

Tuula Nuutinen ja Hannu Hirvelä

Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella

Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2028 Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 3B/2000: 567–583.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuudet vuosille 1999–2028. Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmistolla. Laskelmissa käytettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin (VMI9) koeala- ja puutiedoista muodostettua laskelma-aineistoa.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänkäsitteilysuositusten perusteella hakkuukypsää ja hakkuukypsäksi tulevaa puuta riittäisi hakattavaksi inventointia seuraavalla kymmenvuotiskaudella 8,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa eli lähes kaksinkertaisesti vuosina 1994–1998 keskimäärin toteutuneisiin hakkuihin verrattuna (noin 4,9 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa). Hakkuumahdon kokonaan hyödyntäminen kuitenkin pienentäisi puuvarantoa puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vajaalla neljänneksellä vuosikymmenen aikana. Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuumahto olisi 6,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Jos hakkuuta halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan vuosittaisen käyttöpuumäärän arvio laskettiin maksimoimalla nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla siten, että kokonaishakkuukertymät ja nettotulot olivat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymät pysyivät koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään laskelman alkuhetken tasolla. Arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,6 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Korkokannan, tuottoarvorajoituksen, harvennusmallin ja puuntuotannon rajoitusten vaikutusta tuloksiin tarkasteltiin erikseen. Tuloksia verrattiin VMI9-hakkuuehdotusten perusteella simuloituihin hakkuumahdollisuuksiin.

Esitetyt hakkuumahdollisuusarviot eivät ole puun tarjonnan eivätkä todennäköisesti toteutuvan tulevaisuuden ennusteita. Puun kysyntä yhdessä metsänomistajien omien ja yhteiskunnan asettamien tavoitteiden kanssa ratkaisevat sen, väheneekö puuntuotannossa olevien metsien määrä, jäävätkö nuoret metsät hoitamatta, korjataanko puuta ensiharvennuskohteilta ja kohdentuvatko hakkuut hakkuukypsimpiin puustoihin.

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

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

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

Hyväksytty 28.9.2000

I Johdanto

Valtakunnan metsien 8. inventointiin saakka Uudenmaan-Hämeen (taulukko 1) ja Itä-Hämeen (taulukko 2) metsälautakuntien alueiden metsät inventoitiin erikseen ja tulokset raportoitiin metsälautakunnittain. Vuonna 1996 tehdyn metsäkeskusjaon yhteydessä nämä kaksi aluetta yhdistettiin Hämeen-Uudenmaan metsäkeskukseksi lukuun ottamatta kuntia, jotka liitettiin Keski-Suomen ja Kymmen metsäkeskuksiin. Lisäksi Hämeen-Uudenmaan metsäkeskukseen liitettiin joitakin kuntia Lounais-Suomen metsäkeskuksesta (Korhonen ym. 2000).

Valtakunnan metsien 5. (VMI5, Kuusela 1967), 6. (VMI6, Kuusela ja Salovaara 1974) ja 7. (VMI7, Kuusela ja Salminen 1980) inventoinnin yhteydessä esitetyt hakkuusuunnitteet perustuivat tavoitehakkuulaskelman (Kuusela 1959, Kuusela 1964, Kuusela ja Nyssönen 1962) soveltamiseen. VMI6:n ja VMI7:n hakkuusuunnitteen yhteydessä esitettiin lisäksi suojeluvähennys.

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

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 ¹⁾ (1965)	VMI6 ²⁾ (1971)	VMI7 ³⁾ (1977)	VMI8 ⁴⁾ (1986–87)
Metsämaa				
Pinta-ala, 1 000 ha	525	533	494	494
Metsä- ja kitumaa				
Pinta-ala, 1 000 ha	548	556	505	507
Tilavuus, m ³ /ha	108,6 ⁵⁾	108,4	123,3	146,4
Kasvu, m ³ /ha/v	5,0 ⁵⁾	5,0	5,8	6,6
Hakkuusuunnitteen käyttöpuuosa, milj. m ³ /v	2,8 ⁵⁾	2,7	2,6	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m ³ /v	–	–	–	3,1 ⁶⁾
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	5,3 ⁵⁾	5,2	5,7	7,0 ⁶⁾

¹⁾ Kuusela (1967).

²⁾ Kuusela ja Salovaara (1974).

³⁾ Kuusela ja Salminen (1980).

⁴⁾ Salminen (1993).

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

⁶⁾ Salminen ja Salminen (1998).

Valtakunnan metsien 8. inventoinnin tulosten yhteydessä hakkuumahdollisuuksia havainnollistettiin MELA-ohjelmistolla (Siitonen ym. 1996) tehdyllä kahdella hakkuulaskelmalla (Salminen ja Salminen 1998). Suojelualueet oli rajattu laskelmien ulkopuolelle. Hakkuulaskelmat olivat arvioita metsien tuotantomahdollisuuksista ja niiden kehityksestä erilaisilla hakkuutasoilla – eivät hakkuusuunnitteita eivätkä toteutuvan tulevaisuuden ennusteita.

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin maastomittaukset tehtiin Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella vuosina 1998–1999 (Korhonen ym. 2000). Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MELA-ohjelmiston avulla Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2008 sekä niitä vastaava hakkuumahdollisuuksien ja metsävarojen ehdollinen kehitys kahdelle seuraavalle kymmenvuotiskaudelle. Hakkuumahdollisuuksia tarkasteltiin hakkuumahdon ja suurimman kestävän hakkuumäärän avulla. Nämä hakkuulaskelmat eivät olleet toteuttamisohjelmak-

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

Inventointi (mittausvuodet)	VMI5 ¹⁾ (1965)	VMI6 ²⁾ (1971)	VMI7 ³⁾ (1978– 1979)	VMI8 ⁴⁾ (1987– 1988)
Metsämaa				
Pinta-ala, 1000 ha	584	609	583	574
Metsä- ja kitumaa				
Pinta-ala, 1000 ha	607	622	591	587
Tilavuus, m ³ /ha	104,4 ⁵⁾	109,5	124,1	137,9
Kasvu, m ³ /ha/v	5,1 ⁵⁾	4,9	5,8	6,2
Hakkuusuunnitteen käyttöpuuosa, milj. m ³ /v	3,0 ⁵⁾	3,0	3,1	–
Suurimman kestävän hakkuukertymän arvio, milj. m ³ /v	–	–	–	3,3 ⁶⁾
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	5,3 ⁵⁾	5,2	5,8	6,5 ⁶⁾

¹⁾ Kuusela (1967).

²⁾ Kuusela ja Salovaara (1974).

³⁾ Kuusela ja Salminen (1980).

⁴⁾ Salminen (1993).

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

⁶⁾ Salminen ja Salminen (1998).

si tarkoitettuja. Tuloksia verrattiin vuosien 1994–1998 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin ja niitä vastaavaan metsien kehitykseen sekä VMI-hakkuuehdotusten perusteella inventointia seuraavalle kymmenvuotiskaudelle simuloituihin hakkuumahdollisuuksiin. Lisäksi tarkasteltiin puuntuotannon rajoitusten, harvennusmallin sekä laskelmissa sovelletun korkokannan ja lopputilarajoitteen vaikutusta hakkuumahdollisuusarvioihin. Tulokset esitetään puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle ellei toisin mainita.

VMI9-aineistoon perustuvia ja MELA-ohjelmiston avulla tehtyjä hakkuumahdollisuusarvioita on aikaisemmin esitetty Etelä-Pohjanmaan (Hirvelä ym. 1998), Keski-Suomen ja Pohjois-Savon (Hirvelä ym. 1999), Kymen (Hirvelä 1999), Rannikon (Hirvelä 2000) ja Lounais-Suomen (Nuutinen ja Hirvelä 2000) metsäkeskusten sekä Ahvenanmaan maakunnan (Hirvelä ja Härkönen 1999) alueelle.

2 Aineisto

Tutkimuksessa käytettiin vuosina 1998–1999 mitattuja Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen VMI9:n koeala- ja puutietoja (Valtakunnan metsien ... 1998, Valtakunnan metsien ... 1999). 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 ... 1999). Jos koealaympyrä ei mahtunut kokonaan samalle

kuviolle, koeala jaettiin osiin. Kuviota, jolle koealan keskipiste osui, nimitettiin keskipistekuvioksi ja muita kuvioita sivukuvioksi. Tutkimukseen valittiin metsä- ja kitumaan koealat puuttomia sivukuviota lukuun ottamatta (yhteensä 3929 koealaa).

