

**SATOMALLEILLA LASKETUT SUOMEN KANGASMETSIIEN ALUEELLIISET JA  
VALTAKUNNALLIISET MUSTIKKA- JA PUOLUKKASADOT**

Marjut Turtiainen, Kauko Salo ja Olli Saastamoinen

---

Joensuun yliopisto  
Metsätieteellinen tiedekunta  
Tiedonantoja 167  
2005

**Tiedonantoja 167****SATOMALLEILLA LASKETUT SUOMEN KANGAS-  
METSIEN ALUEELLISET JA VALTAKUNNALLISET  
MUSTIKKA- JA PUOLUKKASADOT**

Julkaisija Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta

Päätoimittaja Hannu Mannerkoski

Vaihto Joensuun yliopiston kirjasto/Vaihdot  
PL 107, 80101 JOENSUU  
puh. 013-251 2677, fax 013-251 2691  
email: [vaihdot@joensuu.fi](mailto:vaihdot@joensuu.fi)

Myynti Joensuun yliopiston kirjasto/Julkaisujen myynti  
PL 107, 80101 JOENSUU  
puh. 013-251 2652, fax 013-251 2691  
email: [joepub@joensuu.fi](mailto:joepub@joensuu.fi)

**Research Notes 167****MODEL-BASED ESTIMATES OF REGIONAL AND  
NATIONAL BILBERRY AND LINGONBERRY YIELDS ON  
MINERAL SOILS IN FINLAND**

Publisher University of Joensuu, Faculty of Forestry

Series Editor Hannu Mannerkoski

Exchanges Joensuu University Library/Exchanges  
P.O.Box 107, FIN-80101 JOENSUU, FINLAND  
tel. +358-13-251 2677, fax +358-13-251 2691  
email: [vaihdot@joensuu.fi](mailto:vaihdot@joensuu.fi)

Sales Joensuu University Library/Sales of publications  
P.O.Box 107, FIN-80101 JOENSUU, FINLAND  
tel. +358-13-251 2652, fax +358-13-251 2691  
email: [joepub@joensuu.fi](mailto:joepub@joensuu.fi)

ISSN 1235-7421

ISBN 952-458-763-7 (nid.)

ISBN 952-458-764-5 (PDF)

Joensuun yliopistopaino 2005

## ALKUSANAT

Suomen luonnonmarjavarjoja ei ole koskaan kokonaisuudessaan inventoitu systemaattisin menetelmin. Valtakunnallisten kokonaissatoarvioiden perustana on käytetty yleistyksiä, jotka perustuvat verraten lyhytkestoisiin, yleensä paikallisiin tai alueellisiin satotutkimuksiin. Tässä tutkimuksessa on pyritty ottamaan askel eteenpäin systemaattisen arvioinnin suuntaan Suomen kangasmetsien tuottaman biologisen mustikka- ja puolukkasadon määrittämiseksi hyödyntämällä 1) mahdollisimman kattavasti eri puolilla Suomea kerättyä empiiristä marjasatoaineistoa sekä 2) kehitettyjä alueellisia asiantuntijaperusteisia marjasatomalleja, joissa marjantuotosta selitetään normaalin metsäsuunnittelun yhteydessä estimoitavilla metsikkötunnuksilla.

Tutkimuksen toteuttamiselle koko maan mittakaavassa oli ratkaisevaa mahdollisuus käyttää hyväksi Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) aineistoa. Aineiston omistus- ja tekijänoikeudet ovat Metsäntutkimuslaitoksella. VMI-aineiston käsittelyyn liittyvissä kysymyksissä MMT Kari T. Korhonen (Metsäntutkimuslaitos) oli suureksi avuksi. Haluamme esittää hänelle parhaat kiitoksemme.

Tutkimuksessa hyödynnettiin useita tähän mennessä julkaisemattomia marja-aineistoja. Näiden neljän aineiston omistus- ja tekijänoikeudet ovat Metsäntutkimuslaitoksella. Oulun läänissä vuosina 1987-89 kerätty marjasatoaineisto on osin julkaisematonta; tämän aineiston omistus- ja tekijänoikeudet kuuluvat FL Kaisu Sipilälle (Oulun seudun ammattikorkeakoulu).

Kiitämme lämpimästi tutkimusavustaja Raimo Pikkupeuraa (Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema) asiantuntevista neuvoista koskien marjasatoaineistoja. Lisäksi haluamme kiittää professori, MMT Timo Pukkalaa (Joensuun yliopisto) kommenteista, jotka koskivat työn menetelmiä. Tämä tutkimus tehtiin osana Suomen Akatemian rahoittamaa tutkimushanketta ”Köyhyyden lievittäminen ja metsien keräilytuotteet” (projektinnumero 104940). Toivomme, että raportti herättää sekä yleistä että menetelmällistä kiinnostusta tutkimuksellisesti haastavaan ongelmaan: miten arvioida mahdollisimman luotettavasti ja kohtuullisin kustannuksin maamme runsaat, mutta vuosittain ja alueellisesti suuresti vaihtelevat luonnonmarjasadot.

Joensuussa, marraskuussa 2005

Marjut Turtiainen  
Tutkija  
Joensuun yliopisto

Kauko Salo  
Vanhempi tutkija  
Metsäntutkimuslaitos

Olli Saastamoinen  
Professori  
Joensuun yliopisto

## TIIVISTELMÄ

Turtiainen, M., Salo, K. ja Saastamoinen, O. 2005. Satomalleilla lasketut Suomen kangasmetsien alueelliset ja valtakunnalliset mustikka- ja puolukkasadot. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 167. 44 s.

Tutkimuksessa laskettiin Suomen kangasmetsien biologisen mustikka- ja puolukkasadon arviot käyttäen hyväksi alueellisia marjasatomalleja, jotka ensin kalibroitiin tuottamaan mahdollisimman tarkkoja ennusteita keskimääräiselle satovuodelle. Kalibrointi perustui laajaan empiiriseen marjasatoaineistoon. Laskennoissa käytetty metsikkötunnusaineisto pohjautui valtakunnan metsien 8. ja 9. inventointien kuviotietoihin. Kokonaismarjasadot laskettiin paitsi koko maalle myös eri metsäkeskusten alueille. Kasvupaikoista huomioitiin lehtomaiset, tuoreet, kuivahkot ja kuivat kankaat.

Tulosten mukaan Suomen kangasmetsät (kasvupaikat 2-5) tuottavat vuosittain keskimäärin 168 milj. kg mustikoita ja 244 milj. kg puolukoita. Metsäkeskuksista suurin (Lappi) tuottaa absoluuttisesti eniten sekä mustikoita (60 milj. kg) että puolukoita (82 milj. kg). Suhteutettuna metsätyyppien 2-5 pinta-alaan maamme suurimmat keskimääräiset puolukkasadot (yli 19 kg/ha) löytyvät Kainuun, Lapin, Pohjois-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusten alueilta. Kainuu ja Lappi ovat Suomen parasta mustikantuotosaluetta (keskisato metsätyypeillä 2-5 on yli 14 kg/ha).

Tässä tutkimuksessa estimoidut kokonaissadot ovat varsin loogisia aikaisemmin esitettyjen, karkeiden kokonaissatoarvioiden kanssa. Estimaatteja on kuitenkin tulevaisuudessa syytä tarkentaa keräämällä uutta empiiristä marja-aineistoa marjasatomallien luotettavampaa kalibrointiä varten. Koska marjasatojen ajallinen vaihtelu on suuri, tulevaisuudessa on myös aiheellista selvittää, missä määrin biologiset kokonaissadot vaihtelevat erilaisina satovuosina.

