

Metsätieteen aikakauskirja

3B/1999

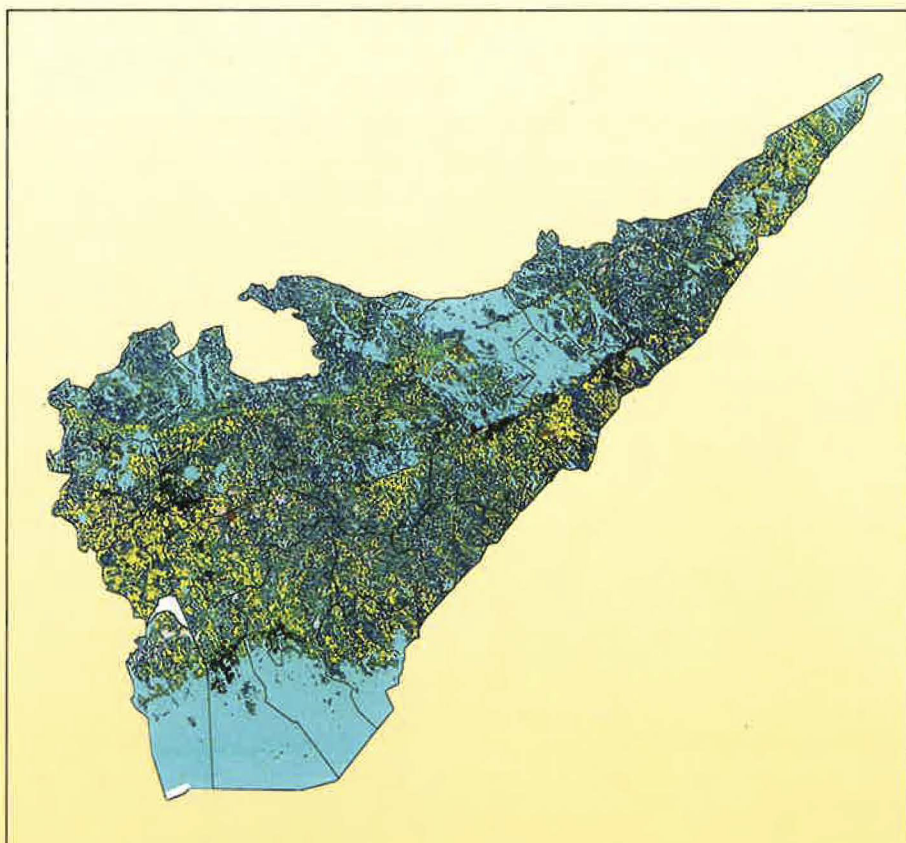
Metsävarat

Kymi



metsävarat 1966–98

hakkuumahdollisuudet 1997–2026



Hannu Hirvelä

Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella

Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/1999: 587–601.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Kymen metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 1997–2026. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin koeala- ja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi Kymen metsäkeskuksen alueella 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Tämä kertymätaso on yli kaksinkertainen vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuihin verrattuna (3,1 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Hakkuumahdon kokonaan hakkaaminen kuitenkin pienentäisi puuvarantoa vuosikymmenessä viidenneksellä nykyisestä ja toisella kymmenvuotiskaudella hakkuumahto olisi vain 4,0 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos hakkuuta halutaan nykyisestäään lisätä hakkuumahdollisuuksien vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan vuosittaisen käyttöpuumäärän arvio on 4,6 miljoonaa kuutiometriä vuosina 1997–2006 ja sen ennakoitaan saavuttavan 5,2 miljoonan kuutiometrin tason kahden seuraavan vuosikymmenen kuluessa.

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Laskelmissa ei otettu huomioon mm. metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa tai käyttöpisteisiin, eikä näiden tekijöiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään. Nämä tekijät yhdessä metsänomistajien omien tai yhteiskunnan asettamien tavoitteiden kanssa saattavat kuitenkin ratkaista sen, väheneekö puuntuotannossa olevien metsien määrä, jäävätkö nuoret metsät hoitamatta, korjataanko puuta turvemailta ja ensiharvennuskohteilta sekä kohdentuvatko hakkuut hakkuukypsimpiin puustoihin.

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

Yhteystiedot: Metla, Helsingin tutkimuskeskus, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki.

Sähköposti: hannu.hirvela@metla.fi

Hyväksytty 31.8.1999

I Johdanto

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) maastomittaukset tehtiin Kymen metsäkeskukseen alueella vuosina 1997–1998 (Tomppo ym. 1999). Kymen metsäkeskukseen kuului entisen Etelä-Karjalan metsälautakunnan lisäksi Elimäen, Iitin, Jaalan, Kuusankosken, Parikkalan, Saaren sekä Uukuniemen kunnat. Kymen metsäkeskuksen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli 22 prosenttia suurempi kuin Etelä-Karjalan metsälautakunnan vastaava pinta-ala (Metsätilastollinen vuosikirja 1995, Metsätilastollinen vuosikirja 1996).

Valtakunnan metsien 5., 6. ja 7. inventoinnin (VMI5, VMI6 ja VMI7) tulosten yhteydessä esitetyt alueittaiset hakkuumahdollisuusarviot perustuvat tavoitehakkuulaskelman soveltamiseen (Kuusela 1959, Kuusela ja Nyyssönen 1962, Kuusela 1964). Hakkuusuunnitteen laskennassa puusto ryhmiteltiin kehitys- tai ikäluokkiin, joiden puustoille asetettiin ennustejakson loppuun välitavoite. Välitavoite oli tarpeen tuotannon ylläpitämiseksi ja askel kohti lopullista tavoitepuustoa. Alkupuusto, välitavoite ja puuston arvioitu kasvukyky määräsivät hakkuusuunnitteen kehitys- tai ikäluokittain (Kuusela 1964).

Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan alueelle VMI5:n yhteydessä julkaistun hakkuusuunnitteen käyttöpuuosa oli 2,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 1), josta 0,3 miljoonaa kuutiometriä oli polttopuiksi rinnastettavaa havuohutpuuta ja lehtipuuhalkoa (Kuusela ja Salovaara 1968). VMI6:n tulosten yhteydessä esitetty suurin kestävä hakkuusuunnite samalle alueelle oli 2,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta tukki- ja kuitupuuta oli 2,7 ja hukkapuuta 0,2 miljoonaa kuutiometriä (Kuusela ja Salovaara 1974). Hakkuusuunnitteen laadinnan yhteydessä arvioitiin lisäksi suojeluvähennys, joka oli 0,02 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. VMI7:n tulosten yhteydessä esitettiin suurin kestävä poistumasuunnite, joka oli Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan alueelle 3,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Kuusela ja Salminen 1980). Poistumasuunnite jaettiin hakkuusuunnitteeseen, luonnonpoistumaan ja suojeluvähennykseen. Hakkuusuunnite sisälsi tukki- ja kuitupuun kertymäsuunnitteen (2,9 miljoonaa kuutiometriä) ja metsätähteen (0,2 miljoonaa kuutiometriä).

Taulukko 1. Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan (VMI5–VMI7) ja metsälautakunnan (VMI8) alueen metsä- ja kitumaan pinta-alat, puuston määrät ja hakkuumäärän arviot eri inventoinneissa. Hakkuusuunnite (VMI5–VMI7) perustuu kehitys- tai ikäluokittain määriteltyyn tavoitepuustoon. Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio (VMI8) on laskettu MELA-ohjelmistolla.