VMI9-metsävaratulosten mukaan Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen metsä- ja kitumaan pinta-ala oli yhteensä 0,95 miljoonaa hehtaaria, puuston tilavuus 146,4 miljoonaa kuutiometriä (153 m³/ha) ja puuston kasvu inventointia edeltäneellä viiden vuoden jaksolla keskimäärin 6,3 miljoonaa kuutiometriä (6,6 m³/ha) vuodessa (Korhonen ym. 2000). Kuusen ja männyn kasvuindeksit olivat 9. inventoinnin kasvunlaskentajaksolla 5–10 prosenttia pitkän ajan (1965–1999) keskiarvotason alapuolella (Korhonen ym. 2000). Alueen metsä- ja kitumaan pinta-alasta (taulukko 3) oli laskelma-aineistossa puuntuotannon ulkopuolella (taulukko 4) 34 800 hehtaaria, jota vastaava puuston tilavuus oli 5,6 miljoonaa kuutiometriä.

3 Menetelmät

3.1 Laskelmakehikko

Hakkuulaskelmat tehtiin MELA-ohjelmiston vuoden 1999 julkistusversiolla (Siitonen ym. 1999), jossa metsikkösimulaattorin metsänhoidon ja puunkorjuun ajanmenekki- ja kustannusmallit sekä osa turvemaiden luonnonprosessi- ja käsittelymalleista oli uudistettu (Nuutinen ym. 2000).

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

Käsittelyluokka	Metsämaa	Kitumaa	Yhteensä	Osuus, %
		Pinta-ala, 1000 ha		
Ensisijaisesti puuntuotanto	887,3	– ¹⁾	887,3	93,0
Rajoitettu puuntuotanto	22,2	9,8	32,0	3,4
Puuntuotannon ulkopuolella	32,6	2,2	34,8	3,6
Yhteensä	942,1	12,0	954,1	100,0
		Tilavuus, milj. m ³		
Ensisijaisesti puuntuotanto	136,9	– ¹⁾	136,9	93,6
Rajoitettu puuntuotanto	3,6	0,3	3,8	2,6
Puuntuotannon ulkopuolella	5,5	0,1	5,6	3,8
Yhteensä	146,0	0,3	146,4	100,0

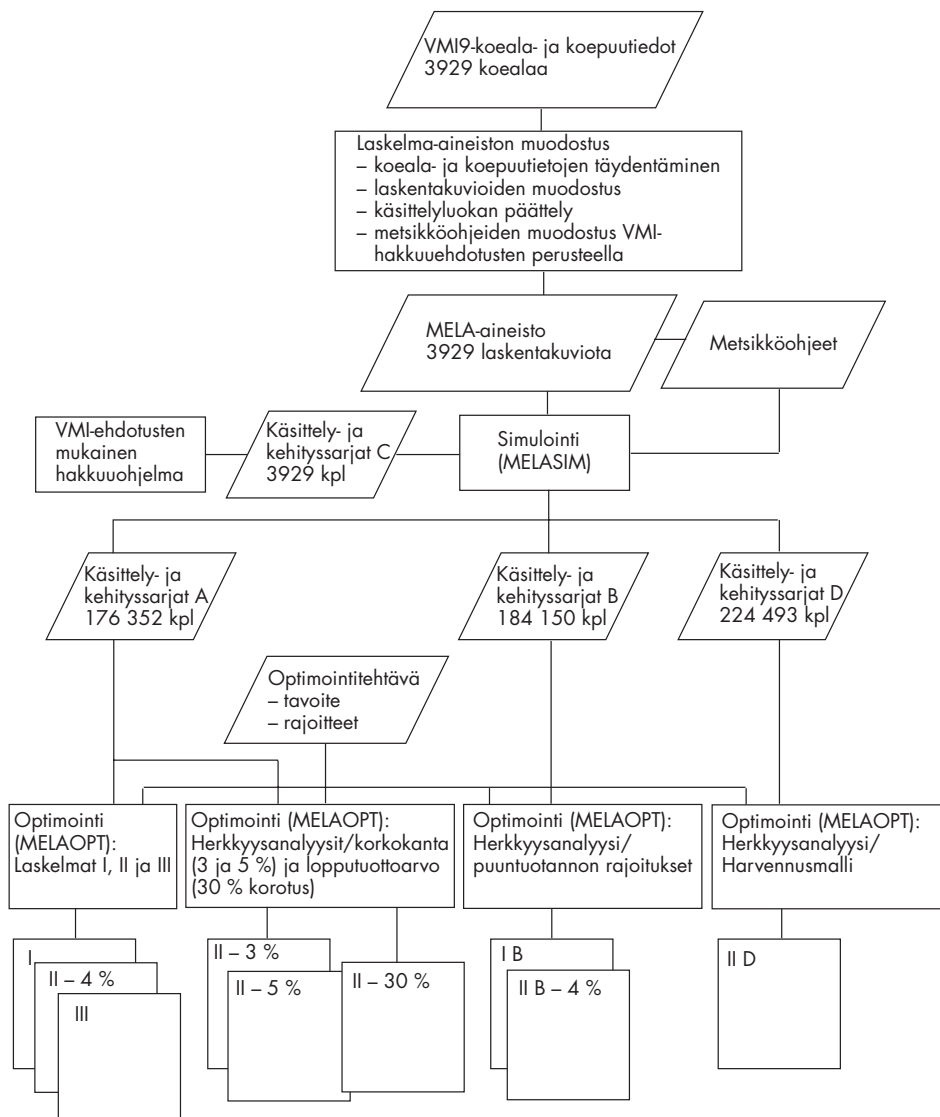
¹⁾ Kitumaat ovat joko rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella.

Laskelmissa oli neljä vaihetta (kuva 1):

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

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

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



Kuva I. Laskennan vaiheet.

3.2 Laskelma-aineiston muodostus

Laskelma-aineiston muodostuksen vaiheet olivat:

1. VMI9:n koealatietojen täydentäminen MELA-koealatiiedoiksi sekä luku- ja koepuutietojen MELA-kuvauspuutiedoiksi (ks. Siitonen ym. 1996, s. 263),
2. VMI9-koealojen yhdistäminen laskentakuvioiksi,
3. käsittelyluokan päättely VMI9-kuviotietojen perusteella ja
4. metsikköohjeiden muodostus VMI:n maastotöiden yhteydessä tehtyjen hakkuuehdotusten simuloimiseksi laskentakuvioille.

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

Toisessa vaiheessa tavoitteena oli muodostaa jokaiselle koealalle metsikkökuviota vastaava laskentakuvio, joka olisi riittävän suuri kuvaamaan metsikön sisäistä vaihtelua, ja siten parantaa metsikkökuvion puuston määrän arvioinnin ja käsittelytarpeen päättelyn luotettavuutta. Kuhunkin laskentakuvioon yhdistettiin koealan lisäksi kahdesta viiteen puustoja kasvupaikkatunnuksiltaan vastaavaa koealaa Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueelta. Koealojen yhdistelyssä käytetyt kuviokohtaiset tunnuks- set olivat maaluokka, kasvupaikkatyyppi, puuston pohjapinta-ala, kehitysluokka, puuston keskiläpimita, vallitseva puulaji, puuston biologinen ikä, kasvupaikan päätyyppi (alaryhmä) ja vallitsevan puulajin osuus. Yhdisteltävät koealat valittiin koealatunnus- ten sijasta VMI:ssä arvioitua koko metsikkökuviota koskevien tunnusten perusteella, jotta koealat kuvaisivat metsikkökuvion sisäistä vaihtelua.

Kolmannessa vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuvioille luonnonsuojelu- ja metsälakien sekä metsänkäsittelysuositusten mukaiset käsittely- rajoitukset. Rajoitusten kuvaamiseksi laskentakuviot jaettiin kolmeen käsittelyluokkaan: ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin. Jako perustui Suojelupinta-alaprojektin tekemään suojelupinta- alaluokituksen (Metsien suojelupinta-alat 1999) ja se tehtiin VMI9-koealatietojen perusteella. Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. luonnon- ja kansallispuistot sekä luonnonsuojelulain nojalla rauhoite- tut alueet (taulukko 4). Luokitusta täydennettiin ra-

Taulukko 4. Laskenta-aineiston käsittelyluokat (1 = ensisijaisesti puuntuotannossa olevat, 2 = rajoitetussa puuntuotannossa olevat ja 3 = puuntuotannon ulkopuolella olevat).

