



■ Antti Ihalainen

Antti Ihalainen

## Metsähukkapuu ja luonnonpoistuma poistumatilastoissa

**Ihalainen, A.** 2013. Metsähukkapuu ja luonnonpoistuma poistumatilastoissa. Metsätieteen aikakauskirja 3/2013: 609–623.

Puuston poistuman tilastointia varten saadaan tiedot hakkuukertymästä puun ostajien tekemien ilmoitusten perusteella. Hakkuissa syntyvästä metsähukkapuusta sekä käyttämättä jäävästä luonnonpoistumasta ei saada vuosittaisia tietoja, vaan poistumatilastossa käytetyt luvut ovat perustuneet harvemmin tehtyihin selvityksiin ja arviointeihin.

Valtakunnan metsien 9. inventoinnin (1996–2003) koealoista mitattiin lähes neljäsosa uudestaan 10. inventoinnissa vuosina 2005–2008. Aineistosta on mahdollista laskea tuloksia, joita ei voi laskea kertakoealoilta. Tässä työssä selvitettiin 1) hakkuissa metsään jäävän hukkapuun osuus sekä 2) arvio vuotuisen luonnonpoistuman määrästä. Metsähukkapuun osuus laskettiin ensimmäisen ja toisen mittauskerran välillä hakattujen puiden perusteella. Vuotuisen luonnonpoistuman suuruus laskettiin mittausten välisenä aikana kuolleiden puiden perusteella.

VMI-aineistosta laskettu hakkuissa syntyvän hukkapuun osuus on havupuilla samaa suuruusluokkaa kuin aiemmin käytössä olleet luvut, mutta lehtipuilla osuudet ovat aiemmin käytössä olleita suurempia. VMI-aineistosta laskettu vuotuinen metsään jäävä luonnonpoistuma on 4,7 miljoonaa kuutiometriä, mikä on suurempi kuin aiemmin käytössä ollut arvio. Uusia tuloksia testattiin laskemalla VMI9:n ja VMI10:n välinen metsätase.

Asiasanat: metsähukkapuu, luonnonpoistuma, valtakunnan metsien inventointi, puuston poistuma, metsätase.

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Etelä-Suomen alueyksikkö, PL 18, 01301 Vantaa

Sähköposti: antti.ihalainen@metla.fi

Saatavissa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/13/ff133609.pdf>

## I Johdanto

Puuston *poistuma* sisältää kaiken metsien elävästä puustosta (*growing stock*) poistuvan runkopuun. Poistuman pääosa on *hakkuukertymää*. Muuta poistumaa ovat hakkuisiin liittyvä *metsähukkapuu* sekä käyttämättä jäävä *luonnonpoistuma*.

Hakkuukertymään sisältyy teollisuuden käyttöön tai vientiin hakattu kotimainen ainespuukokoinen raakapuu eli *markkinahakkuut* sekä *kotitarvepuu* (piensahojen tekemä sahaus asiakkaan puista) ja *pientalojen polttoraakapuu*. Markkinahakkuiden tilastointi perustuu puun ostajien ja Metsähallituksen ilmoittamiin hakkuutietoihin. Kotitarvesahaoksen ja pientalojen polttopuun käyttö selvitetään harvemmin tehtävillä otantatutkimuksilla (Ylitalo ym. 2000, Torvelainen 2009).

Hakkuisiin liittyvää metsähukkapuuta on kaikki hakkuissa metsään jäävä runkopuu – latvat, rai-vauspuiden rungot, hukkapuutyveykset ja -leikat, ylipitkät kannot sekä korjaamatta jäävät pölkyt. Metsähukkapuun määrä on vuodesta 1965 alkaen (Ervasti ja Huttunen 1967), ja myöhemmin vielä taannehtivasti vuodesta 1955 alkaen (Huttunen 1969), laskettu suhteessa puulajeittaiseen hakkuukertymään käyttäen Mikkolan (1969, 1972) tutkimuksiin perustuvia hukkapuuosuuksia. Mikkolan hukkapuuosuudet ovat olleet siitä asti käytössä, kuitenkin niin, että niihin on tehty polttopuun käytön vähenemisen ja aluemuutosten vuoksi tarpeellisiksi katsottuja tarkistuksia.

Käyttämättä jäävää luonnonpoistumaa on puusto, joka kuolee itsestään ja jota ei korjata käyttöpuuksi. Vuoden 1927 puunkäyttötutkimuksessa (Saari 1934) vuotuisen luonnonpoistuman arvio oli 2,6 miljoonaa kuutiometriä (kuoretonta puuta). VMI2:n raportissa Ilvessalo (1943) toteaa, että ”I:n valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä vajavaisin perustein tehdyissä laskelmissa sen (itseharvenemisen) suuruudeksi saatiin 2,6 milj. m<sup>3</sup>, mutta metsiemme käytön kehityksessä se on epäilemättä paljon supistunut”. Niinpä seuraavassa, vuoden 1938 puunkäyttötutkimuksessa (Osara ym. 1948), ja aina vuoteen 1947 asti käytössä oli uusi luonnonpoistuman arvio 2,0 miljoonaa kuutiometriä. Vuosina 1948–54 luonnonpoistuman arvio oli 1,7 miljoonaa kuutiometriä ja kolmannen puunkäyttötutkimuksen tuloksena vuodesta 1955 al-

kaen 1,0 miljoonaa kuutiometriä (Pöntynen 1962, Ervasti ja Hämäläinen 1964). Sitten poistuma- ja hakkuututkimuksissa on alettu käyttää kuorellisia tilavuuksia, ja niissä (esim. Huttunen 1976, Repo 1985) sekä suunnitearvioissa (Kuusela 1972, Kuusela ym. 1986) käytetty luonnonpoistuman arvio on ollut Pöntynen (1962) arviota vastaava 1,2–1,3 miljoonaa kuutiometriä kuorellista puuta. Vuonna 1998 otettiin käyttöön uusi arvio suuruudeltaan 2,5 miljoonaa kuutiometriä, joka tarkentui vuonna 2003 2,8 miljoonaan kuutiometriin, kun tulos laskettiin parannetulla aineistolla (Korhonen 2002). Molemmat viimeksi mainitut tulokset on laskettu vuosina 1985–86 perustettujen Valtakunnan metsien inventoinnin 3000 pysyvän koealan aineiston vuosien 1990–91 ja 1995 mittauksista (Pysyvien ... 1995).

Kokonaispoistuman laskennassa yhdistetään puumääriä eri tietolähteistä. Lähtötiedot on valittava niin, että mukana on kaikki poistuma, mutta vain yhteen kertaan. Hakkuukertymän rakenteen (s. 611) perusteella hakkuukertymään ei ainakaan merkittävässä määrin sisälly käyttöpuukokoista pienempää puuta, joten VMI-mittauksiin perustuvan hukkapuuosuuden arvioitiin soveltuvan hakkuissa syntyvän metsähukkapuun osuuden laskentaan.

Tutkimuksen tavoite on arvioida hakkuissa syntyvän metsähukkapuun ja luonnonpoistuman määrät valtakunnan metsien inventoinnin aineiston avulla. 1960-luvulla tehty hukkapuuosuuden arvio on vanhentunut, sillä korjuutavat ja -teknologia ovat muuttuneet. Myös energiapuun korjuu on voinut vaikuttaa metsähukkapuun osuuteen. Korjuutapojen ja teknologian muutos on vaikuttanut myös hakkuissa korjaamatta jäävän luonnonpoistuman määrään, kun yksittäisiä kuolleita puita ei enää käydä korjaamassa pois. Pätehakkuisakaan ei enää korjata kuollutta puustoa aiempaan tapaan, kun lahoppuuston määrää pyritään lisäämään. Lisäksi harvennushakkuiden rästit voivat johtaa alle jääneiden puiden kuolemiseen aikaisempaa yleisemmin.

Raportissa esitettävät tulokset perustuvat Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) pysyviin koealoihin. Koealojen ensimmäinen mittaus tehtiin osana 9. inventointia vuosina 1996–2003 ja uusintamittaus 10. inventoinnissa vuosina 2005–2008. Aiemmissa inventoinneissa uudelleenmitattuja koealoja ei ole ollut vastaavassa laajuudessa. Tutkimukseen perustuvat uudet metsähukkapuun osuudet

otettiin käyttöön vuoden 2009 kokonaispoistuman laskennassa, ja uusi tieto luonnonpoistuman määräs-  
tä otettiin käyttöön vuoden 2008 kokonaispoistuman laskennassa.

