

Tuula Nuutinen, Hannu Hirvelä, Olli Salminen ja Kari Härkönen

## Alueelliset hakkuumahdollisuudet valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella, maastotyöt 2004–2006

**Nuutinen, T., Hirvelä, H., Salminen, O. & Härkönen, K.** 2007. Alueelliset hakkuumahdollisuudet valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella, maastotyöt 2004–2006. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2007: 215–248.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kolmen lähivuosikymmenen hakkuumahdollisuuksia ja puuston kehitystä koko maassa ja alueittain. Laskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelma-aineisto perustui vuosina 2004–2006 mitattuihin valtakunnan metsien 10. inventoinnin (VM110) koeala- ja puutietoihin. Laskelmissa otettiin käyttöön VM110-koepuumittauksiin perustuva kasvuntasokorjaus, vuonna 2006 julkaistut metsänkäsittelysuositukset sekä uudet menetelmät hakkuumahdon (hakattavissa olevan puuston), hakkuureservin ja nettotulojen laskemiseksi. Kun nettotulojen nykyarvoa maksimoitiin 5 prosentin korkokannalla ilman alueellisia kestävyysrajoitteita, ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuukertymä oli 97 milj. m<sup>3</sup> vuodessa ja sitä vastaava hakkuureservi 30 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto oli siis 127 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Metsänkäsittelysuositusten uudistus lisäsi hakkuumahtoa 24 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuukertymä putosi 70 milj. m<sup>3</sup>:iin vuodessa, jota vastaava hakkuureservi oli 34 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Suurin kestävä hakkuumäärä laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa 4 prosentin korkokannalla ottaen huomioon myös alueelliset kestävyysrajoitteet. Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuukertymä oli 72 milj. m<sup>3</sup> vuodessa, josta se kohosi toisella kymmenvuotiskaudella 80 milj. m<sup>3</sup>:iin vuodessa. Hakkuureservi säilyi toisella kymmenvuotiskaudella ensimmäisen kauden tasolla (55 milj. m<sup>3</sup> vuodessa). Kun hakkuut noudattivat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuston tilavuus nousi puuntuotannossa olevalla metsä- ja kitumaalla 6 ja koko metsä- ja kitumaalla 8 milj. m<sup>3</sup> vuodessa 30 vuoden aikana. Kasvatushakkuiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuudesta oli 30 vuoden aikana keskimäärin 43 % ja turvemaiden osuus 20%. Vuosien 2002–2006 tilastoitu hakkuukertymä oli keskimäärin 56 milj. m<sup>3</sup> vuodessa eli 16 milj. m<sup>3</sup> vähemmän kuin kestävät hakkuumahdollisuudet. Käyttöaste (toteutuneiden hakkuiden suhde kestäviin hakkuumahdollisuuksiin) oli yli 80 % Kaakkois-Suomen, Etelä-Savon, Hämeen-Uudenmaan, Etelä-Pohjanmaan, Keski-Suomen metsäkeskuksen sekä Rannikon metsäkeskuksen etelärannikon alueella. Laskelmien tuloksia ei voi tulkita toteutuvan kehityksen ennusteiksi eikä hakkuutavoitteiksi.

Asiasanat: hakkuumahdollisuudet, hakkuumahto, hakkuureservi, suurin kestävä hakkuumäärä, MELA-ohjelmisto, valtakunnan metsien 10. inventointi

Yhteystiedot: Metla, Joensuun yksikkö, PL 68 80101 Joensuu ja Metla, Helsingin yksikkö

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

Hyväksytty 4.6.2007

## I Johdanto

Vuosina 2002–2006 metsäteollisuus käytti Suomessa raakapuuta keskimäärin 73 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta kotimaista puuta oli 55 miljoonaa kuutiometriä. Raakapuuta käytettiin lisäksi polttopuuna 5 miljoonaa kuutiometriä, josta osa oli ainespuun mitat täyttävää. Metsähaketta vuosina 2002–2005 käytettiin keskimäärin 2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Metsäteollisuuden käyttämän kotimaisen raakapuun markkinahakuista metsänomistajat saivat vuosina 2002–2006 kantorahatuloja keskimäärin 1712 miljoonaa euroa vuodessa (90 €/ha/v), josta yksityisten osuus oli 1372 miljoonaa euroa (114 €/ha/v). Yksityismetsissä nettotulos oli keskimäärin 106 €/ha. Keskimääräiset korjuukustannukset vuosina 2002–2005 olivat 8,2 €/m<sup>3</sup>. (Metinfo 2007)

Alueellisesti metsätalouden merkitys on suurin Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella, jossa metsätalouden osuus bruttokansantuotteesta oli 8,6 % vuonna 2004. Myös Kainuun ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueilla metsätalouden bruttokansantuote ylitti 5 %. (Metinfo 2007)

Suurimman kestävä hakuukertymän arvio koko Suomelle on 66–70 miljoonaa kuutiometriä ainespuuta (Nuutinen ja Salminen 1999, Nuutinen ym. 2005c, Nuutinen ja Hirvelä 2006). Vuosina 2002–2006 hakuukertymä (teollisuuden käyttämä raakapuu ja ainespuun kokoinen polttopuu) oli 56 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli 80–85 % kestävästä hakuumahdollisuuksista.

Kansallisen metsäohjelman 2010 (1999) tavoitteena oli nostaa ainespuun vuotuinen hakuukertymä 63–68 miljoonaa kuutiometriin. Vuonna 2005 valmistuneiden alueellisten metsäohjelmien yhteenlaskettu tavoite oli 64 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Weckroth 2006). Kansallisen metsäohjelman 2015 valmistelun yhteydessä metsäneuvosto esitti 65–70 miljoonan kuutiometrin hakuutavoitetta ja metsähakkeen käytön nostamista 8 miljoonaa kuutiometriin vuodessa (Metsäsektorin tulevaisuuskatsaus ... 2006).

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio julkaisi vuonna 2006 uudet metsänhoitosuosituksen, joiden mukaan puuta voidaan tuottaa myös entistä voimakkaammilla harvennuksilla ja lyhyemmällä kierto-

ajoilla (Hyvän metsänhoidon...2006). Suositusten yhtenä tarkoituksena on tarjota metsänomistajille enemmän vaihtoehtoja metsiensä käsittelyyn (Hyvän metsänhoidon...2006). Suositusten on ennakoitu edistävän puun tuloa markkinoille ja parantavan metsätalouden kannattavuutta (Hyvän metsänhoidon...2006). Yksityiskohtaisia laskelmia suositusten vaikutuksista hakattavissa olevaan puustoon aluetasolla ei kuitenkaan ole tehty.

Alueellisten hakuumahdollisuuksien ja puuston kehityksen selvittämiseksi Metsäntutkimuslaitos tekee MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) koeala- ja puutietoihin perustuvia hakuulaskelmia. Laskelmissa otetaan huomioon metsävarojen tila ja kehitysdynamiikka, metsien suojelusta, muista käyttömuodoista ja säädöksistä aiheutuvat käytön rajoitukset sekä puuntuotannon ja -hankinnan kannattavuus. Tuloksia on julkaistu alueittain valtakunnan metsien 8. ja 9. inventoinnin yhteydessä (Salminen ja Salminen 1998, Hirvelä ym. 1998, Hirvelä ja Härkönen 1999, Hirvelä ym. 1999, Hirvelä 1999, Hirvelä 2000, Nuutinen ja Hirvelä 2000a, Nuutinen ja Hirvelä 2000b, Nuutinen ja Hirvelä 2000c, Nuutinen ja Hirvelä 2001a, Nuutinen ja Hirvelä 2001b, Nuutinen ja Hirvelä 2003, Nuutinen ym. 2004a, Nuutinen ym. 2005a). Hakuumahdollisuusarvioita on käytetty myös kansallisten metsä- ja suojeluohjelmien (Siitonen 1990, Nuutinen ym. 1996, Nuutinen ja Salminen 1999) ja alueellisten metsäohjelmien (Nuutinen ym. 2005b, Nuutinen ym. 2005c) valmistelussa sekä erilaisissa tutkimustehtävissä (Nuutinen ym. 1998, Nuutinen ym. 2000, Nuutinen ym. 2004b, Nuutinen ym. 2005d).

Valtakunnan metsien 10. inventoinnissa (VMI10) Metsäntutkimuslaitos siirtyi alueittaisesta inventointijärjestelmästä vuosittain koko maan kattavaan järjestelmään (Korhonen ym. 2006) ja ensimmäiset valtakunnalliset hakuulaskelmat (Nuutinen ja Hirvelä 2006) perustuivat vuosina 2004–2005 mitattuihin koeala- ja puutietoihin. Kestävyyden tasoitusalueena olivat Etelä- ja Pohjois-Suomi. Laskelmissa sovellettiin vuonna 2001 julkaistuja metsänkäsittelysuosituksia sekä luonnonprosessimalleja, joiden ennustama puiden läpimitan kasvu vastasi puuston keskimääräistä kasvuntasoa vuosien 1965–1994 välisenä aikana. MELA-laskelmissa nettotulot lasketaan vähentämällä tienvarsihinnasta korjuukus-

tannukset, jotka estimoidaan korjuun ajanmenekin ja yksikköhintojen avulla. Koska Suomessa ei ole käytettävissä tilastotietoa puutavaralajeittaisista tehdashinnoista, joista kaukokuljetuskustannukset vähentämällä saataisiin estimaatit tienvarsihinnalle, Nuutinen ja Hirvelä (2006) käyttivät tienvarsihintojen estimaatteina tilastoituja hankintahintoja. Tilastoitujen kantohintojen ja hankintahintojen erotuksina saadut hankintalisät eivät etenäkään tukin osalta vastaa puunkorjuun todellisia kustannuksia. Käytännössä tilastoituihin hankintahintoihin perustuva nettotulojen laskenta aliarvioi nettotulot erityisesti tukkipuuvaltaisilla hakkuukohteilla (Salminen 2005).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kolmen lähivuosisikymmenen hakkuumahdollisuuksia ja puuston kehitystä koko maassa ja alueittain. Laskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelma-aineisto perustui vuosina 2004–2006 mitattuihin VMI10:n koeala- ja puutietoihin. Laskelmissa luonnonprosessimallien ennustama puiden läpimitan kasvu kalibroitiin VMI10-koepuumittausten avulla vastaamaan puuston keskimääräistä kasvuntasoa vuosina 1976–2005. Lisäksi laskelmissa otettiin käyttöön vuonna 2006 julkaistut metsänkäsittelysuositukset sekä hakattavissa olevan puuston (hakkuumahdon) ja hakkuureservin laskemiseksi uusi menetelmä. Nettotulojen laskennassa puutavaralajeittaiset tienvarsihinnan estimaatit saatiin lisäämällä tilastoituihin kantohintoihin keskimääräiset puutavaralajeittaiset korjuukustannukset. Tutkimuksessa tehtiin kolme peruslaskelmaa: I nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II suurin kestävä hakkuumäärä ja III vuosina 2002–2006 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä. Laskelmat tehtiin erikseen metsäkeskusten alueille, joita käytettiin myös kestävyys tasoitusalueena (laskelma II) ja toteutuneiden hakkuiden (laskelma III) rajoitusalueena. Herkkyysanalyysijä tehtiin nettotulojen laskentaperusteiden, metsänkäsittelysuositusten, kasvua koskevien oletusten ja laskentakorkokannan suhteen. Arviot esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisinta.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Laskelmakehikko

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

- 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) herkkyysanalyysit.

Laskelmat tehtiin 50 vuoden jaksolle, joka jaettiin viiteen kymmenvuotiskauteen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin vain ensimmäisen 30 vuoden jaksoa. Kaksi viimeistä kymmenvuotiskautta oli mukana kestävyys varmistamiseksi. Tarkastelun alueen hakkuumäärät, puuston kehitys, tulot ja kustannukset määräytyivät 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, 2006). Etelä-Suomen VMI10-aineisto oli mitattu vuosina 2004–2006 ja Pohjois-Suomen aineisto vuonna 2005–2006. 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 lukuun ottamatta (ks. Hirvelä ym. 1998). Koealoista muodostettiin laskentakuvioita (ks. Hirvelä ym. 1998), joille määritettiin luonnonsuojelu- ja

metsälakien sekä metsänkäsittelysuositusten mukaiset käsittelyrajoitukset. Laskentakuvia oli yhteensä 36 240 kappaletta. Rajoitusten kuvaamiseksi laskentakuvat 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.

Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. luonnon- ja kansallispuistot sekä luonnonsuojelulain nojalla rauhoitetut alueet. Jos laskentakuvilla 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 (95,5 m<sup>3</sup>/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 98,5 miljoonaa kuutiometriä (4,3 m<sup>3</sup>/ha) vuodessa (Korhonen ym. 2007). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella 1,9 miljoonaa hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 135,2 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 2).

### 2.3 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi

Laskentakuvioiden käsittely- ja kehityssarjat tuotettiin puukohtaisiin malleihin perustuvalla MELA2005-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Redsven 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

### Taulukko 1. Puuntuotannon rajoitukset laskenta-aineistossa.

Puuntuotannon rajoitukset <sup>1)</sup>	Rajoitettu puuntuotanto	Puuntuotannon ulkopuolella
Luonnonsuojelulakiin perustuvat alueet		
Kansallis- ja luonnonpuistot		x
Soiden-, lehtojen- ja vanhojen metsien suoj.alueet sekä muut luonnonsuoj.alueet		x
Luonnonsuoj.lailla suojellut luontotyypit	x	x
Maisemansuojelualueet	x	x
Muut lakiin perustuvat alueet		
Erämaat	x	x
Ulkoilureittialueet ja valtion retkeilyalueet	x	
Muut lakiin perustuvat suojelualueet	x	x
Omistajan päätökseen perustuvat suoj.alueet		
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 erikoisuusalueet	x	x
Suojeluun varatut alueet		
Kansallis- ja luonnonpuistojen kehittämisohjelma-alueet		x
Soidensuojelu-, lehtojensuojelu- ja vanhojen metsien suojeluohjelma-alueet		x
Rantojen-, lintuvesien- ja harjujen suojeluohjelma-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		
Kitumaa	x	

<sup>1)</sup> Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Valtakunnan metsien ... (2006).

liittyviä malleja (Jutras ym. 2003, Nuutinen ym. 2004a). Kunnostusohjelmien ja kunnostusohjelmien kasvureaktio ennustettiin Hynynen ym. (2002) mukaisesti. Kivennäismaiden luonnonprosessimalleissa taimikoiden vastemuuttajat laskettiin erikseen taimikolle, jos uudistusalalla on taimikkoa kookkaampi säästöpuujakso (Härkönen 2001).

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

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, milj. ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	17,89	– <sup>1)</sup>	17,89	78,1
Rajoitettu puuntuotanto	1,17	1,97	3,14	13,7
Puuntuotannon ulkopuolella	1,09	0,79	1,88	8,2
Yhteensä	20,15	2,76	22,91	100,0
		Tilavuus, milj. m <sup>3</sup>		
Ensisijaisesti puuntuotanto	1 863,8	– <sup>1)</sup>	1 863,8	85,1
Rajoitettu puuntuotanto	143,8	46,2	190,0	8,7
Puuntuotannon ulkopuolella	114,7	20,5	135,2	6,2
Yhteensä	2 122,3	66,7	2 189,0	100,0

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

Metsänkäsittelyt perustuivat vuoden 2006 metsänkäsittelysuositukseen (Hyvän metsänhoidon ... 2006), joissa uudistamisrajat (uudistamisikä ja uudistamisläpimitta) sekä harvennusmallien pohjapinta-alarajat olivat aiempaa (Hyvän metsänhoidon ... 2001) alempana. Harvennusmallissa oli kaksi leimauskäyrää ja kaksi harvennuskäyrää. Laskelmissa harvennus oli mahdollista tehdä, kun alempi leimauskäyrä saavutettiin. Puusto harvennettiin harvennuskäyrien puoliväliin. Simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausien puolivälissä, joten harvennuksissa pohjapinta-alan vaatimusta alennettiin 10 prosentilla. Siten harvennettavaksi tuli myös kohteita, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta kymmenvuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla.