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

¹⁾ Muuttujien ja luokitusten täydelliset selitykset, ks. Metsien suojelupinta- alat (1999).

jaamalla puuntuotannon ulkopuolelle ne avainbio- tooppikohteet, jotka VMI:n maastotöiden yhteydes- sä oli arvioitu täyttävän metsälain tarkoittaman monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän elin- ympäristön vaatimukset ja joilla oli maastossa ar-

vioitu kaikkien toimenpiteiden olevan kiellettyjä (ks. Valtakunnan metsien ... 1999). Avainbiotooppikohdeiden alueellista yleisyyttä ei arvioitu maastossa. Jos avainbiotooppiesiintymä käsitti vain osan kuvioista, vaadittiin lisäksi, että avainbiotooppiesiintymän piti olla laajuudeltaan vähintään puolet avainbiotoopin arvioinnista käytetyn 30 metrin säteisen ympyrän pinta-alasta. Jos laskentakuvioilla ei ollut muita käsittelyrajoituksia, metsämaan laskentakuvio luokiteltiin maaluokan perusteella ensisijaisesti puuntuotantoon ja kitumaan laskentakuvio rajoitettuun puuntuotantoon.

Neljännessä vaiheessa tavoitteena oli määrittää laskentakuvioille metsikkösimulaattoria varten metsikköohjeet, joiden perusteella VMI:n maastoehdotusten mukaiset hakkuut voitiin simuloida. Jokaiselle laskentakuvioille määriteltiin jokin hakkuutapahtuma (pohjapinta-ala- tai runkolukuharvennus, avo-, siemenpuu- tai suojuspuuhakkuu, ylispuiden poisto, taimikonhoito) tai lepo, jos vastaavalle metsikkökuvioille ei oltu maastossa tehty hakkuuehdotusta.

3.3 Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi

Laskentakuvioiden käsittely- ja kehityssarjat tuotettiin puukohtaisiin malleihin perustuvalla MELA-ohjelmiston metsikkösimulaattorilla (Hynynen 1998, Siitonen ym. 1999). MELA-ohjelmistossa luonnonprosessimalleina (Hynynen ym. 2000) käytettiin Ojansuun ym. (1991) metsien uudistumiseen ja puuston kehitykseen, Ojansuun (1996) kasvupaikan kuvaukseen, Hynynen (1996) puuston kasvuun ja luonnonpoistumaan sekä Hökän (1996, 1997) suometsien kasvuun liittyvien mallien uusimpia versioita (Hökkä ym. 1997, Hökkä ym. 2000). Mallien ennustama kasvu oli korjattu vastaamaan puuston keskimääräistä kasvuntasoa viimeisen 30 vuoden aikana (Hynynen ym. 2000). Tasokorjaus oli tehty kasvuindeksien avulla.

Käsittelyt perustuivat Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion metsänkäsitteilysuositukseen vuodelta 1994 (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Hakkuuvaihtoehtoina olivat runkolukuun ja pohjapinta-alaan perustuvat harvennukset, avo-, siemenpuu- ja suojuspuuhakkuut sekä ylispuiden poisto.

MELA-ohjelmistossa harvennusten simulointia ohjataan harvennusten voimakkuutta, poistettavien puiden valintaa ja minimikertymää säätelevillä parametreilla (Siitonen ym. 1999). Harvennusvoimakkuus voidaan antaa joko harvennusprosenttina tai ns. harvennusmallilla. Jos laskentakuvioille simuloidaan eri harvennusprosentteihin perustuvia harvennuksia, optimoinnilla voidaan ratkaista endogeenisesti sekä harvennuksen ajoitus että harvennusvoimakkuus ja jäävä puusto (Siitonen 1999). Harvennusten simulointia rajoitetaan sallimalla vain sellaiset harvennukset, jotka täyttävät hakkuukertymälle asetetun minimivaatimuksen. Alkuperäisessä harvennusmallissa (Siitonen ym. 1996) simulointiohje perustuu jäävälle puustolle asetettuun pohjapinta-alavaatimukseen (ns. yhden käyrän malli). MELA99-versiossa (Siitonen ym. 1999) on lisäksi ns. kahden käyrän malli, jossa voidaan määrittellä pohjapinta-ala sekä ennen että jälkeen harvennuksen.

Pohjapinta-alaan perustuva harvennus simuloitiin ns. kahden käyrän mallilla noudattaen MELA99-version puolajeittaisia ja kasvupaikkaluokittaisia oletusarvoja. Koska simuloinnissa hakkuut toteutettiin kymmenvuotiskausien puolivälissä, harvennuksissa pohjapinta-alan vaatimusta alennettiin 10 prosentilla, jotta harvennettavaksi tulisivat myös kohteet, jotka täyttivät pohjapinta-alavaatimuksen vasta 10-vuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla.

Uudistushakkuissa hehtaarikohtaisesta hakkuukertymästä vähennettiin viisi kuutiometriä, joka vastasi keskimäärin avohakkuualoille ns. säästöpuina jätettävää puustoa (Metsäluonnon hoito ... 1997).

Laskelmissa sallittuja metsänkäsitteilyjä 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.

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

Taulukko 5. Vuosina 1989–1998 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen vuoden 1998 hintatasolla lasketut keskiarvot (mk/m³) puutavaralajeittain. (Metsätilastollinen vuosikirja 1999)

	Tukkipuu	Kuitupuu
Mänty	267	162
Kuusi	223	186
Koivu	265	165

Taulukko 6. Laskelmissa sovelletut korjuun yksikköhinnat.

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

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toteutuskelpoiset toimenpiteet pääteltiin koko laskentakuvion keskimääräisistä tiedoista, jotka määritettiin laskentakuvioon kuuluvien koealojen avulla. Toimenpiteet toteutettiin erikseen laskentakuvion jokaisella koealalla, mutta optimoinnissa käytettävät päätösmuuttujat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä maastokoealoilta, joita oli yksi jokaisella laskentakuviolla. Siten MELA-ohjelmistolla saatujen tulosten laskennassa käytettiin samoja koealoja kuin varsinaisten VMI9-metsävaratulosten (Korhonen ym. 2000) 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 nettotuloihin. Tienvarsihintoina käytettiin vuosina 1989–1998 Etelä-Suomessa toteutuneiden hankintahintojen (Metsätilastollinen vuosikirja 1999) vuoden 1998 hintatasolla laskettuja keskiarvoja puutavaralajeittain (taulukko 5).

Korjuukustannukset laskettiin korjuun ajanmenekin ja korjuun yksikköhintojen (taulukko 6) tulona. Ajanmenekit perustuivat työtutkimuksiin (Kuitto

Taulukko 7. Metsänhoitotöiden vuosina 1989–1998 toteutuneet keskimääräiset yksikköhinnat vuoden 1998 hintatasoon muutettuna. (Metsätilastollinen vuosikirja 1999)

Työlaji	Yksikkö	Yksikköhinta
Raivaus	mk/ha	380
Äestys	“	730
Auraus/mätästys	“	1050
Männyn kylvä	“	985
Männyn taimi	mk/taimi	0,50
Kuusen taimi	“	0,85
Koivun taimi	“	1,15
Männyn täydennystaimi	“	0,85
Kuusen täydennystaimi	“	0,95
Koivun täydennystaimi	“	1,50
Ruohous	mk/ha	525
Taimikon perkaus	“	1050
Kunnostusojitus	mk/100 m	210
Metsänhoitotyö	mk/h	90
Hakkuutyö	mk/h	120

ym. 1994, Rummukainen ym. 1993). Jokaisessa hakkuuvaihtoehdossa MELA-ohjelmisto valitsi aina edullisimman (kustannuksiltaan halvimmän) korjuuvaihtoehdon (metsurihakkuun tai hakkuun monitoimikoneella). Metsänhoitotöiden kustannukset laskettiin työmäärien ja vuosina 1989–1998 toteutuneiden keskimääräisten, vuoden 1998 hintatasoon muutettujen yksikköhintojen (taulukko 7) tulona.

