

Tuula Nuutinen ja Hannu Hirvelä

Hakkuumahdollisuudet Suomessa valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella

Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2006. Hakkuumahdollisuudet Suomessa valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2006: 223–237.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kolmen lähivuosisikymmenen hakkuumahdollisuuksia ja puuston kehitystä Suomessa. Arviot perustuvat MELA-ohjelmistolla tehtyihin laskelmiin. Aineistona käytettiin vuosina 2004–2005 mitatuista valtakunnan metsien 10. inventoinnin (VMI10) koealaja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa. Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella puuta riittäisi viiden prosentin tuottovaatimuksella hakattavaksi 87 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,5-kertaisesti vuosina 2001–2005 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna (56 miljoonaa kuutiometriä vuodessa). Hakkuumahdollisuuksien täysimääräinen hyödyntäminen johtaisi puuvarannon ja hakkuumahdollisuuksien pienenemiseen seuraaviksi vuosikymmeniksi. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 66 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen arvioidaan saavuttavan 70 miljoonan kuutiometrin tason seuraavan vuosikymmenen kuluessa. Toteutuneet hakkuut ovat olleet koko maassa 85 prosenttia suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta. Jos hakkuut noudattavat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvarannon arvioidaan nousevan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla kuusi miljoonaa kuutiometriä vuodessa 30 vuoden aikana. Harvennushakkuiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on 30 vuoden aikana keskimäärin 38 prosenttia. Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 17 prosenttia ja toisella kymmenvuotiskaudella 20 prosenttia. Toisen kymmenvuotiskauden jälkeen turvemaiden osuus kääntyy lievään laskuun. Arviot eivät ole ennusteita eivätkä toteutettavaksi tarkoitettuja hakkuutavoitteita.

Asiasanat: hakkuumahdollisuudet, suurin kestävä hakkuukertymä, MELA-ohjelmisto, valtakunnan metsien 10. inventointi

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

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

Hyväksytty 18.5.2006

I Johdanto

Puubarjojen korkeasta käyttöasteesta huolimatta Suomen puubaranto on kasvanut viime vuosikymmeninä. Suomen metsien runkopuun määrä on lähes 2,2 miljardia kuutiometriä (Korhonen ym. 2006). Puuston tilavuudesta on mäntyä 50, kuusta 30, koivua 16 ja muuta lehtipuuta 4 prosenttia (Korhonen ym. 2006). Puuston tilavuus on karttunut valtakunnan metsien 3. inventoinnista (VMI3, 1951–1953) yli 600 miljoonaa kuutiometriä ja 8. inventoinnista (VMI8, 1986–1994) vajaat 300 miljoonaa kuutiometriä (Metsätilastollinen vuosikirja 2005). Valtakunnan metsien 10. inventointiin perustuva puuston kasvun arvio on 97 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Korhonen ym. 2006) ja poistuma vuosina 2001–2005 oli keskimäärin 69 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Metinfo 2006).

Puubarjojen kehitys ja poistumaa suurempi kasvu osoittavat metsien hakkuumahdollisuuksien jatkuvasti kasvaneen. Perinteinen metsätasetarkastelu (kasvun ja poistuman vertailu) ei kuitenkaan ota huomioon metsien kehitysdynamiikkaa eikä kerro tulevien hakkuumahdollisuuksien rakennetta tai niiden kehitystä pidemmällä aikavälillä.

Metsä 2000 -ohjelman tarkistuksen yhteydessä tehtiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) valtakunnallisia puuntuotantolaskelmia vuoteen 1990 laskennallisesti ajantasaistetusta valtakunnan metsien 7. ja 8. inventointiin perustuvasta aineistosta (Siitonen 1990). Valtakunnan metsien 8. inventoinnin aineistoon perustuvia hakkuumahdollisuusarvioita on esitetty eteläiselle Suomelle (Salminen ja Salminen 1998) ja koko maalle (Nuutinen ym. 1996, Nuutinen ym. 1998, Nuutinen ja Salminen 1999, Nuutinen ym. 2000). Valtakunnan metsien 9. inventoinnin aineistoon perustuvia laskelmia on tehty 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), Pohjois-Karjalan (Nuutinen ja Hirvelä 2001b), Kainuun (Nuutinen ja Hirvelä 2003), Pohjois-Pohjanmaan (Nuutinen ym. 2004a)

ja Lapin (Nuutinen ym. 2005a) metsäkeskusten, Ahvenanmaan maakunnan (Hirvelä ja Härkönen 1999) sekä Etelä-Suomen (Nuutinen ym. 2005b) alueelle. Valtakunnan metsien 9. inventoinnin laskennallisesti vuoteen 2002 ajantasaistettuun aineistoon perustuvia laskelmia on tehty Etelä-Suomen yksityismetsille (Nuutinen ym. 2004b, Nuutinen ym. 2005d). Näissä MELA-ohjelmistolla VMI-aineistojen perusteella tehdyissä laskelmissa suurimman kestävän hakkuumäärän arvion kestävyyden tasoitusalueena on ollut metsälautakunta tai metsäkeskus. Suomelle esitetyt tulokset ovat olleet alueittaisten tulosten summia.

Lähi vuosikymmenille laskettu suurimman kestävän hakkuukertymän arvio Suomessa on 67–70 miljoonaa kuutiometriä ainespuuta (Nuutinen ja Salminen 1999, Nuutinen ym. 2005c). Vuosina 2001–2005 hakkuut ovat olleet noin 85 prosenttia kestävästä hakkuumahdollisuuksista.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella kolmen lähi vuosikymmenen hakkuumahdollisuuksia Suomessa uusimman valtakunnan metsien inventoinnin aineiston pohjalta. Laskelmat tehtiin MELA2005-ohjelmistolla. Laskelma-aineisto perustui vuosina 2004–2005 mitattuihin valtakunnan metsien 10. inventoinnin (VMI10) koeala- ja puutietoihin.

Tutkimuksessa tehtiin kolme laskelmaa: I nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II suurin kestävä hakkuukertymä ja III vuosina 2001–2005 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä. Laskelmat tehtiin erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle. Laskelmien pohjalta tehdyt arviot esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita. Lisäksi tarkasteltiin laskelmissa sovelletun korkokannan ja kestävyysrajoitteiden tasoitusalueen vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin.