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

Ensisijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat runkokuu ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avohakkuut, siemenpuuhakkuut (mänty- ja koivuvaltaiset), suojuspuuhakkuut (kuusivaltaiset) sekä

ylispuiden poisto. Rajoitetussa puuntuotannossa olevilla alueilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennushakkuut ja luontainen uudistaminen. Rajoitetun puuntuotannon kitumaille ei kuitenkaan tehty metsänhoitosuosituksen yleisohjetta noudattaen hakkuuta. Puuntuotannon ulkopuolella olevilla alueilla ei sallittu mitään toimenpiteitä.

Nettotulot laskettiin vähentämällä tienvarsihinnan estimaatista MELA-ohjelmiston tuottamat korjuukustannukset, jotka laskettiin korjuun ajanmenekin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 3) 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 edullisimman (kustannuksiltaan halvimman) korjuuvaihtoehdon (metsurihakkuun tai hakkuun monitoimikoneella). Puutavaralajeittaiset tienvarsihintojen estimaatit saatiin lisäämällä kantohintoihin keskimääräiset tukki- ja kuitupuun korjuukustannukset. Kantohintoina käytettiin vuosina 1997–2006 toteutuneiden hintojen (Metinfo 2007) vuoden 2006 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 4). Tukin kantohintoihin lisätty keskimääräinen korjuukustannus oli 6,50 €/m<sup>3</sup> ja kuidun 12,10 €/m<sup>3</sup>. Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1996–2005 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 2006 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 5) tulona.

**Taulukko 3.** Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat (€/h).

Työlaji	Yksikköhinta
Metsäkuljetus	60,00
Hakkuu monitoimikoneella	85,00
Metsurihakkuu	24,75

**Taulukko 4.** Kantohintojen vuosina 1997–2006 toteutuneet keskiarvot (€/m<sup>3</sup>) puutavaralajeittain vuoden 2006 hintatasoon muutettuna (Metinfo 2007).

Puutavaralaji	Etelä-Suomi	Ahvenanmaa, Rannikko, Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa	Lappi
Mäntytukki	51,25	47,85	43,85
Kuusitukki	47,40	43,20	34,15
Koivutukki	48,30	40,70	–
Mäntykuitu	15,15	15,85	15,50
Kuusikuitu	24,00	22,50	18,05
Koivukuitu	14,95	15,25	14,95

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puutavaralajien tilavuus on laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa on käytetty mäntytukin kuorellisena minimiläpimittana 15 cm, kuusitukin 16 cm ja lehtipuutukin 18 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimittana 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. Tukkipuuden tienvarsihintoihin tehtiin MELA-ohjelmiston oletusjäreyskorjaus (Siitonen ym. 1996, s. 218–219, Laasasenaho ja Sevola 1971).

Tässä tutkimuksessa otettiin käyttöön uusi menetelmä hakkuumahton ja -reservin laskemiseksi (Siitonen 2005). Hakkuumahto kuvaa metsänhoitosuosituksen mukaan hakattavissa olevan ainespuun. Tietyn kauden hakkuumahto on ehdollinen edeltävien kausien hakkuulle ja puuston kehitykselle ao. optimiratkaisussa. Hakkuureservi on hakattavissa

**Taulukko 5.** Metsänhoitotöiden vuosina 1996–2005 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 2006 hintatasoon muutettuna (Metinfo 2007).

Työlaji	Yksikkö	E-Suomi	P-Suomi
Äestys	€/ha	165,85	112,40
Auraus/mätästys	–”–	254,85	188,45
Männyn kylvä (siemenet)	–”–	220,00	220,00
Männyn taimi	€/taimi	0,15	0,15
Kuusen taimi	–”–	0,18	0,18
Koivun taimi	–”–	0,25	0,25
Männyn täydennystaimi	–”–	0,15	0,15
Kuusen täydennystaimi	–”–	0,23	0,23
Koivun täydennystaimi	–”–	0,30	0,30
Istutus- ym. metsänhoitotyö	€/h	18,50	18,50
Ruohous	€/ha	151,65	151,65
Raivaus- ja taimikon perkaustyö	€/h	24,75	24,75
Kunnostusojitus	€/ha	120,35	97,40
Suunnittelu- ja työnjohtotyö	€/h	18,50	18,50

oleva ainespuu, joka jää tietyllä kaudella ja tietyssä optimiratkaisussa hakkaamatta, koska laskentaehto- jen mukainen hakkuujärjestys määräytyy kasvatuksen ja hakkuun edullisuuden perusteella.

## 2.4 Kasvuntason kalibrointi

MELA2005-ohjelmistossa puun pohjapinta-alan kasvumallit on kalibroitu VMI8-kasvunmittausten perusteella, jotka oli indeksikorjattu vuosien 1965–1994 keskimääräiseen läpimitan kasvun tasoon (Henttonen 2000, Hynynen ym. 2002). Tässä esitettyjä laskelmia varten osa pohjapinta-alan kasvumalleista kalibroitiin VMI10-kasvunmittausten perusteella. Ennen kalibrointia kasvunmittaukset indeksikorjattiin vastaamaan vuosien 1976–2005 läpimitan kasvun keskitasoa (Korhonen ym. 2007). Kalibrointiin käytettiin vuosina 2004–2006 mitattuja koepuita sellaisilta koelajoilta, jotka kuuluivat kokonaisuudessaan samaan metsikkökuvioon ja joita ei ollut hakkuin käsitelty viimeiseen 10 vuoteen.

Kalibrointia varten koelajojen kaikkien lukupuiden tiedot ennustettiin inventoinnin kasvunmittausjakson alkuvuoteen (5 vuotta taaksepäin) regressiomallilla. Mallit laadittiin erikseen kangas- ja turvemaiden männylle, kuuselle ja lehtipuille. Laadinta-aineistona käytettiin kriteerit täyttäviltä koelajoilta mitattuja koepuita.



**Taulukko 6.** Koepuiden keskimääräiset pohjapinta-alan kasvut kangasmaalla sekä ojittamattomalla ja ojitetulla turvemaalla.

Puulaji	Koepuita, kpl	Koepuiden pohjapinta-alan kasvu, cm <sup>2</sup> /5 vuotta		
		VMI10 indeksikorjattu	ilman kalibrointia	MELA2005 kalibroitu
<b>Kangasmaa</b>				
Mänty	9 082	42,6	42,9	42,9*)
Kuusi	6 402	49,7	60,1	50,8
Lehtipuu	4 068	33,1	29,0	33,4
Yhteensä	19 552	42,9	45,6	43,5
<b>Ojittamaton turvema</b>				
Mänty	545	18,4	7,1	13,2
Kuusi	299	26,8	14,0	16,2
Lehtipuu	298	14,8	8,5	13,0
Yhteensä	1 142	19,7	9,3	13,9
<b>Ojitettu turvema</b>				
Mänty	3 116	32,1	25,7	32,4
Kuusi	1 229	45,2	39,2	44,9
Lehtipuu	1 679	24,3	21,7	24,3
Yhteensä	6 024	32,6	27,3	32,7

\*) Ei kalibrointia

Kasvunmittausjakson alkuvuoteen muutettujen koepuiden kasvua simuloitiin MELA-ohjelmistolla 5 vuotta ja simuloitua pohjapinta-alan kasvua verrattiin inventoinnissa mitattujen koepuiden indeksikorjattuun pohjapinta-alan kasvuun.

Mitatun ja simuloidun kasvun erotukselle eli ennusteharhalle sovitettiin lineaarinen regressiomalli (ks. Hynynen ym. 2002, s. 71) erikseen kangasmaan kuuselle ja lehtipuulle sekä ojitetun ja ojittamattoman turvemaan männylle, kuuselle ja lehtipuulle. Kangasmaan männyllä kasvuja ei kalibroitu. Selittävinä muuttujina käytettiin lämpösummaa, pohjois- ja itäkoordinaattia sekä veroluokista johdettuja dummy-muuttujia. Mallilla saatu ennusteharha lisättiin ennustettuun pohjapinta-alan kasvuun ja vastemuuttujan logaritmisesta aritmeettisestä muuttamisesta syntyvä harha korjattiin empiirisellä korjauskertoimella (Hynynen ym. 2002, s. 71).

MELA-ohjelmistossa olevissa kasvumalleissa on joitakin kalibroinnin jälkeisiä empiirisiä maksimikasvuohtoja ja kasvuntasokertoimia, erityisesti ojittamattomien turvemaiden kohdalla (Hynynen ym. 2002, s. 114). Näitä ehtoja ei koepuuaineiston vähyyden vuoksi (taulukko 6) katsottu voitavan poistaa muutoin kuin tasokerrointen osalta (Hynynen ym. 2002, s. 115), jolloin kalibrointimalli ei tässä ositteessa päässyt vaikuttamaan täysimääräisesti.

Kalibrointimalleja testattiin kasvunmittausjakson alkuvuoteen muutetulla aineistolla simuloimalla 5 vuoden kasvu käyttäen kalibroituja pohjapinta-alan kasvumalleja ja vertaamalla mallien antamia tuloksia inventoinnin indeksikorjattuihin kasvuihin (taulukko 6).

## 2.5 Hakkuumahdollisuusarviot

Kaikissa laskelmissa valittiin lineaarisen optimoinnin tavoitefunktioiksi nettotulojen nykyarvon maksimointi. Toiminnan kannattavuus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena. Laskentakorkokantoina käytettiin kolmea, neljää ja viittä prosenttia (Nuutinen ja Hirvelä 2000a).

Laskelmassa I maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla ilman toiminnan kestävyys- ja lopputilan puustovaatimuksia (Siitonen ym. 1996, s. 103). Laskelmassa hakattiin kaikki sovellettujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täyttäneet kasvattamisen ehdoksi asetettua kannattavuusvaatimusta. Teknisesti vuotuinen hakkuumäärän arvio oli kymmenvuotiskauden puolivälissä hakattavissa

**Taulukko 7.** Keskimääräinen vuotuinen ainespuukertymä 5-vuotisjaksolla 2002–2006, 1000 m<sup>3</sup>/v (Metinfo 2007).

Metsäkeskus	Tukkipuu				Kuitupuun + 30% polttopuusta				Ainespuu yhteensä			
	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yhteensä
Ahvenanmaan maak.	36	30	0	66	65	39	27	132	102	69	27	198
Rannikko	403	665	38	1 105	577	704	443	1 724	980	1 368	481	2 829
etelärannikon alue	204	342	31	578	254	355	169	778	458	698	200	1 356
pohjanmaan alue	198	322	7	527	323	348	275	946	521	671	281	1 474
Lounais-Suomi	817	1 105	44	1 966	765	804	391	1 960	1 582	1 909	435	3 926
Häme-Uusimaa	613	2 146	144	2 902	512	1 147	498	2 158	1 125	3 293	642	5 060
Kaakkois-Suomi	885	1 104	93	2 082	757	728	402	1 887	1 642	1 832	496	3 969
Pirkanmaa	604	1 460	66	2 130	502	853	340	1 695	1 105	2 314	406	3 825
Etelä-Savo	1 328	1 588	267	3 183	1 008	939	679	2 626	2 336	2 527	946	5 809
Etelä-Pohjanmaa	882	735	24	1 641	1 157	542	570	2 269	2 039	1 277	594	3 909
Keski-Suomi	899	1 674	152	2 725	975	939	584	2 498	1 873	2 614	736	5 223
Pohjois-Savo	604	1 806	141	2 550	777	1 115	713	2 605	1 381	2 921	853	5 155
Pohjois-Karjala	1 025	929	124	2 078	1 158	764	496	2 418	2 183	1 693	620	4 496
Kainuu	976	352	4	1 332	922	464	341	1 728	1 898	816	345	3 059
Pohjois-Pohjanmaa	861	489	14	1 364	1 706	494	895	3 095	2 567	983	909	4 459
Lappi	985	212	1	1 199	1 944	496	439	2 879	2 929	708	440	4 078
Yhteensä	10 918	14 294	1 113	26 325	12 824	10 029	6 818	29 671	23 742	24 323	7 931	55 996

oleva puumäärä jaettuna kymmenellä.

Suurimman kestävä hakuukertymän arviossa (laskelma II) otettiin huomioon myös metsäkeskuksittaiset kestävyysvaatimukset. Suurin jatkuvasti hakattavissa oleva taloudellisen ja puuntuotannollisen kestävyuden huomioon ottava hakuukertymä määritettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (Siitonen ym. 1996, s. 104). Kokonaishakuukertymät 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. Tällä pyrittiin varmistamaan varsinaisen tarkastelujakson jälkeinen puuntuotannollinen kestävyys (ks. Nuutinen ym. 2005c, s. 10). Laskelmassa ei rajoitettu kasvun ja poistuman suhdetta, metsien ikäluokkarakennetta tai uudistushakkuiden määrää. Myöskään puulajikohtaista kestävyyttä ei edellytetty. Suurimman kestävä hakuukertymän arvio on hakuuasuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana.

Toteutuneiden hakkuiden ja niitä vastaavan metsien kehityksen (laskelma III) avulla esitettiin, miten metsävarat kehittyisivät, jos hakuut jatkuvat viime

vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös tässä laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaso haettiin käytämällä optimoinnin rajoitteina vuosina 2002–2006 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakuukertymiä metsäkeskuksittain (Metinfo 2007). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavan 30 prosenttia (ks. Ryynänen ja Tuomi 1982). Hakuukertymärajoitteille sallittiin  $\pm 0,5\%$  vaihtelu toteutuneeseen kertymätasoon verrattuna. Laskelmassa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakuupinta-aloja.

Vuosina 2002–2006 ainespuun hakuukertymä oli Suomen metsistä keskimäärin 56 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 7). Ainespuukertymä sisälsi markkinahakkuiden, kotitarvepuun ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Hakuukertymästä mäntyä oli 42, kuusta 44 ja lehtipuuta 14 % (Metinfo 2007). Tukkipuukertymä oli 26 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta männyn osuus oli 42, kuusen 54 ja lehtipuun 4 %.



**Taulukko 8.** Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m<sup>3</sup>/v) laskelmissa I–III puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2006–2015. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla (laskelmat, ks. kuva 1).

Tunnus	Laskelma I			Laskelma II			Laskelma III		
	E-Suomi	P-Suomi	Yhteensä	E-Suomi	P-Suomi	Yhteensä	E-Suomi	P-Suomi	Yhteensä
Kokonaispoistuma	88,3	24,8	113,0	66,2	21,1	87,3	55,2	16,1	71,4
Mänty	32,5	14,5	47,0	25,0	12,1	37,1	19,0	9,2	28,2
Kuusi	36,4	5,1	41,6	23,9	4,2	28,1	23,7	3,0	26,7
Lehtipuu	19,3	5,1	24,5	17,3	4,7	22,0	12,5	3,9	16,4
Hakkuupoistuma	81,5	21,9	103,4	59,2	18,2	77,4	47,6	13,1	60,7
Hakkuukertymä	77,4	20,0	97,4	55,6	16,5	72,1	44,4	11,6	56,0
Tukkikertymä	39,4	6,4	45,8	27,8	5,2	33,0	22,3	3,9	26,2
mäntytukki	15,4	4,5	19,9	11,7	3,7	15,4	8,1	2,8	10,9
kuusitukki	21,3	1,8	23,1	13,8	1,5	15,3	13,1	1,0	14,1
lehtipuutukki	2,7	0,1	2,8	2,2	0,1	2,3	1,2	0,0	1,2
Kuitukertymä	38,0	13,6	51,6	27,8	11,2	39,1	22,0	7,8	29,8
mäntykuitu	14,5	8,1	22,6	10,7	6,7	17,3	8,3	4,6	12,9
kuusikuitu	13,0	2,7	15,7	8,1	2,2	10,3	8,7	1,5	10,1
lehtipuukuitu	10,6	2,8	13,4	9,0	2,4	11,5	5,1	1,7	6,8
Hakkuutähde	4,1	1,9	6,0	3,6	1,7	5,3	3,2	1,4	4,7
Luonnonpoistuma	6,8	2,9	9,6	7,0	2,9	9,9	7,6	3,1	10,7
Kasvu	64,3	26,1	90,4	67,5	26,6	94,1	68,3	27,0	95,3
Mänty	24,9	16,2	41,1	25,8	16,5	42,3	26,3	16,7	43,0
Kuusi	22,7	4,5	27,3	24,7	4,7	29,4	24,7	4,8	29,5
Lehtipuu	16,7	5,4	22,1	16,9	5,4	22,4	17,3	5,5	22,8

## 2.6 Herkkyysanalyysit

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio laskettiin myös kolmen ja viiden prosentin korkokannoilla. Korkokannan suhteen tehty herkkyysanalyysi havainnollistaa erilaisten tuottovaatimusten ja aikapreferenssien seurauksia hakkuuohjelmina ja puuvarannon kehityksenä, kun lähtökohtana ovat nykyiset metsävarat, niiden kasvu ja kasvudotukset sekä puun hinta ja puunhankinnan kustannukset. Lisäksi tarkasteltiin nettotulojen laskentaperusteiden sekä kasvumalleihin ja metsänkäsittelysuosituksiin liittyvien oletusten vaikutuksia hakkuumahdollisuuksiin laskelmissa I ja II.