### Hakkuukertymä vuonna 2009.

(Mäki-Simola ja Uotila 2010, Torvelainen 2009, Ylitalo ym. 2000)

	milj. m <sup>3</sup>
Hakkuukertymä	47,7
Markkinahakkuut	41,4
– tukkipuu	16,8
– kuitupuu	24,2
– polttopuu	0,3
Pientalojen polttoraakapuu	5,4
– klapit (pilkkeet)	3,8
– halot	1,1
– runkopuuhake	0,5
Kotitarvepuu	1,0
– sahaus asiakkaan puusta (vuokra- l. rahtisahaus)	1,0

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Hakatun puuston ja luonnonpoistuma- puuston mittaukset

VMI:n aineisto kerätään systemaattisella koelalo-  
otannalla. Metsikkötiedot kirjataan koelakeski-  
pisteiden ja mitattujen puiden sijaintimetsiköistä,  
ja tilavuuden sekä kasvun laskennassa tarvittavat  
puumittaukset tehdään relaskooppiotannan perus-  
teella koelaan kuuluvista luku- ja koepuista. Koe-  
alat sijaitsevat rypäissä. VMI10:n koelarypäistä  
neljäsosa oli pysyviä eli samoja kuin edellisessä  
inventoinnissa (Valtakunnan ... 2008). Pysyvien  
rypäiden koelaloilla puut on kartoitettu ja maastoon  
on tehty huomaamattomia puiden löytymistä hel-  
pottavia merkintöjä. Ylä-Lapin, eli Enontekiön, Inarin  
ja Utsjoen alueella ei tehty VMI10:n mittauksia. Uu-  
delleenmitattuja koelaloja oli metsä- ja kitumaalla  
kaikkiaan 12 086 kappaletta.

Kaikista koelaan kuuluvista puista (ns. lukupuut)  
mitataan läpimitta ja kirjataan puulaji sekä muut  
tarvittavat tiedot. Joka seitsemäs puu on koepuu,  
joista tehdään mittaukset mm. rungon tilavuuden ja  
puutavaralajiosuuksien laskentaa varten. Puutava-  
ralajien osuudet lasketaan maastossa tehdyn järeän

osan tukki-, kuitu- ja hukkapuuosien pystyapteen-  
auksen ja runkokäyrämallilla lasketun latvahukka-  
osuuden perusteella. Koepuumittauksiin perustuvat  
tulokset yleistetään lukupuille (Tomppo ym. 1998,  
Korhonen ym. 2007) niin, että kaikilla lukupuilla  
on laskentatiedostossa rungon kokonaistilavuus sekä  
tukki- ja hukkapuun tilavuudet. Laskentatiedoston  
tilavuudet ovat yksikkötilavuuksia eli vu-lukuja,  
jotka lasketaan jakamalla tilavuus rinnankorkeuden  
poikkileikkausalalla – relaskooppiokoealan maksi-  
misädettä vastaavaa läpimittaa suuremmilla puilla  
maksimisäde huomioon ottaen (Tomppo ym. 1998).  
”Yksikkötilavuus” viittaa siihen, että vu-luku ker-  
too, kuinka suurta keskitilavuutta (m<sup>3</sup>/ha) jokainen  
relaskooppipuun edustama pohjapinta-alayksikkö  
(1 m<sup>2</sup>/ha) vastaa. Pienet rungot ovat kokonaan huk-  
kapuuta, ja isommilla rungoilla hukkapuu sisältää  
latvaosan sekä laadultaan käyttöpuuksi kelpaamat-  
oman osan.

Lukupuille kirjataan aina *puuluokka* ja pysyvillä  
koelaloilla lisäksi *puutyyppi* (Valtakunnan ... 2008).  
Puutyypin muuttuja on otettu käyttöön pysyvien  
relaskooppiokoealojen tulosten laskentaa ajatellen,  
ja tässä tutkimuksessa sitä käytetään erottelemaan  
vanhat ja uudet lukupuut ja se kertoo mm., onko  
aiemmin mitattu, mutta ennen uusintamittausta  
hakattu puu korjattu pois vai jätetty metsään. Puu-  
luokka erottelee mm. elävät ja kuolleet puut.

Pysyvien koelalojen VMI10-mittauksessa kirjattiin  
kantoina puut, jotka oli mitattu VMI9:ssä, mutta oli  
sen jälkeen hakattu. Kannoista kirjattiin hakkuun  
aika ja hakkuutapa sekä tieto siitä, oliko puu korjattu  
pois vai raivattu maahan (puutyypin). Metsähukka-  
puun tuloslaskentaan otettiin edellisen mittauskerran  
elävistä puista sekä pois korjatut että maahan raiva-  
tut. Kuolleista puista otettiin mukaan vain ne, jotka  
oli korjattu pois eli ne sisältyvät hakkuukertymään.  
Viimeksi mainittuja puita oli aineistossa 217, kun  
aineistossa oli kaikkiaan 19 054 hakattua puuta (tau-  
lukko 1). Lähes kaikki hakatut havupuut oli korjattu  
pois, mutta hakatuista lehtipuista neljäsosa oli met-  
sään jätettyjä raivauspuita. Metsähukkapuuaineiston  
puiden määrä on suurin alueella 4, jolla VMI9:n ja  
VMI10:n mittausten välinen aika oli pisin.

Luonnonpoistuman laskentaan tarvittiin kaksi ai-  
neistoa – uudet luonnonpoistumapuut (lupo-puut)  
vuotuisen luonnonpoistuman kokonaismäärän las-  
kemista varten sekä hakatut luonnonpoistumapuut

**Taulukko 1.** Puiden lukumäärä metsähukkapuun ja luonnonpoistuman laskenta-aineistoissa.

	Mänty	Kuusi	Lehtipuut Puiden lukumäärä	Yhteensä
<b>Metsähukkapuunaaineisto</b>				
Alue 1	1360	2269	903	4532
Alue 2	1300	1319	700	3319
Alue 3	936	926	466	2328
Alue 4	2060	2748	1360	6168
Alue 5	1318	599	790	2707
Koko maa	6974	7861	4219	19054
Korjatut puut	6704	7507	3192	17403
Raivauspuut	270	354	1027	1651
Yhteensä	6974	7861	4219	19054
<b>Luonnonpoistuma-aineisto</b>				
Uudet lupo-puut	800	514	906	2220
Hakatut lupo-puut	115	78	24	217
Alue 1	Ahvenanmaa (VMI9 vuonna 1997), Rannikko/Eteläosa (1998), Lounais-Suomi (1998), Häme-Uusimaa (1998–99) ja Pirkanmaa (1999)			
Alue 2	Kaakkois-Suomi (1997–98) ja Etelä-Savo (1999–2000)			
Alue 3	Etelä-Pohjanmaa (1997) ja Rannikko/Pohjanmaa (1997)			
Alue 4	Keski-Suomi (1996), Pohjois-Savo (1996) ja Pohjois-Karjala (2000)			
Alue 5	Kainuu (2001), Pohjois-Pohjanmaa (2001–02) ja Lappi (2002–03)			

luonnonpoistuman vuotuisen hakkuumäärän laske-  
mista varten. Ensinmainittuja ovat puut, jotka on  
mitattu uusintamittauksessa kuolleina (luku)puina ja  
VMI9:ssä joko elävinä puina tai ei ollenkaan, eli ne  
ovat ensin kasvaneet yli mittauskynnyksen ja kuol-  
leet sen jälkeen. Uusia luonnonpoistumapuita oli  
aineistossa kaikkiaan 2220 kappaletta (taulukko 1).  
Hakattua luonnonpoistumaa ovat puut, jotka on mi-  
tattu kuolleina puina VMI9:ssä ja pois korjattuina  
hakattuina puina (kantoina) uusintamittauksessa.  
Näitä puita oli, kuten edellä todettiin, 217 kappaletta.

## 2.2 Puiden kasvatus ja tilavuuden laskenta

VMI10:n mittaukset tehtiin vuosina 2004–2008 –  
aiemmista inventoinneista poiketen kunakin vuonna  
koko maan alueella. Kun pysyviä koealoja ei mitattu  
ensimmäisenä kesänä, ja VMI9:n mittaukset tehtiin  
alueittain edeten vuosina 1996–2003, voi VMI9:n ja  
VMI10:n mittauksen välinen aika olla 2–12 vuotta.  
Metsähukkapuunaaineiston puiden tilavuudet kasva-  
tettiin hakkuun ajankohtaan. Luonnonpoistuma-  
aineiston puiden tilavuuksia ei kasvatettu, sillä uu-  
det luonnonpoistumapuut on mitattu VMI10:ssä ja  
hakatut lupo-puut eivät ole kasvaneet ensimmäisen  
mittauksen ja hakkuun välillä.

Päivityksessä puille laskettiin ensin mm. Motissa  
käytettävillä malleilla uusi läpimitta (mallien periaa-  
te: Hynynen ym. 2002) ja ennustettiin sitä vastaava  
puuluokka. Kasvatus tehtiin täysin kasvukausina  
hakkuuvuoden ja VMI9:n mittausvuoden erotuksen  
perusteella. Tilavuus ja puutavaralajiosuudet (vu-  
lulut) päivitettiin sitten tekemällä koepuutietojen  
lukupuuyleistys käyttäen näitä kasvatettuja läpimit-  
toja ja päivitettyjä puuluokkia. Vu-lulut laskettiin  
kasvattamattomien läpimittojen mukaisina, eli pui-  
den edustama runkoluku määritettiin ensimmäisen  
eli VMI9-mittauksen läpimitan mukaisesti (May  
1988, s. 7).