	VMI5 ¹⁾ (1966)	Inventointi (mittausvuodet)		VMI8 ⁴⁾ (1986)
		VMI6 ²⁾ (1972)	VMI7 ³⁾ (1978)	
Pinta-ala, 1000 ha				
metsämaa	598	621	629	637
metsä- ja kitumaa	630	647	644	648
Tilavuus, milj. m ³				
metsämaa	59,7 ⁵⁾	62,6	71,0	76,8
metsä- ja kitumaa	60,2 ⁵⁾	63,1	71,3	76,9
Hakkuusuunnitteen käyttöpuuosa, milj. m ³ /v				
metsä- ja kitumaa	2,7 ⁵⁾	2,7	2,9	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m ³ /v				
metsä- ja kitumaa	–	–	–	3,3 ⁶⁾

¹⁾ Kuusela ja Salovaara (1968).

²⁾ Kuusela ja Salovaara (1974).

³⁾ Kuusela ja Salminen (1980).

⁴⁾ Salminen (1993).

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

⁶⁾ Salminen ja Salminen (1998).

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin (VMI8) tulosten yhteydessä Etelä-Karjalan metsälautakunnan alueen hakkuumahdollisuuksia havainnollistettiin kahdella MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) tehdyllä hakkuulaskelmalla (Salminen ja Salminen 1998). MELA-ohjelmisto perustui käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointiin ja lineaariseen optimointiin. Tarkastelualueen hakkuumäärät, puuston kehitys ja esimerkiksi keskimääräiset korjuukustannukset määräytyivät simuloitujen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen sekä koko alueen metsätaloudelle asetettujen laskentateknisten tavoitteiden ja rajoitteiden perusteella valitun tuotanto-ohjelman mukaisesti. Laskelmissa metsävarat, puuston kasvu ja hakkuut olivat aina ehdollisia edeltävien kausien metsävarojen, puuston kasvun ja toimenpiteiden suhteen.

VMI8:a seuraavalla kymmenvuotiskaudella hakkuumahto eli metsänhoitosuosituksen mukaan vä-

littömästi ilman kestävyysrajoitteita hakattavissa olevan käyttöpuun määrän arvio oli Etelä-Karjalan metsälautakunnan alueelle 4,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Salminen ja Salminen 1998). Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuun määrän arvio oli 3,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Suojelualueet oli rajattu laskelmien ulkopuolelle. Hakkuulaskelmat olivat arvioita metsien tuotantomahdollisuuksista ja niiden kehityksestä erilaisilla hakkuutasoilla – eivät hakkuusuunnitteita eivätkä toteutuvan tulevaisuuden ennusteita.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmiston avulla Kymen metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 1997–2006 sekä niitä vastaavien hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen ehdollinen kehitys kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle. Hakkuumahdollisuuksia tarkasteltiin kahden eri hakkuustrategian – ns. hakkuumahdon ja suurimman kestäväen hakkuumäärän – avulla. Nämä strategiat eivät olleet toteuttamisohjelmaksi tarkoitettuja. Tuloksia verrattiin vuosien 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuuihin ja niitä vastaavaan metsien kehitykseen. Lisäksi tarkasteltiin VMI9-aineistossa kuvattujen puuntuotannon rajoitusten vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita.

VMI9-aineistoon perustuvia, MELA-ohjelmiston avulla tehtyjä hakkuumahdollisuusarvioita on aikaisemmin esitetty Etelä-Pohjanmaan (Hirvelä ym. 1998), Keski-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten alueille (Hirvelä ym. 1999).

2 Aineisto

Laskelmissa käytettiin vuosina 1997–1998 mitatuista VMI9:n koeala- ja puutiedoista (Valtakunnan metsien ... 1997, Valtakunnan metsien ... 1998) muodostettua metsäkeskuskohtaista laskelma-aineistoa. VMI9-koeala oli ympyrä, jonka säde määräytyi metsä- tai kitumaalta relaskoopilla (kertoimella 2) luetun suurimman puun läpimitan perusteella. Säde oli kuitenkin korkeintaan 12,52 m (Valtakunnan metsien ... 1998). Jos koealaympyrä ei mahtunut kokonaan samalle kuviolle, koeala jaettiin osiin. Kuviota, jolle koealan keskipiste osui,



Kuva 1. Kymen metsäkeskuksen alue (metsäkeskusjako 1.3.1996).

nimitettiin keskipistekuvioksi ja muita kuvioita sivukuvioksi. Kymen metsäkeskuksen alueen (kuva 1) laskelma-aineisto sisälsi metsä- ja kitumaan koealat puuttomia sivukuviota lukuunottamatta. VMI9:n koealatiedot täydennettiin MELA-koealatiedoiksi sekä luku- ja koepuutiedot MELA-kuvauspuutiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263).

Koska koealan pieni koko saattaa vaikuttaa puuston määrän arvioinnin ja metsikön käsittelytarpeen päättelyn luotettavuuteen, laskelma-aineistoja tehtäessä jokaisesta koealasta muodostettiin metsikkökuviota vastaava laskentakuvio, johon yhdistettiin koealan lisäksi kahdesta viiteen puusto- ja kasvupaikkatunnusiltaan vastaavaa koealaa saman metsäkeskuksen alueelta. Koealojen yhdistelyssä käytetyt kuviokohtaiset tunnuksot olivat maaluokka, kasvupaikkatyyppi, puuston pohjapinta-ala, kehitysluokka, puuston keskiläpimitta, vallitseva puulaji, puuston biologinen ikä, kasvupaikan päätyyppi (alaryhmä) ja vallitsevan puulajin osuus. Yhdistettävät koealat valittiin koealatunnusten sijasta koko kuviota koskevien tunnusten perusteella, jotta koealat kuvaisivat kuvion sisäistä vaihtelua. Laskentakuvioita oli laskelma-aineistossa 3 334 kappaletta.

Laskentakuviot jaettiin alkuperäisten VMI9-koealojen perusteella kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin. Ensi-

Taulukko 2. Valtakunnan metsien 9. inventoinnin muut-
tujen avulla muodostetut laskelma-aineiston käsittelyluo-
kat (1 = ensisijaisesti puuntuotannossa olevat, 2 = rajoit-
tetussa puuntuotannossa olevat ja 3 = puuntuotannon
ulkopuolella olevat).

VM19-muuttajat	Laskelma-aineiston käsittelyluokka		
	1	2	3
Maaluokka			
1 metsämaa	x		*
2 kitumaa		x	
Maaluokan tarkennus			
0 ei tarkennusta	x		
1 pieni metsätalousmaan kuvio muun kuin metsätalousmaan keskellä		x	
3 saari, jossa metsätalousmaata korkeintaan 1 ha			x
4 saari, jossa metsätalousmaata 1–100 ha		x	
Puuntuotannon rajoituksen tarkennus			
– ei puuntuotannon rajoitusta	x		
1 kaikki toimenpiteet kielletty			x
2 toimenpiteet sallittu alueen luonteen säilyttämiseksi tai edistämiseksi, esim. hakkuut lehtojensuojelueella			x
3 vain varovaisia toimenpiteitä sallitaan		x	
4 määräraikainen toimenpidekielto			x
5 hakkuut luvanvaraisia, esim. osa kaava-alueista			x
6 puuntuotantoon vaikuttaa muiden maaluokkien kuin metsätalousmaan läheisyys. Kuviota tai sen osaa käsitellään tavanomaista voimakkaam- min hakkuin		x	
7 hakkuut sallittu, mutta alueen vesitalous on säilytettävä ennallaan		x	
8 alueella rajoitus, joka ei vaikuta metsätalouden harjoittamiseen		x	
Puuntuotannon rajoitukset			
103 soidensuojelualue		x	x ³⁾
303 ojitusrahoitusalue		x	x ²⁾
307 kaupunkien ja kuntien lähivirkistysalueet		x	
308 puolustusvoimien harjoitusalueet		x	
402 soidensuojeluohjelma		x	x ³⁾

¹⁾ Muuttajien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Valtakunnan metsien ... 1998.