Asiasanat: biologinen kokonaissato, marjasatomallit, mallin kalibrointi, satoindeksit

Kirjoittajien yhteystiedot: Marjut Turtiainen, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu, marjut.turtiainen@joensuu.fi; Kauko Salo, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö, PL 68, 80101 Joensuu, kauko.salo@metla.fi; Olli Saastamoinen, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu, olli.saastamoinen@joensuu.fi.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	7
2. AINEISTOT .....	10
2.1 Empiirinen marjasatoaineisto.....	10
2.2 Metsikkötunnusaineisto .....	12
3. MENETELMÄT JA MENETELMÄLLISET TULOKSET .....	15
3.1 Satoindeksien laskenta.....	15
3.2 Taustatietoa kalibroitavista malleista .....	17
3.3 Alueelliset marjasatomallit .....	18
3.3.1 Mustikkamallit .....	18
3.3.2 Puolukkamallit.....	19
3.4 Alueellisten marjasatomallien validointi.....	20
3.4.1 Mallien käyttökelpoisuuden tarkistaminen.....	20
3.4.2 Mallien kalibrointi .....	21
4. KOKONAISMARJASADOT METSÄKESKUKSITTAIN SEKÄ KOKO MAALLE .....	26
5. TULOSTEN TARKASTELU.....	27
KIRJALLISUUS .....	34
LIITE 1 .....	40
LIITE 2 .....	43



## 1. JOHDANTO

Suomen metsistä saadaan monenlaisia hyötyjä, joista puuvarantojen kestäväään käyttöön perustuvat puun myyntitulot ovat maamme teollistumisen ajoista lähtien olleet tärkeimpiä. Myös luonnonmarjojen poiminta on perinteisesti ollut tärkeä metsänkäyttömuoto Suomessa ja se on säilyttänyt suosionsa aina nykypäiviin saakka. Vuonna 1997 kaikista kotitalouksista 59,5 % poimi luonnonmarjoja (Saastamoinen ym. 2000). Laajan ”Luonnon virkistyskäytön valtakunnallinen inventointi (LVVI)” -tutkimuksen mukaan marjastusta harrastaa yli puolet (56 %) suomalaisista, ja se on kolmanneksi suosituin ulkoiluharrastus kävelylenkkeilyn ja luonnon vesissä uinnin jälkeen (Pouta ja Sievänen 2001). Epäilemättä marjastuksen suosioon vaikuttaa suurelta osin jokamiehenoikeus, joka on Suomessa – kuten myös Ruotsissa – poikkeuksellisen laaja jopa muihin Pohjoismaihin verrattuna (Salo 1995). Virkistäytymisen lisäksi marjastuksesta saadaan myös merkittävää taloudellista hyötyä. Etenkin Itä- ja Pohjois-Suomen harvaan asutuilla seuduilla marjastuksesta saatavat verovapaat ansiot ovat merkittävä lisätulonlähde monille ihmisille (Saastamoinen 1996, Kangas 2001).

Viimeisen vuosikymmenen aikana metsien monikäyttöarvot, kuten luonnonmarjat ja sienet, on huomioitu lisääntyvästi sekä Suomen metsäpolitiikassa ja käytännön metsänhoitotoimenpiteissä (ks. esim. Suomen metsätalouden... 2000, Hyvän metsänhoidon... 2001) että useissa kansallisissa ja alueellisissa tavoite- ja kehittämissuunnitelmissa (esim. Keräilytuotealan kehittämissuunnitelma... 1995, Luonnontuotealan nykytilan... 2000, Pohjois-Karjalan metsäohjelma... 2001). Esimerkiksi Luonnontuotealan teemaryhmä on laatinut maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannosta vuosille 2000-2006 luonnontuotealan kehittämissuunnitelman (Luonnontuotealan nykytilan... 2000). Siinä tuodaan esille useita luonnontuotealan tutkimustarpeita, joista yhtenä mainitaan ”valtakunnan biologisen marja- ja sienisadon sekä muiden luonnontuotevarojen inventointi”.

Suomen luonnonmarjavarjoja ei siis ole inventoitu, toisin kuin esimerkiksi Ruotsissa (Eriksson ym. 1979, Kardell ja Carlsson 1982). Ainoastaan joitakin karkeita estimaatteja eri marjalajien kokonaissadoista on esitetty (taulukko 1). Nämä koko maata koskevat estimaatit perustuvat joko asiantuntija-arvioihin tai yleistykseen empiirisistä marjasatotutkimuksista, joita on tehty verrattain pienillä maantieteellisillä alueilla yhden tai muutaman satovuoden aikana. Kunta- ja maakunta- (ent. läänit) kohtaisia marjasatoarvioita on laskettu eri puolella Suomea erinäisten lyhytkestoisten tutkimusten

pohjalta (Raatikainen 1978, Ruuhijärvi ym. 1978, Pulliainen ja Havas 1981, Jaakkola 1983, Raatikainen ja Raatikainen 1983, Raatikainen ym. 1984, Kujala ym. 1987, Nykänen 1987, Kujala ym. 1989, Lohiniva ja Saastamoinen 1989, Sipola ja Ohenoja 1990).

**Taulukko 1.** Eri tutkimuksissa ja komiteamietinnöissä esitettyjä koko maan kattavia kokonaissatoarvioita mustikalle, puolukalla sekä kaikille luonnonmarjoille yhteensä.

	Mustikka (milj. kg)	Puolukka (milj. kg)	Luonnonmarjoja yhteensä (milj. kg)
Valtion hedelmäkomitean... (1941)	42	70	200
Veijalainen (1977)	100	500 <sup>1</sup>	650 <sup>2</sup>
Metsämarja- ja sienitoimikunnan... (1979)	100	200 - 500	
Raatikainen ym. (1984)	150 - 200	180 - 200	
Raatikainen (1988)	200	200	> 900
Salo (1994)	150 - 200	200 - 500	560 - 1100

<sup>1</sup> hyvä satovuosi

<sup>2</sup> Neljän luonnonmarjan (mustikka, puolukka, suomuurain (*Rubus chamaemorus*) ja karpalo (*Vaccinium oxycoccos*, *V. microcarpum*)) kokonaissato.

Nykyisin käsityksen mukaan (Salo 1994) Suomen metsät ja suot tuottavat hyvänä satovuotena noin 1100 milj. kg ja huonona satovuotena noin 560 milj. kg luonnonmarjoja. Mustikka (*Vaccinium myrtillus*) ja puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*), jotka ovat tärkeimmät metsämarjamme, muodostavat hyvänä satovuotena 63 % luonnonmarjojen kokonaissadosta (200 milj. kg mustikkaa ja 500 milj. kg puolukkaa). Heikkona satovuotena vastaava osuus on lähes sama, 62 % (150 milj. kg mustikkaa ja 200 milj. kg puolukkaa). Soiden osuus mustikan ja puolukan kokonaistuotoksesta on melko vähäinen. Salo (1996) on arvioinut, että hyvänä satovuotena suot tuottavat 3 % (6 milj. kg) mustikan kokonaissadosta ja 5 % (25 milj. kg) puolukan kokonaissadosta.