Poistumapuuston kokonaistilavuus ja hakatun  
puuston hukkapuuosuus laskettiin normaaliin VMI:n  
tuloslaskennan tapaan (Tomppo ym. 1998, Korho-  
nen ym. 2007). Jos hakattu puu oli jätetty korjaa-  
matta, luettiin koko tilavuus puutavaralajiosuuksis-  
ta riippumatta hukkapuuksi. Poistumat muutettiin  
vuotuisiksi jakamalla ne mittausvuosien erotuksella.  
Näin menetellen tulosten laskennassa ei tarvinnut  
muulla tavoin painottaa koealojen mittausvälien  
eroista aiheutuvia puumääräeroja.

Tulosten luotettavuutta ei ollut mahdollista ar-  
vioida normaaleilla VMI-tulosten keskivirhelas-  
kennan menetelmillä. Luonnonpoistuma-arvioiden  
ryväskeskisarvojen suhteellinen keskivirhe laskettiin

**Taulukko 2.** VMI-aineistoon perustuva hakkuupoistuma sekä tilastoitu kokonaispoistuma puulajeittain.

Puulaji	VMI-aineisto		Hakkuutilastot 1996–2008	
	Hakkuupoistuma, milj. m <sup>3</sup> /v	Puulajin osuus, %	Poistuma, milj. m <sup>3</sup> /v	Puulajin osuus, %
Mänty	23,7	38	27,2	40
Kuusi	26,9	43	27,4	40
Lehtipuut	12,0	19	13,5	20
Yhteensä	62,7	100	68,1	100

satunnaisotannan estimaattorilla. Muuten metsähukkapuu- ja luonnonpoistumatulosten luotettavuutta arvioitiin vertaamalla tuloksia VMI:ssä tehdyistä kuolleen puuston mittauksista saatuihin tuloksiin, sekä tekemällä VMI9:n ja VMI10:n välistä jaksoa koskeva metsätasetarkastelu.

## 3 Tulokset

### 3.1 Metsähukkapuu

VMI-aineiston hakatuista puista laskettu vuotuinen hakkuupoistuma on 62,7 miljoonaa kuutiometriä (taulukko 2), josta on käyttöpuuta 56,0 milj. m<sup>3</sup> ja hukkapuuta 6,7 milj. m<sup>3</sup>. Aineistoon sisältyvät puut on hakattu alueittain vaihdellen jaksolla 1996/2003–2008, joten tulos ei edusta minkään tietyn vuoden tai jakson hakkuuta. VMI-aineistosta ei ole aiemmin laskettu vastaavia tuloksia, joten jonkinlaisen kuvan saamiseksi siitä, miten tulos vastaa hakkuutilastoja, tulosta verrattiin vuosien 1996–2008 keskimääräiseen poistumaan. VMI-tulos on 5,4 miljoonaa kuutiometriä (8%) pienempi kuin vertailujakson tilastoitu kokonaispoistuma. Ero ei ole niinkään suuri, kun otetaan huomioon, että VMI-tulokseen ei sisälly käyttämättä jäävää luonnonpoistumaa, jonka suuruus poistumatilastossa on ko. jaksolla ollut vuodesta riippuen 1,3–4,7 milj. m<sup>3</sup>/v, eikä Ylä-Lapin hakkuuta. Vertailun perusteella voidaan arvioida, että VMI-aineiston hakatut puut on käyttökelpoinen aineisto poistumaa koskevissa laskennoissa, varsinkin kun tavoitteena ei ole selvittää hakkuupoistuman kokonaismäärää, vaan sen hukkapuuosuus.

Alustavat tulokset laskettiin metsäkeskusalueittain (taulukko 3). Hakkuupoistuman hukkapuuosuus on koko VMI-aineistossa 10,6% – havupuilla vajaat

6% ja lehtipuilla 32%. Metsäkeskusalueittain männyhukkapuuosuus on 2,5–8,3%, kuusen 3,9–7,0% ja lehtipuun 8,8–42,5%. Tulosten luotettavuusarvioita ei ollut mahdollista laskea, mutta otantavarhe lienee suhteellisen korkea, ja jo alunperin oli tavoitteena lopullisten tulosten laskeminen metsäkeskusryhmittäin. Aluejakoa varten tarkasteltiin hakkuupoistuman hukkapuuosuuden lisäksi alueiden koko puuston hukkapuuosuutta (taulukko 4), metsien kehitysluokkarakennetta sekä erilaisten hakkuutapojen yleisyyksiä.

Männyllä on havaittavissa jonkinlainen riippuvuus hakkuupoistuman ja pystypuuston hukkaosuuksissa. Molemmat ovat suhteellisen suuria Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaan rannikolla sekä Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin metsäkeskuksissa ja pieniä Pirkanmaalla ja Etelä-Savossa. Pohjois-Savossa puolestaan on kaikkein suurin poistuman hukkapuuosuus, mutta pystypuuston hukkaosuus on (vain) 4,2%. Pohjois-Suomen metsäkeskuksien männiköistä on suhteellisen suuri osuus varttuneita taimikoita ja nuoria kasvatusmetsiä, kun taas uudistuskypsien osuus on huomattavan pieni (alle 10%).

Kuusella ei ole kovin suurta riippuvuutta hakkuupoistuman ja pystypuuston hukkaosuuksien välillä. Hakkuupoistuman hukkapuuosuus on Pohjois-Suomessa suurempi kuin Etelä-Suomessa, mutta ei kuitenkaan siinä määrin kuin voisi olettaa pystypuuston hukkapuuosuuksien perusteella. Pohjois-Suomessa on paljon vanhoja eri tavoin vikaisia kuusikoita, ja kuusen hakkuupoistuman suhteellisen pieni hukkapuuosuus saattaa viitata niiden säästelyyn hakkuissa. Lehtipuulla ei näy riippuvuutta hakkuupoistuman ja pystypuuston hukkapuuosuuksien välillä.

Hakkuutapojen tarkastelussa kiinnitettiin huomiota taimikonhoidon ja ensiharvennuksen (oletuksena positiivinen riippuvuus hakkuupoistuman hukkapuuosuuden kanssa) ja päätehakkuuden (oletuksena

**Taulukko 3.** Hakkuupoistuman hukkapuuosuus metsäkeskuksittain.

Metsäkeskus	Puulaji			Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Lehtipuut	
Hukkapuun osuus, %				
Ahvenanmaa	2,5	3,9	36,2	11,2
Rannikko/Eteläosa	2,5	6,6	16,6	6,9
Rannikko/Pohjanmaa	5,0	4,7	8,8	5,4
Lounais-Suomi	5,5	5,7	38,5	10,5
Häme-Uusimaa	5,7	5,1	28,6	10,2
Kaakkois-Suomi	6,3	5,7	39,8	11,8
Pirkanmaa	3,9	7,1	42,5	13,0
Etelä-Savo	4,4	6,5	23,2	9,0
Etelä-Pohjanmaa	7,3	4,8	30,5	11,0
Keski-Suomi	5,7	4,3	29,2	9,5
Pohjois-Savo	8,3	4,8	35,7	11,7
Pohjois-Karjala	4,6	4,3	35,8	9,9
Kainuu	5,1	6,6	37,5	10,7
Pohjois-Pohjanmaa	6,7	7,0	27,8	13,6
Lappi	6,7	5,7	32,4	10,7
Koko maa	5,8	5,5	31,7	10,6

**Taulukko 4.** Pystypuuston hukkapuuosuus puuntuotannon metsämaalla metsäkeskuksittain.

Metsäkeskus	Puulaji			Yhteensä
	Mänty	Kuusi	Lehtipuut	
Hukkapuun osuus, %				
Ahvenanmaa	5,0	7,6	17,9	9,1
Rannikko/Eteläosa	3,4	5,6	12,3	6,3
Rannikko/Pohjanmaa	5,8	8,5	20,3	10,4
Lounais-Suomi	3,6	5,3	14,8	6,2
Häme-Uusimaa	3,3	4,3	14,9	6,3
Kaakkois-Suomi	4,0	5,3	14,6	6,4
Pirkanmaa	3,8	5,6	13,4	6,5
Etelä-Savo	3,7	5,2	17,7	7,1
Etelä-Pohjanmaa	6,0	7,5	20,2	8,9
Keski-Suomi	4,3	5,4	18,7	7,6
Pohjois-Savo	4,2	5,9	18,6	8,4
Pohjois-Karjala	4,6	6,4	21,0	8,3
Kainuu	6,4	9,2	26,4	10,7
Pohjois-Pohjanmaa	7,0	9,6	22,1	10,7
Lappi	7,1	11,4	29,1	11,9
Koko maa	5,3	6,3	19,7	8,5

negatiivinen riippuvuus) yleisyyteen. Kovin selviä riippuvuuksia ei ollut havaittavissa, mutta esim. Pohjanmaan rannikolla, missä hukkapuun osuus hakkuupoistumasta oli pienin (5,4 %), oli pätehtakuiden osuus hakkuualasta kaikkein suurin (39 %).