²⁾ Turvemaat (Metsähallituksen ohjekirje 1981, Jarmo Leskinen (Metsähallitus) suull. 19.11.1997).

³⁾ Valtion hallinnassa olevat maat sekä muiden kuin valtion hallinnassa olevat turvemaat.

sijaisesti puuntuotantoon käytettävissä olevilla alu-
eilla sallittuja hakkuutapoja olivat puuston runko-
lukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennus-
hakkuut, avo-, siemenpuu- ja suojustuuhakkuut
sekä ylispuiden poisto. Rajoitetussa puuntuotannos-
sa olevilla alueilla metsätalouden harjoittamiseen
vaikuttivat esimerkiksi suojelulliset, maisemalliset
tai virkistyskäyttöön liittyvät tekijät. Näillä alueilla
sallittuja hakkuutapoja olivat harvennushakkuut ja
luontainen uudistaminen. Puuntuotannon ulkopuo-
lella olivat mm. kansallis- ja luonnonpuistot, soi-
densuojelualueet (myös valtion mailla olevat kangas-
maasaarekkeet) sekä luonnonsuojelulain nojal-
la rauhoitetut alueet. Näillä alueilla ei sallittu mi-
tään toimenpiteitä.

Laskentakuvion käsittelyluokka määriteltiin maa-
luokan, maaluokan tarkennuksen, puuntuotannon
rajoituksen tarkennuksen ja osin myös puuntuotan-
non rajoituksen avulla (taulukko 2). Kitumaat luo-
kiteltiin maaluokan perusteella rajoitettuun puun-
tuotantoon kuuluviin alueisiin. Käsittelyluokan
määrittelyn kannalta tärkein tunnus oli puuntuotan-
non rajoituksen tarkennus, joka ilmaisi suoraan sal-
litut tai suositeltavat toimenpiteet ilman varsinaista
rajoituksen syytä (Valtakunnan metsien ... 1998).
Avainbiotoopeiksi luokiteltiin vain kohteet, jotka
maastossa arvioiden täyttivät metsälain tarkoittaman
monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elin-
ympäristön vaatimukset yleisyysarviointia lukuun-
ottamatta (ks. Valtakunnan metsien ... 1998). Jos
avainbiotooppiesiintymä käsitti vain osan kuvios-
ta, vaadittiin lisäksi, että avainbiotooppiesiintymän
piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoo-
pin arvioinnista käytetyn 30 metrin säteisen ympy-
rän pinta-alasta (ks. Valtakunnan metsien ... 1998).

Käsittelyluokitusta tarkennettiin lisäksi soiden-
suojelualueiden, ojitusrahoitusalueiden, soidensuo-
jeluohjelmien, kaupunkien ja kuntien lähivirkistys-
alueiden sekä puolustusvoimien harjoitusalueiden
osalta puuntuotannon rajoituksen perusteella, joka
ilmaisi rajoituksen syyn. Jos alkuperäisellä VM19-
koelalla oli useita samanaikaisia käyttörajoituksia,
laskentakuvion lopullinen käsittelyluokka määräy-
tyi vahvimman käyttörajoituksen perusteella.

VM19-metsävaratulosten mukaan Kymen metsä-
keskuksen alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli
yhteensä 796 100 hehtaaria, puuston tilavuus 112,6
miljoonaa kuutiometriä ja puuston kokonaiskasvu

Taulukko 3. VMI9-maastoaineistosta muodostetun laskelma-aineiston mukaiset käsittelyluokkien pinta-alat ja puuston tilavuudet Kymen metsäkeskuksen alueella.

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
Pinta-ala, 1000 ha				
1	719,4	–	719,4	90,4
2	51,2	9,1	60,3	7,5
3	13,4	3,0	16,5	2,1
Yhteensä	784,0	12,1	796,1	100,0
Tilavuus, milj. m ³				
1	101,2	–	101,2	89,9
2	8,4	0,3	8,7	7,8
3	2,5	0,1	2,6	2,3
Yhteensä	112,1	0,5	112,6	100,0

Käsittelyluokka, ks. taulukko 2.

Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 4,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (Tomppo ym. 1999). Männyn rinnankorkeusläpimitan kasvuindeksit olivat VMI9:n kasvunlaskentajaksoilla 9, kuusen 4 ja koivun 11 prosenttia pitkän ajan (vuosien 1948–1997) keskiarvotason alapuolella (Tomppo ym. 1999). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella 16 500 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli yhteensä 2,6 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 3).

3 Menetelmät

3.1 Hakkuulaskelmavaihtoehdot

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996, Nuutinen ym. 1998) 50 vuoden laskelma-ajalle, joka jaettiin viiteen kymmenvuotiskauteen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa vain ensimmäisen 30 vuoden jaksoa (vuosia 1997–2026). Hakkuulaskelmien laadinnassa oli kaksi vaihtoa: vaihtoehtoisten käsittely- ja kehityssarjojen simulointi laskentakuvioille ja simuloituista vaihtoehtoista käsittely- ja kehityssarjoista aluetason tehokkaiden tuotanto-ohjelmien hakeminen lineaariseen optimointiin perustuvalla JLP-ohjelmistolla (Lappi 1992). Lineaarisen optimoinnin tavoite-

funktiona oli nettotulojen nykyarvon maksimointi. Optimointitehtävän tavoitefunktio määritteli näin puuntuotannon taloudelliseksi toiminnaksi. Toiminnan kannattavuusvaatimus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaihtokutsena.

Hakkuulaskelmavaihtoehdot olivat

- I hakkuumahto,
- II suurimman kestävän hakkuukertymän toteuttava laskelma ja
- III vuosien 1987–1996 keskimääräiset hakkuut jatkossakin toteuttava laskelma.

Hakkuumahto (vaihtoehto I) laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa viiden prosentin korkokannalla ilman toiminnan kestävyys- ja lopputilan puustovaatimuksia (Siitonen ym. 1996, s. 103). Laskelmassa hakattiin kaikki sovellettujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täyttäneet kasvattamisen ehdoksi asetettua kannattavuusvaatimusta. Teknisesti vuotuinen hakkuumahto oli kymmenvuotiskauden puolivälissä hakattavissa oleva puumäärä jaettuna kymmenellä.

Suurimman kestävän eli suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan hakkuukertymän toteuttavassa laskelmassa (vaihtoehto II) otettiin huomioon myös puuntuotannon kestävyysvaatimukset. Laskelmasa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (vrt. Siitonen ym. 1996, s. 104). Puuntuotannon kestävyys laskelma-ajan kuluessa varmistettiin siten, että hakkuukertymät ja nettotulot olivat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymä pysyi koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään laskelman alkuhetken tasolla.