Marjasadon määrittäminen laajoilla maantieteellisillä alueilla on paitsi aikaa vievää myös erittäin vaikeaa (ks. esim. Eriksson ym. 1979, Raatikainen ym. 1984). Eräs keskeinen ongelma empiirisissä marjasatotutkimuksissa on ollut sopivan inventointimenetelmän löytäminen (Sepponen ja Viitala 1982a). Menetelmän pitäisi olla riittävän luotettava ja samalla mahdollisimman soveltuva laajoja pinta-aloja kattavaan ja



vain lyhyehkön satokauden kestävään inventointiin. Lisäksi marjasatoinventointeja tulisi tehdä useana vuotena peräkkäin, sillä marjasatojen ajallinen vaihtelu on suuri (esim. Kolupaeva ja Skrjabina 1979, Wallenius 1999, Salo ja Eronen 2004). Näin voitaisiin saada luotettava kuva siitä, millainen on tietyn maantieteellisen alueen keskimääräinen marjasato ja miten paljon marjasadot vaihtelevat erilaisina satovuosina.

Edellä mainitut ongelmat, jotka liittyvät empiirisiin marjasatomittauksiin, voidaan osittain sivuuttaa hyödyntämällä marjasatomalleja, jotka on laadittu tietyille maantieteelliselle alueelle. Ihalainen ym. (2005) laativat alueelliset mustikan ja puolukan tuotoksen ennustemallit kaikille Suomen metsäkeskuksille. Nämä mallit perustuvat laajaan asiantuntijätietämykseen, joka kerättiin lähettämällä kyselylomake metsäkeskusten suunnittelijoille ja muille suunnittelutyöhön osallistuville henkilöille. Kyselylomakkeessa kuvattiin 117 erilaista metsikköä, joiden mustikan ja puolukan tuotosta yhteensä 266 metsäammattilaista arvioi asteikolla 0-10. Lisäksi suunnittelijat arvioivat, kuinka suurta mustikka- ja puolukkasatoa (kg/ha) asteikon suurin arvo (10) heidän mielestään vastaa. Tämän linkityksen ansiosta oli mahdollista laatia malleja, jotka tuottavat absoluuttisia marjasatoennusteita (kg/ha).

Ihalaisen ym. (2005) mallit ennustavat keskinkertaisen satovuoden marjantuotosta käyttäen selittäjinä sellaisia kasvupaikka- ja puustotunnuksia, joita estimoidaan normaalisti metsäsuunnittelun yhteydessä. Mallien ensisijaisena käyttötarkoituksena on toimia monitavoitteisen metsäsuunnittelun apuvälineenä. Malleja voidaan hyödyntää myös, kun halutaan arvioida Suomen tärkeimpien luonnonmarjojen alueellisia marjavarantoja ja biologista kokonaissatoa. Koska kuitenkin on oletettavaa, että laadituilla malleilla on taipumus tuottaa yliarvioita (Ihalainen ym. 2005), tarvitaan mallien huolellista kalibrointia ennen kuin alueellisia marjasatoarvioita voidaan laskea.

Tällä tutkimuksella on kaksi tavoitetta. Ensimmäisenä tavoitteena on kalibroida empiirisen marjasatoaineiston perusteella Ihalaisen ym. (2005) kehittämät marjasatomallit siten, että ne tuottaisivat mahdollisimman tarkkoja satoennusteita keskimääräiselle satovuodelle. Myös mallien käyttökelpoisuus tarkistetaan, vaikka perusoletuksena on, että Ihalaisen ym. (2005) mallit kuvaavat metsikön rakenteen ja marjantuotoksen välisiä riippuvuuksia loogisesti. Toisena tavoitteena on laskea kalibroiduilla malleilla mustikan ja puolukan kokonaissadot sekä metsäkeskuksittain että koko maan alueelle. Kokonaissatoarvot lasketaan kangasmaiden metsämaalle (kasvupaikat 2-5).

## 2. AINEISTOT

### 2.1 Empiirinen marjasatoaineisto

Ihalaisen ym. (2005) mallien käyttökelpoisuuden tarkistamista ja kalibrointia varten kerättiin laaja empiirinen marjasatoaineisto Suomesta (taulukko 2). Myös Ruotsin ja Venäjän Karjalan alueilla tehtyjä marjasatotutkimuksia hyödynnettiin, sillä nämä alueet kuuluvat Fennoskandian kasvimaantieteellisen vyöhykejaon mukaan pääasiassa samaan boreaalisen havumetsävyöhykkeen osaan kuin Suomi (Kalliola 1973) ja siten näiden alueiden tutkimustuloksia voidaan jossain määrin soveltaa myös Suomen olosuhteisiin.

Empiirisissä marjasatotutkimuksissa käytetyt inventointimenetelmät vaihtelivat suuresti eri tutkimusten välillä (ks. liite 1). Muun muassa koealan koko ja muoto sekä otoskoko vaihtelivat tutkimuksesta toiseen. Kaikissa tutkimuksissa otantamenetelmä ei ollut objektiivinen vaan koealat oli sijoitettu etukäteen hyviksi tiedettyihin poimintakelpoisiin marjapaikkoihin (esim. Lohiniva ja Saastamoinen 1989).

Tämän tutkimuksen marjasatoaineistoon (taulukko 2) kelpuutettiin vain sellaiset empiiriset tutkimukset, joissa inventointimenetelmän katsottiin olevan tarpeeksi luotettava (vrt. Sipola ym. 2003, s. 552). Myös tutkimusaineiston piti olla riittävän laaja. Pääpaino annettiin sellaisille tutkimuksille, joissa inventointimenetelmä oli objektiivinen. Jos tutkimuksen otanta-asetelma oli määritelty subjektiivisesti (ks. liite 1), kyseisen tutkimuksen tuloksia käytettiin lähinnä aputuloksena mallien kalibroinnissa.

Marjasatotutkimuksia oli tehty erilaisina satovuosina ja useimmiten mittauksia oli tehty vain yhtenä tai muutamana vuotena (taulukko 2). Koska tässä työssä pyrittiin tuottamaan ennusteita keskinkertaiselle satovuodelle, eri vuosille laskettiin niiden satotasoja kuvaavat marjasatoindeksit (luku 3.1). Satoindeksien laskennassa hyödynnettiin satoarvioita, joita on tehty Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitoksen toimesta sekä valtakunnallisesti (v. 1977-87) että suuralueittain (v. 1981-87; alueet: Itä-Suomi, Länsi-Suomi, Oulun ja Kainuun seutu sekä Lappi) (Kujala ym. 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, Turunen ja Kujala 1987, Kujala ym. 1988). Lisäksi hyödynnettiin alueellisia satotilannearvioita, joita on tehty Oulun läänissä ja Pohjois-Lapissa vuosina 1987-88 (Kujala ja Malin 1989, Kujala ym. 1989).