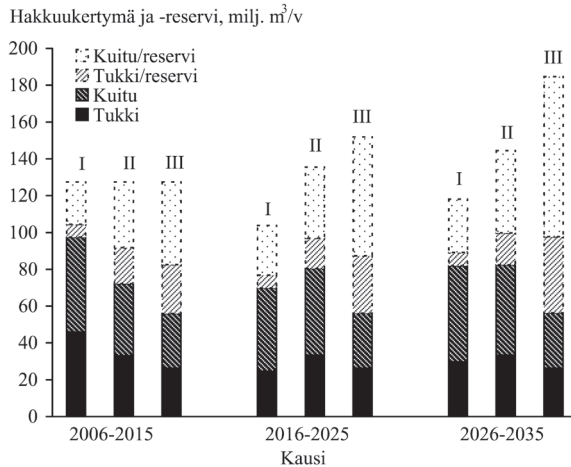
## 3 Tulokset

### 3.1 Nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla (laskelma I)

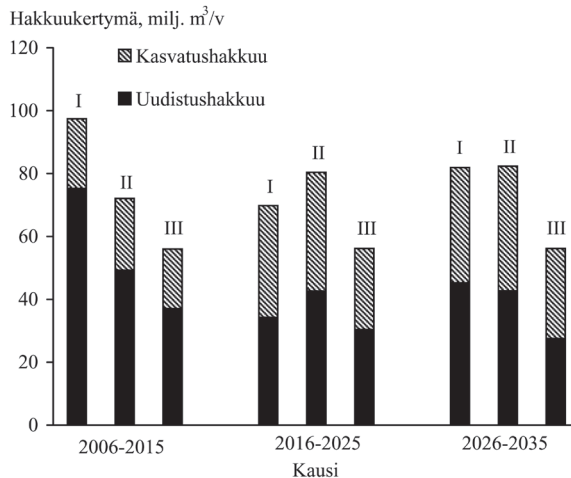
Kun nettotulojen nykyarvoa maksimoitiin viiden prosentin korkokannalla ilman alueellisia kestävyysrajoitteita, ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuukertymä oli 97 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sitä vastaava hakkuureservi 30 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 1). Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto oli siis 127 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta tukkipuuta oli 41 %.

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella laskelman I mukaisesta hakkuukertymästä oli mäntyä 44, kuusta 40 ja lehtipuuta 16 % (kuva 2). Tukkipuukertymä oli 46 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta mäntyä oli 44, kuusta 50 ja lehtipuuta 6 % (taulukko 8). Hakattavissa olevaa tukkikokoista puuta jäi hakkaamatta 7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Kokonaishakkuuala (taulukko 9) oli ensimmäisellä

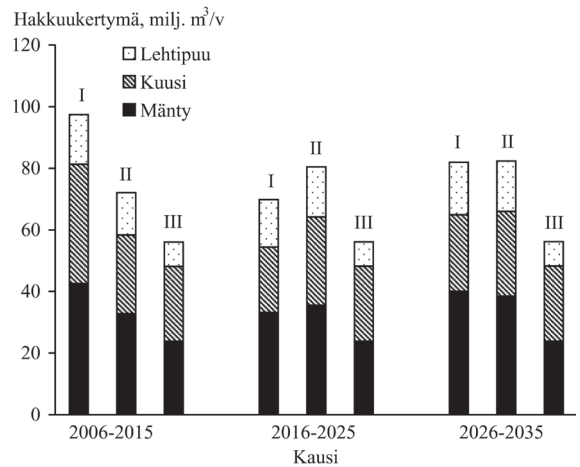


**Kuva 1.** Tukki- ja kuitupuun hakkuukertymä ja -reservi kolmenkymmenen vuoden aikana laskelmissa I–III koko Suomessa (I = nettotulojen nykyarvon maksimointi viiden prosentin korkokannalla, II = suurin kestävä hakkuukertymä ja III = vuosina 2002–2006 keskimäärin toteutunut hakkuukertymä).

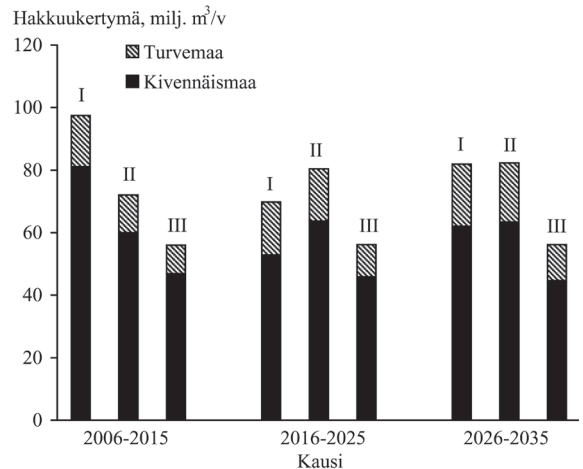


**Kuva 3.** Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 2006–2035 laskelmissa I–III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 1).

kymmenvuotiskaudella 757 000 hehtaaria vuodessa, josta uudistushakkuuta oli 48 %. Uudistushakkuiden osuus kertymästä (kuva 3) oli 77 % (75 miljoonaa kuutiometriä vuodessa). Turvemaiden osuus hakkuulaskelman I hakkuukertymästä oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 17 %, josta se kohosi toisella ja kolmannella kymmenvuotiskaudella 24 prosent-



**Kuva 2.** Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 2006–2035 laskelmissa I–III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 1).



**Kuva 4.** Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemaidella vuosina 2006–2035 laskelmissa I–III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 1).

tiin (kuva 4, taulukko 10). Turvemaiden osuuden nousu painottuu Pohjois-Suomeen. Keskimääräinen hakkuukertymä hakkuukohteilla oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 129 m<sup>3</sup>/ha ja käyttöpuun korjuukustannukset 10,6 €/m<sup>3</sup> (taulukko 11). Toisella kymmenvuotiskaudella keskimääräinen hakkuukertymä oli 91 m<sup>3</sup>/ha ja käyttöpuun korjuukustannukset 12,6 €/m<sup>3</sup>.

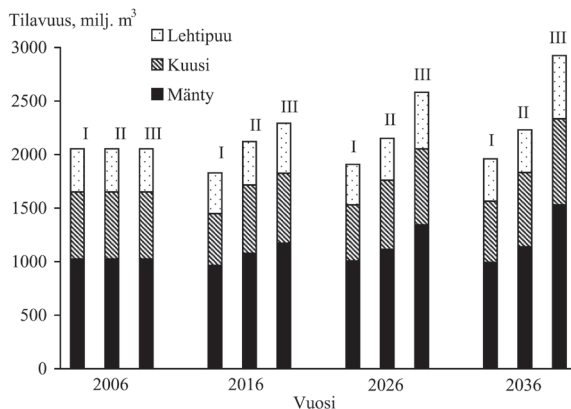
Hakkuumäärän täysimääräinen hyödyntäminen hakkuulaskelman I mukaisesti ensimmäisellä

**Taulukko 9.** Hakkuupinta-ala ja uudistushakkuiden osuus hakkuupinta-alasta kolmenkymmenen vuoden aikana laskelmissa I–III (laskelmat, ks. kuva 1).

	Laskelma I			Laskelma II			Laskelma III		
	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi
<b>Etelä-Suomi</b>									
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	501	490	494	409	512	491	336	367	331
Uudistushakkuiden osuus, %	51	25	31	39	29	30	35	27	25
<b>Pohjois-Suomi</b>									
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	256	281	278	226	276	249	170	184	164
Uudistushakkuiden osuus, %	44	27	32	38	27	26	34	23	19
<b>Yhteensä</b>									
Hakkuupinta-ala, 1 000 ha/v	757	771	772	635	789	741	506	551	495
Uudistushakkuiden osuus, %	48	26	31	38	28	28	34	25	23

**Taulukko 10.** Hakkuukertymä ja turvemaiden osuus hakkuukertymästä kolmenkymmenen vuoden aikana laskelmissa I–III (laskelmat, ks. kuva 1).

	Laskelma I			Laskelma II			Laskelma III		
	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi
<b>Etelä-Suomi</b>									
Hakkuukertymä, milj. m <sup>3</sup> /v	77,4	51,9	60,0	55,6	62,0	63,3	44,4	44,5	44,5
Turvemaiden osuus, %	16	22	21	17	18	20	16	16	18
<b>Pohjois-Suomi</b>									
Hakkuukertymä, milj. m <sup>3</sup> /v	20,0	17,8	21,9	16,5	18,4	19,0	11,6	11,6	11,6
Turvemaiden osuus, %	18	32	35	18	29	33	18	26	32
<b>Yhteensä</b>									
Hakkuukertymä, milj. m <sup>3</sup> /v	97,4	69,8	81,9	72,1	80,4	82,3	56,0	56,1	56,2
Turvemaiden osuus, %	17	24	24	17	21	23	16	18	21

**Kuva 5.** Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2006–2036 laskelmissa I–III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 1).

kymmenvuotiskaudella johti puuston tilavuuden ja hakkuumahdollisuuksien vähenemiseen seuraavina vuosikymmeninä. Puuston tilavuus laski 10 vuoden aikana puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 11 % (kuva 5). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuukertymä putosi 70 miljoonaan kuutiometriin vuodessa, jota vastaava hakkuureservi oli 34 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Tukkikertymä oli 24 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, jota vastaava tukkireservi oli 7 miljoonaa kuutiometriä. Vuotuiset nettotulot (taulukko 12) olivat ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 3068 miljoonaa €/v ja toiselle kymmenvuotiskaudelle 1718 miljoonaa €/v.

**Taulukko 11.** Keskimääräinen korjuukustannus ja hakkuukertymä kolmenkymmenen vuoden aikana laskelmissa I–III (laskelmat, ks. kuva 1).

	Laskelma I			Laskelma II			Laskelma III		
	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi
<b>Etelä-Suomi</b>									
Korjuukustannus, €/m <sup>3</sup>	10,1	12,1	11,5	10,3	11,1	10,9	10,4	10,7	10,2
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	155	106	121	136	121	129	132	121	134
<b>Pohjois-Suomi</b>									
Korjuukustannus, €/m <sup>3</sup>	12,6	13,9	13,7	12,6	13,6	13,4	12,6	12,8	12,7
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	78	63	79	73	67	76	69	63	71
<b>Yhteensä</b>									
Korjuukustannus, €/m <sup>3</sup>	10,6	12,6	12,1	10,8	11,7	11,5	10,8	11,1	10,7
Hakkuukertymä, m <sup>3</sup> /ha	129	91	106	113	102	111	111	102	113

**Taulukko 12.** Nettotulot (milj. €/v) kolmenkymmenen vuoden aikana laskelmissa I–III (laskelmat, ks. kuva 1).

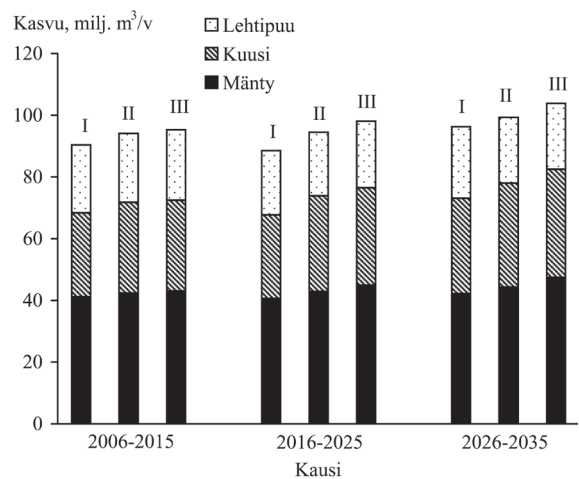
	Laskelma I			Laskelma II			Laskelma III		
	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi	1. kausi	2. kausi	3. kausi
Etelä-Suomi	2 678	1 408	1 689	1 940	1 963	1 974	1 563	1 584	1 582
Pohjois-Suomi	391	310	391	324	345	363	232	243	248
<b>Yhteensä</b>	<b>3 068</b>	<b>1 718</b>	<b>2 080</b>	<b>2 264</b>	<b>2 308</b>	<b>2 337</b>	<b>1 795</b>	<b>1 827</b>	<b>1 830</b>

### 3.2 Suurin kestävä hakkuukertymä (laskelma II)

Suurin kestävä hakkuukertymä oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 72 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta se kohosi toisella kymmenvuotiskaudella 80 miljoonaan kuutiometriin vuodessa (kuva 1). Hakkuureservi säilyi toisella kymmenvuotiskaudella ensimmäisen kauden tasolla (55 miljoonaa kuutiometriä vuodessa).

Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävä hakkuumäärän arviosta oli mäntyä keskimäärin 45, kuusta 35 ja lehtipuuta 20 % (kuva 2). Tukkipuun kertymäarvio oli 33 miljoonan kuutiometrin vuositasolla koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson ajan. Tukkipuukertymästä oli kolmen vuosikymmenen aikana keskimäärin mäntyä 47, kuusta 46 ja lehtipuuta 7 %. Tukkikertymää koskeva rajoite oli sitova rajoite useimmissa metsäkeskuksissa koko laskelmakauden ajan, mutta kokonaishakkuukertymää tai nettotuloja koskevat rajoitteet vaikuttivat ratkaisuihin yleensä vasta kolmannella kaudella tai sitä myöhemmin.

Kun hakkuut noudattivat suurimman kestävä



**Kuva 6.** Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 2006–2035 laskelmissa I–III koko Suomessa (laskelmat, ks. kuva 1).

hakkuumäärän arviota, puuston tilavuus nousi puuntuotannossa olevalla metsä- ja kitumaalla 6 ja koko metsä- ja kitumaalla 8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa 30 vuoden aikana. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio oli puuntuotantoon käytettävissä ole-

valla metsä- ja kitumaalla ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 94 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 6). Koko metsä- ja kitumaalla puuston kasvu oli 97 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Kasvu oli puuntuotannossa olevalla metsä- ja kitumaalla koko kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson ajan suurempi kuin kokonaispoistuma. Ero oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7 miljoonaa kuutiometriä ja toisella 3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Kolmannella kymmenvuotiskaudella kokonaispoistuma oli 91 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sitä vastaava kasvu 99 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Ahvenanmaan maakunnan, Rannikon metsäkeskuksen etelärannikon alueen, Lounais-Suomen, Hämeen-Uudenmaan ja Pirkanmaan metsäkeskusten alueilla poistuma ylitti kuitenkin hieman kasvun tason (liite).

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuuala oli 635 000 hehtaaria vuodessa, josta uudistushakkuuta oli 38 %. Uudistushakkuiden osuus hakkuukertymästä oli 68 % ja kasvatushakkuiden osuus 32 %. Kasvatushakkuiden osuus nousi tarkastelujakson ajan ja se oli kolmannella kaudella 48 % hakkuukertymästä. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana kasvatushakkuiden osuus hakkuukertymästä oli keskimäärin 43 %. Turvemaiden osuus hakkuukertymästä oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 17 % ja koko kolmenkymmenen vuoden aikana keskimäärin 20 %.