Taulukko 1. 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
Luonnonsuojelulakiin perustuvat alueet			
Kansallis- ja luonnonpuistot			x
Soiden-, lehtojen- ja vanhojen metsien suojelualueet sekä muut luonnon suojelualueet			x
Luonnonsuojelulla suojellut luontotyypit	x		x
Maisemansuojelualueet	x		x
Muut lakiin perustuvat alueet			
Erämaat	x		x
Ulkoilureittialueet ja valtion retkeilyalueet	x		x
Muut lakiin perustuvat suojelualueet	x		x
Omistajan päätökseen perustuvat suojelualueet			
Metsähallituksen suojelumetsät			x
Metsähallituksen alue-ekologisen suunnittelun luontokohteet ja muut alueet, joilla puuntuotannon rajoituksia	x		x
Suojametsäalue Metsähallituksen hallinnassa olevalla maalla	x		
Muut suojellut ja rajoitetun käytön alueet	x		x
Metsänjalostus-, tutkimus- ja havaintometsät	x		x
Puolustusvoimien harjoitusalueet	x		x
Virkistysalueet ja muut erikoisalueet	x		x
Suojeluun varatut alueet			
Kansallis- ja luonnonpuistojen kehittämissuojeluohjelma-alueet			x
Soidensuojelu-, lehtojensuojelu- ja vanhojen metsien suojeluohjelma-alueet			x
Rantojen-, lintuvesien- ja harjunsuojeluohjelma-alueet		x	x
Muut suojeluohjelma-alueet ja valtioneuvoston periaatepäätöksellä suojeluun varatut muut kuin suojeluohjelmien alueet			x
Kaava-alueet			
Maakunta-, seutu-, yleis-, asema- ja ranta-asemakaava-alueet		x	x
Muut arvot, jotka vaikuttavat metsätalouden harjoittamiseen		x	
Muut alueet			
Metsämaa	x		
Kitumaa		x	

¹⁾ Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Metsien suojelupinta-alat (1999), Metsien suojeluun ... (2002) ja Valtakunnan metsien ... (2005).

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Laskelmakehikko

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmiston vuoden 2005-julkistusversiolla (Redsven ym. 2005). Laskelmissa oli neljä vaihetta (kuva 1):

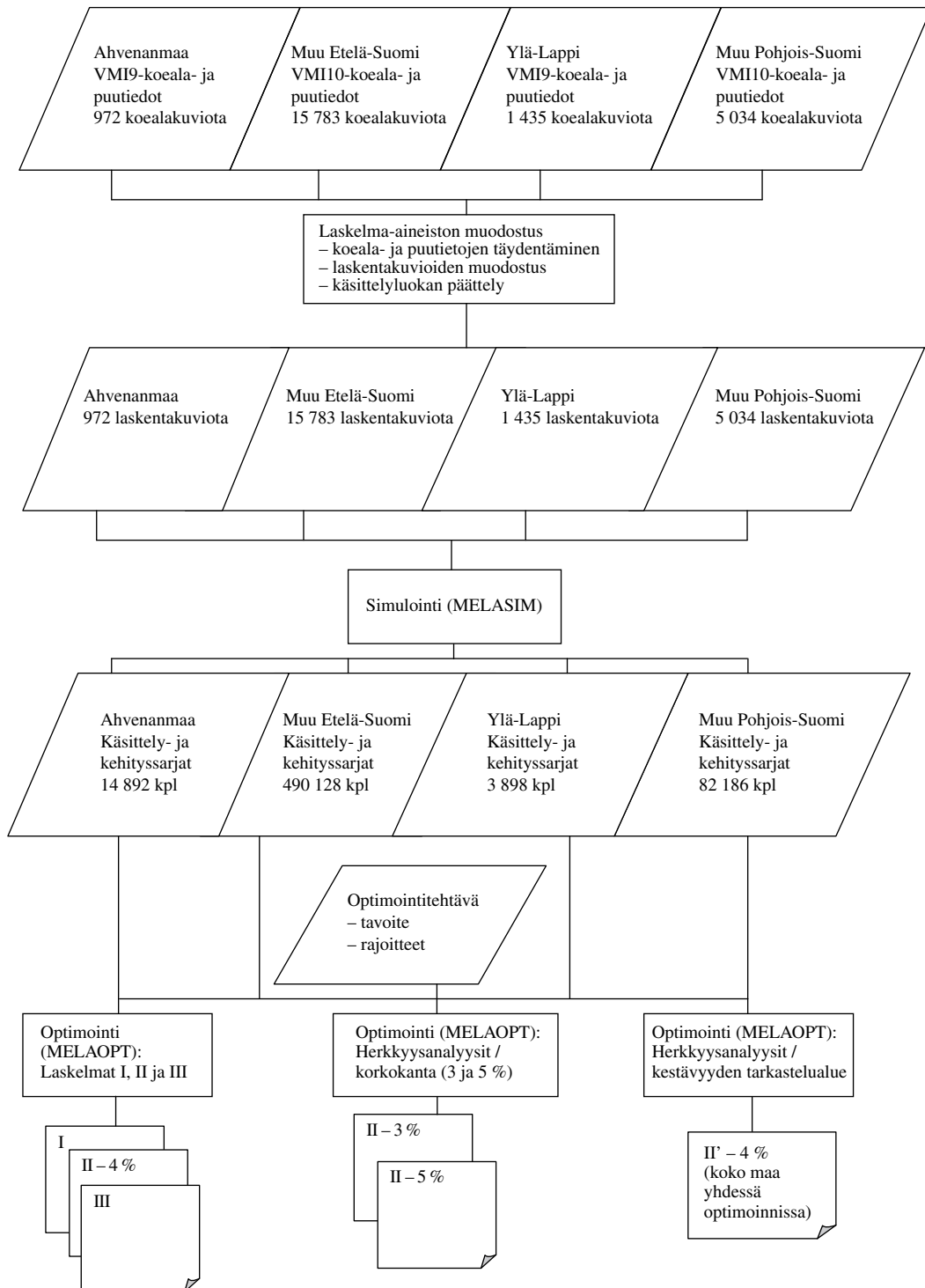
- 1) laskelma-aineiston muodostus,
- 2) vaihtoehtoisten käsittely- ja kehityssarjojen simulointi laskentakuvioille,
- 3) simuloituista vaihtoehtoisista käsittely- ja kehityssarjoista aluetason tehokkaiden tuotanto-ohjelmien hakeminen lineaariseen optimointiin perustuvalla JLP-ohjelmistolla (Lappi 1992)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

Laskelmat tehtiin 50 vuoden jaksolle, joka jaettiin viiteen kymmenvuotiskauteen. Tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa vain ensimmäisen 30 vuoden jaksoa. Kaksi viimeistä kymmenvuotiskautta olivat mukana kestävyuden varmistamiseksi. Tarkastelualueen hakkuumäärät, puuston kehitys, tulot ja kustannukset määrytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä alueen metsätaloudelle asetettujen laskentateknisten tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella.