Tehdyn tarkastelun perusteella metsäkeskukset yhdistettiin tuloslaskentaa varten viideksi alueeksi (taulukko 5).

- Alue 1 Ahvenanmaa, Rannikko/Eteläosa, Lounais-Suomi, Häme-Uusimaa ja Pirkanmaa
- Alue 2 Kaakkois-Suomi ja Etelä-Savo
- Alue 3 Etelä-Pohjanmaa ja Rannikko/Pohjanmaa
- Alue 4 Keski-Suomi, Pohjois-Savo ja Pohjois-Karjala
- Alue 5 Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa ja Lappi

Näillä alueilla hakkuupoistuman hukkapuuosuus on havupuilla 4,5–6,8 % ja lehtipuilla 26–34 %

**Taulukko 5.** Hakkuupoistuman hukkapuuosuudet las-kenta-alueittain.

	Mänty	Puulaji Kuusi Hukkapuun osuus, %	Lehtipuut	Yhteensä
Alue 1	4,8	5,9	33,8	10,7
Alue 2	5,2	6,2	29,8	10,2
Alue 3	6,8	4,7	26,1	9,5
Alue 4	6,0	4,5	33,6	10,4
Alue 5	6,2	6,4	30,9	11,7
Koko maa	5,8	5,5	31,7	10,6

(taulukko 5). Vaikka alueet eivät ole aivan samoja kuin Mikkolalla (1972), vastaavat ne toisiaan siinä määrin, että tuloksia voi vertailla. Männyn hukkapuuosuus on kaikilla alueilla hyvin lähellä Mikkolan runkokohtaista hukkapuuosuutta. Suurin ero on 2,8 %-yksikköä, joka on Mikkolan Kainuu – Pohjois-Pohjanmaan (9,0 %) ja uuden Pohjois-Suomen (6,2 %) välillä.

Kuusen uusi hukkapuuosuus on Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa ja koko Pohjois-Suomessa noin 4 %-yksikköä pienempi kuin Mikkolalla. Tulos voi selittyä sillä, että alueilla ei enää ole vanhoja huonolaatuisia kuusikoita siinä määrin kuin aikaisemmin, tai niissä ei tehdä hakkuuta samassa määrin kuin aiemmin. Muilla alueilla kuusen hukkapuuosuus on likimain sama kuin Mikkolalla.

Lehtipuulla hukkapuun osuus hakkuupoistumasta on uuden tutkimuksen perusteella kaikilla alueilla noin 30 %. Mikkolalla lehtipuun hukkaosuus oli melko suuri (noin 25 %) Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa. Muualla osuus oli vain noin 10 %. Lehtipuun hukkaosuutta suurentanee VMI-laskennassa se, että siinä ovat mukana kaikkein pienimmätkin puut, kun Mikkolalla oli rajana 5 sentin kantoläpimita. Suurempi merkitys on kuitenkin sillä, että lehtipuun poistumasta suuri osa on pieniläpimitaista puustoa, jonka hukkapuuosuus (nykyisillä minimimitoilla) on suuri. On kuitenkin syytä todeta, että poistuman laskennassa käytettyjä lehtipuun hukkapuuosuuksia on suurennettu Mikkolan (1972) osuuksiin verrattuna lähinnä Etelä-Suomen alueella noin 5 %-yksiköllä jo vuonna 1982 lehtipuun vähentyneen polttopuukäytön vuoksi (Veli Suihkonen ja Yrjö Sevola, Metla, suull.).

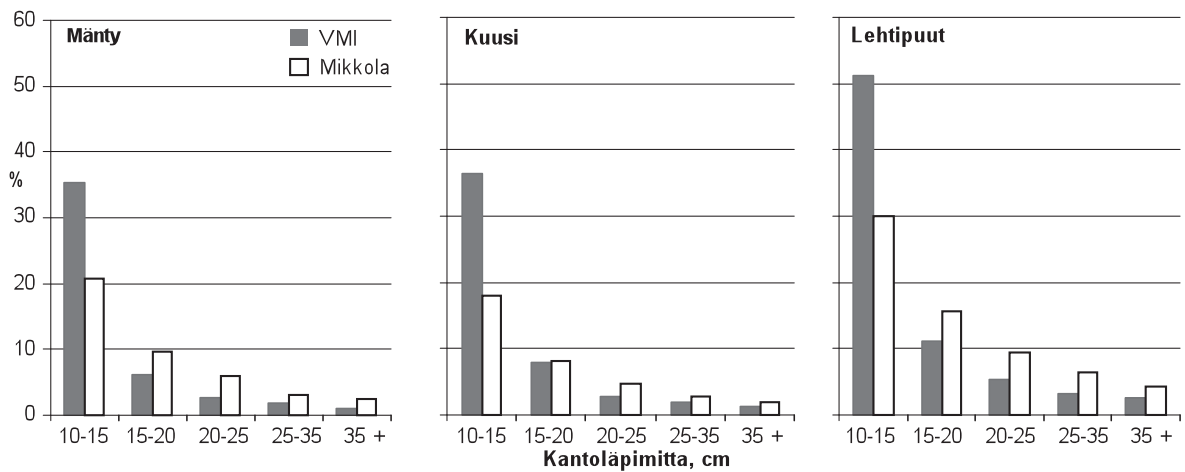
Mikkolan (1972) tapan hukkapuuosuudet las-

kettiin myös kantoläpimitaluokittain (kuvat 1 ja 2, liitetaulukot 1 ja 2). VMI-aineistossa ei ole mitattu kantoläpimitaa, joten se laskettiin Laasasenahon (1975) yhtälöllä. Nykyisillä kuitupuun minimimitoilla puut alle 10 cm:n luokassa ovat lähes kokonaan hukkapuuta. Mikkolalla luokan hukkapuuosuus oli alueittain ja puulajeittain 41–92 %. Luokan 10–15 cm uusi hukkapuuosuus on Etelä-Suomessa suurempi kuin Mikkolalla, Pohjois-Suomessa ei ole eroa. Järeämissä luokissa uudet hukkaosuudet ovat Etelä-Suomessa yleensä joko saman suuruiset tai hieman pienemmät kuin Mikkolalla. Pohjois-Suomessa uudet luvut ovat järeimmissä luokissa yleensä selvästi pienemmät kuin Mikkolalla.

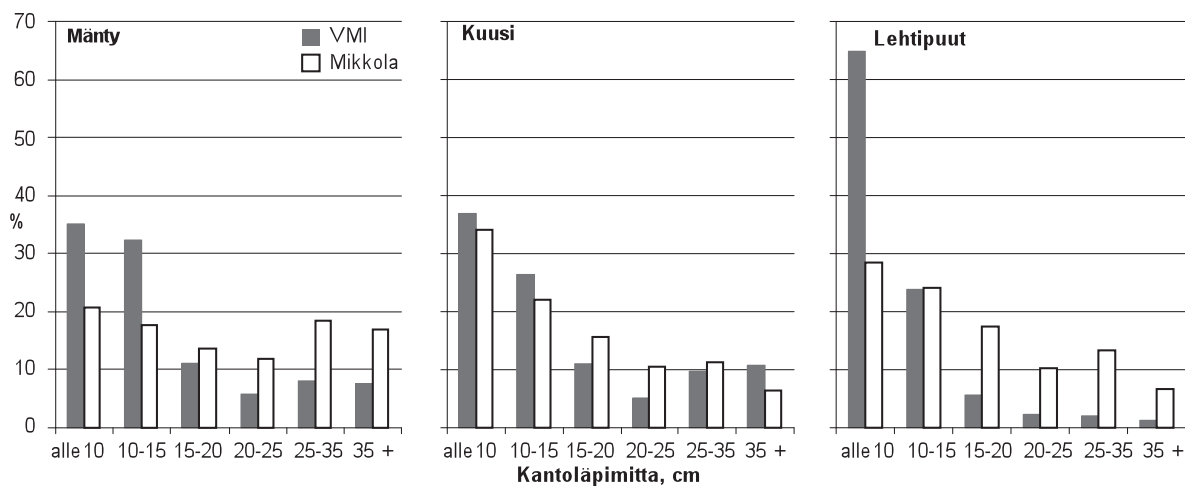
Lehtipuulla, ja jossain määrin männylläkin, hukkapuun määrä painottuu VMI-aineistossa Mikkolan tutkimukseen verrattuna selvästi enemmän pienimpään kantoläpimitaluokkaan (kuva 2).