Keskimääräinen hakkuukertymä hakkuukohteilla oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 113 m<sup>3</sup>/ha ja toisella kymmenvuotiskaudella 102 m<sup>3</sup>/ha. Vastaavasti käyttöpuun korjuukustannukset olivat 10,8 €/m<sup>3</sup> ja 11,7 €/m<sup>3</sup> sekä vuotuiset nettotulot 2264 miljoonaa €/v ja 2308 miljoonaa €/v.

### 3.3 Toteutuneiden hakkuiden mukainen hakkuukertymä (laskelma III)

Vuosina 2002–2006 metsäkeskusten alueilla keskimäärin toteutunut puutavaralajeittainen hakkuukertymä pystyttiin pääsääntöisesti ylläpitämään seuraavat 50 vuotta. Kaikissa metsäkeskuksissa kuusitukkia ei kuitenkaan riittänyt tulevaisuudessa hakattavaksi yhtä paljon kuin viime vuosina: Kaakkois-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskusten alueilla jäätin vuosien 2002–2006 keskimääräisestä kuusitukin

kertymästään lähes 3 % ja Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella 20 %. Ahvenanmaan maakunnan alueen toteutuneesta kokonaiskertymästä jäätin 45 %. Ahvenanmaalla syynä olivat ensisijaisesti erot MELA-ohjelmiston apterausmalleissa ja käytännössä sovelletuissa puutavaralajimäärittelyissä. Koko Suomen hakkuukertymästä oli sekä mäntyä että kuusta 43 % ja lehtipuuta 14 %.

Puuston tilavuus kasvoi puuntuotantoon käytävissä olevalla metsä- ja kitumaalla keskimäärin 29 miljoonaa kuutiometriä vuodessa seuraavien kolmenkymmenen vuoden kuluessa (kuva 5). Malleilla laskettu puuston kasvu oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 95 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se nousi 104 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella (kuva 6). Kokonaispoistuman arvioitiin olevan noin 70 miljoonan kuutiometrin tasolla seuraavien kolmenkymmenen vuoden aikana.

Laskelmassa III turvemaiden osuus hakkuukertymästä oli koko kolmenkymmenen vuoden jaksolla keskimäärin 18 %. Uudistushakkuiden osuus hakkuukertymästä oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 66, toisella 54 ja kolmannella kymmenvuotiskaudella 49 % (kuva 3). Uudistushakkuupinta-ala oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 174 000 hehtaaria vuodessa, joka on lähellä vuosina 2002–2005 toteutunutta (177 000 hehtaaria). Uudistushakkuuala laski 114 000 hehtaariin kolmannella kymmenvuotiskaudella hakkuiden painopisteen siirtyessä yhä enemmän kasvatushakkuihin.

Keskimääräinen hakkuukertymä hakkuukohteilla oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 111 m<sup>3</sup>/ha ja toisella kymmenvuotiskaudella 102 m<sup>3</sup>/ha. Vastaavasti käyttöpuun korjuukustannukset olivat 10,8 €/m<sup>3</sup> ja 11,1 €/m<sup>3</sup> sekä vuotuiset nettotulot 1795 miljoonaa €/v ja 1827 miljoonaa €/v.

### 3.4 Alueelliset hakkuumahdollisuudet

Metsäkeskusten välillä on eroja puuntuotannossa olevien metsien ikä- ja puolajirakenteessa sekä tuotoskyvyssä (Korhonen ym. 2007), mikä näkyy myös välittömissä hakkuumahdollisuuksissa (kuva 7, liite). Suurimman kestäväen hakkuumäärän arvion perusteella alueet voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat eteläi-

sen Suomen alueet, joissa poistuma ylittää kasvun tason. Toiseen ryhmään kuuluu itäinen Suomi, jossa poistuma jollakin kaudella saattaa ylittää kasvun, mutta puuston tilavuus ja hakkuumahdollisuudet silti kasvavat tarkastelujakson aikana. Kolmannessa ryhmässä on pohjoisin Suomi, jossa puuston kasvu selvästi ylittää poistuman.

Pohjois-Suomessa viiden prosentin tuottovaatimus (laskelma I) jättää hakkuumahdosta ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 31–43 % ja muualla Suomessa 10–26 % hakkaamatta. Viiden prosentin tuottovaatimus on Pohjois-Suomen metsien keskimääräiseen arvokasvuun verrattuna korkea tavoite.

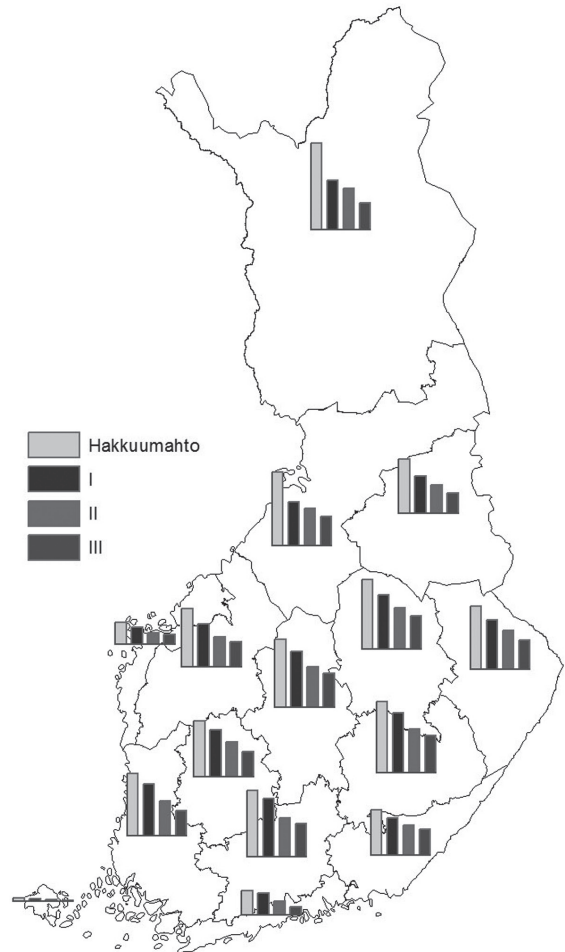
Laskelmien I ja II välinen ero on pienin (14–16 %) Pohjois-Pohjanmaalla ja Lapissa. Suurimmat erot löytyvät Rannikon, Lounais-Suomen ja Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksista.

Metsien käyttöaste (toteutuneet hakkuut suhteessa kestäviin hakkuumahdollisuuksiin) on korkein Kaakkois-Suomen, Etelä-Savon, Hämeen-Uudenmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Suomen metsäkeskuksen sekä Rannikon metsäkeskuksen etelärannikon alueella.

### 3.5 Herkkyysoanalyysit

Suurimman kestävä hakuuäärän arvio oli herkkä korkokannan muutokselle (kuva 8). Korkokannan lasku neljästä kolmeen alensi vuosittaista kertymääräviota 10 miljoonalla kuutiometrillä (13 %). Korkokannan lasku tarkoitti siirtymistä ekstensiivisempään metsätalouteen, jossa osalle puustosta kasvattaminen on edullisempi vaihtoehto kuin välitön hakkuu. Korkokannan nosto neljästä viiteen prosenttiin lisäsi suurimman kestävä hakuuäärän arviota 4–5 miljoonalla kuutiometrillä vuodessa koko kolmenkymmenen vuoden jaksolla. Korkokannan nosto tarkoitti siirtymistä intensiivisempään metsätalouteen.

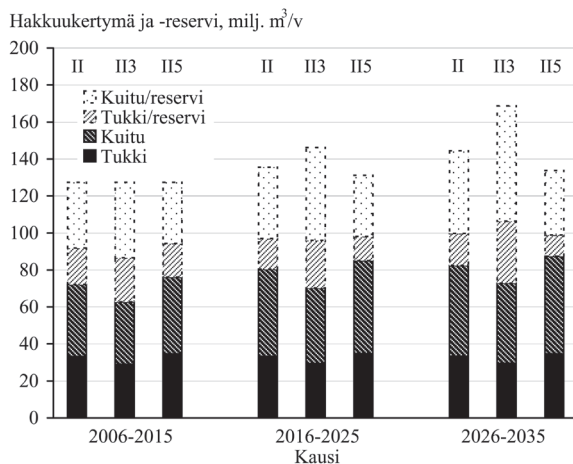
Hankintahintojen käyttö tienvarsihintojen estimaattina vaikutti laskelmien I ja II kertymiin vain vähän (kuvat 9 ja 10). Hankintahintojen käyttö vähensi hieman avohakkuiden ja turvemaiden harvennusten suhteellisia osuuksia. Todennäköisesti näillä kohteilla harkinnanvarainen hankintalisä ei riittänyt täyttämään puuntuotannon kannattavuusvaatimusta.



**Kuva 7.** Alueelliset hakkuumahdot ja hakuukertymät laskelmissa I–III vuosina 2006–2015 (laskelmat, ks. kuva 1).

Kasvuoletuksiin liittyvien muutosten vaikutukset olivat myös vähäiset ja alkoivat näkyä vasta laskelmakauden loppupuolella (kuva 9 ja 10). Sen sijaan metsänkäsittelysuositusten uudistuksen vaikutus oli huomattava. Nykyisissä suosituksissa uudistamisrajat ja harvennusmallien pohjapinta-alarajat ovat vuoden 2001 suosituksia (Hyvän metsänhoidon...2001) alempana, minkä vuoksi vaihtoehtoja simuloidaan enemmän. Vuoden 2001 suosituksilla laskelmien I ja II 30 vuoden kasvatushakuukertymä oli noin 22 % pienempi kuin kasvatushakkuiden hakkuumahto. Nykyisillä suosituksilla vastaava ero oli 14 %. Uudistushakuukertymä vuoden 2001

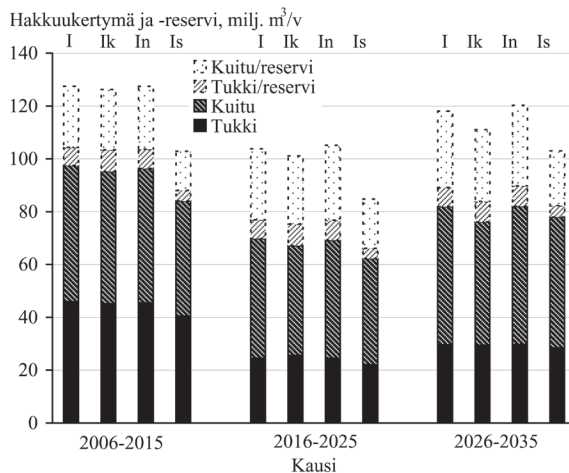




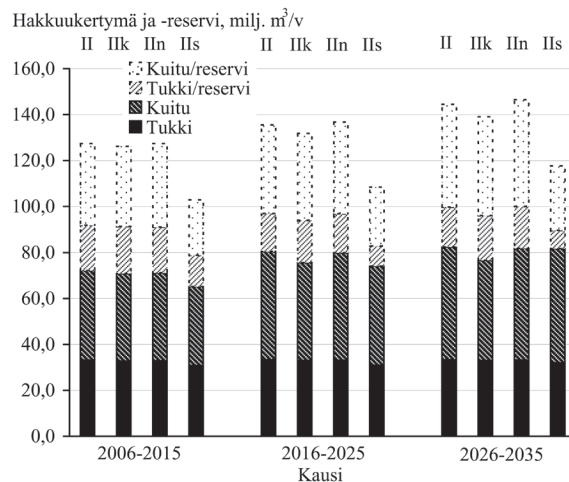
**Kuva 8.** Tukki- ja kuitupuun hakkuukertymä ja -reservi kolmenkymmenen vuoden aikana suurimman kestävän hakkuukertymän arvioissa korkokannoilla 3, 4 ja 5 prosenttia (II3 = kolme prosenttia, II = neljä prosenttia ja II5 = viisi prosenttia).

suosituksilla oli laskelmassa I 24 % ja laskelmassa II 39 % pienempi kuin uudistushakkuiden hakkuumahto. Nykyisillä suosituksilla vastaavat erot olivat 35 % (laskelma I) ja 54 % (laskelma II).

Noudatettaessa vuoden 2001 metsänhoitosuosituksia (Hyvän metsänhoidon... 2001) hakattavissa olevan puuston määrä eli hakkuumahto oli 103 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ensimmäisen kymmenvuotiskauden aikana, joten hakkuumahto aleni nykyisiin suosituksiin verrattuna noin 24 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Vuoden 2001 metsänkäsitelysuositusten soveltaminen pienensi suurimman kestävän hakkuukertymän arviota ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 10 % – noin 65 miljoonaa kuutiometriin vuodessa. Vastaavasti nettotulojen nykyarvoa maksimoivan arvion (laskelma I) hakkuukertymä aleni 13 miljoonalla kuutiometrillä (14%). Kolmenkymmenen vuoden aikana hakkuureservien ero oli keskimäärin laskelmassa I runsas 10 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja laskelmassa II noin 20 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.



**Kuva 9.** Tukki- ja kuitupuun hakkuukertymä ja -reservi kolmenkymmenen vuoden aikana laskelman I herkkyysoanalyseissä (I = ks. kuva I, Ik = kalibroimattomat kasvumallit, In = tilastoituihin hankintahintoihin perustuva nettotulojen laskenta, Is = vuoden 2001 metsänhoitosuositukset).



**Kuva 10.** Tukki- ja kuitupuun hakkuukertymä ja -reservi kolmenkymmenen vuoden aikana laskelman II herkkyysoanalyseissä (II = ks. kuva I, IIk = kalibroimattomat kasvumallit, IIIn = tilastoituihin hankintahintoihin perustuva nettotulojen laskenta, IIIs = vuoden 2001 metsänhoitosuositukset).

## 4 Tulosten tarkastelu

Vuosina 2002–2006 keskimäärin toteutuneet hakkuut (hakkuulaskelma III) olivat 16 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienemmät kuin suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (hakkuulaskelma II), 41 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienemmät kuin nettotulojen nykyarvon viiden prosentin korkokannalla maksimoiva arvio (laskelma I) ja 71 miljoonaa kuutiometriä vuodessa pienemmät kuin hakattavissa oleva puusto (hakkuumahto) ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella. Laskelma III havainnollistaa hakkuumahdollisuuksien ja puuston kehitystä, jos metsiä hyödynnetään puuntuotantoon huomattavasti vähemmän kuin olisi mahdollista.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (laskelma II) lähimmälle kymmenvuotiskaudelle oli 72 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli lähes saman verran kuin Suomessa toimivan metsäteollisuuden raakapuun käyttö oli keskimäärin vuosina 2002–2006. Nettotulojen nykyarvoa maksimoivan laskelman (I) hakkuukertymä – 97 miljoonaa kuutiometriä vuodessa – osoittaa, miten paljon voidaan hakata lähimmällä kymmenvuotiskaudella, jos metsätaloudelle asetetaan viiden prosentin tuottovaatimus, mutta ei välitetä puuhuollon kestävydestä. Jos puuhuollon kestävydestä ei välitetä eikä metsätaloudelle aseteta kannattavuusvaatimuksia, on periaatteessa mahdollista hetkellisesti hakata lait sekä metsien suojelusta, muista käyttömuodoista ja säädöksistä aiheutuvat käyttörajoitukset huomioon ottaen jopa reilusti yli 100 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa.

Nettotulojen nykyarvoa maksimoivan laskelman (I) hakkuukertymä on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 11 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin edellisen laskelmakierroksen (Nuutinen ja Hirvelä 2006) vastaava arvio. Ero johtuu pääasiassa metsänkäsittelysuositusten muutoksesta, jonka vaikutus hakattavissa olevan puuston määrään oli 24 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja laskelman I hakkuukertymään 13 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Suosituksen muutos näkyy myös metsien käyttöasteessa (toteutuneiden hakkuiden suhde kestäviin hakkuumahdollisuuksiin). Nykyisten suositusten mukainen käyttöaste on 78 % eli 2–7 prosenttiyksik-

köä alempi kuin aiempien suositusten mukainen.

Koska nykyisissä metsänkäsittelysuosituksissa (Hyvän metsänhoidon ... 2006) uudistamisrajat (uudistamisikä ja uudistamisläpimitta) ovat aiempaa (Hyvän metsänhoidon ... 2001) alempana, suositusten on ennakoitu johtavan metsien uudistamiseen aiempaa nuorempina. Hakkuumahdon perusteella uudistuskypsien metsien määrä on nykyisillä suosituksilla suurempi kuin aiemmillä, mutta tämän tutkimuksen mukaan osa välittömästi uudistuskypsistä metsistä kannattaa kuitenkin kasvattaa minimirajoja vanhemmiksi.