**Taulukko 2.** Tutkimukset, joita hyödynnettiin lhalaisen ym. (2005) mallien kalibroinnissa sekä mallien käyttökelpoisuuden tarkistamisessa. Satovuoden (satovuosien) sanallinen kuvaus kuvastaa tutkimuksen kohteena olevan alueen satotasoa. (M = mustikka, P = puolukka)

Tutkimus	Tutkimusalueen sijainti	Tutkimusvuosi/ tutkimusvuodet	Satovuoden/ satovuosien kuvaus
1) Raatikainen (1978)	Pihtipudas (Väli-Suomi)	1976	P: keskinkertainen <sup>1</sup>
2) Raatikainen ja Raatikainen (1983)	Pihtipudas (Väli-Suomi)	1977	M: hyvä <sup>2</sup>
3) Raatikainen ym. (1984)	Väli-Suomi	1978, 1979, 1981	M ja P: heikko - hyvä
4) Jäppinen ym. (1986)	Ilomantsi (Itä-Suomi)	1982 - 1984	M: heikko - hyvä P: heikko
5) Sipola ja Ohenoja (1990)	Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa <sup>3</sup>	1987 - 1989	M: heikko - hyvä P: keskinkert. - hyvä
6) Lohiniva ja Saastamoinen (1989)	Pohjois-Lappi	1987 - 1988	M ja P: heikko
7) Salo ja Eronen (2004) <sup>4</sup>	koeruutuja eri puolella Suomea	1997 - 2003	M ja P: heikko - hyvä
8) Sepponen, P. (julkaisematon aineisto) <sup>4</sup>	Kivalo (Pohjois-Suomi)	1980 - 1990	M ja P: heikko - hyvä
9) Jaakkola, I. (julkaisematon aineisto) <sup>5</sup>	Rovaniemen mlk (Pohjois-Suomi)	1982 - 1983	M ja P: heikohko ja keskinkertaista parempi
10) Salo, K. (julkaisematon aineisto) <sup>6</sup>	Nurmes-Lieksa (Itä-Suomi)	1981 - 1984	M: heikko - hyvä P: heikko
11) Salo, K. (julkaisematon aineisto) <sup>7</sup>	Kainuu <sup>3</sup>	1983	M: keskinkertaista parempi P: keskinkertainen

<sup>1</sup> vain puolukkasatoja tutkittiin

<sup>2</sup> vain mustikkasatoja tutkittiin

<sup>3</sup> ks. kuva 1

<sup>4</sup> Metsäntutkimuslaitoksessa kerätty pysyvien marjakoealojen aineisto. Aineiston omistus- ja tekijänoikeudet ovat Metsäntutkimuslaitoksella.

<sup>5</sup> Metsäntutkimuslaitoksessa kerätty Rovaniemen maalaiskunnan marjasatoinventointiaineisto. Aineiston omistus- ja tekijänoikeudet ovat Metsäntutkimuslaitoksella. Jaakkola (1983) on esittänyt alustavia tuloksia kesän 1982 inventoinnista.

<sup>6</sup> Aineisto on kerätty Kauko Salon (Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus) johdolla pysyville marjakoealoilta. Aineiston omistus- ja tekijänoikeudet ovat Metsäntutkimuslaitoksella.

<sup>7</sup> Aineisto on kerätty Kauko Salon (Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus) johdolla. Aineiston omistus- ja tekijänoikeudet ovat Metsäntutkimuslaitoksella.

Marjasatotutkimusten yhteydessä koelaloilta oli mitattu vaihtelevasti erilaisia metsikkötunnuksia. Joissain tutkimuksissa oli määritelty vain kasvupaikat, joilla marjakoealat sijaitsivat (esim. Salo, julkaisematon Kainuu-aineisto) (taulukko 2). Joissakin tutkimuksissa tutkimuskohteiden metsikkötunnukset oli mitattu kattavasti

(esim. Jaakkola, julkaisematon aineisto; ks. myös Jaakkola 1983). Nämä seikat, kuten myös muut tässä luvussa kuvatut empiirisen marjasatoaineiston ominaispiirteet, pyrittiin huomioimaan marjasatomallien kalibroinnissa mahdollisimman laajasti (luku 3.4.2).

## 2.2 Metsikkötunnusaineisto

Tämän tutkimuksen metsikkötunnusaineistona käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) aineistoa. VMI:n koealaotos kattaa koko maan. Mittaukset ja arviot tehdään koealoihin kuuluvista puista ja niiltä metsikkökuvioilta, jotka sisältävät koealan tai sen osan puita. Niitä muuttujia, jotka kuvaavat koko metsikkökuviota, jolla koeala tai sen osa sijaitsee, kutsutaan kuviotunnuksiksi. Kuviotunnuksia ovat muun muassa omistajaryhmään, puuntuotannon rajoituksiin, maaperään, kasvupaikan laatuun, puustoon sekä tehtyihin ja ehdotettuihin toimenpiteisiin liittyvät tunnuksot (ks. esim. Valtakunnan metsien... 1997).

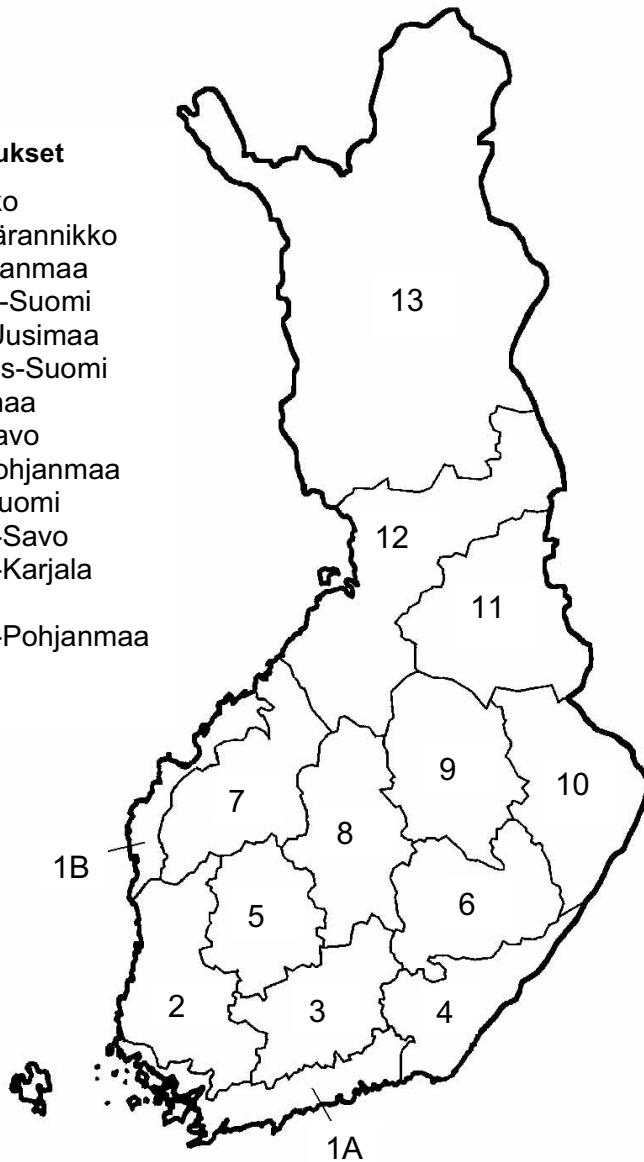
Tutkimusta tehtäessä VMI9 oli valmis sekä maastotöiden että tulosten laskennan osalta Kainuuta myöten – metsäkeskusten 1-11 (ks. kuva 1) tapauksessa hyödynnettiin siten VMI9-tietoja (inventoinnit tehty vuosina 1996-2001). Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin metsäkeskusten kohdalla käytettiin VMI8-aineistoja (inventoinnit tehty vuosina 1992-1994). VMI8:n jälkeen metsälautakuntia yhdistettiin metsäkeskuksiksi (1.3.1996), ja mm. Keski-Pohjanmaan metsäkeskus lakkautettiin vuoden 1998 alussa (Tomppo ym. 2001). Nämä aluemuutokset huomioitiin siten, että VMI8-aineistosta poimittiin Lapin metsäkeskukseen Lapin metsälautakunta ja Koillis-Suomen metsälautakunta Kuusamo lukuun ottamatta. Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskukseen valittiin Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnan ohella Kuusamo sekä lakkautetusta Keski-Pohjanmaan metsäkeskuksesta Oulun lääniin kuuluva osa. Näin ollen tämän tutkimuksen metsäkeskusjako noudatti nykyistä metsäkeskusjakoa (kuva 1).