Metsähukkapuun laskentaa testattiin niin, että kuvioilla, joille oli kirjattu runko(hukka)puun korjuu energiapuuna, luettiin kaikki runkopuu laadusta ja läpimitasta riippumatta käyttöpuuksi. Näitä kuvioita oli aineistossa melko vähän, kesän 2008 aineistossa jo tosin vähän runsaammin. Menettely vähensi hukkapuun määrää vain vajaan prosentin (hukkapuun osuutta hakkuupoistumasta 0,09 %-yksikköä). Kun vielä on niin, että vain ”kiinteistöjen polttopuu ja yhtiön polttopuu” -nimekkeellä ostettu puu tilastoituu hakkuukertymään, mutta muuta energiapuuta ei tilastoida, ei laskentatapaa hyödynnetty lopullisten tulosten laskennassa.

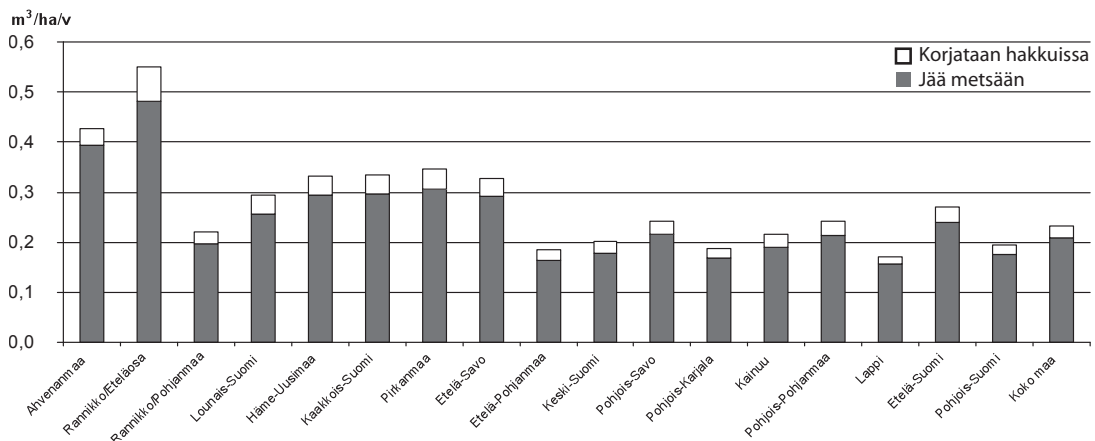
Lisäksi selvitettiin metsähukkapuun laskemista niin, että hukkapuuosuuden laskennassa olivat mukana vain varsinaiset hakkuut. Taimikonhoidon hukkapuu, jonka osuus hakkuuiden hukkapuusta oli VMI-aineistossa 33 %, laskettiin metsänhoitotöiden suoritustilastosta saatavan taimikonhoitoalan ja VMI-aineistoon perustuvan taimikonhoidon keskimääräisen hukkapuukertymän perusteella. Näin menetellen olisi mahdollista ottaa huomioon hakkuumäärien ja taimikonhoitoalojen toisistaan poikkeava vuotuinen vaihtelu, esimerkkinä vuosi 2009, jolloin hakkuumäärä oli poikkeuksellisen alhainen mutta taimikonhoitoala keskimääräistä suurempi (Metsätilastollinen ... 2012). Tätäkään laskentatapaa ei hyödynnetty tulosten laskennassa, vaikka menetely voisi tarkentaa jonkin yksittäisen vuoden metsähukkapuumäärää.



Kuva 1. Hukkapuun osuus kantoläpimittaluokittain VMI:n ja Mikkolan (1972) aineistoissa..



Kuva 2. Kantoläpimittaluokkien osuus hukkapuusta VMI:n ja Mikkolan (1972) aineistoissa.



Kuva 3. Metsään jäävä ja hakkuissa korjattu luonnonpoistuma keskimäärin metsä- ja kitumaalla.



**Taulukko 6.** VMI10:n metsätase eli mitattu tilavuus ja laskennallinen loppupuusto, sekä uusilla metsähukkapuun osuuksilla ja uudella luonnonpoistuman arviolla korjattu laskennallinen loppupuusto.

Puulaji	VMI10:ssä mitattu puuston tilavuus <sup>1)</sup> milj. m <sup>3</sup>	Metsätaselaskelmaan perustuva laskennallinen loppupuusto			
		Perusteena tilastoitu poistuma <sup>1)</sup> milj. m <sup>3</sup>	Suhde VMI10-tilavuuteen	Otettu huomioon uudet metsähukkapuu- ja luonnonpoistumatulokset milj. m <sup>3</sup>	Suhde VMI10-tilavuuteen
Mänty	1098	1110	1,01	1109	1,01
Kuusi	669	696	1,04	692	1,03
Havupuu yht.	1767	1806	1,02	1801	1,02
Lehtipuut	438	452	1,03	432	0,99
Yhteensä	2206	2258	1,02	2233	1,01

1) Korhonen ym. 2013

### 3.2 Luonnonpoistuma

Vuotuisen luonnonpoistuman kokonaismäärä on VMI10:n pysyvien koealojen aineistossa 5,1 miljoonaa kuutiometriä. Kun siihen lisätään aikaisempia tuloksia (liitetaulukko 4) vastaavalla tavalla Ylä-Lapin osuus, saadaan vuotuisen luonnonpoistuman kokonaismääräksi 5,3 miljoonaa kuutiometriä (liitetaulukko 3). Männyn osuus luonnonpoistumasta on 34 %, kuusen 29 % ja lehtipuun 38 %. Keskimääräinen vuotuinen luonnonpoistuma koko metsä- ja kitumaalla on 0,23 m<sup>3</sup>/ha (kuva 3).

Luonnonpoistumapuiden vuotuinen hakkuumäärä on ollut 0,6 miljoonaa kuutiometriä. Havupuuston luonnonpoistumasta on korjattu noin 15 %, lehtipuuston luonnonpoistumasta vain noin 2 %. Kun vuotuisen luonnonpoistuman määrä on 5,3 miljoonaa kuutiometriä, on luonnonpoistuman nettomäärä, eli vuosittain korjaamatta jäävää luonnonpoistumaa 4,7 miljoonaa kuutiometriä. Metsään jäävästä luonnonpoistumasta on mäntyä ja kuusta kumpaakin noin 30 % ja lehtipuuta 40 %.

Korjaamatta jäävän luonnonpoistuman määrä laskettiin poistuman tilastointia varten metsäkeskusalueittain (liitetaulukko 3). Koska hakattujen luonnonpoistumapuiden määrä metsäkeskusalueittain on kovin pieni, laskettiin metsäkeskuskohtaiset luonnonpoistuman hakkuumäärät siten, että hakuiden kokonaismäärä jaettiin niille puulajeittain luonnonpoistuman kokonaismäärän mukaisessa suhteessa.

### 3.3 Uusien metsähukkapuu- ja luonnonpoistumatulosten vaikutus metsätaseeseen

Metsätaseen avulla voidaan arvioida inventointitulosten – puuston tilavuus- ja kasvuarvioiden – sekä poistuman tilastoinnin luotettavuutta (Kuusela 1978). Metsätaseen suureita ovat mitattu alkupuusto, puuston kasvu ja poistuma, em. suureisiin perustuva laskennallinen loppupuusto sekä mitattu loppupuusto. Oletuksena on, että VMI-aineistosta laskettujen uusien metsähukkapuuosuuksien ja luonnonpoistumatilavuuksien pitäisi tarkentaa tasevertailua.

VMI10:n loppuraportin (Korhonen ym. 2013) VMI9:n ja VMI10:n väliä koskevassa metsätaselaskelmassa laskennallinen loppupuusto on 53 milj. m<sup>3</sup> eli 2,4 % suurempi kuin VMI10:ssä mitattu tilavuus. Erotus on yli kolminkertainen tilavuusmuutoksen keskivirhearvioon verrattuna, mikä viittaa poistuman aliarvion ja/tai kasvun yliarvion.

VMI9:n ja VMI10:n väliselle jaksolle sovelletuna uudet metsähukkapuun osuudet pienentävät männyn poistumaa 0,6 miljoonaa kuutiometriä ja kuusen poistumaa 1,5 milj. m<sup>3</sup>, mutta lisäävät lehtipuun poistumaa 16,2 milj. m<sup>3</sup>, eli kaiken kaikkiaan lisäävät kokonaispoistumaa 14,1 miljoonalla kuutiometrillä. Uudet luonnonpoistumaluvut puolestaan lisäävät männyn poistumaa 2,2 milj. m<sup>3</sup>, kuusen poistumaa 5,4 milj. m<sup>3</sup> ja lehtipuun poistumaa 4,4 milj. m<sup>3</sup>, eli lisäävät kokonaispoistumaa yhteensä 11,9 miljoonalla kuutiometrillä. Uudet metsähukkapuun osuudet ja uudet luonnonpoistumatulokset suurentavat siten VMI9:n ja VMI10:n välisen jakson kokonaispoistumaa 26 miljoonaa kuutiometriä.