Myös harvennusmallien pohjapinta-alarajat ovat nykyisin aiempaa (Hyvän metsänhoidon ... 2001) alempana, minkä on ennakoitu johtavan aiempaa voimakkaampiin harvennuksiin. Laskelmien I ja II perusteella nykyisten suositusten mukaisista harvennuksista suhteellisesti suurempi osa oli kannattavia kuin vanhojen suositusten mukaisista harvennuksista.

Vaikka puuston tilavuus ja metsien rakenne sekä niitä kuvaava laskelma-aineisto ovat muuttuneet, suurimman kestävän hakkuumäärän arvion (laskelma II) hakkuu- ja tukkikertymä sekä kasvatushakkuiden ja turvemaiden osuudet hakkuukertymästä ovat samaa suuruusluokkaa kuin edellisillä laskelmakierroksilla (Nuutinen ja Salminen 1999, Nuutinen ym. 2005c, Nuutinen ja Hirvelä 2006). Tässä käytetty suurimman kestävän hakkuumäärän ratkaiseva optimointitehtävä näyttää siis hakevan varsin stabiilin ratkaisun. Muutosten seuraukset näkyvät lähinnä tulevien vuosikymmenten metsävarojen kehityksessä. Arviossa puuston tilavuus kohosi suurentuneen kasvun ansiosta enemmän kuin aiemmillä kierroksilla. Metsien rakenteesta johtuen kestävät hakkuumahdollisuudet ovat kuitenkin – erityisesti Pohjois-Suomessa – huomattavasti pienemmät kuin puuston kasvu.

Kasvatushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta nousee ensimmäisen kymmenvuotiskauden 32 prosentista 48 prosenttiin kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana. Turvemaiden osuudessa hakkuumahdollisuuksista ei ole odotettavissa merkittävää lisäystä tarkastelujakson aikana. Laskelmissa sovellettu kannattavuusvaatimus rajoittaa turvemaiden hyödyntämistä puuntuotantoon.

Tässä tutkimuksessa käytettiin tuoreimpia VMI-

koepuumittauksia kasvumallien kalibroinnissa. Inventointia seuraavalla kymmenvuotijaksolla metsä- ja kitumaan puuston kasvu oli laskelmassa II 97,1 miljoonaa kuutiometriä eli lähes samalla tasolla kuin inventoinnin mittaama kasvu (Korhonen ym. 2007). Kalibroimattomilla malleilla laskettu vastaava kasvu oli 90,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Kasvuntasokorjauksen, metsänkäsittelysuositusten ja korkokannan suhteen tehdyt herkkyyksanalyytit paljastavat, että hakkuiden rakenteellinen ja ajallinen jakautuminen on herkkä kasvun, suositusten mukaan sallittujen käsittelyiden ja tuotto-odotuksen väliselle suhteelle. Jos arvokasvuprosentti jossakin metsikössä on korkeampi kuin tuottovaatimus, kohde jätetään kasvamaan.

Hakkuulaskelmat eivät ole toteutettavaksi tarkoitettuja hakkuusuunnitteita eivätkä puun tarjonnan tai todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Laskelmissa on tarkasteltu vain teollisuuden käyttöpuuta (tukki- ja kuitupuuta). Laskelmissa ei otettu huomioon metsänomistuksen rakennetta tai metsänomistajien käyttäytymistä. Kaikissa laskelmissa oletettiin, että metsänhoitotyöt tehdään suositusten mukaisesti. Metsien hakkuumahdollisuudet muuttuvat, jos metsänhoitotöissä viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta.

## Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Visa Redsvén teki kuvan 7. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistamiseen myötävaikuttaneille.

## Kirjallisuus

- Henttonen, H. 2000. Growth variation. Julkaisussa: Mälkönen, E. (toim.). Forest condition in a changing environment – the Finnish case. Kluwer Academic Publishers. Forestry Sciences 65: 25–32.
- 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.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 101 s.
- Härkönen, K. 2001. Säästöpuut ja MELA2000. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.). MELA2000 ja muuttuva metsänkäsittely. MELA-käyttäjäpäivä 21.11.2000 Joensuu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 814. s. 19–29.
- Hökkä, H. 1996. Suometsien uudet kasvu- ja pituusmallit. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 57–68.
- 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. 45 + 53 p.
- , Alenius, V. & Penttilä, T. 1997. Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica* 31(2): 161–178.

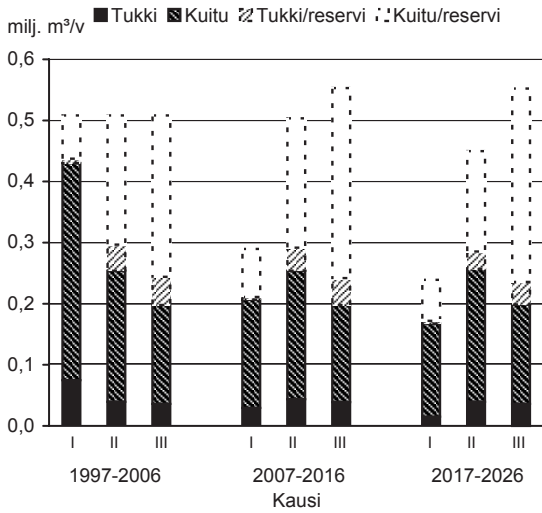
- , Alenius, V. & Salminen, H. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. *Suo* 51(1): 1–10.
- Jutras, S., Hökkä, H., Alenius, V. & Salminen, H. 2003. Modelling mortality of individual trees in drained peatland sites in Finland. *Silva Fennica* 37(2): 235–251.
- Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2/1999. 38 s.
- Korhonen, K.T., Heikkinen, J., Henttonen, H., Ihalainen, A., Pitkänen, J. & Tuomainen, T. 2006. Suomen metsävarat 2004–2005. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2006: 183–221.
- , Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. & Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004–2006 ja metsävarojen kehitys 1996–2006. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2007: 149–213.
- Kotiharju, S. & Niemelä, H. 2000. Talousmetsien luonnonhoidon laadun arviointi. Seurantatiedonraportti. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 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 tilavuussyhtälöt*. *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 männylle, kuuselle, koivuille ja haavalle. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 575–591.
- Metinfo. 2007. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. *Metsäntutkimuslaitos*. [www-sovellus \(http://www.metla.fi/metinfo/\)](http://www.metla.fi/metinfo/).
- Metsien suojelun luokittelun ja tilastoinnin yhtenäistämistyöryhmä. 2002. Työryhmämuistio MMM 2002:15. 51 s. + liitteet. ISSN 0781-6723.
- Metsien suojelupinta-alat. Suojelupinta-alaprojektin raportti. 1999. Suomen ympäristö 300. Ympäristöministeriö. 44 s. ISBN 951-37-2869-2.
- Metsäsektorin tulevaisuuskatsaus – Metsäneuvoston linjaukset metsäsektorin painopisteiksi ja tavoitteiksi. 2006. MMM:n julkaisuja 11/2006. 24 s. + 2 liitettä. ISBN 952-453-295-6, ISSN 1238-2531.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1998–2027 Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2000: 413–428.
- & Hirvelä, H. 2000b. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2000: 567–583.
- & Hirvelä, H. 2000c. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Pirkanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/2000: 741–757.
- & Hirvelä, H. 2001a. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2001: 389–406.
- & Hirvelä, H. 2001b. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2000–2029 Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2001: 577–594.
- & Hirvelä, H. 2003. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 2001–2030 Kainuun metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2003: 257–272.
- & Hirvelä, H. 2006. Hakkuumahdollisuudet Suomessa valtakunnan metsien 10. inventoinnin perusteella. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2006: 223–237.
- & 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. 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*. *Metsäntutkimuslaitos, moniste*. 19 s. + liitti.
- , 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. 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. 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. *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. 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.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. *Polttopuun korjuu ja käyttö maatiloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehosteuran julkaisuja* 241.
- Salminen, O. 2005. Tienvarsihintaiset vs. kantohintaiset päätösmuuttajat. *Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja* 15: 40–46.
- 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 kehitysmahdollisuudet 1990–2030. *Selvitys Metsä 2000-ohjelman tarkistustoimikunnalle. Metsäntutkimuslaitos, Metsänarvioimisen tutkimusosasto*. 13.7.1990. 56 s.
- 2005. Metsätaloustuotannon pelivaratiedot MELA:ssa. *Julkaisussa: Nuutinen, T. & Kettunen, L. (toim.). MELA2005 ja nettisovellukset. Metlan työraportteja* 15: 13–23.
- , 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.
- Valtakunnan metsien 10. inventointi (VMI10). 2006. *Maastotyön ohjeet 2006. Koko Suomi. Metsäntutkimuslaitos. Moniste*. 175 s.
- Weckroth, T. 2006. Alueelliset metsäohjelmat 2006–2010. *Yhteenvedo metsäkeskusten metsäohjelmista. Maa- ja metsätalousministeriö 4/2006*. 30 s. + liitteet.

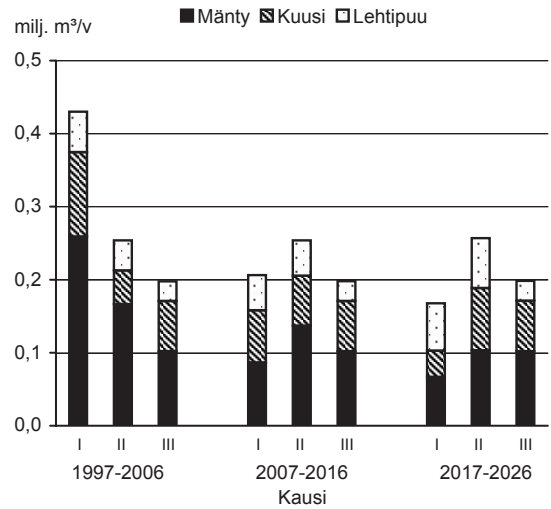
**Liite. Metsäkeskuskohtaiset tulokset.**

**Ahvenanmaan maakunta**

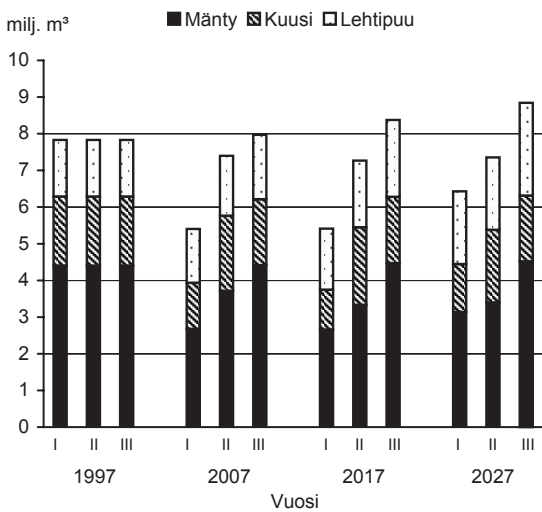
**Hakkuukertymä ja -reservi**



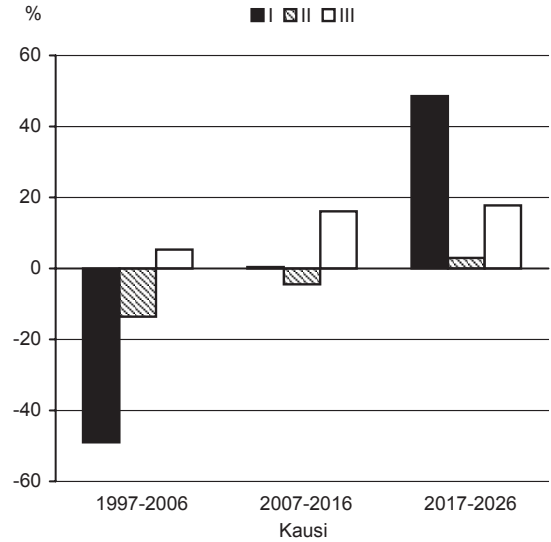
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**



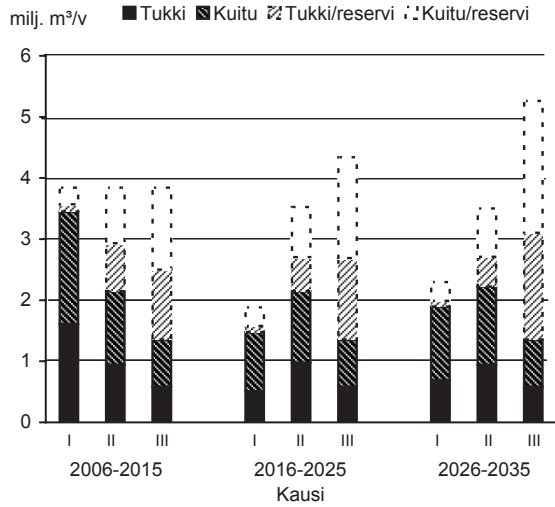
**Kasvu/poistuma**



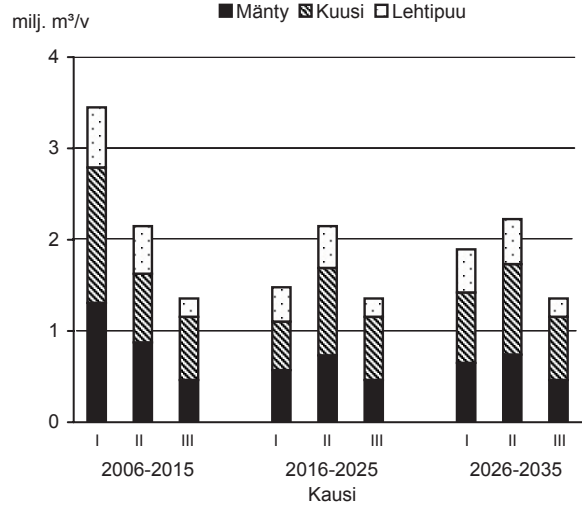


### Metsäkeskus Rannikko, etelärannikon alue

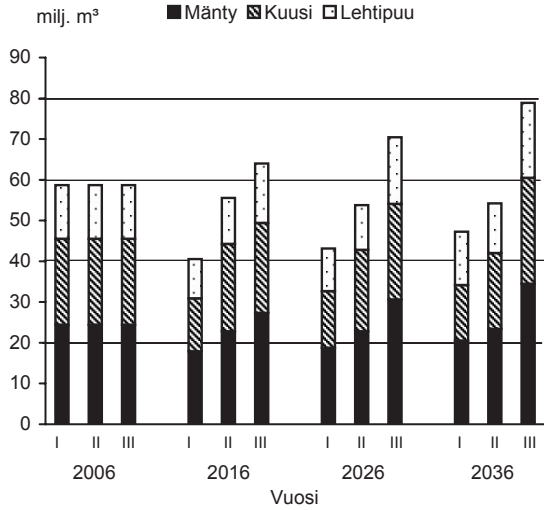
**Hakkuukertymä ja -reservi**



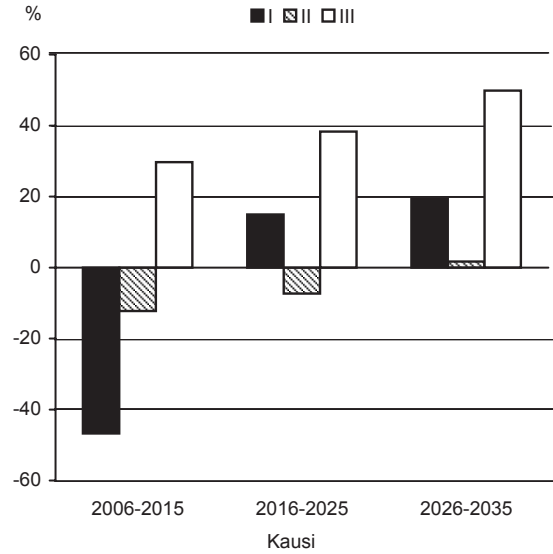
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