Seuraavia kuviotietoja hyödynnettiin, kun Ihalaisen ym. (2005) marjasatomalleilla laskettiin ennusteita VMI-koealoille (ks. muuttujien selvennykset esim. Valtakunnan metsien... 1997):

- metsäkeskus
- maaluokka
- kasvupaikan päätyyppi
- kasvupaikkatyyppi
- kehitysluokka

**Metsäkeskukset**

- 1 Rannikko
  - 1A Etelärannikko
  - 1B Pohjanmaa
- 2 Lounais-Suomi
- 3 Häme-Uusimaa
- 4 Kaakkois-Suomi
- 5 Pirkanmaa
- 6 Etelä-Savo
- 7 Etelä-Pohjanmaa
- 8 Keski-Suomi
- 9 Pohjois-Savo
- 10 Pohjois-Karjala
- 11 Kainuu
- 12 Pohjois-Pohjanmaa
- 13 Lappi



**Kuva 1.** Suomen metsäkeskukset.

- puuston pohjapinta-ala
- metsikön ikä
- vallitseva puulaji ja sen osuus (tilavuudesta kymmenyksinä)
- keskipituus (oli arvioitu vain taimikoissa)
- keskiläpimitta (ei ollut arvioitu taimikoissa)
- runkoluku (oli arvioitu vain taimikoissa)

Lisäksi kokonaismarjasatojen laskennassa oli olennaista tietää kunkin koealan edustama pinta-ala. Aineistoista käytettiin vain ns. keskipistekuvioita, eli kuvioita, joihin oli osunut VMI-koealan keskipiste.

VMI-aineistojen perusteella laskettiin joukko lisämuuttujia, jotka olivat keskeisiä selittäjiä Ihalaisen ym. (2005) malleissa (kasvupaikka-dummyt, pääpuulaji-dummyt). Koska runkoluku oli arvioitu vain taimikoissa, muille kehitysluokille (lukuun ottamatta aukot) estimoitiin runkoluku seuraavalla kaavalla:

$$rl = \frac{ppa}{\pi(d/2)^2 / 10000} \quad (1)$$

missä

$rl$  = runkoluku (kpl/ha)

$ppa$  = puuston pohjapinta-ala (m<sup>2</sup>/ha)

$d$  = keskiläpimitta (cm)

Kaavaa (1) sovellettaessa oletettiin, että metsikön kaikki puut ovat keskiläpimitan kokoisia.

VMI-aineistoihin ei ollut kirjattu taimikoiden keskiläpimittoja. Pienten taimikoiden keskiläpimitat koodattiin nolliksi. Varttuneille taimikoille läpimitat laskettiin seuraavalla ”nyrkkisäännöllä”: läpimitta (cm) = 1,1 × keskipituus (m).

Yleensä puuston keskipituus oli arvioitu vain taimikoissa (poikkeuksena Kainuu, jossa keskipituus oli mitattu kaikissa kehitysluokissa). Nuorten ja varttuneiden kasvatusmetsiköiden, uudistuskypsien metsiköiden, suojuspuumetsiköiden ja siemenpuumetsiköiden kohdalla kuviokohtaiset keskipituudet estimoitiin Veltheimin pituusmalleilla (Veltheim 1987). Kun metsikön pääpuulaji ei ollut mänty eikä kuusi, käytettiin Veltheimin (1987) laatimaa rauduskoivun pituusmallia. Veltheimin (1987)

laajoissa kivennäismaiden pituusmalleissa ovat selittäjinä mm. lämpösumma ja korkeus merenpinnan yläpuolella; tämän vuoksi myös nämä muuttujat tarvittiin VMI-kuviotiedoista.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin yhteensä 40 825 kangasmaiden metsämaalla sijaitsevan koealan kuviotietoja. Ahvenanmaa rajattiin aineistosta pois, sillä Ihalaisen ym. (2005) marjasatomallit on laadittu metsäkeskuksille 1-13 (kuva 1). Samoin kangasmaiden kasvupaikkatyyppit 1 (lehdot), 6 (karukkokankaat) ja 7 (kallioiset maat ja hietikot) jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. On oletettavaa, että kallioisilla mailla ja hietikoilla mustikan ja puolukan tuotos on lähes olematonta. Lisäksi kyseisen kasvupaikkatyyppin osuus on vähäinen metsämaan kangasmaiden kokonaispinta-alasta (1,1 %). Empiirisissä marjasatotutkimuksissa oli vain niukasti havaintoja lehtojen ja karukkokankaiden sadoista. Tämän vuoksi nämä kasvupaikkatyyppit päätettiin jättää tarkastelun ulkopuolelle. Metsätyyppien 1 ja 6 osuus metsämaan kangasmaiden kokonaispinta-alasta on 2,4 %.

### **3. MENETELMÄT JA MENETELMÄLLISET TULOKSET**

#### **3.1 Satoindeksien laskenta**

Vuosina 1977-88 joukko koulutettuja marja- ja sienisatojen tiedottajia teki kuntatasolla havaintoja mm. mustikan ja puolukan sato näkymistä ja raportoi niistä Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitokselle, joka näiden tietojen perusteella laati satoennusteita (liite 2). Tiedottajat tekivät arviointeja kahdesta viiteen kertaan kasvukauden aikana siten, että viimeinen arviointi tapahtui elo-syyskuussa, jolloin sekä mustikan että puolukan pääsato oli kypsynyt. Satoindeksien laskennassa hyödynnettiin viimeiseen arviointikertaan perustuvia valtakunnallisia ja suuraluekohtaisia satoarvioita.

Vuosina 1977-84 marjasadon määrää arvioitiin seuraavalla sanallisella asteikolla: erittäin heikko, heikko, keskinkertainen, runsas ja erittäin runsas. Satoindeksien laskentaa varten nämä luokat muutettiin numeerisiksi arvoiksi: 1 = erittäin heikko, 2 = heikko, 3 = keskinkertainen, 4 = runsas ja 5 = erittäin runsas. Satoindeksit laskettiin siten, että tiedustelukuntien (tiedottajien) osuus (%) kussakin arviointiluokassa kerrottiin arviointiluokkaa vastaavalla arvolla ja näin saadut luvut laskettiin yhteen. Jos esimerkiksi kaikkien tiedustelukuntien sato tarkastelun kohteena olevalla alueella (koko maa tai jokin suuralue) oli arvioitu keskinkertaiseksi, satoindeksiksi tuli 300. Yleisesti satoindeksien

## 16 Menetelmät ja menetelmälliset tulokset

tulkinta on seuraavanlainen: 100 = erittäin heikko, 200 = heikko, 300 = keskinkertainen, 400 = runsas ja 500 erittäin runsas (taulukko 3).