Uudet metsähukkapuun osuudet ja luonnonpoistumaluvut pienentävät taseen erotuksen 27 miljoonaan kuutiometriin (taulukko 6), eli se on 1,7-kertainen tilavuusmuutoksen keskivirhearvioon verrattuna. Männyn tase oli ilman korjaustakin melko kohdallaan (Korhonen ym. 2013), ja pieni poistuman lisäys ei vaikuta oleellisesti tulokseen. Kuusen tasevirhe pienenee uusilla luvuilla 4 milj. m<sup>3</sup>, mutta on edelleen 23 milj. m<sup>3</sup> ja yli kaksinkertainen tilavuusmuutoksen keskivirhearvioon verrattuna. Mitattu tilavuus ja tasetilavuus poikkeavat toisistaan Etelä-Suomessa. Pohjois-Suomessa ero on selvästi pienempi. Loppupuustojen eroon vaikuttaa jossain määrin se, että kuusen kasvu oli Etelä-Suomessa 1990-luvun loppupuolella suhteellisen matalalla tasolla (Korhonen ym. 2013). Tasevertailu tehtiin myös männylle ja kuuselle yhteensä, koska pystykuivaa kuusta ostetaan (on ainakin joskus ostettu) mäntykuituna. Lehtipuiden korjattu tasetilavuus on 6 milj. m<sup>3</sup> (1 %) pienempi kuin mitattu tilavuus. Erotus on likimain yhtä suuri kuin tilavuusmuutoksen keskivirhearvio.

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Metsähukkapuu

VMI-aineistoon perustuvilla metsähukkapuun osuuksilla laskettiin viime vuosien hakkuita melko hyvin edustavan vuoden 2006 hakkuukertymää vastaava hakkuupoistuman hukkapuu. Uusilla luvuilla metsähukkapuun määrä on 7,4 miljoonaa kuutiometriä, mikä on 1,7 milj. m<sup>3</sup> enemmän kuin Mikkolan (1972) luvuilla. Männyn ja kuusen metsähukkapuun määrä vähenee 0,2 milj. m<sup>3</sup> (13 %), mutta lehtipuun hukkapuumäärä kasvaa 2,1 milj. m<sup>3</sup> (87 %).

Mikkolan (1972) metsähukkapuuosuudet perustuivat otanta-aloilta hakattujen puiden metsään jääneen runkokohtaisen hukkapuun sekä otanta-alojen muun hukkapuun mittauksiin. VMI-aineistosta lasketut osuudet perustuvat hakattuihin puihin ja niille VMI-mittausten ja laskentamenetelmien perusteella tuotettuihin hukkapuuosuuksiin. Käytännön hakkuutyössä runkokohtainen hukkapuun määrä voi esim. kannonkorkeuden, käyttöpuun latvaläpimitan ja hukkapuuleikkojen katkonnan johdosta poiketa

siitä, mitä mittaukset ja mallit puille ennustavat. Muuta hukkapuuta, eli metsään jääneiden pöllien tilavuutta ei voi laskea VMI:n lukupuuaineistosta.

Mikkolan (1972) tutkimuksessa ylipitkiin kantoihin sisältyvä runkopuu oli osa runkokohtaista hukkapuuta. Sen määrä selvitettiin mittaamalla kantojen korkeuksia. Yksi cm kantopuuta on noin 0,2–0,5 % rungon tilavuudesta (Laasasenaho 1975). VMI10:n aineistoon ei sisällynyt kantojen pituusmittauksia. VMI9:ssä vuonna 1996 tehtyjen (julkaisemattomien) kantomittausten perusteella isoimpien mäntyjen ( $d_{1.3} > 30$  cm) kannonkorkeus vastaa laskennallista (Laasasenaho 1982) juurenniskan korkeutta, mutta pienemmällä männnyillä kanto on keskimäärin 5 cm juurenniskaa korkeampi. Isojen kuusien ( $> 20$  cm) kannot ovat laskennallista juurenniskan korkeutta matalampia, 10–20-senttisten puiden kannot ovat likimain juurenniskan korkuisia ja aivan pienimpien kuusten kannot ovat juurenniskaa 5 cm korkeampia. Isoimpien lehtipuiden ( $> 30$  cm) kannot ovat juurenniskan korkeutta matalampia, 20–30-senttisten kannot ovat likimain juurenniskan korkuisia ja pienempien puiden kannot ovat noin 5 cm juurenniskaa korkeampia. Kannoilla ei näiden mittausten perusteella ole sellaista ylipituutta, joka pitäisi ottaa huomioon metsähukkapuun laskennassa.

Latvahukkapuu ja hukkapuuleikot olivat Mikkolalla (1972) runkokohtaista hukkapuuta, jos ne pystyi liittämään johonkin otanta-alan kantoon. Niiden tilavuus laskettiin tehtyjen mittausten perusteella. VMI-aineistossa latvan hukkaosan ja hukkapuuleikkojen tilavuus sisältyy lukupuiden hukkapuutilavuuteen, joka perustuu koepuumittauksiin ja niiden lukupuuyleistykseen. VMI-aineistossa kuitupuun minimiläpimita on 6 cm. Pienillä puilla yhdenkin sentin lisäys latvaläpimitassa pienentää käyttöosan tilavuutta useita %-yksiköitä, mutta isommilla puilla ( $> 30$  cm) vastaavan eron vaikutus on olematon (Laasasenaho 1975). VMI:ssä ei tehdä havaintoja hakattujen puiden käyttöosan latvaläpimitoista. Koepuiden pystyapteerauksissa erotetaan hukkapuuleikot puukaupan yleisten laatuvaatimusten mukaisesti.

VMI-aineiston lukupuiden latvahukkaosuus perustuu laskennalliseen 6 cm:n minimiläpimitaan, eikä lukupuuaineistoon sisälly tietoa hakkuutähdelatvan mahdollisesta ”ylijäreystä”. VMI-koelaloilla tehdään muusta puiden mittauksesta täysin erillinen

kuolleen pysty- ja maapuuston mittaus. Mittauksen kohteena on kaikki vähintään 10-senttinen kuollut puusto puun käyttökelpoisuudesta ja lahon asteesta riippumatta. Näistä ”lahopuista” kirjataan mm. puun ulkoasu. Muuttujan yksi luokka on ”hakkuutähde”, jota ovat latvukset sekä raivauspuut. Tällaista hakkuutähdepuustoa on VMI10:n aineiston mukaan koko maan metsissä 6,3 miljoonaa kuutiometriä. Mäkinen ym. (2006) aineiston lahoamisnopeuden (keskimääräinen aika kuolemasta lahon aste -luokitain) perusteella tehtiin oletus, että puun kuolemasta/hakkuusta on kulunut korkeintaan 10 vuotta, jos lahon aste (Ihalainen ja Mäkelä 2009) on havupuulla ”kova” (luokka 1) tai lehtipuulla ”kova-pehmeä” (luokat 1–4).

Näillä oletuksilla viimeisten 10 vuoden aikana metsiin on kertynyt vähintään 10-senttistä latvahukka- tai raivauspuuta keskimäärin vajaat 100 000 m<sup>3</sup>/v, mistä runsas puolet on lehtipuuta. Kun tätä vertaa siihen, että metsähukkapuun laskennassa hukkapuuhun sisältyi 0,9 milj.m<sup>3</sup>/v käyttöpuukokoista raivauspuustoa, voidaan todeta, että metsään ei näyttäisi jäävän ainakaan merkittävää määrää hukkapuulaskentaan sisältymätöntä käyttöpuukokoista latvapuuta.

Muuta hukkapuuta, eli metsään jäänyttä valmistettua puutavaraa oli Mikkolan (1972) tutkimuksessa 5–15 % hukkapuun kokonaismäärästä. Ennakkoarvio oli, että muun hukkapuun määrä on vähentynyt verrattuna Mikkolan tutkimukseen, jossa siihen kuuluivat mm. pinotuet ja telapuut. Lisäksi on otettava huomioon, että markkinahakkuiden luovutusmittauksista tehdään noin 75 % hakkuukoneella (Melkas 2010), jolloin metsään jäävät käyttöpuupöllit sisältyvät hakkuukertymään. Jos ne laskettaisiin metsähukkapuukin, ne tulisivat poistumaan toiseen kertaan.

Suuruusluokka-arvio nykyisestä metsään jäävästä valmiin puutavaran määrästä saatiin, kun laskettiin VMI:n lahoppuaineiston ulkoasuluokan ”tyveys tai jätetty pölli” (Ihalainen ja Mäkelä 2009) vuotuinen kertymä. Luokkaan sisältyvät puutavarapölkkyt, jotka ovat jääneet hakkuun jäljeltä metsään joko käyttöön kelpaamattomana hukkapuuna tai vahingossa. Laskennassa käytettiin aiemmin kuvatulla tavalla Mäkinen ym. (2006) lahon aste -luokkien keskimääräistä ”kuolleenaloaika”.