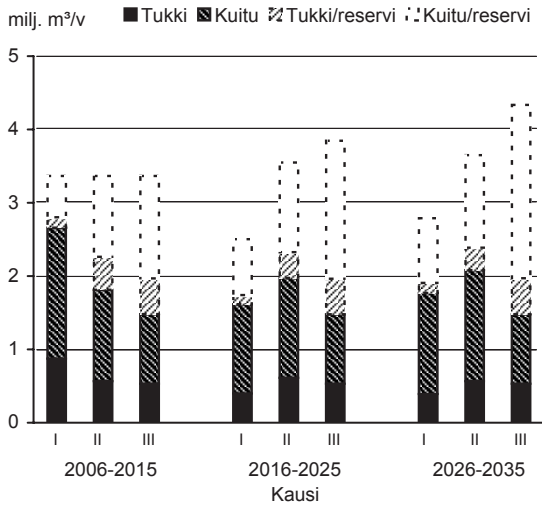


**Kasvu/poistuma**

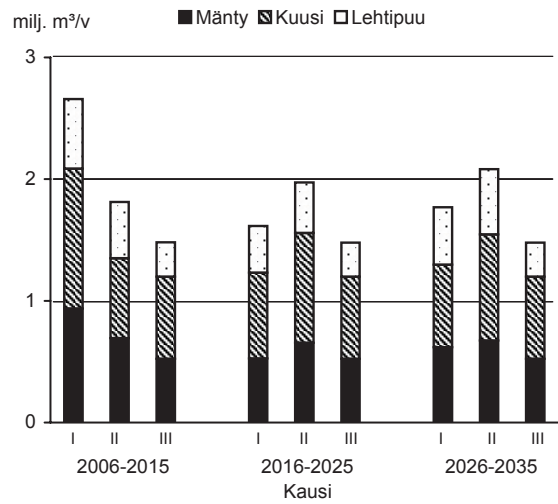


**Metsäkeskus Rannikko, pohjanmaan alue**

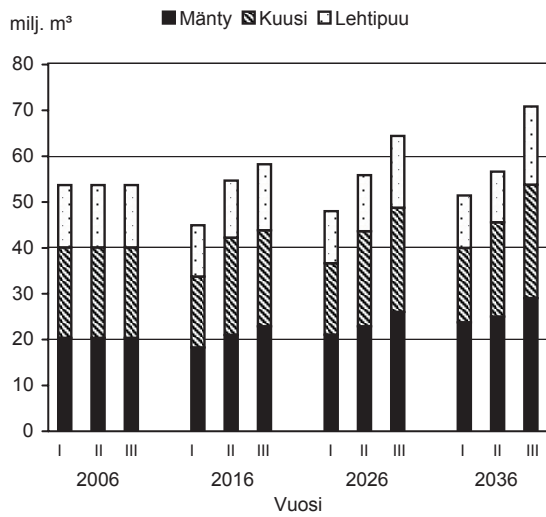
**Hakkuukertymä ja -reservi**



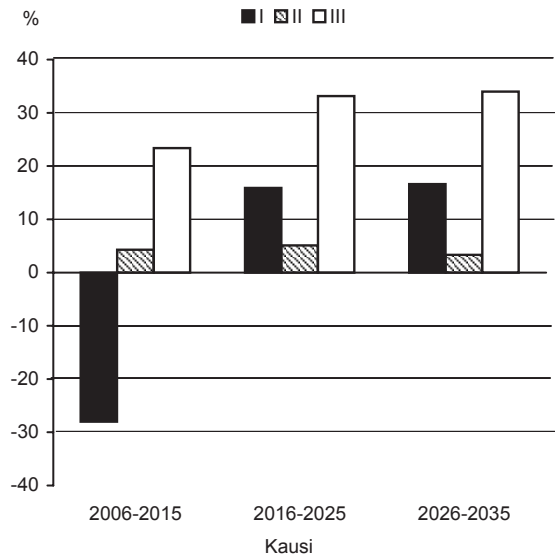
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

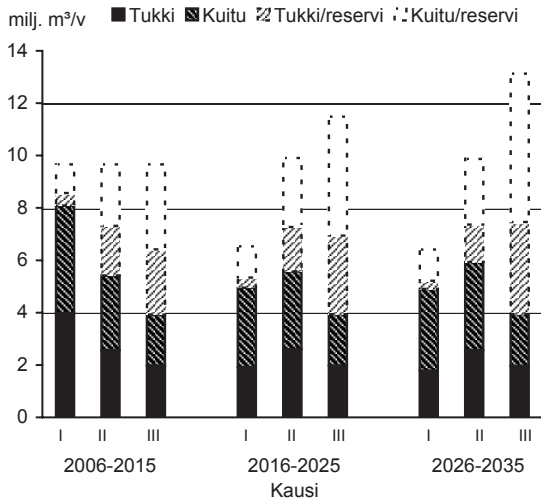


**Kasvu/poistuma**

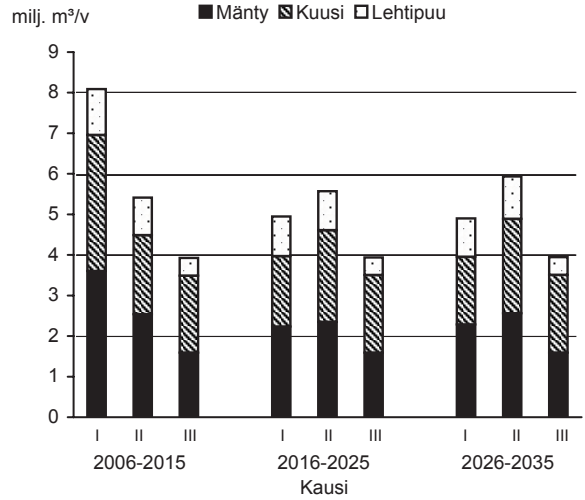


### Metsäkeskus Lounais-Suomi

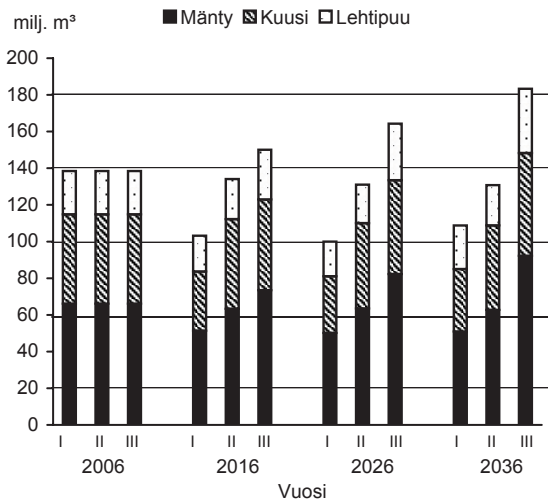
**Hakkuukertymä ja -reservi**



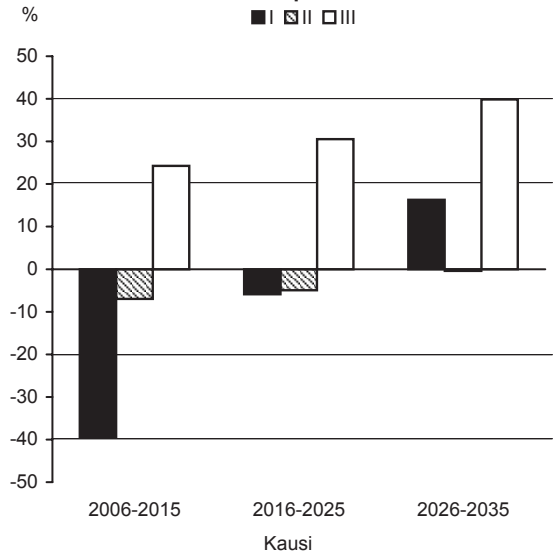
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

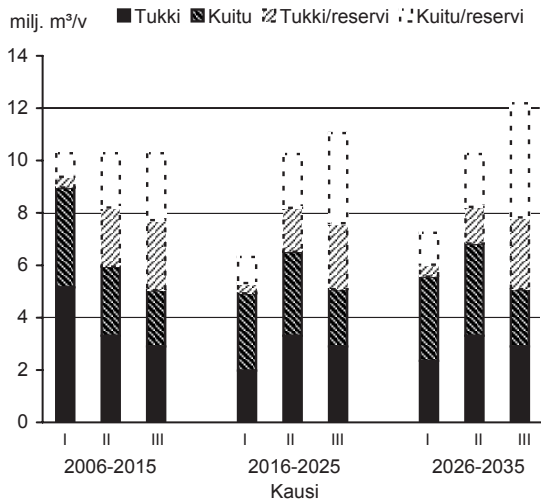


**Kasvu/poistuma**

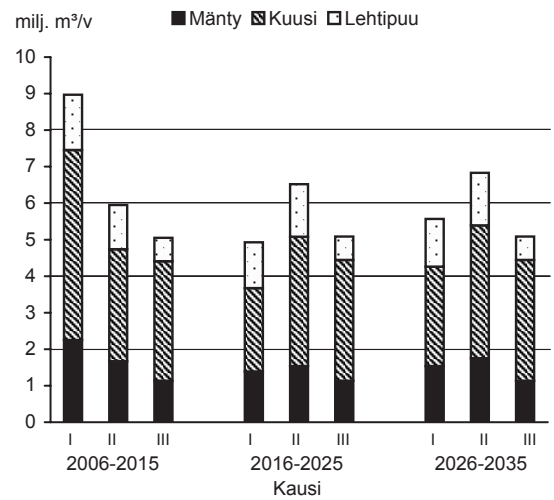


### Metsäkeskus Häme-Uusimaa

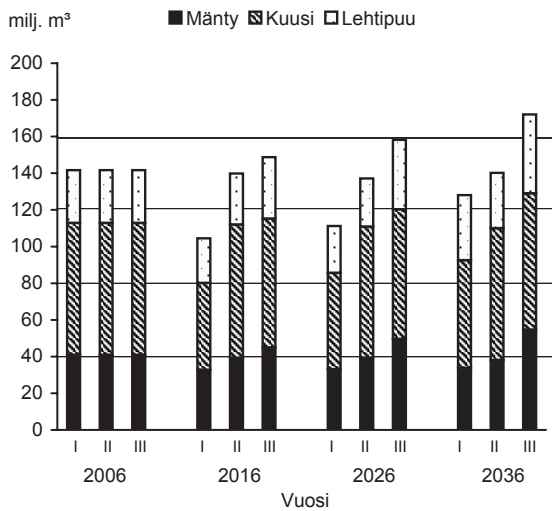
**Hakkuukertymä ja -reservi**



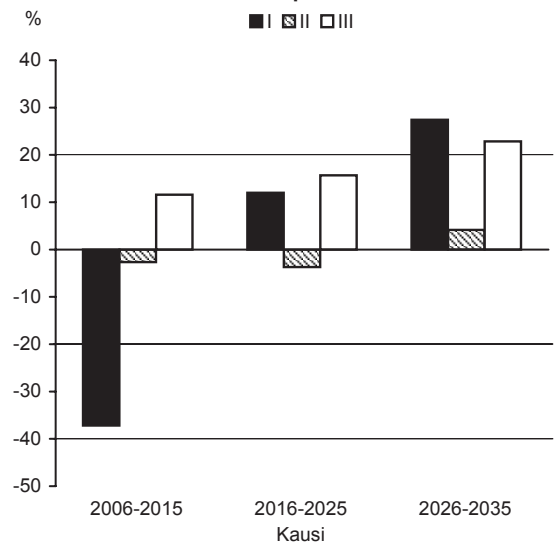
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

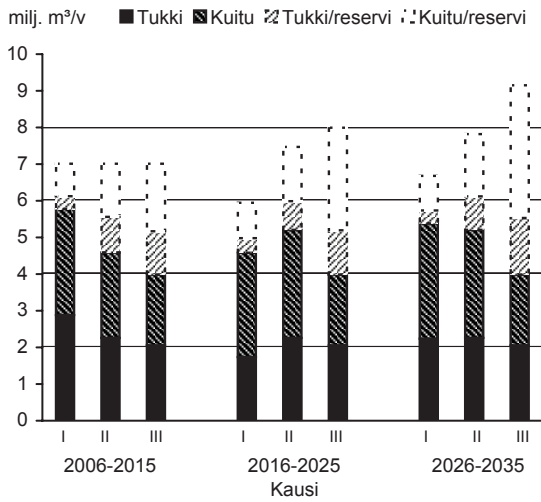


**Kasvu/poistuma**

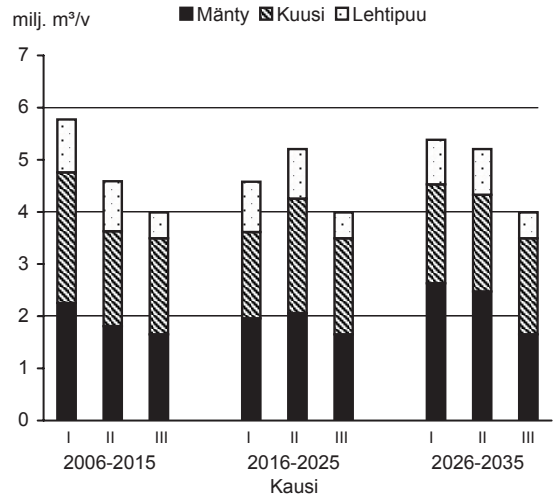


### Metsäkeskus Kaakkois-Suomi

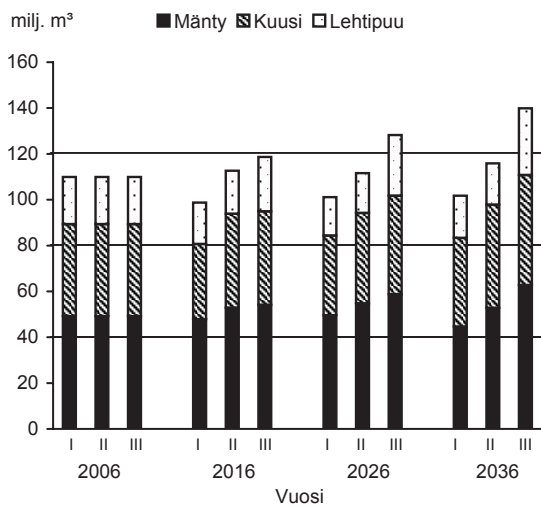
**Hakkuukertymä ja -reservi**



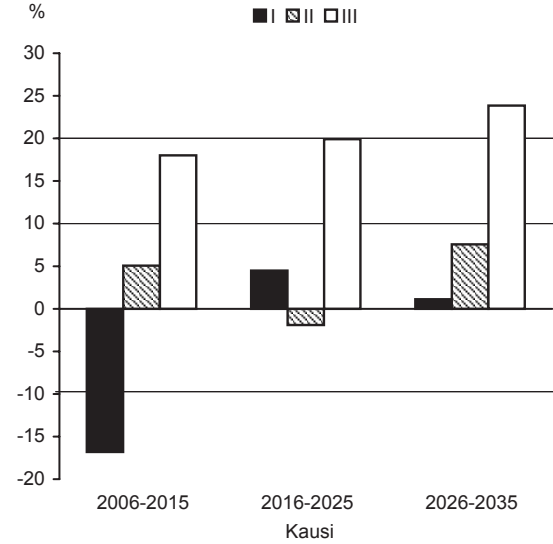
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