2.2 Laskelma-aineisto

Aineistona käytettiin VMI10:n koeala- ja puutietoja (Valtakunnan metsien ... 2004, 2005). Etelä-Suomen VMI10-aineisto on mitattu vuosina 2004–2005 ja Pohjois-Suomen aineisto vuonna 2005. VMI10-maastotyöt eivät olleet vielä ulottuneet Ahvenanmaan maakunnan ja Ylä-Lapin (Enontekiön, Inarin ja Utsjoen kuntien) alueille, joten näiden alueiden osalta käytettiin VMI9-aineistoa. Ahvenanmaan maakunnan VMI9-aineisto on mitattu vuonna 1997 (Valtakunnan metsien ... 1997) ja Ylä-Lapin aineisto vuonna 2003 (Valtakunnan metsien ... 2003).

VMI-aineistosta muodostetut laskelma-aineistot sisälsivät metsä- ja kitumaan koealat puuttomia sivukuvioita lukuunottamatta (ks. Hirvelä ym. 1998). Koealoista muodostettiin laskentakuvioita (ks. Hirvelä ym. 1998), joille määritettiin luonnon-suojelu- ja metsälakien sekä metsänkäsittelysuosi-



Kuva I. Laskennan vaiheet.

Taulukko 2. VM110-aineistosta muodostetun laskelma-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet (Ahvenanmaan maakunnan ja Ylä-Lapin alueen osalta VM19-aineisto).

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, milj. ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	18,27	– ¹⁾	18,27	79,6
Rajoitettu puuntuotanto	0,87	2,04	2,92	12,7
Puuntuotannon ulkopuolella	1,03	0,72	1,75	7,6
Yhteensä	20,16	2,77	22,93	100,0
		Tilavuus, milj. m ³		
Ensisijaisesti puuntuotanto	1 889,1	– ¹⁾	1 889,1	86,8
Rajoitettu puuntuotanto	118,3	46,1	164,4	7,6
Puuntuotannon ulkopuolella	105,1	17,8	122,8	5,6
Yhteensä	2 112,4	63,9	2 176,3	100,0

¹⁾ Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

tusten mukaiset käsittelyrajoitukset. Laskentakuvioita oli yhteensä 23 223 kappaletta. Käsittelyrajoitusten perusteella laskentakuviot jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin (taulukko 1). Jako perustui Suojelupinta-alaprojektin (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämisyöryhmän (Metsien suojelun ... 2002) laatimiin suojelupinta-alaluokituksiin ja se tehtiin VMI-koealatiетоjen perusteella. Puuntuotantoon käytettävissä olevaan metsä- ja kitumaahan kuului ensisijaisen ja rajoitetun puuntuotannon alueet. Jos laskentakuvioilla ei ollut käsittelyrajoituksia, metsämaan laskentakuvio luokiteltiin maaluokan perusteella ensisijaisesti puuntuotantoon ja kitumaan laskentakuvio rajoitettuun puuntuotantoon.

Metsävaratulosten mukaan metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 22,9 miljoonaa hehtaaria, puuston tilavuus 2,2 miljardia kuutiometriä (94,9 m³/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 97,1 miljoonaa kuutiometriä (4,2 m³/ha) vuodessa (Korhonen ym. 2006). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella (taulukko 1) 1,8 miljoonaa hehtaaria (taulukko 2), jota vastaava puuston tilavuus oli 122,8 miljoonaa kuutiometriä.

2.3 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi

Laskentakuvioiden käsittely- ja kehityssarjat tuotettiin puukohtaisiin malleihin perustuvalla MELA2005-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Hynynen ym. 2002, Redsvén ym. 2005). 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. 2004a). Kunnostusojitustarve ja kunnostusojituksen kasvureaktio ennustettiin Hynynen ym. (2002) mukaisesti. Kivennäismaiden luonnonprosessimalleissa taimikoiden vastemuuttajat laskettiin erikseen taimikolle, jos uudistusalalla on taimikkoa isompi säästöpuujakso (Härkönen 2001). Mallien ennustama kasvu oli korjattu vastaamaan puuston keskimääräistä kasvuntasoa vuosien 1965–1994 välisenä aikana (Hynynen ym. 2002). Tasokorjaus oli tehty kasvuideksien avulla.

Metsänkäsittelyt perustuivat vuoden 2001 metsänkäsittelysuositukseen (Hyppönen ym. 2001, Hyvän metsänhoidon ... 2001). Hakkuutavat olivat runkoluukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuuiden poistot.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloitiin 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.

Hakkuiden lisäksi laskelmissa oli mukana säästöpuiden jättäminen uudistusaloille, metsänuudistamiseen liittyvä raivaus, maanpinnan käsittely, viljely ja taimikonhoito. Tavoiteltava säästöpuiden määrä oli viisi kuutiometriä hehtaarilla (ks. Kotiharju ja Niemelä 2000) ja säästöpuut oletettiin jätetyiksi tassaisesti koko uudistusalueelle. Ojitetuilla turvemaidella harvennushakkuiden yhteydessä tehtiin kunnostusojitus. Lannoitus, uudisojitus ja pystypuiden karsinta eivät olleet mukana käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa.

Ensisijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alueilla kaikki hakkuutavat olivat sallittuja. Rajoitetun puuntuotannon alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennus-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut. Puuntuotannon ulkopuolella olevilla alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä.