Puutavaralajit saatiin parametrina annettavasta taulukosta, johon rungon ja siitä saatavien puutavaralajien tilavuus oli laskettu Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvien runkokäyräyhtälöiden avulla. Runkojen apteerauksessa oli käytetty mäntytkin kuorellisena minimiläpimittana 14,5 cm, kuusitukin 17,0 cm ja lehtipuutukin 16,5 cm sekä kuitupuun kuorellisena minimiläpimittana männyllä 6,3 cm ja kuusella sekä lehtipuilla 6,5 cm. Kuituosan minimipituutena oli käytetty 2,0 m. Minimimitat eivät täysin vastanneet niitä mittoja, joiden perusteella VMI9:ssä pystyjuusto on jaettu puutavaralajeihin (Valtakunnan metsien ... 1999). Koska rungon mittoihin perustuva apteeraus ei ota huomioon puutavaran laatuun liittyviä tekijöitä, tukkipuun määrää korjattiin metsikkösimulaattorissa erillisellä tukkivähennysmallilla VMI7:n pystyyn apteeraatu-

jen koepuiden tasolle (Ojansuu ym. 1991). Erotus siirtyi kuitupuuksi.

VMI9-metsävaratulosten mukaan tukkipuun osuus puuston runkotilavuudesta metsä- ja kitumaal-la oli keskimäärin 44 prosenttia (Korhonen ym. 2000). Koska tukkipuun määrittämisestä ja erilaisista apterausohjeista johtuen vastaava tukkiosuus MELA-laskelmissa olisi ollut VMI7:ään perustuvan korjauksen jälkeen keskimäärin yliarvio (tukkiosuus 48 prosenttia), VMI7:n tukkivähennysmallin avulla saatua tukkipuun kokonaismäärää kalibroitiin puulajikohtaisilla tasokertoimilla vastaamaan laskelmien alkuhetkellä VMI9:ssä arvioituja tukkiosuuksia puulajeittain. Männyn tukkiosuus oli 48, kuusen 52, koivun 21 ja muiden lehtipuiden 14 prosenttia tilavuudesta (Korhonen ym. 2000).

3.4 Optimointi

Hakkuulaskelmien tavoitteena oli havainnollistaa Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen hakkuumahdollisuuksia ja verrata niitä viime vuosina keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin.

Kaikissa laskelmissa valittiin lineaarisen optimoinnin tavoitefunktioiksi nettotulojen nykyarvon maksimointi, jolloin toiminnan kannattavuusvaatimus määräytyi nettotulojen nykyarvon laskennassa käytetyn laskentakoron ja optimoinnissa sovellettujen rajoitteiden yhteisvaikutuksena. Laskentakorkokannoiksi valittiin kolme, neljä ja viisi prosenttia (Nuutinen ja Hirvelä 2000).

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

Toisen laskelman tavoitteena oli määrittää suurin

jatkuvasti hakattavissa oleva hakkuukertymä. Suurimman kestävästi hakattavissa olevan hakkuukertymän toteuttavassa laskelmassa (vaihtoehto II) otettiin siis huomioon myös puuntuotannon kestävyysvaatimukset. Laskelmassa maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla (vrt. Siitonen ym. 1996, s. 104). Puuntuotannon kestävyys laskelma-ajan kuluessa varmistettiin siten, että kokonaishakkuukertymät ja nettotulot olivat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla, tukkipuukertymät pysyivät koko laskelma-ajan vähintään ensimmäisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo neljän prosentin korkokannalla laskettuna oli laskelma-ajan lopussa vähintään laskelman alkuhetken tasolla.

Kolmannessa laskelmassa tavoitteena oli havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät, jos hakkuut jatkuvat viime vuosien keskimääräisellä tasolla. Myös vaihtoehdossa III (vuosien 1994–1998 keskimääräinen kertymätaaso) maksimoitiin nettotulojen nykyarvoa neljän prosentin korkokannalla. Kertymätaaso haettiin käyttämällä optimoinnissa rajoitteenä vuosina 1994–1998 keskimäärin toteutuneita puutavaralajeittaisia hakkuukertymiä (Metinfo 1999). Kertymätilasto sisälsi myös polttopuun, josta oletettiin teollisuuden ainespuuksi kelpaavaksi 30 prosenttia (ks. Ryyänen ja Tuomi 1982). Laskelmissa ei käytetty rajoitteena toteutuneita hakkuupinta-aloja.

3.5 Herkkyyksianalyysit

Hakkuulaskelmavaihtoehdon II herkkyyttä tarkasteltiin kolmen ja viiden prosentin korkokannan sekä puuston lopputuottoarvoa koskevan rajoitteen suhteen. Jälkimmäisessä tehtiin laskelma, jossa neljän prosentin korolla lasketun puuston tuottoarvon laskelmakauden lopussa tuli olla vähintään 30 prosenttia korkeampi kuin tuottoarvon laskelmakauden alussa.

Puuntuotannon rajoitusten vaikutusta hakkuulaskelmiin tarkasteltiin simuloimalla Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen laskentakuvioille toinen käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukko (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat B), jossa rajoitetussa puuntuotannossa tai puuntuotannon ulkopuolella olevat laskentakuviot oletettiin kuuluvan ensisijai-

sesti puuntuotannossa olevaan alueeseen lukuun ottamatta maaluokan perusteella tehtyä käyttörajoi- tusta (kaikki metsämaat ensisijaisesti puuntuotan- nossa ja kitumaat rajoitetussa puuntuotannossa). Tälle käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukolle las- kettiin hakkuulaskelmavaihtoehtoja I (hakkuumahto) ja II (suurimman kestävän hakkuumäärän arvio) vastaavat tuotanto-ohjelmat.

Hakkuulaskelmatulosten vertaamiseksi VMI:n hakkuuehdotusten kanssa laskentakuvioille simuloitiin maastossa metsikkökuvioille tehtyjen hakkuuehdotusten mukainen käsittely (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat C). Simuloinnissa noudatettiin samoja metsänkäsittelysuosituksia kuin ensimmäises- sä simuloinnissa, lukuun ottamatta harvennusta, jos- sa minimikertymätasoa alennettiin harvennusten si- muloinnin varmistamiseksi. Simuloinnissa hakkuut toteutettiin ensimmäisen kymmenvuotiskauden puolivälissä.

Harvennusmallin vaikutusta tarkasteltiin simuloi- malla neljäs kehitys- ja käsittelyvaihtoehtojen jouk- ko (kuva 1, käsittely- ja kehityssarjat D), jossa har- vennusohje perustui ns. yhden käyrän harvennus- malliin. Harvennusta edeltävän pohjapinta-alan vaa- timusta alennettiin 10 prosentilla. Lisäksi määritet- tiin hakkuukertymälle minimivaatimus laskenta- kuvioittain (4 m²/ha) ja koeloiittain (2 m²/ha). Tälle käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen joukolle laskettiin hakkuulaskelmavaihtoehtoa II (suurimman kestävän hakkuumäärän arvio) vastaava tuotanto-ohjelma.

4 tulokset

4.1 Toteutuneiden hakkuiden mukainen hakkuukertymä

Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen met- sistä hakattiin vuosina 1994–1998 keskimäärin noin 4,9 miljoonaa kuutiometriä käyttöpuuta vuodessa. Käyttöpuu sisälsi markkinahakkuiden ja piensaho- jen käyttämän puun lisäksi teollisuuden ainespuun mitat täyttävän osan polttopuusta. Vuosien 1994– 1998 kertymästä oli mäntyä 24, kuusta 64 ja lehti- puuta 12 prosenttia.

Jos hakkuut säilyisivät vuosien 1994–1998 kes- kimääräisellä tasolla (kuva 2, vaihtoehto III), puu- varannon arvioidaan karttuvan puuntuotantoon käy-

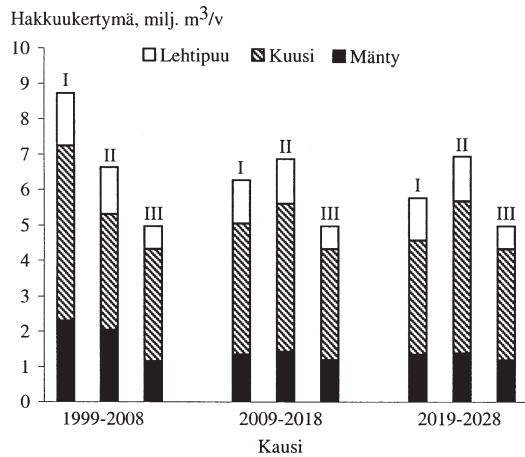
tettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla 1,6 miljoon- nan kuutiometrin vuosivauhdilla (kuva 3). Vastaa- valla alueella malleilla lasketun puuston kasvun (kuva 4) arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmen- vuotiskaudella 7,3 miljoonaa kuutiometriä vuodes- sa ja sen ennakoidaan nousevan 8,1 miljoonan kuu- tiometrin tasolle kolmannella kymmenvuotiskaudel- la. Koko metsä- ja kitumaan alueella puuston vuo- tuisen kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella lähes 7,5 miljoonaa kuuti- metriä vuodessa.