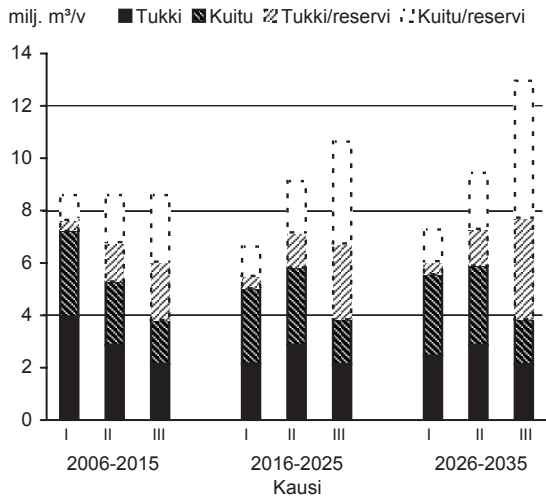


**Kasvu/poistuma**

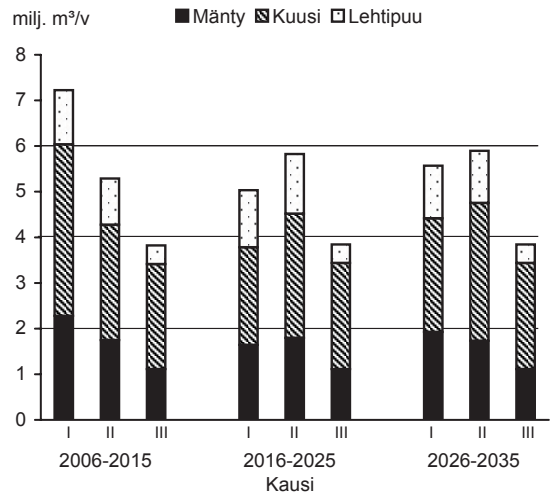


Metsäkeskus Pirkanmaa

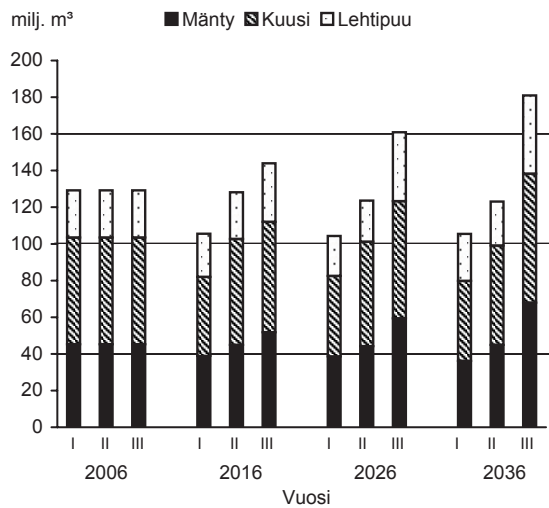
Hakkuukertymä ja -reservi



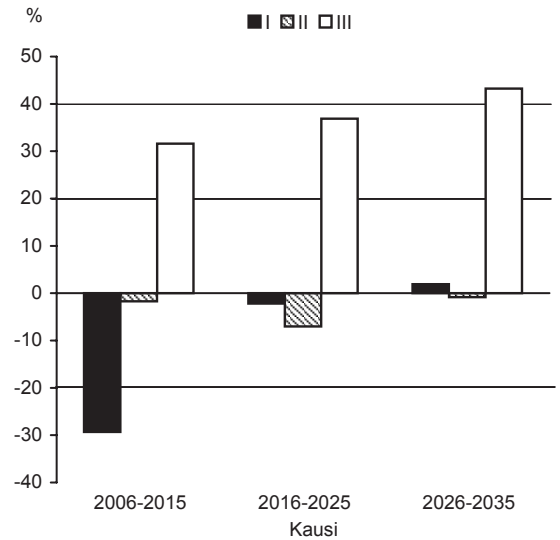
Hakkuukertymä



Tilavuus



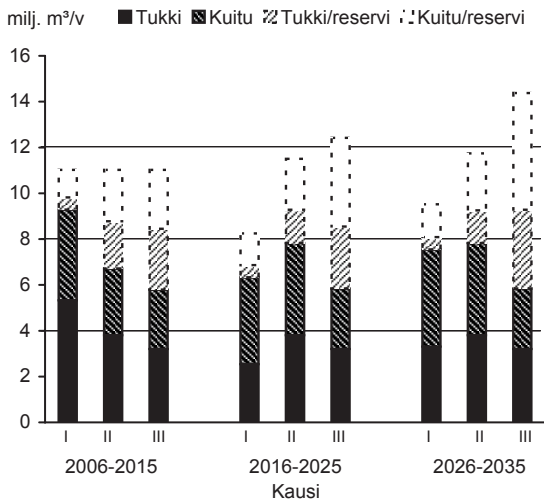
Kasvu/poistuma



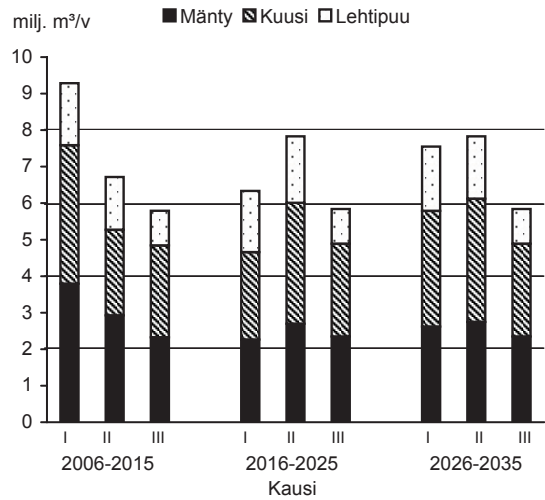


### Metsäkeskus Etelä-Savo

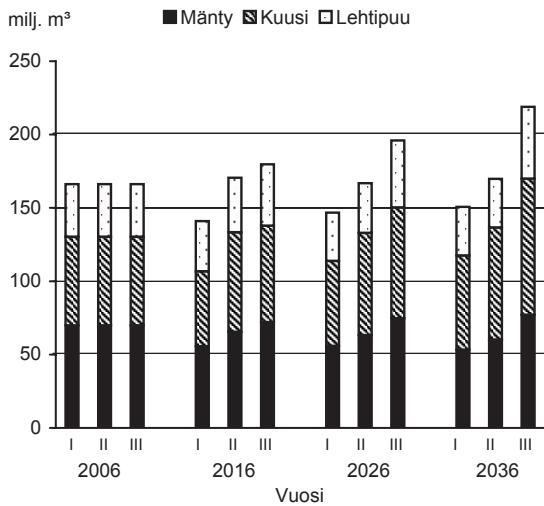
**Hakkuukertymä ja -reservi**



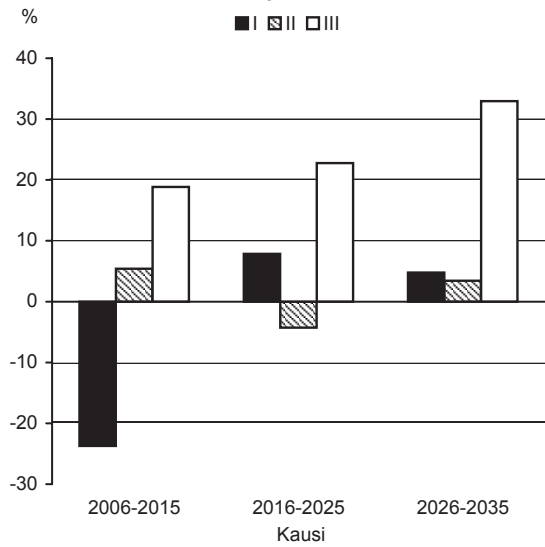
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

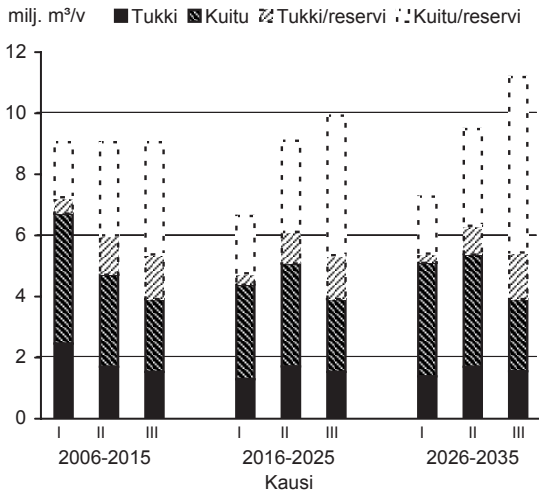


**Kasvu/poistuma**

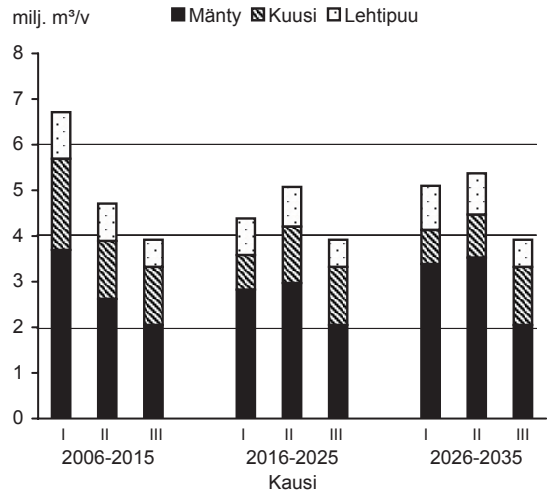


### Metsäkeskus Etelä-Pohjanmaa

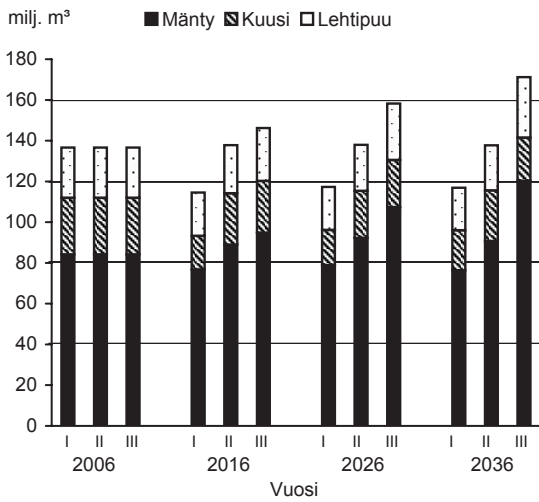
**Hakkuukertymä ja -reservi**



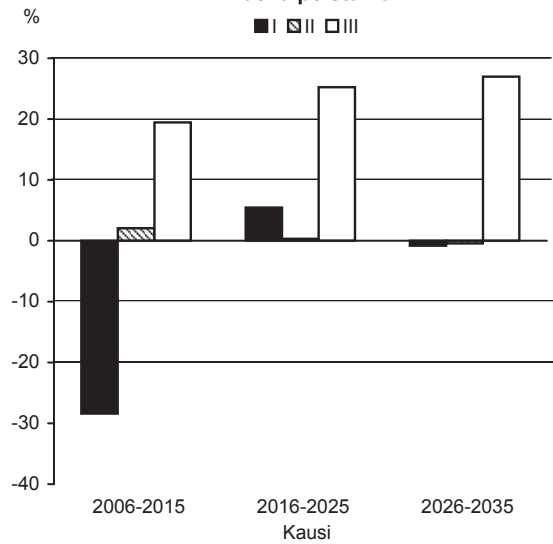
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

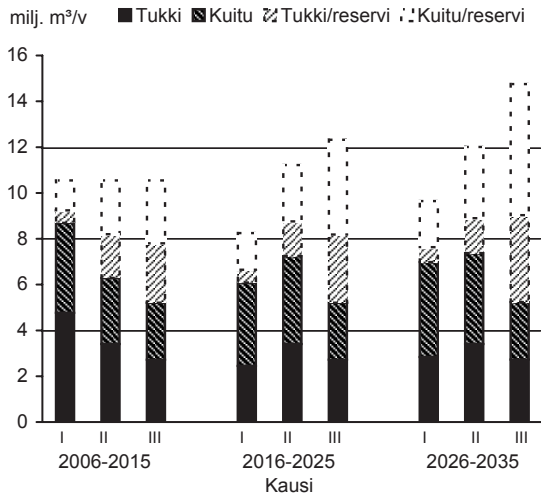


**Kasvu/poistuma**

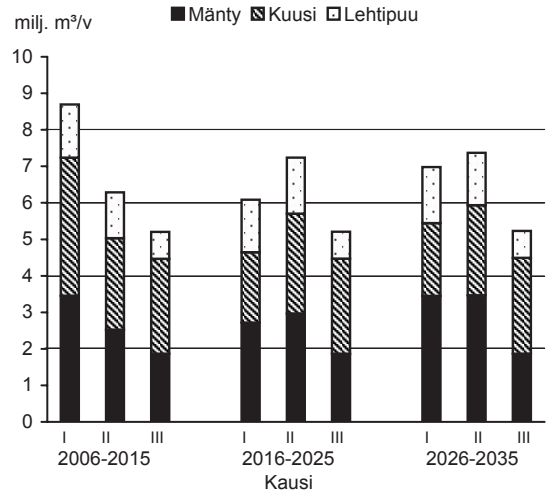


### Metsäkeskus Keski-Suomi

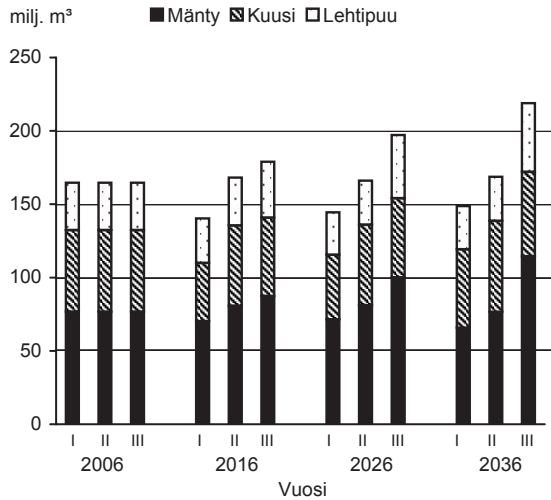
**Hakkuukertymä ja -reservi**



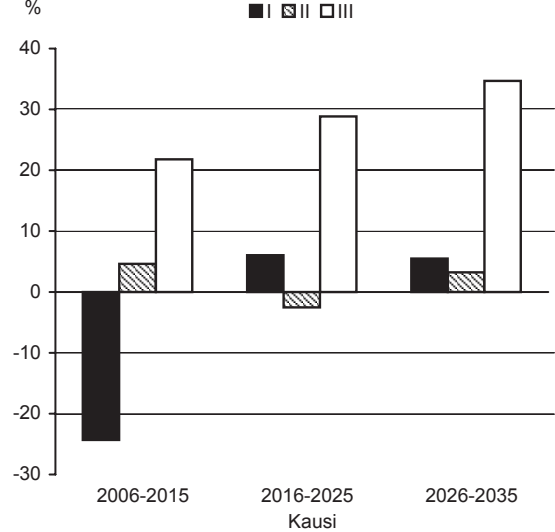
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