Myös vaihtoehdossa III (vuosien 1987–1996 keskimääräinen kertymätaso) maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaso haettiin käyttämällä optimoinnissa rajoitteena vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä. Koska kertymätilasto (Metinfo 1999) sisälsi vain metsälautakunnittain toteutuneet hakkuukertymät, Kymen

metsäkeskukseen liitettyjen Itä-Hämeen ja Itä-Savon metsälautakuntien kuntien hakkuukertymät arvioitiin ko. kuntien ja vastaavien metsälautakuntien metsämaan pinta-alojen perusteella. Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavaksi puulajista riippuen 20–30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982).

3.2 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen perusteet

Laskentakuvioiden käsittely- ja kehityssarjat tuotettiin puukohtaisiin malleihin perustuvalla MELA-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Siitonen ym. 1996, Hynynen 1998, Nuutinen ym. 1998). MELA-ohjelmistossa luonnonprosessimalleina käytettiin Ojansuun ym. (1991) metsien uudistumiseen ja puuston kehitykseen, Ojansuun (1996) kasvupaikan kuvaukseen, Hynynen (1996) puuston kasvuun ja luonnonpoistumaan sekä Hökän (1996) suometsien kasvuun liittyvien mallien uusimpia versioita. Laskelmissa käytettyjen mallien ennustama kasvu oli korjattu vastaamaan puuston keskimääräistä kasvuntasoa viimeisen 30 vuoden aikana (Hynynen ym. 1999). Tasokorjaus oli tehty kasvuindeksien avulla.

Käsittelyt perustuivat Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion metsänkäsittelysuosituksiin vuodelta 1994 (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto. Uudistushakkuissa hehtaarikohtaisesta hakkuukertymästä vähennettiin viisi kuutiometriä, joka vastasi keskimäärin avohakkuualoille ns. säästöpuuna jätettävää puustoa (Metsäluonnon hoito ... 1997).

Laskelmissa sallittuja metsänkäsittelyjä olivat hakkuiden lisäksi metsänuudistamiseen liittyvä raiwaus, maanpinnan käsittely ja viljely sekä taimikonhoito. Ojitetuilla turvemaidella harvennushakkuiden yhteydessä tehtiin kunnostusojitus. Lannoitus, uudisojitus ja pystypuiden karsinta eivät olleet mukana käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa.

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toteutuskelpoiset toimenpiteet pääteltiin koko laskentakuvion keskimääräisten tietojen perusteella, jotka määritettiin laskentakuvioon kuuluvien koealojen avulla. Toimenpiteet toteutettiin erik-

Taulukko 4. Vuosina 1986–1995 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen vuoden 1995 hintatasolla laske-
tut keskiarvot (mk/m³) puutavaralajeittain. Etelä-Suomi
käsittää metsäkeskukset 0–1 I. (Metsätalastollinen vuosikirja 1996)

Puulaji	Tukkipuu	Kuitupuu
Mänty	270	172
Kuusi	223	196
Koivu	271	166

Taulukko 5. Laskelmissa sovelletut korjuun yksikkö-
hinnat.

Työlaji	Yksikköhinta, mk/h
Metsäkuljetus	280
Hakkuu monitoimikoneella	420
Metsurihakkuu	120

seen laskentakuvion jokaisella koealalla, mutta optimoinnissa käytettävät päätösmuuttujat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä koealoilta, joita oli yksi jokaisella laskentakuvioilla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koealoja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Tomppo ym. 1999) laskennassa.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui tienvarsihintoihin. Nettotulot saatiin vähentämällä tienvarsihintaista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset. Näin otettiin huomioon mm. poistettavien runkojen koon ja hehtaarikohtaisen hakkuukertymän aiheuttamat erot nettotuloissa. Tienvarsihintoina käytettiin vuosina 1986–1995 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen (Metsätalastollinen vuosikirja 1996) vuoden 1995 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 4).

Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmehkin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 5) tulona. Ajanmenekit perustuivat työtutkimuksiin (Kuitto ym. 1994, Rummukainen ym. 1993). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina edullisimman (kustannuksiltaan halvimmän) korjuuvaihtoehdon (metsurihakkuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset

Taulukko 6. Metsänhoitotöiden vuosina 1986–1995 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 1995 hintatasoon muutettuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 1996)

Työlaji	yksikkö	yksikköhinta
Raivaus	mk/ha	373
Maanmuokkaus	"	850
Männyn kylvä	"	1015
Männyn istutus	mk/100 tainta	180
Kuusen istutus	"	200
Koivun istutus	"	230
Männyn täydennysistutus	"	200
Kuusen täydennysistutus	"	220
Koivun täydennysistutus	"	260
Ruohous	mk/ha	530
Taimikon perkaus	"	835
Kunnostusojitus	mk/ha	750

laskettiin työmäärien ja vuosina 1986–1995 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 1995 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 6) tulona.

Puutavaralajit laskettiin Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Mäntytykin kuorellisena minimiläpimittana käytettiin 14,5 cm, kuusitukin 17,0 cm ja lehtipuutukin 16,5 cm. Kuitupuun kuorellinen minimiläpimitta oli männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Kuituosan minimipituutena käytettiin 2,0 m. Minimimitat eivät täysin vastanneet niitä mittoja, joiden perusteella VMI9:ssä pystyvuosto on jaettu puutavaralajeihin (Valtakunnan metsien ... 1998). Koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä, tukkipuun määrää korjattiin erillisellä tukkivähennysmallilla VMI7:n pystyyn apteerattujen koepuiden tasolle (Ojansuu ym. 1991). Erotus siirtyi kuitupuuksi.

Tukkipuun määrittämisestä ja tukkipuun minimiläpimitoista johtuen tukkipuun määrä oli keskimäärin yliarvio. MELA-laskelmien alkutilanteessa puuston runkotilavuuden tukkiosuudet arviointiin keskimäärin viisi prosenttiyksikköä suuremmiksi kuin VMI9-metsävaratuloksissa (taulukko 7).

Taulukko 7. Tukkipuun osuus (%) puuston tilavuudesta metsä- ja kitumaalla VMI9-metsävaratuloksissa (Toppo ym. 1999) sekä MELA-laskelmien alkutilanteessa vuonna 1997.

Paulaji	VMI9	MELA
Mänty	39,8	45,6
Kuusi	45,0	52,1
Koivu	19,8	21,8
Muu lehtipuu	11,8	7,5
Keskimäärin	38,2	43,6

4 Tulokset

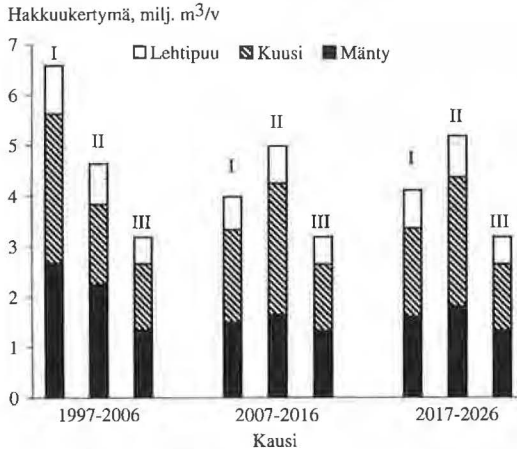
4.1 Vuosien 1987–1996 keskimääräinen hakkuukertymä

Kymen metsäkeskuksen alueen metsistä hakattiin vuosina 1987–1996 keskimäärin 3,1 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuiden ja piensahojen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1987–1996 kertymästä oli mäntyä ja kuusta vajaa 44 ja lehtipuuta 13 prosenttia.