Nettotulot saatiin vähentämällä hankintahintaisista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Hankintahintoina käytettiin vuosina 1996–2005 Etelä- ja Pohjois-Suomessa toteutuneiden hintojen (Metinfo 2006) vuoden 2005 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 3). Tukkipuiden hankintahintoihin tehtiin MELA-ohjelmiston oletusjäreyskorjaus (Siitonen ym. 1996, s. 218–219, Laasasenaho ja Sevola 1971). Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmenekin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 4) tulona. Näin otettiin huomioon mm. poistettavien runkojen koon ja hehtaarikohtaisen hakkuukertymän aiheuttamat erot kustannuksiin ja niiden myötä nettotuloihin. Ajanmenekit perustuivat työn tuottavuusmalleihin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1995). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina kustannuksiltaan halvimman korjuuvaihtoehdon (metsurihakkuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien (ks. Redsvén ym. 2005) ja vuosina 1996–2004 toteutuneiden keskimääraisten, vuoden 2005 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 5) tulona.

Taulukko 3. Vuosina 1996–2005 toteutuneiden hankintahintojen vuoden 2005 hintatasolla lasketut keskiarvot (€/m³) puutavaralajeittain (Metinfo 2006).

Puutavaralaji	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
Mäntytukki	49,30	46,95
Kuusitukki	45,50	40,25
Koivutukki	47,60	40,05
Mäntykuitu	26,05	25,90
Kuusikuitu	32,15	28,95
Koivukuitu	26,70	26,50

Taulukko 4. Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat (€/h).

Työlaji	Yksikköhinta
Metsäkuljetus	54,00
Hakkuu monitoimikoneella	76,00
Metsurihakkuu	24,05

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puutavaralajien tilavuus on laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyryhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa mäntytukin kuorellinen minimiläpimitta oli 15 cm, kuusitukin 16 cm ja lehtipuutukin 18 cm. Kuitupuun kuorellinen minimiläpimitta oli männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Kuituosan minimipituus oli 2,0 m. Tukkipuun määrää korjattiin metsikkösimulaattorissa erillisellä tukkivähennysmallilla (Mehtätalo 2002), koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä. Erotus siirtyi kuitupuuksi. Tukkivähennysmallin avulla saatua tukkipuun määrää kalibroitiin puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan VMI10:ssä arvioituja tukkiosuuksia erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomessa.

2.4 Hakkuumahdollisuusarviot

Kaikissa laskelmissa nettotulojen nykyarvon maksimointi valittiin lineaarisen optimoinnin tavoitefunktioiksi. Toiminnan kannattavuus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena.

Taulukko 5. Metsänhoitotöiden vuosina 1996–2004 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 2005 hintatasoon muutettuna (Metinfo 2006).

Työlaji	Yksikkö	E-Suomi	P-Suomi
Äestys	€/ha	150,55	105,50
Auraus/mätästys	€/ha	223,15	156,40
Männyn kylvö (siemenet)	€/ha	160,00	160,00
Männyn taimi	€/taimi	0,10	0,10
Kuusen taimi	€/taimi	0,15	0,15
Koivun taimi	€/taimi	0,25	0,25
Männyn täydennystaimi	€/taimi	0,15	0,15
Kuusen täydennystaimi	€/taimi	0,20	0,20
Koivun täydennystaimi	€/taimi	0,30	0,30
Istutus- ym. metsänhoitotyö	€/h	17,85	17,85
Ruohous	€/ha	144,40	144,40
Raivaus- ja taimikon perkaustyö	€/h	24,05	24,05
Kunnostusojitus	€/ha	112,60	92,00
Suunnittelu- ja työnojohtotyö	€/h	17,85	17,85

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 vuotuisen 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 arviossa (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 oli-

vat 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 laskelma-alueella pidetään tavoiteltavana.

Toteutuneiden hakkuiden ja niitä vastaavan metsien kehityksen (hakkuulaskelma III) avulla esitettiin, miten metsävarat kehittyvät, jos hakkuut jatkuvat viime vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös tässä laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaso haettiin käyttämällä optimoinnin rajoitteina vuosina 2001–2005 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä (Metinfo 2006). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavan 30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982). Laskelmassa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakkuupinta-aloja.

Laskelmat I–III tehtiin erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomen alueelle. Koko Suomen arviot ovat näiden kahden alueen arvioiden summätietoja.

2.5 Herkkyysanalyysit

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvion herkkyttä 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.

Kestävyysrajoitteiden tasoitusalueen vaikutuksia tutkittiin laskelmalla, jossa kestävyysrajoitteet määriteltiin koko Suomelle (laskelma II'). Tämän arvion Etelä- ja Pohjois-Suomen hakkuumääriä verrattiin Etelä- ja Pohjois-Suomelle erikseen laskettuihin suurimman kestävän hakkuumäärän arvioihin (laskelma II).

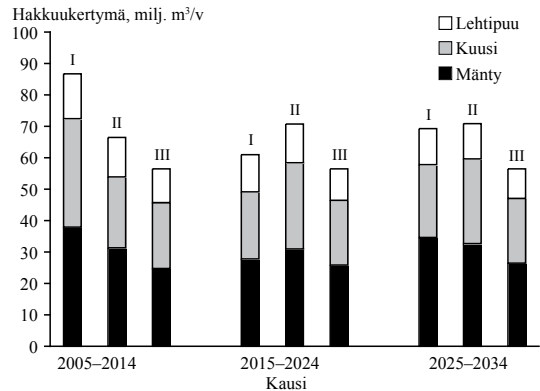
3 Tulokset

3.1 Toteutuneiden hakkuiden mukainen hakkuukertymä (laskelma III)

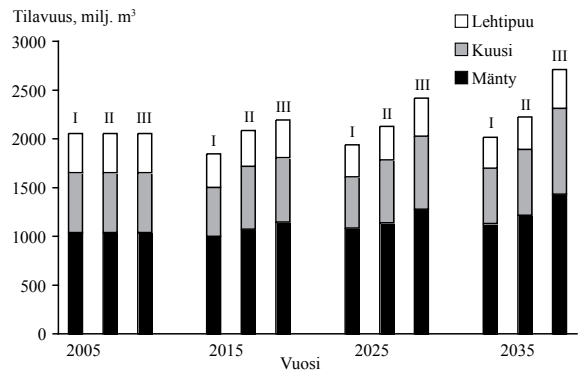
Vuosina 2001–2005 ainespuun hakkuukertymä oli Suomen metsistä keskimäärin 56 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Ainespuukertymä sisälsi markkinahakkuiden, kotitarvepuun ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Hakkuukertymästä mäntyä oli 42, kuusta 44 ja lehtipuuta 14 prosenttia (Metinfo 2006). Tukkikertymä oli vajaat 27 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta männyn osuus oli 41, kuusen 55 ja lehtipuun 4 prosenttia.