4.2 Hakkuumahto

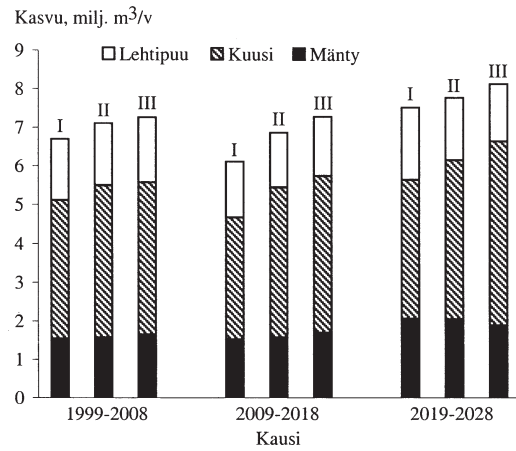
Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsän- käsittelysuositusten (Luonnonläheinen metsänhoi- to 1994) perusteella hakkuukypsää ja hakkuukyp- säksi tulevaa puuta (hakkuumahto) riittäisi ensim- mäisellä kymmenvuotiskaudella hakattavaksi noin 8,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 2, vaihtoehto I) eli lähes kaksinkertaisesti vuosina 1994–1998 keskimäärin toteutuneisiin hakkuisiin verrattuna. Kertymästä olisi mäntyä 26, kuusta 57 ja lehtipuuta 17 prosenttia.

Hakkuumahdon kokonaan hakkaaminen kuiten- kin pienentäisi puuvarantoa puuntuotantoon käytet- tävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosikymme- nessä vajaan neljänneksen nykyisestä (kuva 3). Toi- sella kymmenvuotisjaksolla (vuosina 2009–2018) vuotuinen hakkuumahto olisi 6,3 miljoonaa kuuti- metriä ja puuston kasvu puuntuotantoon käytettä- vissä olevalla metsä- ja kitumaalla 6,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Järeän puun (rin- nankorkeusläpimitta yli 20 cm) varanto (kuva 5) supistuisi 34 prosenttia ja hakkuumahdollisuudet (kuva 6) 38 prosenttia ensimmäiseen kymmenvuo- tisjaksoon verrattuna.

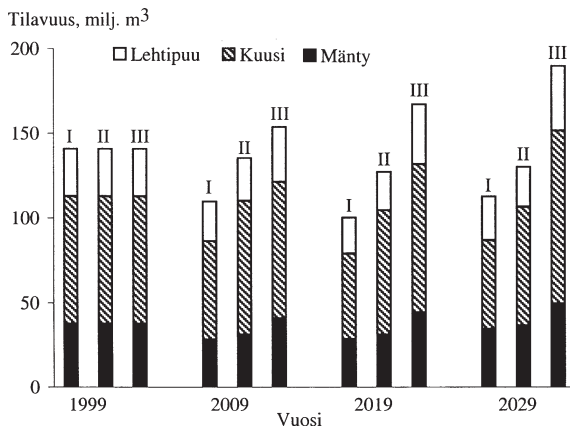
Hakkuumahdon mukaisesti toimittaessa harven- nushakkuiden osuus kertymästä vuosina 1999–2008 olisi 17 prosenttia ja koko kolmenkymmenen vuo- den tarkastelujakson aikana keskimäärin 31 prosent- tia (kuva 7). Kokonaishakkuuala olisi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 46 600 hehtaaria (kuva 8) ja keskimääräinen korjuukustannus 47 mk/m³ (tau- lukko 8).



Kuva 2. Hakkuukertymä puulajeittain vuosina 1999–2028 vaihtoehtoisissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.



Kuva 4. Puuston kasvu puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2028 vaihtoehtoisissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.



Kuva 3. Puuston tilavuus puulajeittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2029 vaihtoehtoisissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.

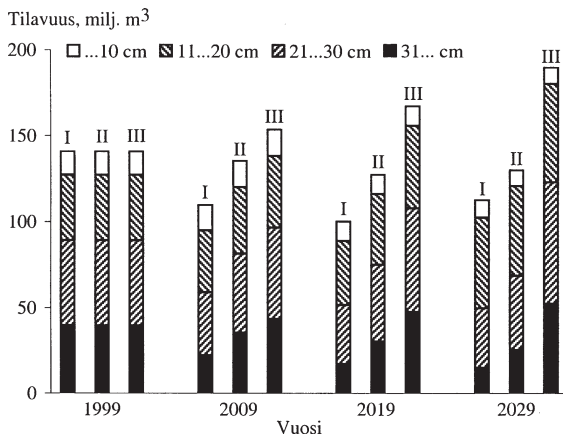
4.3 Suurin kestävä hakkuukertymä

Jos hakkuita halutaan nykyisestään lisätä hakkuumahdollisuuksien kuitenkin vähentymättä tulevaisuudessa, osa nyt hakattavissa olevasta puustosta on säästettävä tuleville vuosikymmenille. Suurimman jatkuvasti hakattavissa olevan käyttöpuumäärän arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 6,6

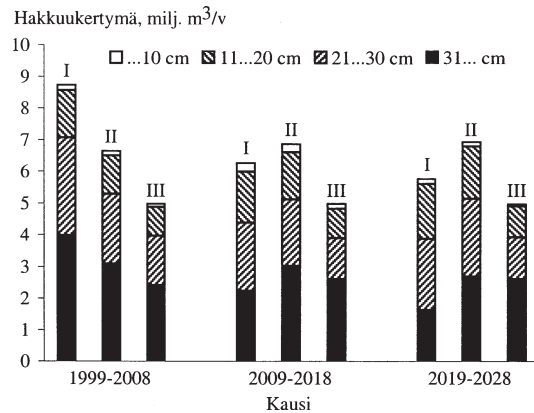
Taulukko 8. Hakkuumahdollisuusarvioita kuvaavia keskimääräisiä tunnuksia puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla.

Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
1999–2008			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	7,3	7,7	7,9
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	10,5	8,2	6,4
Korjuukustannus, mk/m ³	47	48	47
Hakkuukertymä, m ³ /ha	187	167	170
2009–2018			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	6,6	7,5	7,9
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	7,6	8,3	6,4
Korjuukustannus, mk/m ³	54	51	47
Hakkuukertymä, m ³ /ha	144	155	167
2019–2028			
Keskikasvu, m ³ /ha/v	8,2	8,4	8,8
Hakkuukertymää vastaava kokonaispoistuma, m ³ /ha/v	6,8	8,1	6,3
Korjuukustannus, mk/m ³	53	49	45
Hakkuukertymä, m ³ /ha	151	173	193

miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja se lähestyy 7 miljoonan kuutiometrin tasoa kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana (kuva 2, vaihtoehto II).



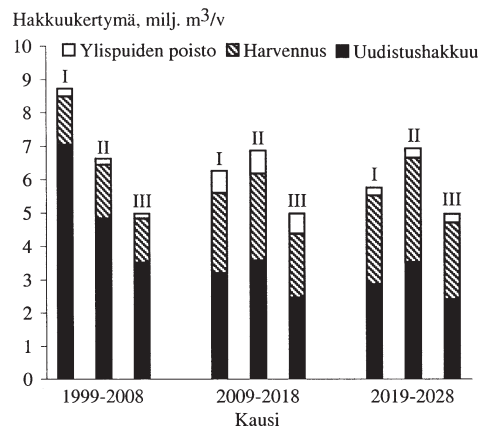
Kuva 5. Puuston tilavuus läpimittaluokittain puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2029 vaihtoehdoissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.



Kuva 6. Hakkuukertymä läpimittaluokittain vuosina 1999–2028 vaihtoehdoissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.

Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä 31, kuusta 49 ja lehtipuuta 20 prosenttia. Laskelmissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyyttä. Kuusen osuuden arvioidaan nousevan kahden seuraavan kymmenvuotiskauden aikana. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla suurimman kestävän hakkuumäärän arviosta on mäntyä keskimäärin 24, kuusta 57 ja lehtipuuta 19 prosenttia.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arviota vastaava kokonaispoistuman arvio puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalle on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,5 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 taimikohoidossa metsään jäävän runkopuun. Malleilla laskettu puuston kasvun arvio on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,1 miljoonaa kuutiometriä vuodessa (kuva 4). Toisella kymmenvuotiskaudella hakkuita vastaava kokonaispoistuman ehdollinen ennuste on 7,6 ja kasvun 6,9 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja kolmannella kaudella vastaavasti 7,4 ja 7,8 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Kokonaispoistuma on siis kahdenkymmenen vuoden ajan



Kuva 7. Hakkuukertymä hakkuutavoittain vuosina 1999–2028 vaihtoehdoissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.

suurempi kuin kasvu, mutta kolmannella kymmenvuotiskaudella kasvu ylittää poistuman. Koko metsä- ja kitumaan alalla puuston kasvun arvioidaan olevan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 7,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Jos hakkuut noudattaisivat suurimman kestävän hakkuumäärän arviota, puuvaranto pienenesi puuntuotantoon käytettävissä olevalle metsä- ja kitumaalla 4 prosenttia nykyisestä tasosta vuosikymmenessä ja 8 prosenttia koko kolmen vuosikymmenen tar-

kastelujakson aikana (kuva 3). Järeän (rinnankorkeusläpimitta yli 20 cm) puun varanto pienenesi vajaalla neljänneksellä kolmen vuosikymmenen aikana (kuva 5). Laskelman mukainen hakkuuohjelma johtaisi keskitilavuuden alenemiseen 12 m³/ha kolmen vuosikymmenen kuluessa.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa tukkipuukertymän arvioidaan olevan 3,7 miljoonan kuutiometrin vuositason kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana. Järeimmän (rinnankorkeusläpimitta yli 30 cm) puun osuus hakkuumahdollisuuksista pysyy lähes ennallaan koko kolmenkymmenen vuoden ajan (kuva 6). Suurimman kestävän hakkuumäärän mukaisesta tukkipuukertymästä suurin osa on kuusitukkia, keskimäärin 68 prosenttia kolmen vuosikymmenen aikana. Kuusikuitupuun osuus kuitupuukertymästä on keskimäärin 45 prosenttia. Mäntytukkipuun ja -kuitupuun vastaavat osuudet ovat 23 ja 24 prosenttia.

Harvennushakkuiden osuus kestävien hakkuumahdollisuuksien mukaisesta käyttöpuusta on ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella 24 prosenttia, josta se nousee kolmenkymmenen vuoden tarkastelujakson aikana 45 prosenttiin (kuva 7). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuu-ala on 39 800 hehtaaria vuodessa, josta harvennushakkuuta on 17 500 hehtaaria (kuva 8). Uudistushakkuiden osuus kokonaishakkuualasta on 50 prosenttia. Laskelmissa korjuukustannukset ovat keskimäärin 48 mk/m³ (taulukko 8). Keskimääräiset korjuukustannukset ovat uudistushakkuissa 44 mk/m³ sekä harvennushakkuissa ja ylispuiden poistossa 63 mk/m³.

Turvemaiden osuus kestävästä hakkuumahdollisuuksista on vuosina 1999–2028 keskimäärin 13 prosenttia (kuva 9). Suurimman kestävän hakkuumäärän arvion mukaan toimittaessa turvemailla on vuosina 1999–2028 männyn hakkuukertymästä keskimäärin 14, kuusen 11, koivun 21 ja muiden lehtipuiden 7 prosenttia.

4.4 Herkkyyksianalyysit

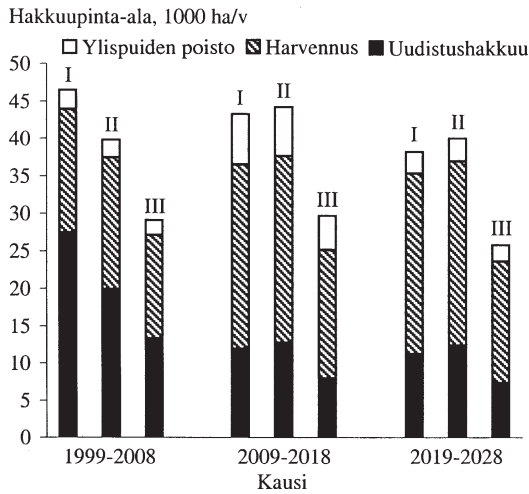
Hakkuulaskelmavaihtoehto II oli herkkä korkokannan muutokselle. Viiden prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio on kolmen vuosikymmenen aikana kolme prosenttia korkeampi kuin nel-

Taulukko 9. Poistuma- ja kasvuarvion rakenne (milj. m³/vuosi) puuntuotantoon käytettävissä olevalla metsä- ja kitumaalla vuosina 1999–2008. Laskelmissa ei ole edellytetty puulajikohtaista kestävyttä, joten puulajien osuudet saattavat vaihdella huomattavasti eri kymmenvuotiskausilla. Tukkipuun määrä on kalibroitu vastaamaan VMI9:ssä arvioitua tukkipuun määrää (ks. luku Käsittely- ja kehitysvaihtoehtojen simulointi).

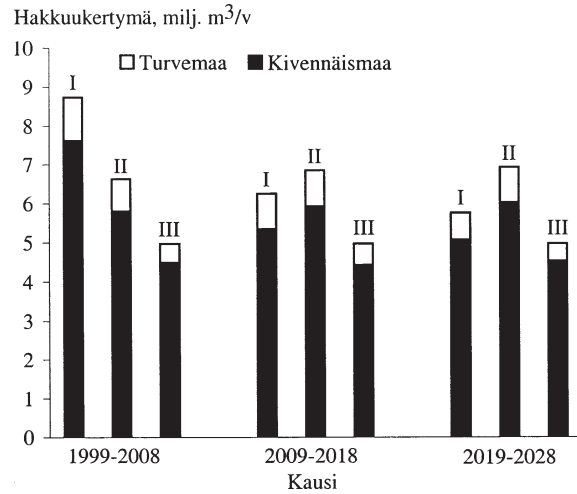
Tunnus	Vaihtoehto I	Vaihtoehto II	Vaihtoehto III
Kokonaispoistuma	9,65	7,52	5,89
Mänty	2,42	2,17	1,29
Kuusi	5,19	3,49	3,38
Koivu	1,45	1,33	0,87
Muu lehtipuu	0,57	0,53	0,34
Hakkuupoistuma	9,02	6,89	5,18
Hakkuukertymä	8,73	6,63	4,98
Tukkikertymä	5,03	3,71	2,87
mäntytukki	1,39	1,25	0,64
kuusitukki	3,22	2,11	2,04
koivutukki	0,33	0,29	0,17
muu lehtipuutukki	0,08	0,07	0,03
Kuitupuukertymä	3,70	2,92	2,11
mäntykuitu	0,90	0,79	0,51
kuusikuitu	1,72	1,16	1,12
koivukuitu	0,78	0,70	0,35
muu lehtipuukuitu	0,30	0,27	0,12
Hakkuutähde	0,30	0,26	0,21
Luonnonpoistuma	0,62	0,64	0,70
Kasvu	6,70	7,11	7,26
Mänty	1,53	1,56	1,64
Kuusi	3,59	3,93	3,93
Koivu	1,20	1,22	1,28
Muu lehtipuu	0,38	0,39	0,41

jän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus alenee yli 20 m³/ha. Kolmen prosentin korkokannalla laskettu hakkuumäärän arvio jää kolmen vuosikymmenen aikana kuusi prosenttia alemmalle tasolle kuin neljän prosentin korkokannalla laskettu ja puuston keskitilavuus kohoaa 10 m³/ha.

Lopputuottoarvorajoite hakkuulaskelmassa II ei ole sitova: tuottoarvo laskelmakauden lopussa on yli 20 prosenttia korkeampi kuin alussa. Kun hakkuulaskelmavaihtoehto II lopputuottoarvorajoitetta nostetaan 30 prosentilla, hakkuukertymä jää vajaat 2 prosenttia alemmalle tasolle kuin alkuperäisessä laskelmassa ja puuston keskitilavuus kohoaa 40 m³/ha viiden vuosikymmenen kuluessa.



Kuva 8. Hakkuupinta-alat hakkuutavoittain vuosina 1999–2028 vaihtoehdoissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.