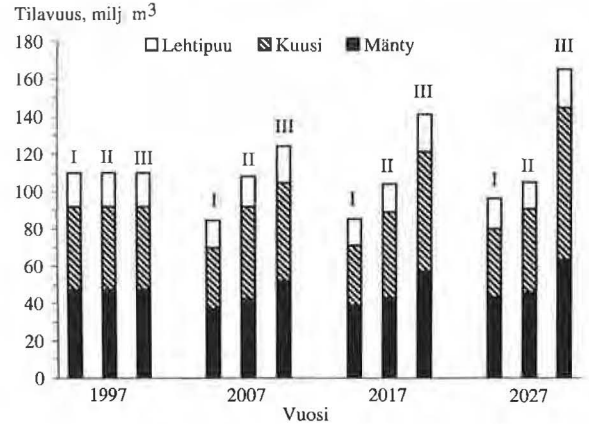
Jos hakkuut säilyisivät vuosien 1987–1996 keskimääräisellä tasolla (kuva 2, vaihtoehto III), puuvarannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 1,8 miljoonan kuutiometrin vuosivauhilla (kuva 3). Vastavalla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja sen ennakoitaan nousevan 6,1 miljoonan kuutiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudella. Koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan olevan vajaa 0,1 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla.

4.2 Hakkuumahto

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsittelysuositusten (Luonnonläheinen metsänhoito 1994) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukyp-



Kuva 2. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III.



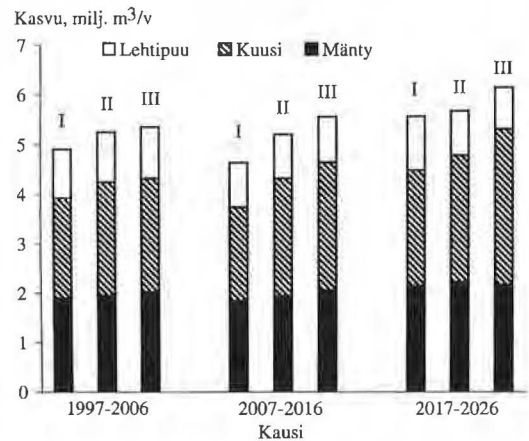
Kuva 3. Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III.

Taulukko 8. Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla.

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Keskikasvu, m ³ /ha/v	6,3	6,7	6,9
Korjuukustannus, mk/m ³	47	48	51
Hakkuukertymä, m ³ /ha	157	139	154

säksi tulevaa puuta (hakkuumahto) riittäisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, vaihtoehto I) eli 2,1-kertaisesti vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Kertymästä olisi mäntyä 40, kuusta 45, koivua 12 ja muuta lehtipuuta 3 prosenttia.

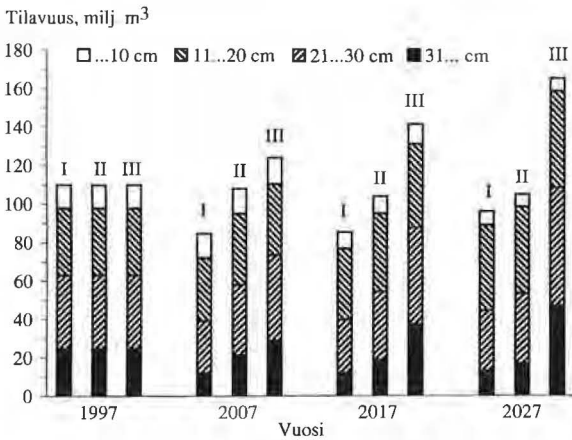
Hakkuumahdon kokonaan hakkaaminen kuitenkin pienentäisi puuvarantoa vuosikymmenessä viidenneksellä nykyisestä (kuva 3). Toisella kymmenvuotisjaksolla (vuosina 2007–2016) vuotuinen hakkuumahto olisi 4,0 miljoonaa kuutiometriä ja puuston kasvu puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 4,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Järeän puun (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) supistuisi 38 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 6) 51 pro-



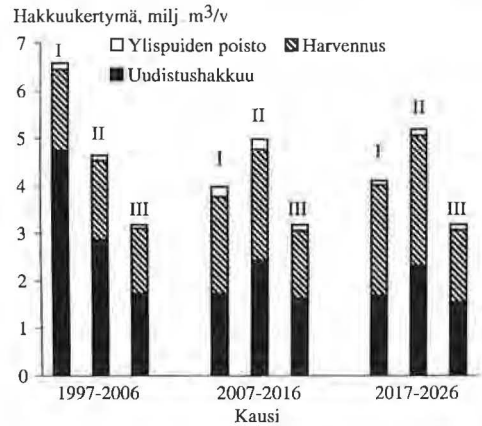
Kuva 4. Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III.

senttia ensimmäiseen kymmenvuotisjaksoon verrattuna.

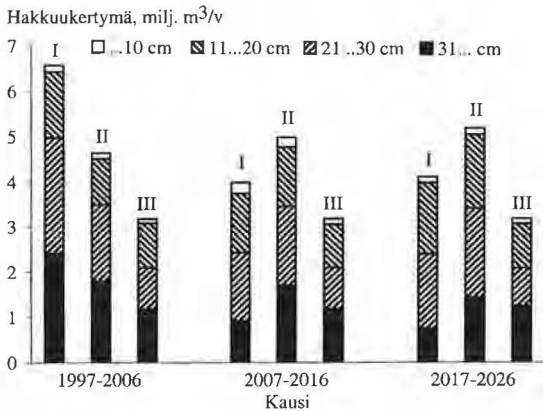
Hakkuumahdon mukaisesti toimittaessa harvenushakkuiden osuus kertymästä vuosina 1997–2006 olisi 26 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana keskimäärin 41 prosenttia (kuva 7). Kokonaishakkuuala olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 42 000 hehtaaria (kuva 8) ja keskimääräinen korjuukustannus 47 mk/m³ (taulukko 8).



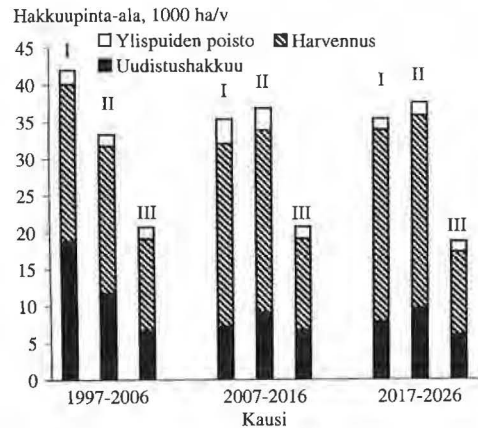
Kuva 5. Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2027 vaihtoehdoissa I, II ja III.



Kuva 7. Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III.



Kuva 6. Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III.



Kuva 8. Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III.