Toteutuneiden hakkuiden mukaista puutavaralajijakaumaa ei voitu ylläpitää koko 50 vuoden ajan. Laskelmaksi III valittiin ratkaisu, joka toteutti hakkuukertymä- ja tukkikertymärajoitteen. Puulajikohtaisten hakkuu- ja tukkikertymien sallittiin vaihdella. Tässä laskelmassa hakkuukertymästä oli mäntyä 44, kuusta 37 ja lehtipuuta 19 prosenttia (kuva 2). Puuvaranto kasvoi puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla keskimäärin 22 miljoonaa kuutiometriä vuodessa seuraavien kolmenkymmenen vuoden kuluessa (kuva 3). Malleilla laskettu puuston kasvu oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 88 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se nousi 95 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella (kuva 4). Kokonaispoistuman arvioidaan olevan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 74 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoitaan laskevan 66 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella.

Laskelmassa III turvemaiden osuus hakkuukertymästä oli keskimäärin 17 prosenttia. Hakkuut painottuivat uudistushakkuisiin, joiden osuus hakkuukertymästä oli 65 prosenttia ensimmäisellä 10-vuotiskaudella, 51 toisella ja 44 prosenttia kolmannella kymmenvuotiskaudella (kuva 5). Uudistushakkuupinta-ala oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 0,16 miljoonaa hehtaaria vuodessa, joka on lähellä vuosina 2001–2004 toteutunutta (0,18 miljoonaa hehtaaria). Uudistushakkuuala laski 0,11 miljoonaa hehtaariin kolmannella kymmenvuotiskaudella.



Kuva 2. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 2005–2034 laskelmissa I, II ja III koko Suomessa (I = nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II = suurin kestävä hakkuukertymä ja III = vuosina 2001–2005 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä).

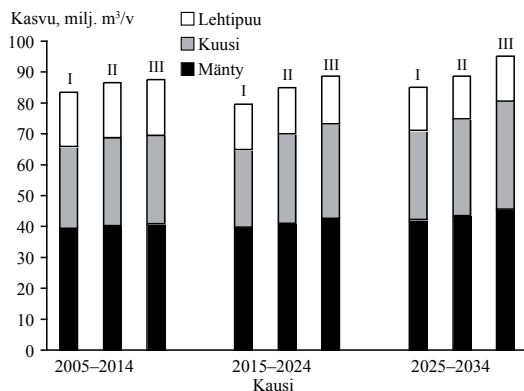


Kuva 3. Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2005–2035 laskelmissa I, II ja III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 2).

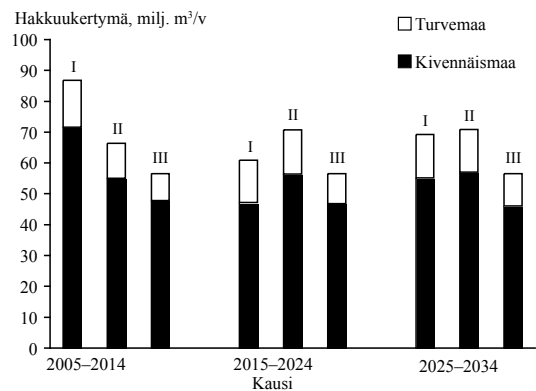
la hakkuiden painopisteen siirtyessä yhä enemmän kasvatushakkuisiin.

3.2 Nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla (laskelma I)

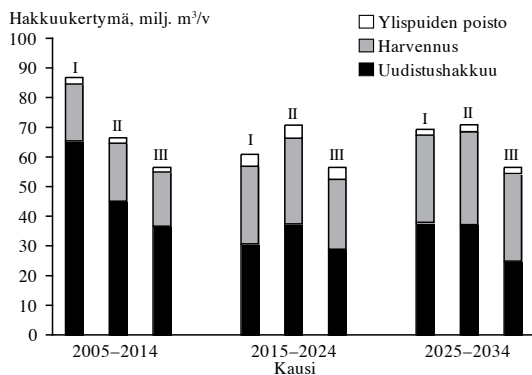
Nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla maksimoivassa arvioissa puuta riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi noin 87 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 1,5-kertaisesti vuosina 2001–2005 keskimäärin toteutuneisiin



Kuva 4. Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2005–2034 laskelmissa I, II ja III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 6. Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaiden vuosina 2005–2034 laskelmissa I, II ja III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 2).



Kuva 5. Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 2005–2034 laskelmissa I, II ja III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 2).

hakkuisiin verrattuna. Hakkuukertymästä oli mäntyä 44, kuusta 40 ja lehtipuuta 16 prosenttia (kuva 2). Tukkipuukertymä oli 42 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta mäntyä oli 44, kuusta 50 ja lehtipuuta 6 prosenttia.

Uudistushakkuiden osuus kertymästä oli 75 prosenttia (65 miljoonaa kuutiometriä vuodessa). Kokonaishakkuuala oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 0,62 miljoonaa hehtaaria vuodessa, josta uudistushakkuuta oli noin 48 prosenttia. Turvemaiden osuus hakkuumahdollisuuksista oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 17 prosenttia ja toisella kymmenvuotiskaudella 23 prosenttia.