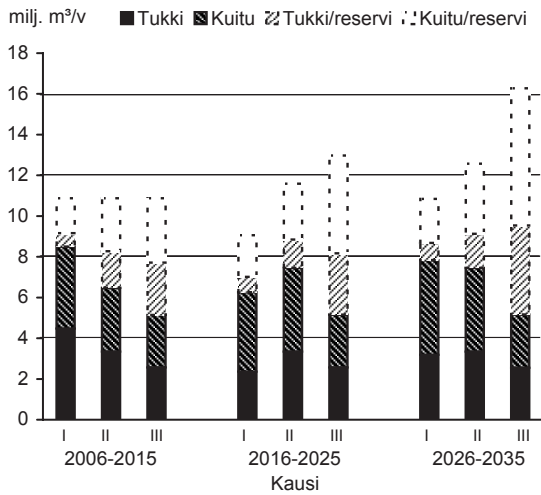


**Kasvu/poistuma**

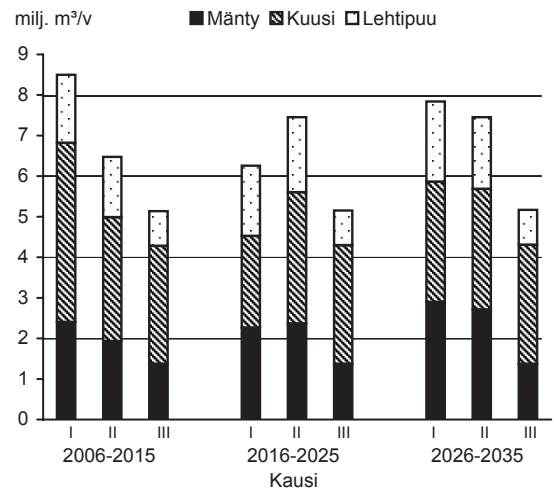


### Metsäkeskus Pohjois-Savo

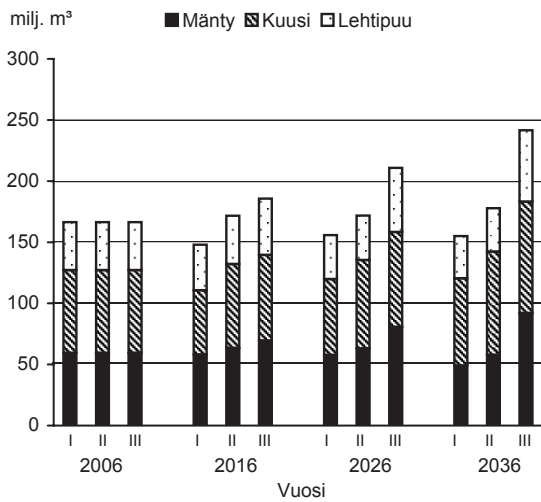
**Hakkuukertymä ja -reservi**



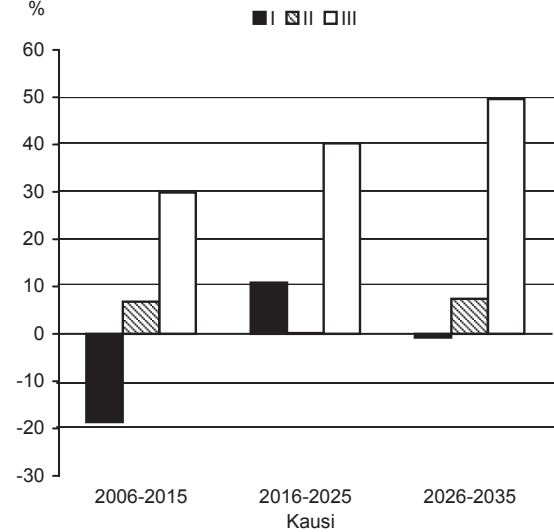
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

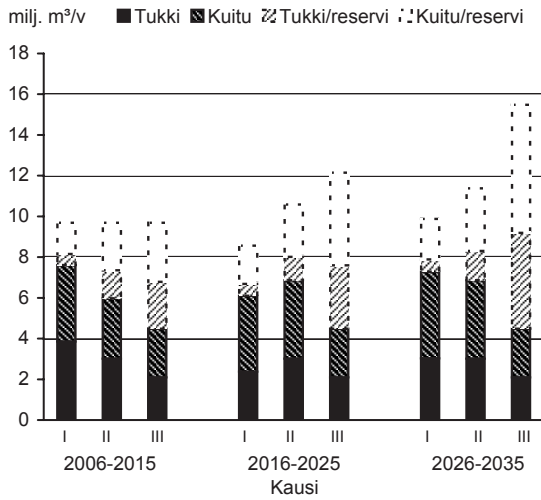


**Kasvu/poistuma**

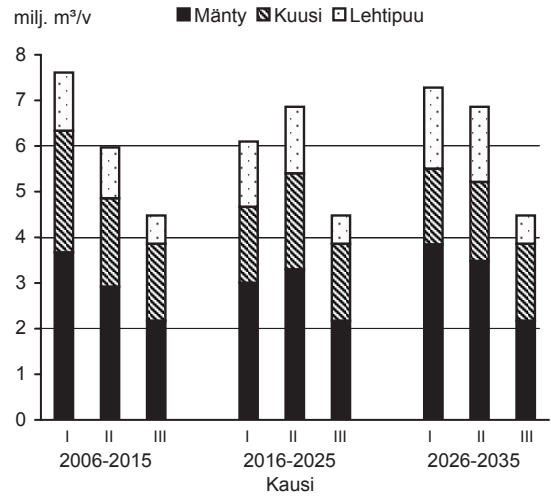


### Metsäkeskus Pohjois-Karjala

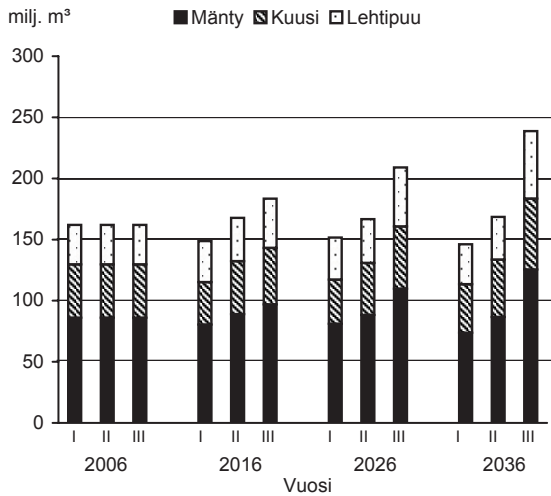
**Hakkuukertymä ja -reservi**



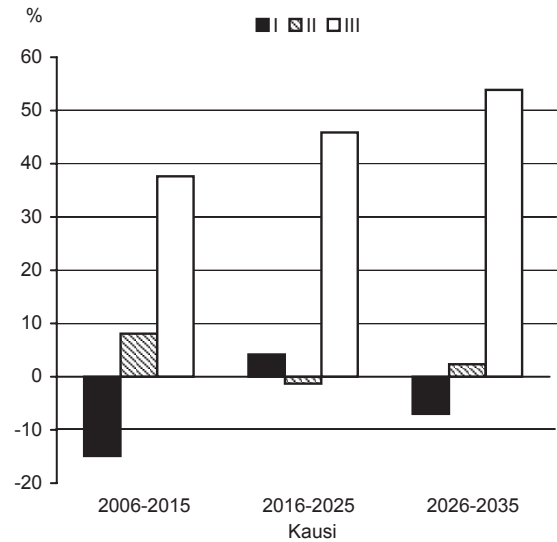
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

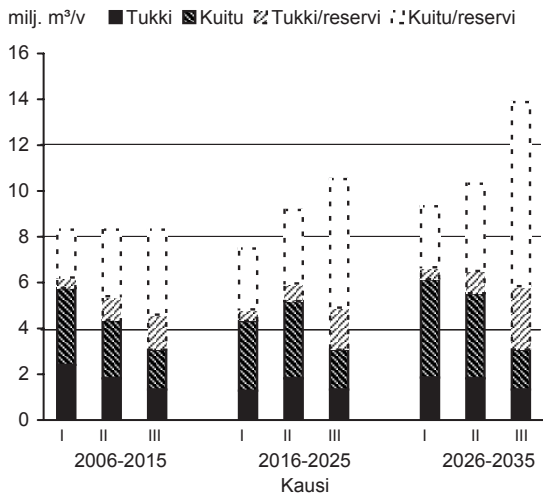


**Kasvu/poistuma**

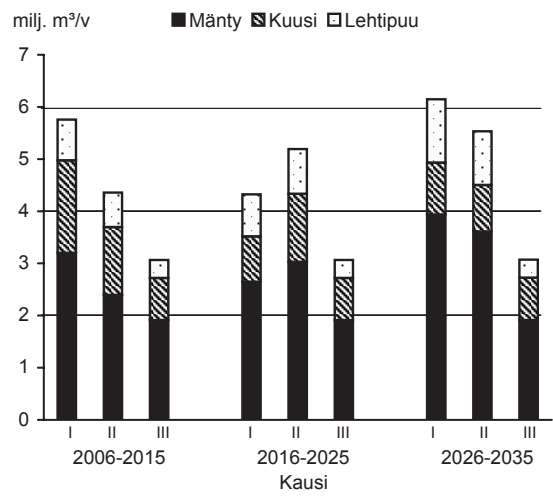


### Metsäkeskus Kainuu

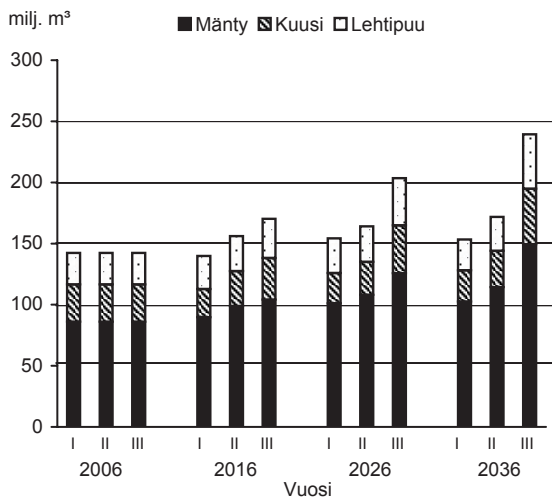
**Hakkuukertymä ja -reservi**



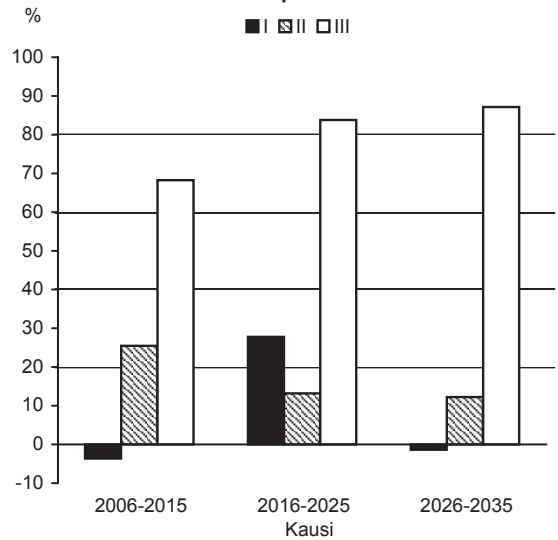
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**

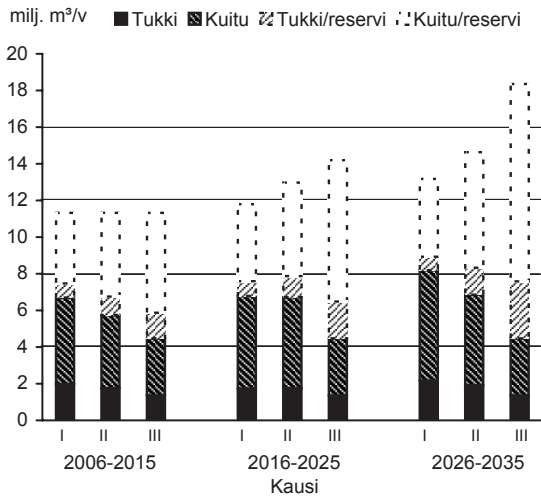


**Kasvu/poistuma**

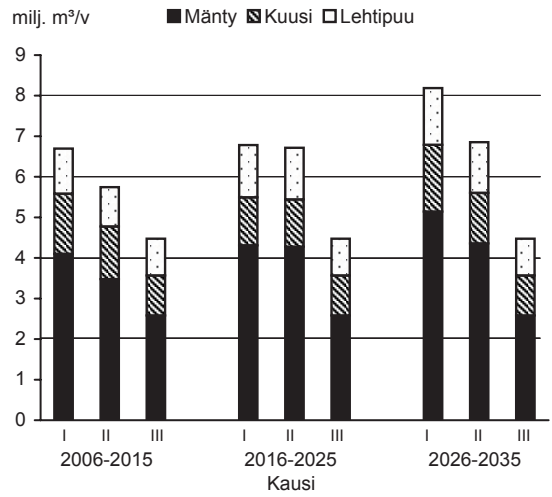


### Metsäkeskus Pohjois-Pohjanmaa

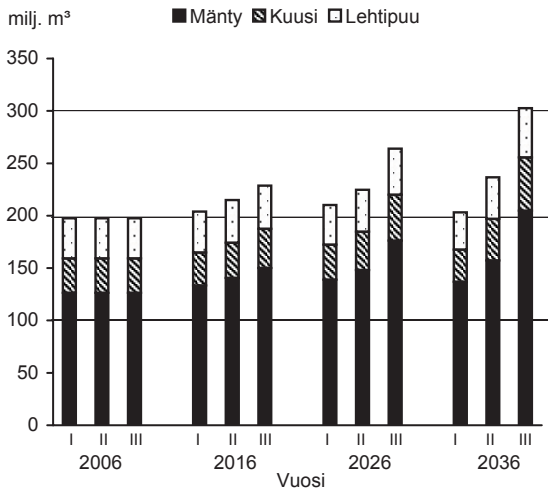
**Hakkuukertymä ja -reservi**



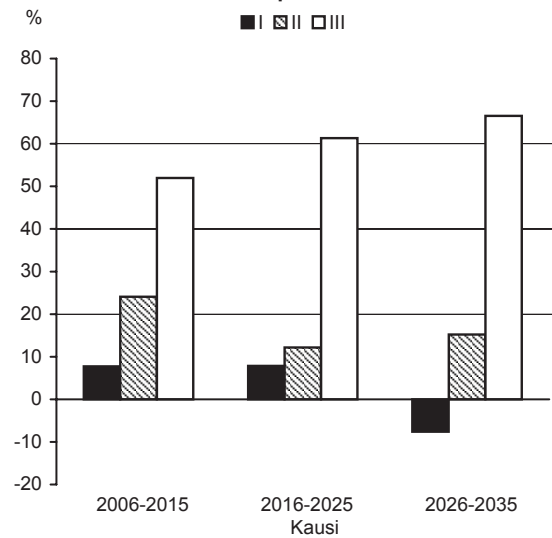
**Hakkuukertymä**



**Tilavuus**



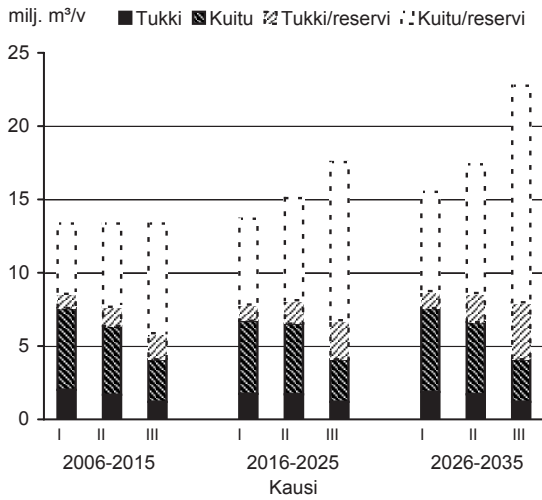
**Kasvu/poistuma**



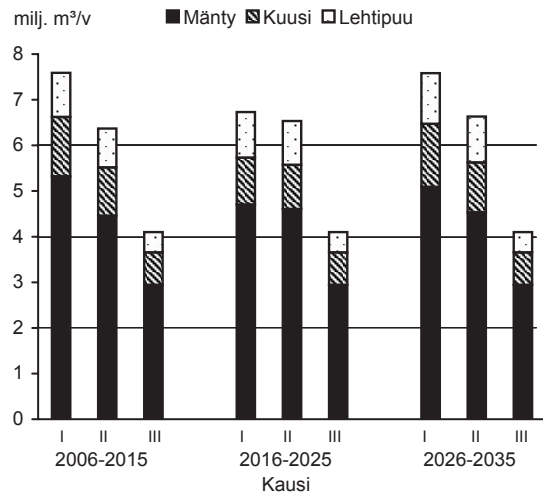


### Metsäkeskus Lappi

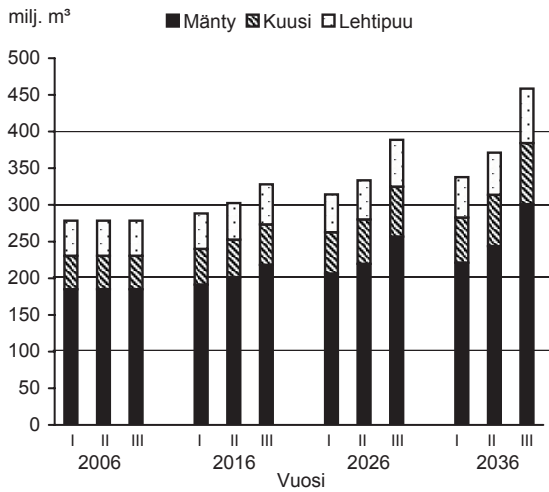
Hakkuukertymä ja -reservi



Hakkuukertymä



Tilavuus



Kasvu/poistuma