Kuva 9. Hakkuukertymä kivennäis- ja turvemailla vuosina 1999–2028 vaihtoehdoissa I, II ja III Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella.

Puuntuotannon rajoitusten poistaminen lisäsi ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestäväen hakkuumäärän arviota 4,5 ja hakkuumahdotta 5,9 prosenttia. Koko kolmenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vastaavan lisäyksen ennakoidaan olevan suurimman kestäväen hakkuumäärän arviossa 4,2 ja hakkuumahdossa 4,1 prosenttia.

Inventointia seuraavalle kymmenvuotiskaudelle VMI:n maastotöiden yhteydessä tehtyjen hakkuuehdotusten perusteella simuloitu hakkuukertymä oli 7,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta harvennuksia oli 38 prosenttia. Hakkuukertymästä oli mäntyä 26, kuusta 52 ja lehtipuuta 22 prosenttia. Kokonaishakkuu-ala oli 47 500 hehtaaria, josta harvennuksia oli 25 600 hehtaaria.

Ns. yhden käyrän harvennusmallin sisältävillä ohjeilla laskettu suurimman kestäväen hakkuumäärän arvio ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella oli 2,2 prosenttia suurempi ja korjuukustannukset 3,6 prosenttia suuremmat kuin ns. kahden käyrän harvennusmallin ohjeilla lasketut. Harvennusten osuus kertymästä yhden käyrän mallin ohjeilla lasketussa ratkaisussa oli 3,6 prosenttiyksikköä suurempi kuin ns. kahden käyrän harvennusmallin ohjeilla lasketussa. Hakkuupinta-alassa ero harvennusmallien välillä oli suurempi. Ns. yhden käyrän harvennusmallin mukaan lasketussa suurimman kestäväen hak-

kuumäärän arviossa ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella kokonaishakkuupinta-ala oli 11 prosenttia ja harvennuspinta-ala 28 prosenttia suurempi kuin ns. kahden käyrän harvennusmallin mukaan lasketussa. Erot pienenevät 30 vuoden laskelmakauden kuluessa. Ns. yhden käyrän harvennusmallin ohjeilla simuloitujen vaihtoehtojen kokonaismäärä oli 27 prosenttia suurempi kuin ns. kahden käyrän harvennusmallin ohjeilla simuloitu.

5 Tulosten tarkastelu

Laskelmissa sovellettu käsittelyluokitus ei täysin vastaa Suojelupinta-alaprojektin (Metsien suojelupinta-alat 1999) luokitusta (Nuutinen ja Hirvelä 2000).

Puuntuotannon rajoitusten vaikutuksia kokonaishakkuukertymään ei voi tulkita VMI6:n ja VMI7:n yhteydessä esitettyksi, lähinnä puuntuotannon ulkopuolelle jäävään puustoon ja sen kasvuun perustuvaksi suojeluvähennykseksi. Optimoinnilla haetuissa tehokkaissa tuotanto-ohjelmissä hakkuumahdollisuudet riippuvat aina puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien rakenteesta. Jos puuntuotannon metsien rakenne muuttuu, saattavat hakkuut – ja suojelun vaikutus – kohdentua määrällisesti ja ra-

kenteellisesti eri tavalla.

Hämeen-Uudenmaan metsätalouden alueellisessa tavoiteohjelmassa (Metsätalouden alueellinen... 1998) todetaan, että monimuotoisuuden kannalta tärkeitä reheviä lehtoja ja vanhojen metsien alueita on metsäkeskuksen alueella suojeltu vähän. Jos puuntuotantoon käytettävissä olevien metsien määrä vähenee laskelmissa oletetusta, metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä.

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

Laskelmissa ei otettu huomioon metsiköiden sijaintia suhteessa toisiinsa, metsiköiden sijaintia suhteessa puun käyttöpisteisiin eikä näiden vaikutusta puustamaksukykyyn tai puun kysyntään. Nämä tekijät yhdessä saattavat ratkaista sen, jääkö esimerkiksi osa ensiharvennuspuustoista todellisuudessa puuntuotannon ulkopuolelle. Laskelmissa I ja II harvennusten määrä oli huomattavasti pienempi kuin VMI:n maastossa tehtyihin hakkuuehdotuksiin perustuvassa laskelmassa. Osa metsänhoidon kannalta tarpeellisiksi todetuista ensiharvennuksista voi jäädä tekemättä, mikäli toiminnan kannattavuus ratkaisee hakkuuiden kohdentumisen.

Laskelmissa ei 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.

Kaikissa laskelmissa oletettiin, että päätehakkuiden jälkeen metsänuudistamisessa – luontaisesti, kylväen tai istuttaen – ei viivytellä. Myös taimikonhoitotyöt oletetaan tehtävän suositusten mukaisesti. Metsien hakkuumahdollisuudet pienenevät tässä esitetyistä, jos metsänhoitotöissä viivytellään tai nuoret metsät jäävät hoitamatta.

Ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumahdoton 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.

Hakkuumahdon (laskelma I) mukainen hakkuukertymä oli 1,3 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin VMI:n maastossa tehtyjen hakkuuehdotusten perusteella simuloitu, vaikka kokonaishakkuuala oli noin 1 000 hehtaaria pienempi. Laskelmassa I avohakkuuala oli 20 800 hehtaaria eli 8 300 hehtaaria enemmän kuin VMI-ehdotusten perusteella simuloitu. Sen sijaan laskelmassa I tehtiin harvennuksia 9 100 hehtaaria vähemmän kuin VMI-ehdotusten mukaisessa simuloinnissa. Eroon avohakkuiden määrissä vaikuttaa mm. uudistamiskriteerien soveltaminen. VMI:ssä uudistushakkuuehdotus määritetään puuston iän perusteella. MELA-laskelmissa uudistushakkuu simuloidaan, kun puusto saavuttaa joko uudistamiskriteeriksi määritetyn iän tai keskiläpimitan, minkä seurauksena uudistushakkuuta voidaan tehdä keskimäärin aikaisemmin kuin VMI-ehdotuksissa.

Hakkuumäärien eroon laskelman I ja VMI-ehdotusten välillä voi olla syynä myös hakkuuiden ajoitus. VMI:ssä toimenpideehdotukset ryhmitellään jo myöhässä oleviin, lähimmällä 5-vuotiskaudella tehtäviin ja toisella 5-vuotiskaudella tehtäviin. MELA-laskelmissa hakkuut simuloidaan 10-vuotisjakson puolivälissä. Tällöin osa toisella 5-vuotiskaudella tehtäväksi ehdotetuista hakkuista ei vielä toteutua annettuja käsittelysuosituksia.

Kaikkia VMI-ehdotusten mukaisia toimenpiteitä, erityisesti harvennushakkuuta, ei voitu simuloida. VMI-ehdotukset on tehty maastossa koko metsikkökuviolle, mutta MELA-laskelmassa toimenpiteet simuloidaan koealoittain. Jos koealan puusto jää harvennusrajan alapuolelle, toimenpidettä ei simuloida.

Yhden käyrän harvennusmalliin ja minimikertymärajoitteeseen perustuvassa laskelmassa simuloitiin huomattavasti enemmän vaihtoehtoja kuin ns. kahden käyrän mallilla. Harvennusvoimakkuuden suhteen poikkeavien kehitys- ja käsittelyvaihtoehtojen ansiosta laskelmassa on enemmän endogeeni-

suutta kuin kahden käyrän mallilla lasketussa. Lisääntyneiden harvennusvaihtoehtojen ansiosta löytyi laskelmalle II asetetut tavoitteet ja rajoitteet toteuttava tuotanto-ohjelma, jossa on enemmän harvennuksia kuin alkuperäisessä laskelmassa.

Vuosien 1994–1998 keskimääräisten hakkuiden mukainen laskelma (vaihtoehto III) havainnollistaa, miten metsävarat kehittyisivät hakkuiden jäädessä huomattavasti alemmalle tasolle kuin metsävarojen käytön kannalta olisi mahdollista. Toteutuneet hakkuut ovat olleet selvästi kuusipainotteisempia kuin hakkuumahto (vaihtoehto I) tai suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (vaihtoehto II).

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvio (vaihtoehto II) on hakkuusuunnitteen yläraja, jos puuntuotannon kestävyttä metsäkeskuksen alueella pidetään tavoiteltavana. Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella suurimman kestävän hakkuumäärän arvio on noin neljänneksen pienempi kuin metsänkäsitteleysoositusten mukainen hakkuumahto ja 1,7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa suurempi kuin vuosina 1994–1998 keskimääräiset hakkuut.