4.3 Suurin kestävä hakkuukertymä

Jos hakkuumäärien ei haluta vähenevän tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on 4,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella ja sen ennakoidaan saavuttavan 5,2 miljoonan kuutiometrin tason kahden seuraavan vuosikymmenen kuluessa (kuva 2, vaihtoehto II). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävä hakkuumäärän arvio on vajaa 30 prosenttia pienempi kuin metsänkäsittely-

suositusten mukainen hakkuumahto ja lähes 50 prosenttia suurempi kuin vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneet hakkuut. Suurimman kestävä hakkuumäärän ennakoidaan nousevan kolmen vuosikymmenen kuluessa noin 1,7-kertaiseksi vuosien 1987–1996 keskimääräisiin hakkuuksiin verrattuna.

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävä hakkuumäärän arviosta on mäntyä 48, kuusta 34, koivua 14 ja muuta lehtipuuta runsas 3 prosenttia. Kuusen osuuden arvioidaan nousevan kahden seuraavan kymmenvuotiskauden aikana. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävä hakkuumäärän arviosta on

mäntyä keskimäärin 38, kuusta 46, koivua 13 ja muuta lehtipuuta 3 prosenttia. Kolmen vuosikymmenen jälkeen sekä männyn että kuusen osuuden ennakoitaan olevan runsaan 40 prosentin tasolla hakkuumäärän arviosta.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arviota vastaavan kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (taulukko 9). Kokonaispoistuma koostuu hakkuupoistumasta ja metsiin jäävästä luonnonpoistumasta. Hakkuupoistuma sisältää tukki- ja kuitupuun, hakkuiden yhteydessä hakkuutähteenä metsään jäävän kuitupuun minimimittoja pienemmän runkopuun sekä raivauksessa ja taimikonhoidossa metsään jäävän runkopuun. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuita vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 5,6 ja kasvun 5,2 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 5,5 ja 5,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 5,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Jos hakkuut noudattaisivat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvaranto pienenesi puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalla vajaa 5 prosenttia nykyisestä tasosta kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson aikana. Männyn kokonaistilavuus pienenesi 3 ja koivun 11 prosenttia (kuva 3). Kuusen tilavuus säilyisi lähes ennallaan. Järeän (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) puun varanto pienenesi 15 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 5). Kolmen vuosikymmenen vuoden kuluttua mäntytukkipuun tilavuuden ennakoitaan olevan 27, kuusitukkipuun 2 ja koivutukkipuun 14 prosenttia pienempi kuin laskelmakauden alussa. Kolmen vuosikymmenen tarkastelujakson jälkeen puuvarannon ennakoitaan kuitenkin nopeasti lisääntyvän ja saavuttavan nykyisen tason jo seuraavan vuosikymmenen vuoden kuluessa.

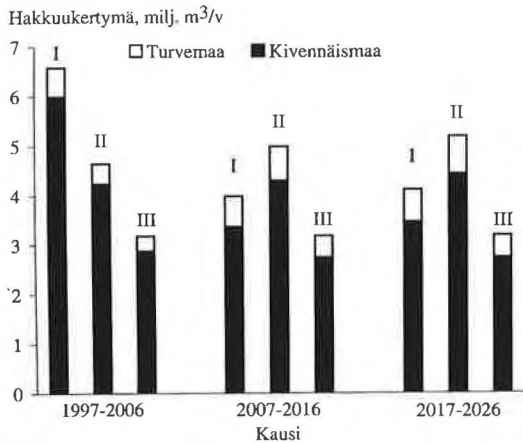
Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa tukkipuukertymän arvioidaan olevan keskimäärin 2,7 miljoonan kuutiometrin vuositasolla koko kolmen vuosikymmenen vuoden tarkastelujakson ajan. Järeimmän (rinnankorkeusläpimitta yli 30 cm) puun

Taulukko 9. Poistuman rakenne (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1997–2006.

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Kokonaispoistuma	7,34	5,36	3,90
Mänty	2,87	2,44	1,54
Kuusi	3,13	1,73	1,45
Koivu	10,2	0,90	0,65
Muu lehtipuu	0,33	0,30	0,25
Hakkuupoistuma	6,86	4,86	3,36
Hakkuukertymä	6,57	4,64	3,18
Tukkikertymä	3,84	2,65	1,62
mäntytukki	1,60	1,40	0,75
kuusitukki	1,97	1,03	0,75
koivutukki	0,24	0,21	0,10
muu lehtipuutukki	0,02	0,02	0,01
Kuitupuukertymä	2,74	1,99	1,56
mäntykuitu	1,05	0,84	0,58
kuusikuitu	0,99	0,56	0,56
koivukuitu	0,53	0,45	0,31
muu lehtipuukuitu	0,16	0,14	0,11
Hakkuutähde	0,28	0,23	0,18
Luonnonpoistuma	0,48	0,50	0,54

osuus hakkuumahdollisuuksista vähenee kuitenkin kolmannella vuosikymmenellä (kuva 6). Suurimman kestävän hakkuumäärän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on kuusitukkia, keskimäärin 56 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Kuusikuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 33 prosenttia. Mäntytukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 37 ja 40 prosenttia. Mäntykuitupuukertymä on kolmannella kymmenvuotiskaudella 16 prosenttia (0,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa), kuusikuitupuukertymä 57 prosenttia (0,3 miljoonaa kuutiometriä) ja lehtipuiden kuitupuukertymä 9 prosenttia (0,1 miljoonaa kuutiometriä) suurempi kuin ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 36 prosenttia, josta se nousee kolmen vuosikymmenen vuoden tarkastelujakson aikana 53 prosenttiin (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuu-ala on 33 300 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on 20 000 hehtaaria (kuva 8). Laskelmis-



Kuva 9. Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemilla vuosina 1997–2026 vaihtoehdoissa I, II ja III.

sa korjuukustannukset ovat keskimäärin 48 mk/m³ (taulukko 8). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa 41 mk/m³ sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 60 mk/m³.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista suurenee tarkastelujaksolla 9 prosentista 15 prosenttiin (kuva 9). Harvennushakkuiden osuus turvemaiden hakkuumahdollisuuksista on keskimäärin runsaan 40 prosentin tasolla. Suurimman kestävästä hakkuumäärän arvion mukaan toimittaessa turvemilla on vuosina 1997–2026 männyn hakkuukertymästä keskimäärin 15, kuusen 8, koivun 22 ja muiden lehtipuiden 13 prosenttia. Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on suurimmillaan 30 vuoden kuluttua, jonka jälkeen männyn ja koivun hakkuumahdollisuuksien ennakoita turvemilla vähentyvän.

Puuntuotannon rajoitusten – kuten erityisten luonnetkohteiden huomioon ottamisen – vaikutuksia tarkasteltiin tekemällä laskelmat, joissa oletettiin rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden kuuluvan ensisijaisesti puuntuotannon piiriin lukuunottamatta maaluokan perusteella tehtyä käyttörajoitusta (kaikki metsämaat ensisijaisesti puuntuotannossa ja kitumaat rajoitetussa puuntuotannossa). Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisäsi suurimman kestävästä hakkuumäärän arviota ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 4 prosenttia ja hakkuumahtoa 8 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan

lisäyksen ennakoita olevan sekä suurimman kestävästä hakkuumäärän että hakkuumahdon arvioissa keskimäärin 4 prosenttia.

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Menetelmään liittyvät varaukset

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot perustuvat oletuksiin, että puuntuotantoon käytettävissä oleva metsäala sekä puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja puiden reagointi niihin eivät muutu. Muutokset kasvuun vaikuttavissa tekijöissä ja puiden reagoimisissa kasvutekijöihin saattavat vaikuttaa puuston tulevan kasvun ennusteisiin ja sitä kautta hakkuumahdollisuusarvioihin.

Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon tulosten luotettavuuden olevan sitä huonompi mitä kauemmaksi tulevaisuuteen laskelmia tehdään. Jokaisesta kymmenvuotiskaudelta koskevat arviot ovat aina ehdollisia tehdyille oletuksille (esimerkiksi hinta- ja kustannusrakenteelle, hinta- ja kustannustasolle sekä käytettävissä olevalle korjuuteknologialle) ja aikaisempien kymmenvuotiskausien arvioille. Tuloksiin liittyvän epävarmuuden vuoksi tuloksia ei voi pitää toteutuvan kehityksen ennusteina, vaan olemassaolevan tiedon ja tehtyjen oletusten varassa laskettuina arvioina.

Aineiston käsittelyluokan määrittelyssä otettiin avainbiotoopeista huomioon vain kohteet, jotka maastossa arvioiden täyttivät metsälain tarkoittaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elinympäristön vaatimukset. VMI:n yhteydessä esitetyt arviot voivat kuitenkin poiketa todellisten lakikohteiden määrästä, koska VMI:ssa ei voida ottaa etukäteen huomioon alueellisia tekijöitä, esim. avainbiotooppiluokkien tai avainbiotooppien piirteiden yleisyyttä lakikohdetta määritettäessä. Siten lakikohteisiin on luettu kaikki määritelmän täyttävät alueet (Tomppo ym. 1999).

Laskelmissa ei voitu ottaa huomioon metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa, metsiköiden sijaintia suhteessa puun käyttöpisteisiin eikä näiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään. Nämä tekijät yhdessä saattavat ratkaista sen, jääkö esimerkiksi osa turvemaista tai ensiharvennuspustoista todellisuudessa puuntuotannon ulkopuolelle.

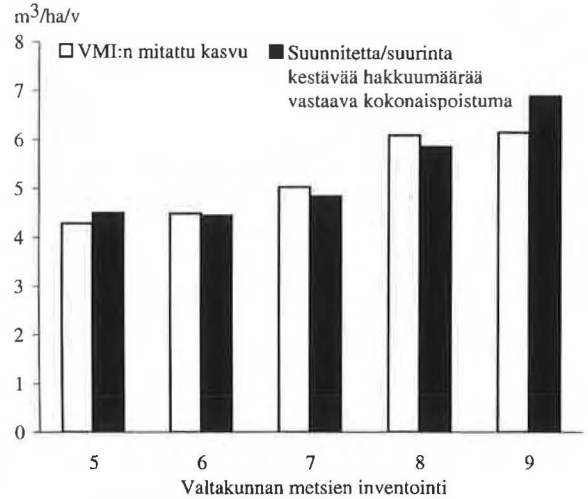
Laskelmissa ei ole otettu huomioon metsänomistuksen rakennetta tai metsänomistajien käyttäytymistä. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio ei siis ole hakkuusuunnite, joka perustuu taloudenharjoittajan omiin tavoitteisiin. Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät myöskään ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti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

Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos esim. puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee, nuoret metsät jäävät hoitamatta, puuta ei korjata turvemailta, ojitettujen turvemaiden kunnostusojitukset laiminlyödään tai jos hakkuut eivät kohdistu hakkuukypsimpien metsien puustoihin.

5.2 Päätelmät

Hakkuumahto (vaihtoehto I) kuvaa metsänhoitosuosituksen mukaan hakattavissa olevan puuston määrää. Määritelmän mukaisesti hakkuumahdon laskennassa ei tavoiteltu puuntuotannon kestävyttä. Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahto on lyhyen aikavälin puuntarjonnan ehdoton yläraja eli se puumäärä, joka markkinoille voisi lakeja ja suosituksia rikkomatta tulla edellyttäen, että kaikelle markkinoille tulevalle puulle olisi kysyntää ja että metsänomistajat myisivät puuta ja hakkaisivat metsiään metsikkökohtaisten suositusten ja viiden prosentin tuottovaatimuksen mukaisesti. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (vaihtoehto II) on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana. Vuosien 1987–1996 keskimääräisten hakuiden mukainen laskelma (vaihtoehto III) havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät hakuiden jäädessä huomattavasti alemmalle tasolle kuin metsävarojen käytön kannalta olisi mahdollista.

Kymen metsäkeskuksen alueella hakkuumahdon arvio oli 2,1-kertainen vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin ja 1,9-kertainen vuosina 1993–97 toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Hakkuumahdon (vaihtoehto I) määrä ja sen hyödyntämisen seuraukset johtuvat metsien nykyisestä ikärakenteesta, jolle on ominaista nuorten

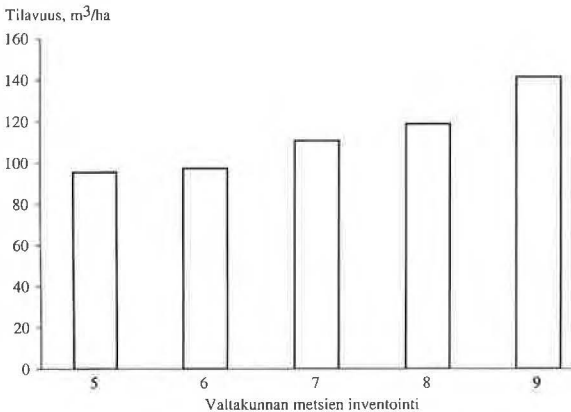


Kuva 10. Puuston mitattu kasvu ($m^3/ha/v$) sekä hakkuusuunnitetta (VMI5–VMI7) ja inventointia seuraavan kymmenvuotiskauden suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (VMI8–VMI9) vastaava kokonaispoistuma ($m^3/ha/v$) eri inventoinneissa. Alueena Etelä-Karjalan metsälautakunta (VMI5–VMI8) ja Kymen metsäkeskus (VMI9). (Kuusela 1978, Kuusela ja Salminen 1980, Kuusela ja Salovaara 1968, Kuusela ja Salovaara 1974, Salminen 1993, Salminen ja Salminen 1998, Tomppo ym. 1999)

mäntymetsien ja varttuneiden kuusikoiden runsaus. Hakkuumahdon kokonaan hyödyntäminen supistaisi hakkuumahdollisuuksia ja puuvarantoa, mutta männyn hakkuumahdollisuudet lisääntyisivät jo kolmannella vuosikymmenellä.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella oli 1,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin vuosina 1987–1996 keskimääräiset hakkuut. Vuosina 1993–97 keskimäärin toteutuneet hakkuut olivat 3,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli vastaavasti 1,1 miljoonaa kuutiometriä vähemmän kuin tässä esitetty suurimman kestävän hakkuumäärän arvio.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvion vertaamista aikaisempien inventointien hakkuumahdollisuusarvioihin vaikeuttaa se, että Kymen metsäkeskus (VMI9) ei ole alueeltaan sama kuin Etelä-Karjalan metsälautakunta (VMI5–VMI8) ja että hakkuumahdollisuusarvioiden laskentamenetelmät ovat muuttuneet. Hakkuusuunnitetta (VMI5–VMI7) ja inventointia seuraavan ensimmäisen kymmenvuo-



