0,76
kuusikuitu	0,71	0,45	0,44
koivukuitu	0,44	0,35	0,23
muu lehtipuukuitu	0,07	0,06	0,04
Hakkuutähde	0,33	0,28	0,27
Luonnonpoistuma	0,70	0,71	0,73
Kasvu	6,12	6,27	6,29
Mänty	3,90	3,97	4,00
Kuusi	0,98	1,04	1,04
Koivu	1,14	1,15	1,15
Muu lehtipuu	0,10	0,10	0,11

7,9 e/m³ sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 12,4 e/m³.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on vuosina 2001–2030 keskimäärin 28 prosenttia (kuva 9). Suurimman kestävästä hakkuumäärän arvion mukaan toimittaessa turvemaidella on vuosina 2001–2030 männyn hakkuukertymästä keskimäärin 24, kuusen 27, koivun 49 ja muiden lehtipuiden 16 prosenttia.

4.4 Herkkyysanalyysit

Hakkuulaskelma II oli herkkä korkokannan muutokselle. Viiden prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio on kolmen vuosikymmenen aikana



Kuva 9. Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaidella vuosina 2001–2030 laskelmissa I, II ja III Kainuun metsäkeskuksen alueella (laskelmat, ks. kuva 2).

lähäs viisi prosenttia korkeampi kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus nousee 22 m³/ha. Kolmen prosentin korkokannalla laskettu vuotuisen hakkuumäärän arvio jää kolmen vuosikymmenen aikana 10 prosenttia alemmalle tasolle kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus kohoaa 36 m³/ha.

Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisäsi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävästä hakkuumäärän arviota 19 ja hakkuumahtoa 27 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen arvioidaan olevan suurimman kestävästä hakkuumäärän arvioissa 14 ja hakkuumahdossa 13 prosenttia. Hakkuumahdossa puuntuotannon rajoitukset heijastuvat eniten ensimmäisen kymmenvuotiskauden uudistushakkuuksiin. Ilman puuntuotannon rajoituksia ensimmäisen kymmenvuotiskauden uudistushakkuukertymä olisi 31 ja harvennushakkuukertymä 13 prosenttia suurempi. Toisella kymmenvuotiskaudella uudistushakkuukertymä olisi 15 ja harvennushakkuukertymä 2 prosenttia suurempi. Suurimman kestävästä hakkuumäärän arvioissa vaikutus tasoittuu koko tarkastelujakson ajalle. Ilman puuntuotannon rajoituksia uudistushakkuukertymä olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 20 ja sekä toisella että kolmannella kymmenvuotiskaudella 23 prosenttia suurempi.

5 Tulosten tarkastelu

Kainuun metsäkeskuksen alueella on enintään 60-vuotiaita metsiä 60 prosenttia metsämaan pinta-alasta (Tomppo ym. 2003). Puuvaranto kasvaa nopeasti, mutta metsien rakenteesta johtuen kestävät hakkuumahdollisuudet ovat ensimmäisellä vuosikymmenellä huomattavasti pienemmät kuin puuston nykyinen kasvu. Mikäli metsävaroja hyödynnetään kestävästi, alueella on laskelmien mukaan kolmenkymmenen vuoden kuluttua nykyistä huomattavasti enemmän hakkuumahdollisuuksia – erityisesti harvennusemetsissä.

Laskelmissa I ja II keskimääräisten korjuukustannusten ennakoitaan nousevan tulevana vuosikymmeninä. Keskimääräisen hakkuukertymän notkahdus alaspäin toisella kymmenvuotiskaudella johtuu pääosin harvennuksista, joiden pinta-ala nousee ensimmäisestä kymmenvuotiskaudesta noin 1,5-kertaiseksi. Harvennusten määrä ja keskimääräinen korjuukustannus nousevat edelleen kolmannelle kaudelle siirryttäessä, vaikka keskimääräinen hakkuukertymä alkaakin kohota.

Suojelun ja käytön rajoitusten takia ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto on supistunut 1,2 miljoonaa kuutiometriä ja kestävät hakkuumahdollisuudet 0,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Metsien suojelun vaikutus hakkuumahdollisuuksiin on merkittävästi suurempi kuin puuntuotannon ulkopuolella tai rajoitetussa puuntuotannossa olevien metsien pinta-alan, tilavuuden tai kasvun perusteella olettaisi (Tomppo ym. 2003), koska puuntuotannon rajoitusten kohteena olevat metsät ovat keskimääräistä runsaspuustoisempia.

Hakkuulaskelmat tehtiin 50 vuoden laskelmakaudelle. Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tulosten luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmia tehdään. Jokaista kymmenvuotiskautta koskevat arviot ovat aina ehdollisia tehdyille oletuksille (esimerkiksi hinta- ja kustannusrakenteelle, hinta- ja kustannustasolle sekä käytettävissä olevalle korjuuteknologialle) ja aikaisempien kymmenvuotiskausien arvioille. Laskelmissa metsävarat, puuston kasvu ja hakkuut ovat aina ehdollisia edeltävien kausien metsävarojen, puuston kasvun ja toimenpiteiden suhteen.