Hakkuukertymää vastaava hehtaarikohtainen kokonaispoistuman arvio (taulukko 8) on noussut VMI8:n yhteydessä (Salminen ja Salminen 1998) esitetystä. Luonnonpoistuman osuus ensimmäisellä 10-vuotiskaudella on laskelmissa lähes 10 prosenttia kokonaispoistumasta. Kasvua suurempi poistuma on tilapäinen ilmiö ja johtuu ikääntyneiden, kasvuaan hidastaneiden ja uudistuskypsien metsien määrästä. Metsien hakkuumahdollisuudet pienevät tässä esitetyistä, jos hakkuut eivät kohdistu hakkuukypsimpien metsien puustoihin.

Varttuneissa kasvatusmetsissä ja sitä nuoremmisissa metsissä ikärakenne on tasainen, minkä vuoksi puuntuotannon kestävyys on tukevalla pohjalla. Kertymä- ja lopputuottoarvorajoitteet eivät ole sitovia laskelmakauden aikana. Sen sijaan tukkikertymärajoite on sitova kolmannelta kaudelta alkaen.

Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa männyn osuus ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella on suurempi ja kuusen pienempi kuin hakkuumahdon perusteella voisi olettaa. Suurimman kestävän hakkuumäärän arvioissa ei edellytetty puulajikohtaista kestävyttä, mikä mahdollisti hakkuiden kohdentumisen uudistuskypsiin männiköihin ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella ja kuusen hakkuiden lisääntymisen vasta toisella ja kolmannella kym-

menvuotiskaudella. Uudistuskypsiä ja uudistuskypsyyttä lähellä olevia kuusikoita säästetään tukkipuun saannon turvaamiseksi pidemmälle aikavälille. Kuusitukin säästämistapoihin liittyy kuitenkin riskejä (esimerkiksi tyvilaho), joita näissä laskelmissa ei otettu huomioon. Tukkipuun tasaisuusvaatimukseen liittyy riskejä pidemmällä aikavälillä myös istutusmänniköiden laadun suhteen.

VMI7-aineistoon perustuva tukkivähennysmalli ei riitä kuvaamaan puun laadun kehitystä. Kuusikoiden tyvilahon riskialueella (Metsätalouden alueellinen...1998) tämä laskelmissa tehtyihin oletuksiin liittyvä rajoitus on otettava huomioon tulosten tulokinnassa ja uudistamisjärjestyksen valinnassa.

Kilkki (1987) korostaa metsävarojen nykytilan merkitystä korkokannan valinnassa. Korkokannan suhteen tehty herkkyysanalyysi havainnollistaa erilaisten tuottovaatimusten ja aikapreferenssien seurauksia hakkuuohjelmina ja puuvarannon kehityksenä, kun lähtökohtana ovat nykyiset metsävarat, niiden kasvu ja kasvuodotukset sekä puun hinta ja puunhankinnan kustannukset.

Hakkuulaskelmat tehtiin 50 vuoden laskelmakaudelle. Laskelmakauden jälkeinen puuntuotannon kestävyys sisältyi laskelmiin lopputuottoarvoa koskevana rajoitteena kuten aikaisemmissakin VMI9-aineistoon perustuvissa hakkuumahdollisuusarvioissa (Hirvelä ym. 1998, Hirvelä ym. 1999, Hirvelä 1999, Hirvelä ja Härkönen 1999, Hirvelä 2000, Nuutinen ja Hirvelä 2000). Alkutuottoarvon suhteen määritellyllä rajoitteella on pyritty yhteismitallisuuden eri alueilla.

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

Tuloksiin liittyvän epävarmuuden vuoksi tuloksia ei voi pitää toteutuvan kehityksen ennusteina, vaan olemassa olevan tiedon ja tehtyjen oletusten varassa laskettuina arvioina.

Kiitokset

Alkuperäisen maastoaineiston on kerännyt valtakunnan metsien inventointi. Parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille.

Kirjallisuus

- Hirvelä, H. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Kymen metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 3B/1999: 587–601.
- 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2000: 233–253.
- & Härkönen, K. 1999. Uppskattningar av avverkningsmöjligheterna inom landskapet Åland åren 1997–2026. Metsätieteen aikakauskirja 4B/1999: 769–783.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1998: 279–291.
- , Nuutinen, T. & Salminen, O. 1999. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1996–2025 Keski-Suomen ja Pohjois-Savon metsäkeskusten alueilla. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1999: 289–307.
- Hynynen, J. 1996. Puuston kehityksen ennustaminen MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 21–37.
- 1998. Mitä käyttäjän tulisi tietää MELAn kasvumalleista. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Mäkelä, P. (toim.). MELA98 ja tietojärjestelmäajennukset. MELA-käyttäjöpäivät 7.5.1998 Helsingissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 713: 18–29.
- , Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, H., Haapala, P., Härkönen, K. & Repola, J. 2000. 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.
- 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. 45 + 53 s.
- , Alenius, V. & Penttilä, T. 1997. Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica* 31(2): 161–178.
- , Alenius, V. & Salminen, H. 2000. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. *Suo* 51(1): 1–10.
- Kilkki, P. 1987. Timber management planning. *Silva Carelica* 5. University of Joensuu. 2. painos. 159 s. ISBN 951-696-528-8.
- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tontteri, T. & Tuomainen, T. 2000. Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1965–99. Metsätieteen aikakauskirja 3B/2000: 489–566.
- 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.
- 1967. Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964–65. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964–65. *Folia Forestalia* 27. 56 s.
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 93(6). 107 s.
- & Nyysönen, A. 1962. Tavoitehakkuulaskelma. Summary: The cutting budget for a desirable growing stock. *Acta Forestalia Fennica* 74(6). 34 s.
- & Salminen, S. 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. 1974. Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-

- Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971–72. Summary: Forest resources in the district of Ahvenanmaa, and the forestry board district of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo ja Etelä-Karjala in 1971–72. *Folia Forestalia* 191. 64 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. Metsänhoitosuositukset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6/1994. 2. painos. Helsinki. 72 s.
- Metinfo. 1999. Metsäsektorin suorakäyttöinen tietojärjestelmä. Metsäntutkimuslaitos. WWW-sovellus (<http://www.metla.fi>).
- Metsien suojelupinta-alat. Suojelupinta-alaprojektin raportti. 1999. Suomen ympäristö 300. Ympäristöministeriö. Oy Edita Ab, Helsinki. 44 s. ISBN 951-37-2869-2.
- Metsäluonnon hoito hakkuissa ja metsän uudistamisessa. 1997. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. 12 s. + liitteet.
- Metsätalouden alueellinen tavoiteohjelma. 1998. Hämeen-Uudenmaan metsäkeskus. Moniste. 54 s. + liitteet.
- Metsätalustollinen vuosikirja 1999. 1999. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. 352 s.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1999–2027 Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2000: 413–428.
- , Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Ojansuu, R. 1996. Kangasmaiden kasvupaikan kuvaus MELA-järjestelmässä. Julkaisussa: Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.). Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612: 39–56.
- , Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – Metsä 2000-versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. Puuntuotoksen tutkimussuunta. 59 s.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineessa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisu 2.
- Ryynänen, S. & Tuomi, S. 1982. Polttopuun korjuu ja käyttö maataloilla. Tilakohtainen inventointi v. 1979. Työtehoseuran julkaisu 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 Keskeisessä 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. 1999. Metsien käsittely endogeenisestä analyysistä – näkökulmia ja näkemyksiä. Julkaisussa: Nuutinen, T. & Suokas, A. (toim.). MELA99 ja metsätalouden suunnittelu. MELA-käyttäjöpäivä ja tutkimusseminaari 11.–12.5.1999 Majvik, Kirkkonummi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 752: 10–23.
- , Härkönen, K., Hirvelä, H., Jämsä, J., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Teuri, M. 1996. MELA Handbook – 1996 Edition. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 622. 452 s.
- , Härkönen, K., Kilpeläinen, H. & Salminen, O. (toim.) 1999. MELA Handbook, 1999 Edition. Metsäntutkimuslaitos. 492 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1998. Maastotyön ohjeet 1998. Etelä-Suomi. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 150 s.
- Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). 1999. Maastotyön ohjeet 1999. Häme-Uusimaa, Pirkanmaa ja Etelä-Savo. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 145 s.

43 viitettä