Kuva 11. Puuston tilavuus (m³/ha) metsä- ja kitumaalla Etelä-Karjalan metsälautakunnan (VMI5–VMI8) ja Kymen metsäkeskuksen (VMI9) alueella. (Kuusela 1978, Kuusela ja Salminen 1980, Kuusela ja Salovaara 1968, Kuusela ja Salovaara 1974, Salminen 1993, Tomppo ym. 1999)

tiskauden suurimman kestävän hakkuumäärän arviota (VMI8–VMI9) vastaava hehtaarikohtainen kokonaispoistuma on noussut VMI7:stä lähtien (kuva 10). Hehtaarikohtainen VMI:n mitattu kokonaiskasvu on ollut hakkuulaskelmissa arvioitua kokonaispoistumaa suurempi lukuunottamatta VMI5:a ja VMI9:a. On huomattava, että VMI:n mitattu kokonaiskasvu on inventointia edeltäneen 5 vuoden kasvunlaskentajakson keskimääräinen vuotuinen kasvu. Lisäksi VMI9:n kasvunlaskentajaksoilla rinnankorkeusläpimitan kasvuindeksit olivat pitkän ajan keskiarvotason alapuolella (Tomppo ym. 1999). Samalla VMI5–VMI9 välisellä ajanjaksolla hehtaarikohtainen kokonaistilavuus metsä- ja kitumaalla on noussut vajaasta 100 kuutiometristä runsaaseen 140 kuutiometriin (kuva 11).

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvion (vaihtoehto II) mukaan toimittaessa harvennuspuun osuus hakkuukertymästä kohoaa vuoteen 2026 mennessä 36 prosentista 53 prosenttiin. Turvemailta saatavan puun osuus kohoaa 9 prosentista 15 prosenttiin. Hakkuumahdollisuuksien suureneminen seuraa turvemaiden puuston kasvun lisäystä viiveellä, joka riippuu suometsien hakkuukypsyyden saavuttamisesta. Turvemaiden kasvun ja hakkuumahdollisuuksien suurenemista saattaa hidastaa esimerkiksi ojitettujen turvemaiden kunnostusojituksen laiminlyönti.

Puuntuotannon rajoitusten hakkuumahdollisuuksia pienentävä vaikutus oli vähäinen: kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla keskimäärin 4 prosenttia. Myös puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden pinta-ala oli pieni, noin 2 prosenttia metsä- ja kitumaan alasta. Hakkuumahdossa puuntuotannon rajoitusten vaikutukset painoutuivat ensimmäiseen kauteen, jolloin hakattiin kaikki alkutilanteen hakkuukypsät ja ensimmäisellä kaudella hakkuukypsiksi tulleet metsät. Puuntuotannon rajoitusten vaikutuksia kokonaishakkuukertymään ei voi tulkita VMI6:n ja VMI7:n yhteydessä esitettyksi, lähinnä puuntuotannon ulkopuolelle jäävään puustoon ja sen kasvuun perustuvaksi suojeluvähennykseksi. Jos vertailtavissa MELA-laskelmissa puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien rakenne on erilainen, optimoinnilla haetuissa tehokkaissa tuotanto-ohjelmissä hakkuut saattavat kohdentua myös rakenteellisesti eri tavalla ja siten joko lisätä tai vähentää suojelun kokonaisvaikutusta.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa kuusen osuus ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on pienempi ja männyn suurempi kuin hakkuumahdon perusteella voisi olettaa. Kuusen hakkuiden voimakas lisääntyminen ajoittuu vasta toiselle ja kolmannelle kymmenvuotiskaudelle. Tähän vaikuttaa tukkipuukertymän kestävyyttä koskeva rajoite metsäalueilla, joissa on runsaasti nuoria männiköitä ja uudistuskypsiä tai uudistuskypsyyttä lähestyviä kuusikoita. Uudistuskypsiä tai sitä lähellä olevia kuusikoita säästetään tukkipuun saannon turvaamiseksi pidemmälle aikavälille. Kuusitukin säästämistäpoihin liittyy riskejä (esimerkiksi tyvilaho), joita näissä laskelmissa ei voitu ottaa huomioon. Tukkipuukertymän tasaisuutta koskeviin tavoitteisiin liittyy riskejä pidemmällä aikavälillä myös istutusmänniköiden laadun suhteen.

Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Huomionarvoisia kommentteja käsikirjoitukseen ovat esittäneet kaksi ennakotarkastajaa sekä MH Markku Siitonen ja MH Antti Ihalainen. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille.

Kirjallisuus

- Hirvelä, H., Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* – *Folia Forestalia* 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.
- 1998. Mitä käyttäjän tulisi tietää MELAn kasvumalleista. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Mäkkeli, P. (toim.), MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjätöpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713: 18–29.
- , Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Haapala, P., Härkönen, K. & Repola, J. 1999. Models for predicting stand development – Version for description of biological processes in MELA System. Metsäntutkimuslaitos. Käsikirjoitus.
- 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.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410. 38 s. + liitteet.
- Kuusela, K. 1959. Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Summary: Largest permanent allowable cut and a method for its calculation. *Acta Forestalia Fennica* 71(1). 39 s.
- 1964. Increment-drain forecast for a large forest area. Seloste: Kasvun ja poistuman ennuste suurelle metsäalueelle. *Acta Forestalia Fennica* 77(5). 79 s.
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 93(6). 107 s.
- & Nyssönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. *Acta Forestalia Fennica* 74(6). 34 s.
- & Salminen, S. 1980. Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977–1979. Summary: Forest resources in the province of Ahvenanmaa and the nine southernmost forestry board districts in Finland 1977–1979. *Folia Forestalia* 446. 90 s.
- & Salovaara, A. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966–67. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi in 1966–67. *Folia Forestalia* 42. 54 s.
- & Salovaara, A. 1974. Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973. Summary: Forest resources in the forestry board districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. *Folia Forestalia* 207. 35 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- Lappi, J. 1992. JLP: A linear programming package for management planning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuosittukset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994. 2. painos. Helsinki. 72 s.
- Metinfo. 1999. Metsäsektorin suora käyttöinen tietojärjestelmä. Metsäntutkimuslaitos. WWW-sovellus (<http://www.metla.fi>).
- Metsähallituksen ohjekirje 1981. 1981. Metsähallitus.
- Metsäluonnon hoito hakkuissa ja metsän uudistamisessa. 1997. Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio. Helsinki. 12 s. + liitteet.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1995. 1995. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 354 s.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1996. 1996. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 352 s.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Härkönen, K., Kilpeläinen, H., Malinen, J., Salminen, O., Siitonen, M. & Teuri, M. 1998. MELA vuonna 1998. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Mäkkeli, P. (toim.), MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjätöpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713: 7–17.
- 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.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineessa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 2.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. Polttopuun korjuu ja käyttö maataloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehosteuran julkaisuja 241.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- & Salminen, O. 1998. Metsävarat Keskisessä Suomessa 1988–1992 sekä koko Etelä-Suomessa 1986–1992. Summary: Forest Resources in Middle Finland, 1988–92, and in South Finland, 1986–92. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 710. 137 s.
- Siitonen, M., Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- Tomppo, E., Korhonen, K. T., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Heikkinen, J. 1999. Kymen metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1966–98. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/1999: 603–681.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1997. Maastotyön ohjeet 1997. Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa (eteläosa) ja Rannikko (länsiosa). Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. Moniste. 154 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1998. Maastotyön ohjeet 1998. Etelä-Suomi. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. Moniste. 150 s.

33 viitettä