Puutavaraa on jäänyt metsään 10 vuoden keski-

arvona 260 000 m<sup>3</sup>/v, eli runsas 0,5 % hakkuukertymästä. Käyttöpuun osalta suuri osa tästä puustosta voi sisältyä hakkuukoneella mitattuun hakkuukertymään. Hukkapuuleikoista osa sisältyy lukupuista laskettuun metsähukkapuuhun koepuuapteerauksen hukkaluokkien perusteella, mutta osa on VMI-koepuiden pystyapteerauksessa huomaamatta jäävää (kuitupuukin kelpaamatonta) vikaisuutta. VMI:ssä huomaamatta jäävän vikaisuuden merkitystä hukkapuulaskennassa pienentää se, että osa hukkapuuleikoista korjataan polttopuiksi ja sisältyy siten poistumatilastoon pienkiinteistöjen polttopuuna. Johtopäätös on se, että muun hukkapuun puuttuminen VMI:n metsähukkalaskennasta ei aiheuta huomioon otettavaa virhettä poistumaan.

## 4.2 Luonnonpoistuma

Uusi vuotuisen luonnonpoistuman kokonaismäärän arvio, 5,3 miljoonaa kuutiometriä, on 1,8 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin aiempi, vuosina 1990–1995 tehtyihin mittauksiin perustuva tulos. Kun hakatun luonnonpoistumapuuston määrä on vähentynyt, on vuosittain metsään jäävän luonnonpoistumapuuston määrä lähes 2,0 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin aiempi tulos, ja lähes 3,5 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin 1950-luvun puolivälissä vuoteen 1998 käytössä ollut luonnonpoistuman arvio. Tulos on odotusten mukainen sikäli, että metsänhoitosuosituksen (Hyvän ... 2006) tavoitteita ovat säästöpuiden jättäminen päätehakuissa ja kuolleen puuston lisääminen metsissä. Pysyviin koaloihin perustuvan luonnonpoistuma-arvion luotettavuutta ei voi laskea menetelmillä, joita käytetään inventoinnin normaalissa tuloslaskennassa (Tomppo ym. 1998). Ryväsokhtaisten luonnonpoistumakeskiarvojen suhteellinen keskivirhe on noin 5 %.

Uusi tulos perustuu yli 12 000 koalan kahteen mittaukseen, joista ensimmäinen tehtiin vuosina 1996–2003 ja toinen vuosina 2005–2008. Koaloilla oli kaikkiaan 2220 uutta ja 217 hakattua vanhaa luonnonpoistumapuuta. Aiempi tulos perustui noin 3000 koalan toistomittauksiin – ensimmäinen vuosina 1990–91 ja toinen vuonna 1995. Aineiston puiden lukumäärä oli vastaavasti 1512 ja 91.

Mäkinen ym. (2006) esittämiä lahon aste -luokittaisia ”kuolleenaloaikoja” soveltaen laskettiin

kuolleen puuston kokonaismäärästä VMI:n lahoppuumittauksiin perustuva arvio vuotuisesta luonnonpoistumasta. Korkeintaan 10 vuotta sitten kuollutta puustoa, jonka lahon aste on havupuulla ”kova” tai lehtipuulla ”kova–pehmeä”, on VMI10:n perusteella kaikkiaan 55 miljoonaa kuutiometriä, eli vuotuisena määränä keskimäärin 5,5 miljoonaa kuutiometriä. VMI:n lahoppuumittauksen kohteena on vain yli 10-senttinen puusto, mutta tuloksen suuruusluokka vastaa koealoilla VMI9:n ja VMI10:n mittausten välisellä jaksolla kuolleiden lukupuiden perusteella laskettua tulosta.

VMI:n pysyvien koealojen perusteella saata-va arvio vuotuisesta luonnonpoistumasta ei kerro luonnonpoistuman koko määrää. Osa ensimmäisen mittauksen jälkeen kuolleista puista on ennätetty hakata jo ennen uusintamittausta, kun tuhojen jäljet pyritään usein korjaamaan mahdollisimman nopeasti. Janika- ja Pyry-myrskyjen syksyllä 2001 vaurioittamasta puustosta oli keväällä 2003 korjattu pois jo neljä viidesosaa (Ihalainen ja Ahola 2003). Uusintamittauksessa ei yleensä ole mahdollista todeta, onko hakattu, aiemmin elävänä mitattu puu kuollut ennen hakkuuta. Puuston poistuman tilastoinnin kannalta tämä ei kuitenkaan ole ongelma, sillä hakatut kuolleet puut sisältyvät poistumaan hakkuukertymän tilastoinnin perusteella.

#### 4.3 Uusien tulosten arviointi metsätaseen perusteella

VMI9:n ja VMI10:n välisen jakson metsätasetarkastelu osoitti, että uusilla metsähukkapuu- ja luonnonpoistumatuloksilla tarkistettu laskettu loppupuusto vastasi VMI10:ssä mitattua loppupuustoa jonkin verran paremmin kuin aiemmin käytössä olleisiin lukuihin perustuva laskettu loppupuusto. Kokonaispuuston lisäksi puulajienkin taseet tarkentuivat.

Metsätasetarkastelussa on tosin otettava huomioon, että siinä tarvittavien suureiden tarkka laskeminen ei ole käytännössä mahdollista. Jakson alku- ja loppupuuston (tässä VMI9 ja VMI10) otantavirheet ovat melko suuria suhteessa mahdollisiin muutoksiin, varsinkin jos inventointien välinen ajanjakso on vain muutamia vuosia (Pohjois-Suomi). Puuston tilavuustuloksia vastaavan jakson ja sen kasvun ja poistuman täsmällinen määrittäminen ei ole mah-

dollista, kun VMI-mittauksia on tehty eri vuosina ja eri ajankohtina suhteessa kasvu- ja hakkuukausiin. Tilastoitu poistuma sisältää periaatteessa kaikki hakkuut, mutta sen tyypilliset virhelähteet, kuten tilastoinnin ulkopuolelle jäävä puunkäyttö tai kuoren irtoaminen ennen mittausta, aiheuttavat yleensä systemaattisen aliarvion. Suuruudeltaan vähäinen vaikutus tasevertailuun on inventointien välisillä maaluokkamutoksilla (esim. puustoiset mökkitontit) sekä muiden maaluokkien (ei-metsätalousmaan) hakkuilla.

Tasevertailun perusteella VMI:ssä saattaa olla syytä kiinnittää huomiota pienien lehtipuiden kasvun laskentaan. Jos VMI-aineistoa tullaan käyttämään jatkossa metsähukkapuusoisuuden laskentaan, on syytä harkita esim. kannonkorkeuksien ja/tai latvahukkaosan katkaisuläpimitan mittaamista edes osalla VMI:n koealoista.

## Kiitokset

Metsähukkapuuututkimuksen käynnistysvaiheessa laskentaa ideoivat Metsätalostollinen tietopalvelu -hankkeesta Veli Suihkonen, Yrjö Sevola, Esa Ylitälo, Jukka Torvelainen ja Martti Aarne ja VMI10 -hankkeesta kirjoittajan lisäksi Kari T. Korhonen, Juho Pitkänen sekä Arto Ahola. Juho Pitkänen vastasi hakattujen puiden kasvatuksesta. Käsikirjoitusta ovat kommentoineet parantaneet Kari T. Korhonen sekä Yrjö Sevola. Kiitos myös kahdelle anonyymille käsikirjoituksen tarkastajalle, joiden rakentavat korjausehdotukset selkeyttivät raporttia.

## Kirjallisuus

- Ervasti, S. & Huttunen, T. 1967. Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966. *Folia Forestalia* 35.
- & Hämäläinen, P. 1964. Suomen puunkäyttö v. 1962–63 ja katsaus sen kehitykseen 1955–63. *Folia Forestalia* 4.
- Huttunen, T. 1969. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967–69. *Folia Forestalia* 67.
- 1976. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase

- 1973–75. *Folia Forestalia* 277.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 835. 116 s.
- Hyvän metsänhoidon suosituksset, 2006. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 59 s.
- Ihalainen, A. & Ahola, A. 2003. Pyry- ja Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2003: 385–401.
- & Mäkelä, H. 2009. Kuolleen puuston määrä Etelä- ja Pohjois-Suomessa 2004–2007. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2009: 35–56.
- Iivessalo, Y. 1943. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 30. 384 s.
- Korhonen, K.T. 2002. Generalisation of sample tree data – case permanent sample plots. Julkaisussa: *Nordic trends in forest inventory, management planning and modelling. Proceedings of SNS meeting in Solvalla, Finland. April 17–19, 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 860. 4 s.
- , Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. & Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004–2006 ja metsävarojen kehitys 1996–2006. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2007: 149–213.
- , Ihalainen, A., Viiri, H., Heikkinen, J., Henttonen, H., Hotanen, J.-P., Nevalainen, S. & Pitkänen, J. 2013. Suomen metsät 2004–2008 ja niiden kehitys 1921–2008. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2013: 269–608.
- Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 ja niiden kehittyminen 1920–70. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 76(5).
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–76. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 93(6).
- , Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. *Folia Forestalia* 655. 86 s.
- Laasasenaho, J. 1975. Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta. *Folia Forestalia* 233.
- 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- May, D.M. 1988. Forest growth of Mississippi's North Unit – a case study of the southern forest survey's growth estimation procedures. *USDA Forest Service Resource Bulletin SO-134*. 9 s.
- Melkas, T. 2010. [Verkkodokumentti] Puutavaran mittausmenetelmien osuudet vuonna 2009. Metsäteho. Kalvosarja. [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja\\_2010\\_08a\\_Puutavaran\\_mittausmenetelmien\\_osuudet\\_tm.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2010_08a_Puutavaran_mittausmenetelmien_osuudet_tm.pdf) [Viitattu 3.12.2010].
- Metsätalastollinen vuosikirja 2012. SVT Maa-, metsä ja kalatalous 2012. Metsäntutkimuslaitos.
- Mikkola, P. 1969. Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa. *Folia Forestalia* 74.
- 1972. Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa. *Folia Forestalia* 148.
- Mäki-Simola, E. & Uotila, E. 2010. Puukauppa ja hakkuut. Julkaisussa: *Metsätalastollinen vuosikirja 2010. Metsäntutkimuslaitos*.
- Mäkinen, H., Hynynen, J., Siitonen, J. & Sievänen, R. 2006. Predicting the decomposition of Scots pine, Norway spruce, and birch stems in Finland. *Ecological Applications*, 16(5). s. 1865–1879.
- Osara, N.A., Pöntynen, V. & Erkkilä, E.E. 1948. Suomen puunkäyttö ja metsätase. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 36(4). 166 s.
- Pysyvien koalojen 3. mittausta 1995. Maastotyön ohjeet. 1995. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 104 s. + 53 liites.
- Pöntynen, V. 1962. Suomen puun käyttö vuosina 1947–61. 185 s., kuv., kartt. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 56(3).
- Repo, S. 1985. Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1983–1985. *Folia Forestalia* 640.
- Saari, E. 1934. Puun käyttö Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 14(1). 211 s.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968–97. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/1998: 293–374.
- Torvelainen, J. 2009. Pientalojen polttopuun käyttö 2007/2008. *Metsätalastotiedote* 26/2009. 3 s.
- Valtakunnan metsien 10. inventointi (VMI10). Maastotyön ohjeet 2008. Koko Suomi. 2008. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 174 s.
- Ylitalo, E., Peltola, A. & Kulju, I. 2000. Suomen pien-sahat 1998. *Metsätalastotiedote* 523.

### 33 viitettä

**Liitetaulukko 1. Hukkapuun osuus kantoläpimittaluokittain.**

Alue	Puulaji	Kantoläpimittaluokka <sup>1)</sup>						Kaikki
		alle 10 cm	10–15 cm	15–20 cm	20–25 cm	25–35 cm	35 + cm	
		Hukkaosuus, %						
1	Mänty	97	34,5	5,2	2,8	1,4	1,0	4,8
2		100	41,9	6,2	2,1	2,7	0,9	5,3
3		95	27,5	6,8	4,9	1,8	1,3	6,8
4		97	39,9	7,8	2,5	1,9	1,1	6,0
5		98	31,4	5,4	2,1	1,3	1,0	6,2
Koko maa		97	35,3	6,2	2,6	1,8	1,0	5,8
1	Kuusi	100	44,3	10,3	2,7	2,0	1,4	5,9
2		100	47,9	9,0	2,7	1,6	1,3	6,2
3		100	25,8	6,1	2,2	1,9	1,0	4,7
4		99	32,2	7,0	2,8	1,7	0,9	4,5
5		100	25,4	5,8	2,5	2,8	2,0	6,4
Koko maa		100	36,4	7,9	2,7	1,9	1,2	5,5
1	Lehtipuut	99	60,8	11,6	4,6	2,8	2,0	33,8
2		100	68,2	13,9	3,6	3,2	1,7	29,8
3		100	31,6	7,2	4,7	2,2	5,8	26,2
4		100	50,3	14,6	7,9	3,5	2,8	33,6
5		100	41,0	8,7	4,8	3,8	5,7	31,0
Koko maa		99	51,3	11,2	5,4	3,2	2,6	31,7

1) Kantoläpimitta kaavalla  $d_k \text{ (cm)} = 2 + 1,25 * d_{1,3} \text{ (cm)}$  (Laasasenaho 1975)

Alue 1 Ahvenanmaa, Rannikko/Eteläosa, Lounais-Suomi, Häme-Uusimaa ja Pirkanmaa

Alue 2 Kaakkois-Suomi ja Etelä-Savo

Alue 3 Etelä-Pohjanmaa ja Rannikko/Pohjanmaa

Alue 4 Keski-Suomi, Pohjois-Savo ja Pohjois-Karjala

Alue 5 Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa ja Lappi

**Liitetaulukko 2. Kantoläpimittaluokkien osuus hukkapuusta.**

Alue	Puulaji	Kantoläpimittaluokka						Kaikki
		alle 10 cm	10–15 cm	15–20 cm	20–25 cm	25–35 cm	35 + cm	
		Osuus hukkapuusta, %						
1	Mänty	39	27	10	6	7	10	100
2		24	41	10	4	11	9	100
3		37	26	10	11	9	6	100
4		35	32	12	5	9	8	100
5		39	33	12	6	6	5	100
Koko maa		35	32	11	6	8	8	100
1	Kuusi	36	28	11	4	9	12	100
2		42	26	11	5	7	10	100
3		41	22	10	6	15	8	100
4		37	25	11	6	10	11	100
5		29	29	14	6	14	9	100
Koko maa		37	26	11	5	10	11	100
1	Lehtipuut	64	28	4	2	2	1	100
2		67	23	5	1	2	2	100
3		73	13	5	3	2	2	100
4		65	22	7	3	2	1	100
5		61	26	7	3	2	1	100
Koko maa		65	24	6	2	2	1	100

**Liitetaulukko 3. Vuotuinen luonnonpoistuma vuosina 1996–2008 (VM110:n pysyvien koealojen aineisto).**

Metsäkeskus	Koko luonnonpoistuma				Korjaamatta jäävä luonnonpoistuma			
	Mänty	Kuusi 1000 m <sup>3</sup> /v	Lehtipuut 1000 m <sup>3</sup> /v	Yhteensä	Mänty	Kuusi 1000 m <sup>3</sup> /v	Lehtipuut 1000 m <sup>3</sup> /v	Yhteensä
0 Ahvenanmaa	9	7	24	40	7	6	23	37
1a Rannikko/Eteläosa	50	120	57	227	41	102	56	199
1b Rannikko/Pohjanmaa	37	39	32	107	31	33	31	95
2 Lounais-Suomi	97	137	74	308	80	116	72	268
3 Häme-Uusimaa	58	157	89	304	48	133	87	268
4 Kaakkois-Suomi	99	63	102	264	82	53	99	235
5 Pirkanmaa	98	104	112	314	81	88	109	278
6 Etelä-Savo	168	65	159	392	139	55	155	349
7 Etelä-Pohjanmaa	125	54	82	261	103	46	80	229
8 Keski-Suomi	134	50	100	284	111	42	98	251
9 Pohjois-Savo	114	82	133	329	94	70	130	293
10 Pohjois-Karjala	115	43	124	282	95	36	121	252
11 Kainuu	159	130	119	408	131	110	116	358
12 Pohjois-Pohjanmaa	256	143	260	659	211	121	254	586
13 Lappi	262	325	545	1132	223	283	534	1041
Koko maa	1781	1519	2012	5311	1476	1297	1965	4738

**Liitetaulukko 4. Vuotuinen luonnonpoistuma vuosina 1990–1995 (VM18:n 3000 pysyvän koealan aineisto).**

Metsäkeskus	Koko luonnonpoistuma				Korjaamatta jäävä luonnonpoistuma			
	Mänty	Kuusi 1000 m <sup>3</sup> /v	Lehtipuut 1000 m <sup>3</sup> /v	Yhteensä	Mänty	Kuusi 1000 m <sup>3</sup> /v	Lehtipuut 1000 m <sup>3</sup> /v	Yhteensä
0 Ahvenanmaa	13	0	5	18	10	0	4	15
1 Rannikko	47	60	164	271	36	34	153	224
2 Lounais-Suomi	51	32	38	121	39	18	35	93
3 Häme-Uusimaa	53	162	95	311	41	93	89	223
4 Kaakkois-Suomi	83	21	62	166	63	12	58	134
5 Pirkanmaa	82	45	53	180	63	25	50	138
6 Etelä-Savo	86	35	74	195	66	20	69	155
7 Etelä-Pohjanmaa	116	7	41	164	89	4	38	132
8 Keski-Suomi	115	30	80	226	88	17	75	181
9 Pohjois-Savo	73	33	85	191	56	19	79	154
10 Pohjois-Karjala	111	51	97	259	85	29	91	205
11 Kainuu	126	84	76	286	97	48	72	216
12 Pohjois-Pohjanmaa	169	86	118	373	129	49	111	289
13 Lappi	493	112	175	781	378	64	164	607
Koko maa	1619	758	1164	3541	1242	433	1089	2764