Hakkuumäärän täysimääräinen hyödyntäminen laskelman I mukaisesti ensimmäisellä 10-vuotiskaudella johti puuvarannon ja hakkuumahdollisuuksien vähenemiseen seuraaviksi vuosikymmeniksi. Toisella kymmenvuotiskaudella puuston tilavuus laski puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 10 prosentilla ja hakkuukertymä 30 prosentilla. Vuotuinen hakkuukertymä oli seuraavana kymmenvuotiskautena noin 61 miljoonaa kuutiometriä ja tukkipuukertymä 23 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

3.3 Suurin kestävä hakkuukertymä (laskelma II)

Etelä- ja Pohjois-Suomen arvioiden summana laskettu suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 66 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Sen arvioidaan saavuttavan 70 miljoonaa kuutiometrin tason jo seuraavan vuosikymmenen kuluessa. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävä hakkuumäärän arviosta oli mäntyä keskimäärin 46, kuusta 37 ja lehtipuuta 17 prosenttia. Tukkipuun kertymäarvio oli 31 miljoonan kuutiometrin vuositasona koko tarkastelujakson ajan. Tukkipuukertymästä oli kolmen vuosikymmenen aikana keskimäärin kuusta 49 prosenttia, mäntyä 45 prosenttia ja lehtipuuta 6 prosenttia. Etelä-Suomen osalta tukkipuukertymää koskeva rajoite oli sitova kai-

Taulukko 6. Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2005–2014. 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		
	E-Suomi	P-Suomi	Yhteensä	E-Suomi	P-Suomi	Yhteensä	E-Suomi	P-Suomi	Yhteensä
Kokonaispoistuma	82,4	21,9	104,3	64,8	18,8	83,6	56,6	17,0	73,6
Mänty	30,9	12,2	43,1	26,2	10,4	36,6	20,5	9,4	29,9
Kuusi	33,3	4,5	37,8	21,9	3,7	25,6	20,9	3,1	24,0
Lehtipuu	18,2	5,2	23,3	16,7	4,8	21,4	15,1	4,5	19,6
Hakkuupoistuma	75,7	19,3	95,0	58,0	16,2	74,2	49,6	14,3	63,8
Hakkuukertymä	70,4	16,4	86,7	53,0	13,4	66,4	44,9	11,6	56,5
Tukkikertymä	36,4	5,5	41,8	26,6	4,5	31,1	22,7	3,9	26,7
mäntytukki	14,6	3,8	18,4	12,2	3,1	15,4	9,4	2,8	12,2
kuusitukki	19,4	1,6	21,0	12,2	1,3	13,5	11,5	1,0	12,5
lehtipuutukki	2,4	0,1	2,5	2,1	0,1	2,2	1,8	0,1	1,9
Kuitukertymä	34,0	10,9	44,9	26,5	8,9	35,4	22,2	7,7	29,8
mäntykuitu	13,3	6,2	19,5	10,9	5,1	16,0	8,1	4,4	12,5
kuusikuitu	11,3	2,2	13,5	7,4	1,7	9,1	7,1	1,4	8,5
lehtipuukuitu	9,3	2,5	11,8	8,2	2,1	10,3	6,9	1,9	8,8
Hakkuutähde	5,4	2,9	8,3	5,0	2,8	7,7	4,7	2,7	7,3
Luonnonpoistuma	6,6	2,6	9,2	6,8	2,6	9,4	7,0	2,7	9,7
Kasvu	61,1	22,4	83,5	63,8	22,7	86,6	64,7	22,9	87,6
Mänty	24,8	14,6	39,5	25,4	14,8	40,3	26,0	14,9	40,9
Kuusi	22,6	3,8	26,4	24,6	3,9	28,5	24,7	3,9	28,7
Lehtipuu	13,6	4,0	17,6	13,8	4,0	17,8	14,0	4,0	18,0

killä kymmenvuotiskausilla. Lisäksi kokonaishakkuukertymää koskeva rajoite oli sitova neljännellä ja viidennellä kaudella. Pohjois-Suomen osalta toisen, kolmannen ja viidennen kymmenvuotiskauden tukki-kertymärajoitteet olivat sitovia.

Jos hakkuut noudattavat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvarannon arvioidaan kasvavan kuusi miljoonaa kuutiometriä vuodessa kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 3). Malleilla laskettu puuston kasvun arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 87 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Kasvu oli koko kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson suurempi kuin kokonaispoistuma. Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella ero oli 3,0 (taulukko 6), toisella 4,3 ja kolmannella kymmenvuotiskaudella 9,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Koko metsä- ja kitumaalla puuston kasvu oli ensimmäisellä kaudella 89 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuu-ala oli 0,52 miljoonaa hehtaaria vuodessa, josta uudistushakkuuta oli 0,21 ja harvennushakkuuta

0,27 miljoonaa hehtaaria. Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella uudistushakkuuden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta oli 68 prosenttia ja harvennushakkuuden osuus 29 prosenttia. Harvennushakkuuden osuus nousi tarkastelujaksolla ja se oli kolmannella kaudella 44 prosenttia hakkuukertymästä. Kolmenkymmenen vuoden aikana harvennushakkuuden osuus hakkuukertymästä oli keskimäärin 38 prosenttia.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 17 prosenttia ja kolmenkymmenen vuoden aikana keskimäärin 19 prosenttia (kuva 6). Toisen kymmenvuotiskauden jälkeen turvemaiden osuus kääntyi lievään laskuun.

3.4 Herkkyyksianalyysit

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio oli herkkä korkokannan muutokselle (taulukko 7). Viiden prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio oli kolmen vuosikymmenen aikana 6 prosenttia suu-

rempi kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu arvio. Puuston keskitilavuus oli 30 vuoden jälkeen alkutilanteen tasolla (97 m³/ha). Vastaavasti kolmen prosentin korkokannalla hakkuumäärän arvio jäi 13 prosenttia alemmalle tasolle kuin neljällä prosentilla ja puuston keskitilavuus kohosi 26 m³/ha (123 kuutiometriin hehtaarilla) eli 18 m³/ha enemmän kuin neljän prosentin korkokannalla.