**Taulukko 3.** Mustikan ja puolukan valtakunnalliset satoindeksit vuosille 1977-87. Vuosina 1981-88 on laskettu satoindeksejä niille suuralueille, joilla empiiristen tutkimusten (taulukko 2) tutkimusalueet sijaitsivat. Vertailuarvona voidaan käyttää satoindeksiä 300, joka kuvaa keskinkertaisen satovuoden satotasoa (poikkeuksena \*:llä merkityt tapaukset, sillä niitä laskettaessa täydellinen kato on koodattu nollassi).

Vuosi	Mustikka		Puolukka	
	Valtakunn. indeksi	Aluekoht. indeksi	Valtakunn. indeksi	Aluekoht. indeksi
1977	340	--	375	--
1978	298	--	315	--
1979	307	--	296	--
1980	163	--	163	--
1981	231	Itä-Suomi: 242 Lappi: 216	280	Itä-Suomi: 245 Lappi: 248
1982	198	Itä-Suomi: 174 Lappi: 277	222	Itä-Suomi: 224 Lappi: 229
1983	370	Itä-Suomi: 387 Oulu ja Kainuu: 309 Lappi: 309	243	Itä-Suomi: 239 Oulu ja Kainuu: 271 Lappi: 359
1984	361	Itä-Suomi: 386 Lappi: 165	215	Itä-Suomi: 180 Lappi: 221
1985	282	Lappi: 328,5	295,5	Lappi: 267
1986	306	Lappi: 315	373,5	Lappi: 370,5
1987	244,5	Oulun lääni: 162 Pohjois-Lappi: 124,5 *	298,5	Oulun lääni: 321 Pohjois-Lappi: 163,5 *
1988	--	Oulun lääni: 352,5 Pohjois-Lappi: 165	--	Oulun lääni: 394,5 Pohjois-Lappi: 210

Vuodesta 1985 lähtien satoarvioiden laadinta toteutettiin asteikolla heikko, keskinkertainen ja runsas sato. Aiemmin käytetyn asteikon ääripäät erittäin heikko ja erittäin runsas sato yhdistettiin viereisiin luokkiin. Nyt satoindeksien laskennassa



käytettiin seuraavia numeerisia arvoja: 1,5 = heikko, 3 = keskinkertainen ja 4,5 = runsas. Lisäksi oli mahdollista ilmoittaa täydellinen kato, joka satoindeksejä laskettaessa koodattiin nolaksi. Näistä syistä johtuen v. 1985-88 satoindeksit eivät ole täysin vertailukelpoisia v. 1977-84 indeksien kanssa. Kuitenkin voidaan todeta, että satoindeksi 300 kuvaa aina keskinkertaista satotasoa, mikäli tarkastelun kohteena olevalla alueella ei esiintynyt 0-sadon ilmoittaneita tiedustelukuntia (taulukko 3).

Oulun läänin (Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa) marjasatoinventoinnin tuloksia hyödynnettiin marjasatomallien kalibroinnissa hyvin laajasti (ks. luku 3.4.2). Vuodelle 1989 ei kuitenkaan voitu laskea satoindeksiä edellä kuvatulla tavalla, koska v. 1988 jälkeen ei tehty satotilannearvioita Suomessa. Tässä tutkimuksessa mustikan ja puolukan satoindeksit vuodelle 1989 estimoitiin Sipolan ja Ohenojan (1990) laskemien kokonaissatoarvioiden perusteella. Sipolan ja Ohenojan (1990) mukaan mustikan kokonaissatomäärä Oulun läänissä oli v. 1988 suunnilleen samansuuruinen kuin v. 1989 (60,2 milj. kg ja 60,7 milj. kg), joten v. 1989 mustikkasatoindeksiksi asetettiin 352,5 (vrt. taulukko 3). Vuosina 1987-89 puolukkasatoarviot olivat 56,4 milj. kg, 133,7 milj. kg ja 86,8 milj. kg (Sipola ja Ohenoja 1990). Vuoden 1989 puolukkasatoindeksiksi laskettiin 350, kun oletettiin, että kokonaissadon ja satoindeksin välillä vallitsee lineaarinen riippuvuus.

Satoindeksien hyödyntämisestä kerrotaan luvussa 3.4.2.

### **3.2 Taustatietoa kalibroitavista malleista**

Ihalaisen ym. (2005) laatimat marjasatomallit ovat lineaarisia sekamalleja, jotka koostuvat mallin kiinteästä osasta ja satunnaisosasta. Mallin kiinteän osan muodostivat kasvupaikka- ja puustotunnukset ja satunnaisosaan sisällytettiin arvioijista johtuva satunnaiskomponentti. Mallien kiinteät osat sisälsivät myös ns. metsäkeskuskohtaisia dummy-muuttujia, joilla usean metsäkeskuksen yhteisiä marjasatomalleja korjattiin jollekin tai joillekin metsäkeskuksille sopivammaksi.

Tavallisesti sekamalli kalibroidaan siten, että satunnaisvaikutusten parametrit ennustetaan empiiristen mittausten avulla (ks. esim. Lappi 1986, Eerikäinen ym. 2002). Vaikka tässä tutkimuksessa ei ole kyse sekamallien kalibroinnista em. tavalla, käytetään kuitenkin kyseistä termiä, kun Ihalaisen ym. (2005) malleja korjataan empiirisen aineiston perusteella siten, että ne tuottaisivat keskimääräisen satovuoden ennusteita.

Hyödynnettäessä Ihalaisen ym. (2005) malleja perusoletuksena oli, että kyseisissä malleissa marjantuotoksen ja metsikkötunnusten väliset riippuvuudet ovat loogisia eri kivennäismaiden kasvupaikoilla. Tämä oletus perustui siihen, että tutkimuksessaan Ihalainen ym. (2005) vertasivat varsin kattavasti mallien ennusteita aikaisempiin tutkimustuloksiin ja havaitsivat, että mallit ovat pääasiassa loogisia. Tässä tutkimuksessa kaikkien alueellisten mallien käyttökelpoisuus tarkastettiin laajemman empiirisen aineiston perusteella (luku 3.4.1). Validioinnilla tarkoitetaan mallien käyttökelpoisuuden tarkistamista ja kalibrointia.

Seuraavassa luvussa esitellään Ihalaisen ym. (2005) laatimat marjasatomallit. Luvussa tarkastellaan lähinnä mallien aluejakoa tämän tutkimuksen näkökulmasta katsottuna. Pohditaan, olisiko tarkoituksenmukaista jakaa usean metsäkeskuksen alue, jolle oli sovitettu yhteinen malli, useampaan osaan. Lisäksi tarkastellaan metsäkeskuskohtaisten dummy-muuttujien tarpeellisuutta (biologista realistisuutta).

### **3.3 Alueelliset marjasatomallit**

#### **3.3.1 Mustikkamallit**

Tutkimuksessaan Ihalainen ym. (2005) laativat kaksi mustikkamallia; toinen malli laadittiin Kainuun metsäkeskukselle ja toinen muulle Suomelle. Muun Suomen malli, eli yhteinen malli metsäkeskuksille 1-10 ja 12-13 (ks. kuva 1), sisälsi ns. metsäkeskuskohtaisia dummy-muuttujia Rannikon metsäkeskus – Pohjanmaalle, Kaakkois-Suomelle ja Lapille (ks. Ihalainen ym. 2005). Näiden metsäkeskuskohtaisten dummy-muuttujien vaikutuksia mustikan tuotokseen on pohdittu Ihalaisen ym. (2005) artikkelissa sekä Ihalaisen (2003) lisensiaattityössä varsin yksityiskohtaisesti – niiden tarkoituksenmukaisuutta (biologista realistisuutta) ei sen sijaan ole tarkasteltu lainkaan.