Tuloksiin liittyvän epävarmuuden vuoksi tuloksia

ei voi pitää toteutuvan kehityksen ennusteina, vaan olemassa olevan tiedon ja tehtyjen oletusten perusteella laskettuina arvioina.

Laskelmissa sovellettu käsittelyluokitus ei täysin vastaa Suojelupinta-alaprojektin (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämistyöryhmän (Metsien suojelun ... 2002) luokitusta (Nuutinen ja Hirvelä 2000a). Jos puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee laskelmissa oletetusta, metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä. Esimerkiksi puuntuotannossa olevien metsien ikäluokkarakenteen muuttuessa kohdentuvat hakkuut – ja suojelun vaikutus – määrällisesti ja rakenteellisesti eri tavalla.

Hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletuksiin, että puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja puiden reagointi niihin eivät muutu. Laskelmissa oletettiin puiden kasvun säilyvän viimeisen 30 vuoden keskimääräisellä kasvuntasolla. Muutokset kasvuun vaikuttavissa tekijöissä ja puiden reagoinnissa kasvutekijöihin saattavat vaikuttaa puuston tulevan kasvun ennusteisiin ja sitä kautta hakkuumahdollisuusarvioihin.

Kaikissa laskelmissa oletettiin, että päätehakkuiden jälkeen metsänuudistamisessa – luontaisesti, kylvään tai istuttaen – ei viivytellä. Taimikonhoitotyöt oletetaan tehtävän suositusten mukaisesti eivätkä uudistamiseen liittyvät riskit ole laskelmissa mukana. Laskelmissa ei otettu huomioon metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa, metsiköiden sijaintia suhteessa puun käyttöpisteisiin eikä näiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään. Nämä tekijät yhdessä saattavat ratkaista sen, jääkö esimerkiksi osa ensiharvennuspustoista todellisuudessa puuntuotannon ulkopuolelle. Osa metsänhoidon kannalta tarpeellisiksi todetuista ensiharvennuksista voi jäädä tekemättä, mikäli toiminnan kannattavuus ratkaisee hakkuuiden kohdentumisen. Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos metsänhoitotöissä viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta.

Tukkikertymän tasaisuusvaatimukseen liittyvä riskiä pidemmällä aikavälillä esimerkiksi istutusmänniköiden laadun suhteen. MELA-ohjelmistossa tukin laatu voidaan ottaa huomioon lähinnä tukkivähennyksen ja tienvarsihinnan järeyskorjauksen kautta. Järeyskorjauksen käyttäminen lienee tukin arvon

huomioon ottamiseksi perusteltua, mutta 1960-luvun lopun tilanteeseen perustuva järeyskorjaus ei välttämättä kuvaa nykyistä markkinatilannetta.

Laskelmissa ei otettu huomioon metsänomistuksen rakennetta tai metsänomistajien käyttäytymistä. Suurimman kestävä hakuu määrän arvio ei siis ole hakkuusuunnite, joka perustuu taloudenharjoittajan omiin tavoitteisiinsa. Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät myöskään ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Todellisuudessa metsänomistajat yhdessä puun ostajien kanssa ratkaisevat markkinoille tulevan puumäärän ja metsien hoidon.

Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Kainuun metsäkeskuksen johtaja Eila Valtanen ja päätoimittajan valitsema toinen, nimettömäksi jäänyt ennakkotarkastaja ovat kommentoineet 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.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 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: 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 s.
- , 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.
- 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. Seurantaportti. 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. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae – Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 93(6). 107 s.
- , Mattila & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. Summary: Forest resources in North Finland by forestry board districts, 1982 to 1984. Folia Forestalia 655. 86 s.
- & Nyssönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. Acta Forestalia Fennica 74(6). 34 s.
- & Salminen, S. 1976. Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973–74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Pohjois-Karjala in 1973–74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975. Folia Forestalia 274. 43 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.
- 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 puutavara-suhteet 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 männyille, kuuselle, koivuille ja haavalle. Metsätieteen aikakauskirja 4/2002: 575–591.
- Metinfo. 2003. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. Metsäntutkimuslaitos. www-sovellus (<http://www.metla.fi/metinfo/>).
- Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämisyöryhmä. 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.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2001. 2001. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 374 s.
- Nuutinen, T. 2002. MELA2002. Julkaisussa: Nuutinen, T. Kiiskinen, A. (toim.). MELA2002 ja käyttöpuun kuvaus. MELA-käyttöpäivä 7.5.2002 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 865: 6–10.
- 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., 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.
- 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.
- 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. 2002. MELA2002 Reference Manual. Metsäntutkimuslaitos. 588 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineessa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Helsingin yliopiston

- metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 2.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. Polttopuun korjuu ja käyttö maatiloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehoseuran julkaisuja 241.
- 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., Henttonen, H. & Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992–94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986–92 ja koko maassa 1986–94. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2001: 99–248.
- , Tuomainen, T., Henttonen, H., Ihalainen, A. & Tonteri, T. 2003. Kainuun metsäkeskuksen alueen metsävarat 1969–2001. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2003: 169–256. (tämä nide)
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 2001. Maastotyön ohjeet 2001. Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 176 s.

47 viitettä