Kun kestävyys tasoitusalueena oli koko Suomi (laskelma II'), Etelä-Suomen hakkuukertymäarvio oli ensimmäisellä ja kolmannella kaudella suurempi kuin Etelä-Suomelle erikseen laskettu arvio laskelmas-
massa II (taulukko 8). Vastaavasti Pohjois-Suomen kertymäarvio laskelmas-
massa II' oli kahdella ensimmäisellä kaudella pienempi kuin Pohjois-Suomelle erikseen laskettu arvio (laskelma II). Myöhemmillä kausilla Pohjois-Suomen kertymäarvio laskelmas-
massa II' oli suurempi kuin Pohjois-Suomelle erikseen laskettu (laskelma II). Koko Suomelle laskettu suurimman kestävä hakkuumäärän arvio (laskelma II') jäi kahdella ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hieman pienemmäksi kuin osa-alueiden summa (laskelma II), mutta optimointitehtävässä maksimoitava muuttuja eli nettotulojen nykyarvo on suurempi kuin osa-alueiden summa.

Taulukko 7. Hakkuukertymä (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla suurimman kestävä hakkuukertymäarvion herkkyyssanalyyssä.

Kymmenvuotiskausi	Korkokanta, %		
	3	4	5
2005–2014	57,0	66,4	70,0
2015–2024	60,2	70,8	74,1
2025–2034	64,7	70,9	76,3

Taulukko 8. Etelä- ja Pohjois-Suomen hakkuukertymät (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla, kun suurimman kestävä hakkuumäärän kestävyysrajoitteet on määritetty a) erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomen alueille tai b) koko Suomen alueelle.

Kymmenvuotiskausi	Kestävyysrajoitteet					
	a) erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomen alueille			b) koko Suomen alueelle		
	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi	Yhteensä	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi	Yhteensä
2005–2014	53,0	13,4	66,4	53,3	12,9	66,2
2015–2024	55,9	14,8	70,8	55,9	14,7	70,6
2025–2034	56,0	14,9	70,9	56,3	15,3	71,6

4 Tulosten tarkastelu

Vuosina 2001–2005 keskimäärin toteutunut hakkuumäärä (laskelma III) oli 10 miljoonaa kuutiometriä pienempi kuin suurimman kestävä hakkuukertymän arvio (laskelma II) ja 21 miljoonaa kuutiometriä pienempi kuin nettotulojen nykyarvon viiden prosentin korkokannalla maksimoiva hakkuukertymäarvio (laskelma I) ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella. Laskelma III havainnollistaa hakkuumahdollisuuksien ja puuston kehitystä, jos metsiä hyödynnetään puuntuotantoon vähemmän kuin metsänkäsittelysuositusten tai suurimman kestävä hakkuumäärän arvion mukaan olisi mahdollista.

Nettotulojen nykyarvon viiden prosentin korkokannalla maksimoiva arvio (laskelma I) on ensimmäisellä 10-vuotiskaudella 10 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienempi kuin edellisen laskelmakierroksen (Nuutinen ym. 2005c) vastaava arvio. Tukkipuukertymässä ero on 6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Laskelman I hakkuumahdollisuuksien ja puuston tilavuuden pieneminen seuraavilla vuosikymmenillä on pienempi ja kertymäarvio on lähempänä suurimman kestävä hakkuumäärän arviota kuin edellisellä kierroksella. Tähän vaikuttavat ainakin laskelma-aineisto ja osittain muuttuneet yksikköhinnat ja -kustannukset. Tässä työssä käytettiin valtakunnan metsien 10. inventoinnin vuosina 2004–2005 koko maasta mitattua aineistoa. Edellisen laskelmakierroksen (Nuutinen ym. 2005c) aineisto perustui valtakunnan metsien 9. inventoinnin (vuosina 1996–2003 mitattuun) aineistoon, jonka VMI oli Etelä-Suomen osalta laskennallisesti ajantasaistanut vuoteen 2002. Uusi aineisto kuvaa metsävaratiedot ajantasaisemmin, vaikka edustaakin tässä vaiheessa vain 2/5 koko inventointikierroksen koalamäärästä.

Lisäksi puutavaralajien (esim. kuusitukin Etelä-Suomessa) yksikköhinnat olivat hieman muuttuneet. Myös joidenkin työlajien (kuten raivauksen ja metsäkuljetuksen) yksikköhinnat olivat korkeammat kuin edellisellä laskelmakierroksella (ks. Nuutinen ym. 2005c).

Vaikka laskelma-aineisto on muuttunut, suurimman kestävän hakkuumäärän arvion (laskelma II) kokonais- ja tukkikertymä ovat samaa suuruusluokkaa kuin edellisillä laskelmakierroksilla (Nuutinen ja Salminen 1999, Nuutinen ym. 2005c). Myös harvennusten ja turvemaiden osuudet suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta ovat samalla tasolla kuin edellisellä kierroksella (Nuutinen ym. 2005c). Muutokset metsävaroissa näkyvät lähinnä tulevien vuosikymmenten metsävarojen kehityksessä. Laskelmassa II puuston tilavuus kohoaa suuremman kasvun ansiosta enemmän kuin aiemmillä kierroksilla. Metsien rakenteesta johtuen kestävät hakkuumahdollisuudet ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät kuin puuston kasvu.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta nousee ensimmäisen kymmenvuotiskauden 29 prosentista 38 prosenttiin kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana. Turvemaiden osuudessa hakkuumahdollisuuksista ei ole odotettavissa merkittävä lisäystä tarkastelujakson aikana.

Kestävyden tasoitusaluetta koskeva herkkyysosoitus osoittaa, että tarkastelemalla koko Suomea yhtenä kokonaisuutena (laskelma II') saavutetaan suurempi nettotulojen nykyarvo, koska Etelä-Suomessa voidaan hakata ensimmäisellä 10-vuotiskaudella enemmän kuin erikseen Etelä- ja Pohjois-Suomelle laadituissa suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa (laskelma II). Laskelmassa II säästetään Etelä-Suomessa kestävyysrajoitteiden toteuttamiseksi varttuneita metsiä, jotka laskelmassa II' voidaan hakata aikaisemmin, koska Pohjois-Suomesta löytyy varttuneita metsiä täyttämään myöhempien kausien kestävyysrajoitteita. Vastaavasti Pohjois-Suomen erikseen lasketussa suurimman kestävän hakkuumäärän arviossa (laskelma II) kertymätaso on kestävyysrajoitteiden vuoksi kolmannesta kymmenvuotiskaudesta alkaen alempi kuin Pohjois-Suomen osuuden mukainen kertymä laskelmassa II'.