Katsaus aikaisempiin marjasatotutkimuksiin (Raatikainen ja Raatikainen 1983, Raatikainen ym. 1984, Kuchko 1988, Belonogova ja Zajceva 1989) osoitti, että Rannikon metsäkeskus – Pohjanmaan ja Kaakkois-Suomen omien dummy-muuttujien käyttäminen ei ole perusteltua. Lapin mustikkamalli sen sijaan erotettiin tässä tutkimuksessa metsäkeskusten 1-10 ja 12-13 yhteisestä mustikkamallista, sillä Lappi kuuluu eri kasvillisuusvyöhykkeeseen (pohjoisboreaalinen vyöhyke) kuin metsäkeskukset 1-10 ja 12 (etelä- ja keskiboreaalinen vyöhyke). Hotasen ym. (2000) mukaan mustikka viihtyy Pohjois-Suomessa karummilla kasvupaikoilla kuin Etelä-Suomessa.

Mustikkamallien validoinnissa noudatettiin siis seuraavaa aluejakoa: 1) Lappi, 2) metsäkeskukset 1-10 ja 12 ja 3) Kainuu. Metsäkeskusten 1-10 ja 12 tapauksessa kalibroitiin seuraavaa mallia:

$$\hat{y} = \exp(1,519 + 0,0568 \times h + 0,904 \times D_1 + 0,505 \times D_2 - 0,0000972 \times rl + 0,385 \times kuusi + 0,161 \times mänty) \times 1,8892 - 1 \quad (2)$$

missä

$\hat{y}$  = ennustettu mustikkasato (kg/ha)

$h$  = puuston keskipituus (m)

$D_1$  = kasvupaikka-dummy:  $D_1 = 1$ , jos kasvupaikka on tuore kangas, ja  $D_1 = 0$  muutoin

$D_2$  = kasvupaikka-dummy:  $D_2 = 1$ , jos kasvupaikka on kuivahko kangas, ja  $D_2 = 0$  muutoin

$kuusi$  = pääpuulaji-dummy:  $kuusi = 1$ , jos pääpuulaji on kuusi, ja  $kuusi = 0$  muutoin

$mänty$  = pääpuulaji-dummy:  $mänty = 1$ , jos pääpuulaji on mänty, ja  $mänty = 0$  muutoin  
 $rl$  kuten kaavassa (1)

Lapin mustikkamalli on muutoin sama kuin malli (2), paitsi että vakiokerroin on  $1,519 + 0,474 = 1,993$  (ks. Ihalainen ym. 2005).

Ihalainen ym. (2005) kyseenalaistivat Kainuun mustikkamallin käyttökelpoisuuden, koska siinä marjantuotoksen ja metsikön kehitysvaiheen välinen riippuvuus oli yllättävä aikaisempaan tutkimustietoon verrattuna (vrt. esim. Sipola ja Ohenoja 1990). Kainuun mustikkamalli on esitetty Ihalaisen ym. (2005) tutkimuksessa.

### 3.3.2 Puolukkamallit

Myös puolukalle Ihalainen ym. (2005) laativat kaksi erillistä mallia; toinen metsäkeskuksille 1-9 ja 12 ja toinen metsäkeskuksille 10, 11 ja 13 (ks. kuva 1). Ensiksi mainittu malli sisälsi metsäkeskuskohtaisia dummy-muuttujia Rannikon metsäkeskus – Pohjanmaalle ja Häme-Uusimaalle (ks. Ihalainen ym. 2005). Näiden metsäkeskuskohtaisten dummy-muuttujien biologista realistisuutta ei ole pohdittu Ihalaisen (2003) eikä Ihalaisen ym. (2005) tutkimuksissa ollenkaan. Tämän tutkimuksen

tarkastelut osoittivat, että niiden käytölle ei ole perusteita (esim. Raatikainen 1978, Raatikainen ym. 1984).

Metsäkeskusten 1-9 ja 12 tapauksessa kalibroitiin siten seuraavaa puolukkamallia:

$$\hat{y} = \exp[2,209 + 1,539 \times D_3 + 0,000058 \times (ikä)^2 + 0,54 \times mänty - 0,000155 \times rl - 0,122 \times D_3 \times \ln(d + 1)] \times 1,8675 - 1 \quad (3)$$

missä

$\hat{y}$  = ennustettu puolukkasato (kg/ha)

$D_3$  = kasvupaikka-dummy:  $D_3 = 1$ , jos kasvupaikka on kuivahko tai sitä kuivempi kangas, ja  $D_3 = 0$  muutoin

*ikä* = metsikön ikä (vuosi)

muut muuttujat kuten kaavassa (1) ja mallissa (2)

Metsäkeskusten 10, 11 ja 13 yhteisessä puolukkamallissa oli kullekin metsäkeskukselle omat dummy-muuttujansa (ks. Ihalainen ym. 2005). Aikaisemman tutkimustiedon valossa Lapin puolukkamallin havaittiin kuvaavan puolukan tuotoksen ja metsikkötunnusten välisiä riippuvuuksia loogisesti (Ihalainen ym. 2005). Kainuun ja Pohjois-Karjalan puolukkamallien käyttökelpoisuus sitä vastoin kyseenalaistettiin: lisäselvityksiä nimenomaan puolukan tuotoksen ja metsikön kehitysvaiheen välisistä riippuvuuksista peräänkuulutettiin.

Tässä tutkimuksessa puolukkamallien validioinnissa päädyttiin noudattamaan seuraavaa aluejakoa: 1) metsäkeskukset 1-9 ja 12, 2) Pohjois-Karjala, 3) Kainuu ja 4) Lappi.

### 3.4 Alueellisten marjasatomallien validointi

#### 3.4.1 Mallien käyttökelpoisuuden tarkistaminen

Kaikkien edellisessä luvussa kuvattujen marjasatomallien (kolme mustikkamallia ja neljä puolukkamallia) käyttökelpoisuus tarkastettiin vertaamalla malleilla laskettuja ennusteita empiirisiin tutkimustuloksiin (ks. taulukko 2; lisäksi esim. Eriksson ym. 1979, Kardell ja