Tulokset ovat olemassa olevan tiedon ja tehtyjen oletusten perusteella laskettuja arvioita. Laskelmissa

tehdyt oletukset koskevat käytettävissä olevan korjuuteknologian ja siihen liittyvän hinta- ja kustannusrakenteen ja -tason lisäksi esimerkiksi puiden kasvua, metsien käsittelyohjeita sekä metsänhoidon tasoa.

MELA-ohjelmistossa käytössä olevat kasvumallit (Hynynen ym. 2002) eivät sellaisenaan sovellu esimerkiksi metsänhoidon laiminlyöntien seurausten tarkasteluun. Kasvumallien tasokorjauksessa (Hynynen ym. 2002) on oletettu puiden kasvun säilyvän vuosien 1965–1994 keskimääräisellä kasvuntasolla. Tässä tutkimuksessa inventointia seuraavalla kymmenvuotisjaksolla puuston vuotuinen kasvu jää 10–14 miljoonaa kuutiometriä pienemmäksi kuin inventoinnin mittaama keskimääräinen kasvu vuosilta 1999–2005 (ks. Korhonen ym. 2006).

Hakkuumahdollisuusarviot eivät ole puun tarjonnan tai todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Laskelmissa ei esimerkiksi 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.

Tulokset eivät ole toteutettavaksi tarkoitettuja hakkuusuunnitteita. Metsän eri käyttömuotojen yhteensovittaminen ja hakkuusuunnitteiden laatiminen kuuluvat taloudenharjoittajille.

Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt Metsän-tutkimuslaitoksen Valtakunnan metsien inventointi-hanke. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille.

Kirjallisuus

- Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/1999: 587–601.
- 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakuumahdollisuusarviot 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 hakuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/1998: 279–291.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakuumahdollisuusarviot 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.
- Hypönen, M., Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2001. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksat. 60 s. ISBN 951-98731-1-2.
- 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-käyttäjöpäivä 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.
- Korhonen, K.T., Heikkinen, J., Henttonen, H., Ihalainen, A., Pitkänen, J. & Tuomainen, T. 2006. Suomen metsävarat 2004–2005. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2006: 183–221.
- 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.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. Communicationes Institutii 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 Institutii 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. 2006. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. *Metsäntutkimuslaitos*. www-sovellus (<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. *Ympäristö-*

- ministeriö. Oy Edita Ab, Helsinki. 44 s. ISBN 951-37-2869-2.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2005. Skogsstatistik årsbok. Finnish Statistical Yearbook of Forestry. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2005:45. Metsäntutkimuslaitos. 424 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.
- & Salminen, O. 1999. Hakkuumahdollisuusarviot. Julkaisussa: Reunala, A., Halko, L. & Marila, M. (toim.). Kansallinen metsäohjelma 2010. Taustaraportti. MMM:n julkaisuja 6. s. 124–131 + 6 liitetaulukkoa. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. ISBN 951-53-2023-2, ISSN 1238-2531.
- , Hirvelä, H., Horne, P., Härkönen, K., Naskali, A., Ovaskainen, V., Salminen, O., Seppälä, H., Siitonen, M. & Toropainen, M. 1996. Metsänsuojelun taloudelliset ja työllisyysvaikutukset. Loppuraportti Metsänsuojelun ja työllisyyden rahoitustoimikunnalle. Moniste, Metsäntutkimuslaitos. 19 s. + liitt.
- , Hirvelä, H., Härkönen, K., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Siitonen, M. 1998. Metsien puuntuotantomahdollisuudet. Julkaisussa: Hänninen, H. (toim.). Puuvarojen käyttömahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitos & Metsälehti Kustannus, s. 67–79.
- , 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. 2004a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2002–2031 Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/2004: 419–435.
- , Salminen, O. & Hirvelä, H. 2004b. Etelä-Suomen yksityismetsien hakkuumahdollisuudet veromuodotain 2002–2031. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004: 461–478.
- , Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2003–2032 Lapin metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2005: 289–305.
- , Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005b. Etelä-Suomen metsien kehitys – vuosille 2001–2005 tehtyjen alueellisten metsäohjelmien vaikutusanalyysi. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 12. 22 s. ISBN 951-40-1967-9. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005mwp012.htm>
- , Hirvelä, H. & Salminen, O. 2005c. Alueelliset hakkuumahdollisuudet Suomessa. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 13. 73 s. ISBN 951-40-1968-7. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005mwp013.htm>
- , Salminen, O., Hirvelä, H. & Räsänen, T. 2005d. Yksityismetsien hakkuumahdollisuudet metsäverotuksen siirtymäkauden jälkeen. Forest resources and cutting possibilities of private forests beyond the forest taxation system transition period. Metsätehon katsaus 15. 4 s.
- 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. 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. 2005. MELA2005 Reference Manual. The Finnish Forest Research Institute. 621 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. ISBN 951-40-1478-2.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. Polttopuun korjuu ja käyttö maatiloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehoseuran julkaisuja 241.
- Salminen, S. & Salminen, O. 1998. Metsävarat Keski-Suomessa 1988–92 sekä koko Etelä-Suomessa 1986–92. Summary: Forest resources in Middle Finland, 1988–92, and in South Finland, 1986–92. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 710. 137 s.
- Siitonen, M. 1990. Suomen metsävarat 1990 ja metsien kehittämismahdollisuudet 1990–2030. Selvitys Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnalle. Metsäntutkimuslaitos 13.7.1990. 56 s.
- , Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook – 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1997. Maastotyön ohjeet 1997. Ahvenanmaa. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 149 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 2003. Maastotyön ohjeet 2003. Enontekiö, Inari ja Utsjoki. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 166 s.
- Valtakunnan metsien 10. inventointi (VMI10). 2004. Maastotyön ohjeet 2004. Etelä-Suomi. Metsäntutkimuslaitos. 2. painos. Moniste. 132 s.
- Valtakunnan metsien 10. inventointi (VMI10). 2005. Maastotyön ohjeet 2005. Koko Suomi. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 181 s.

54 viitettä