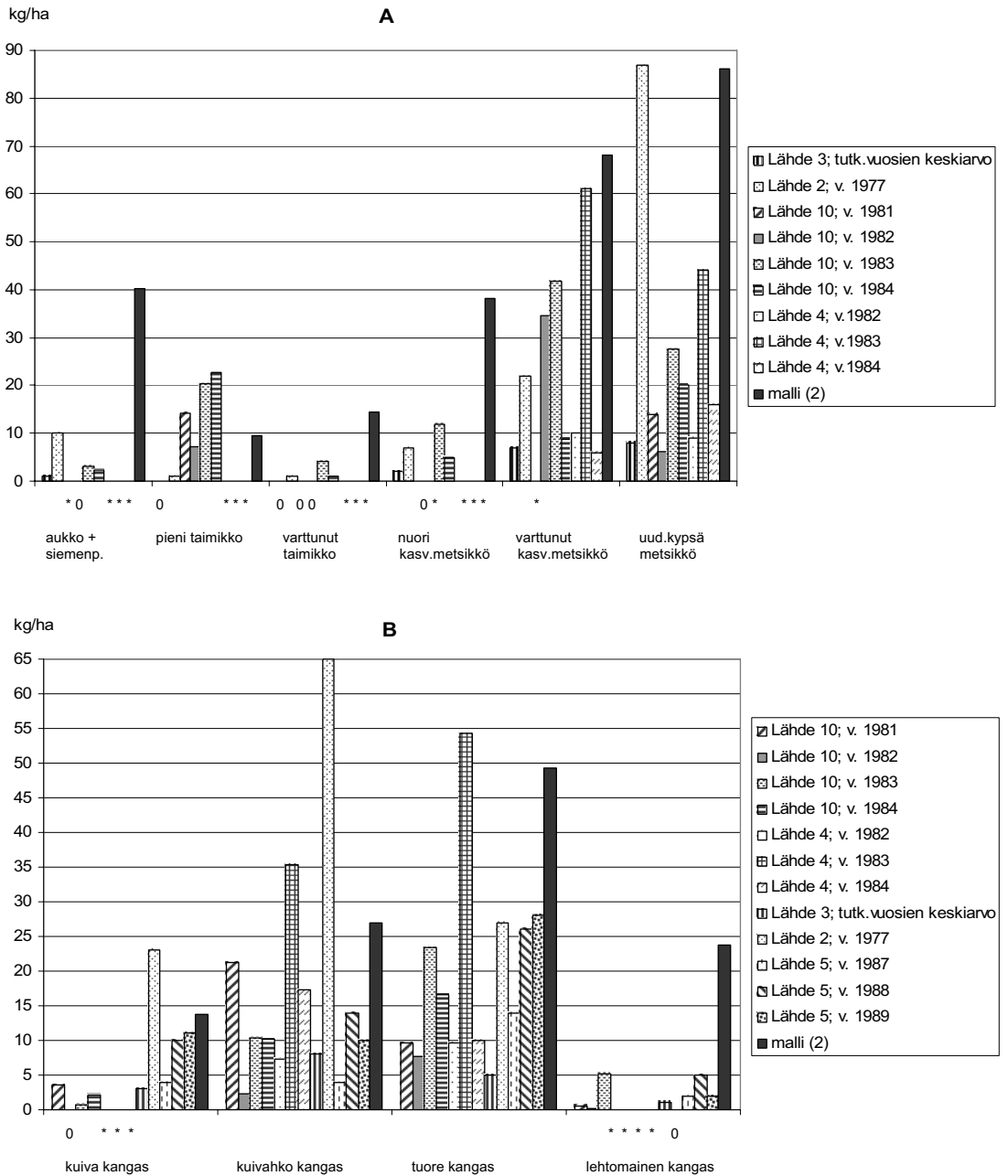
Carlsson 1982, Belonogova ja Zajceva 1989, Belonogova 1993). Ennusteita laskettaessa käytettiin hyväksi kunkin alueen metsikkötunnusdataa. Pääasiassa tarkasteltiin marjantuotosta metsän eri kehitysvaiheissa ja eri-puulajisissa metsissä. Erityistä huomiota kiinnitettiin Kainuun mustikkamalliin ja Kainuun ja Pohjois-Karjalan puolukkamalleihin, joiden käyttökelpoisuuden Ihalainen ym. (2005) kyseenalaistivat.

Perusoletuksen mukaisesti marjantuotoksen ja metsikkötunnusten väliset riippuvuudet eri kivennäismaiden kasvupaikoilla olivat loogisia lähes kaikkien alueellisten mallien tapauksessa. Esimerkiksi metsäkeskusten 1-10 ja 12 yhteinen mustikkamalli kuvasi mustikan tuotoksen ja metsikön kehitysvaiheen välistä riippuvuutta tuoreella kankaalla varsin loogisesti (kuva 2A) – sen sijaan mallin ennusteet olivat tuntuvia yliarvioita.

Ihalaisen ym. (2005) laatima erillinen Kainuun mustikkamalli osoittautui kuitenkin huonosti toimivaksi. Koska Kainuu kuuluu samaan kasvillisuusvyöhykkeeseen (keskiboreaalin vyöhyke) kuin esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaa, tässä tutkimuksessa oletettiin, että näillä alueilla metsikön rakenteen ja mustikan tuotoksen välinen riippuvuus on samankaltainen (vrt. kuva 1 ja Kalliola 1973, s. 111). Edelleen pääteltiin, että metsäkeskusten 1-10 ja 12 yhteistä mustikkamallia voidaan soveltaa myös Kainuun alueelle. Kun jatkossa puhutaan alueellisista marjasatomalleista, sillä tarkoitetaan luvussa 3.3 kuvattuja malleja tätä poikkeusta lukuun ottamatta.

### **3.4.2 Mallien kalibrointi**

Tässä tutkimuksessa päädyttiin seuraavaan kalibrointimenetelmään: alueellisille marjasatomalleille johdettiin kasvupaikkakohtaisia korjauskertoimia empiirisen aineiston perusteella (vrt. Vanclay 1994, s. 219). Tähän kalibrointimenetelmään päädyttiin, kun havaittiin, että laskettaessa alueellisilla marjasatomalleilla metsätyyppikohtaiset keskisadot tietylle maantieteelliselle alueelle ja verrattaessa näitä lukuja saman alueen empiirisiin tutkimustuloksiin, suhteelliset erot eri kasvupaikkojen marjantuotoskyvyssä eivät olleet samat. Esimerkiksi kun tarkasteltiin mustikkasatoja metsäkeskusten 1-10 ja 12 alueella, voitiin havaita, että näiden metsäkeskusten yhteisellä mustikkamallilla laskettu ennuste tuoreelle kankaalle oli keskimäärin kolmin-nelinkertainen empiirisiin marjasatomittauksiin verrattuna (kuva 2B). Kuivahkolla kankaalla mallin ennuste ei vaikuttanut yhtä suurelta yliarviolta (kuva 2B).



**Kuva 2.** Empiirisissä marjasatotutkimuksissa erilaisina satovuosina mitattuja A) tuoreen kankaan kehitysluokittaisia ja B) kasvupaikkakohtaisia mustikan keskisatoja (kg/ha) sekä metsäkeskusten 1-10 ja 12 yhteisellä mustikkamallilla (malli 2) lasketut keskisadot A) tuoreen kankaan kehitysluokille ja B) eri kasvupaikkatyypeille (laskenta-aineistona metsäkeskusten 1-10 ja 12 alueella sijaitsevat VMI-koealat). Lähteiden numerot löytyvät taulukosta 2. (x-akselilla: 0 = 0 kg/ha ja \* = puuttuva tieto)

Korjauskertoimet määriteltiin seuraavasti:

(i) määriteltiin keskimääräisen satovuoden kasvupaikkakohtaiset keskisadot (kg/ha) eri alueille (taulukko 4)

(ii) laskettiin alueellisilla marjasatomalleilla kasvupaikkakohtaiset keskisadot (kg/ha)

(iii) korjauskertoimien laskeminen (vaiheissa i ja ii tuotettujen luku suhde)

**Taulukko 4.** Keskimääräisen satovuoden kasvupaikkakohtaiset keskisadot (kg/ha), jotka johdettiin eri maantieteellisille alueille empiirisen aineiston perusteella. Ne empiiriset tutkimukset, joiden aritmeettisena keskiarvona kunkin alueen keskisadot laskettiin, on lihavoitu; muissa tutkimuksissa mitattuja satoja käytettiin lähinnä aputuloksina mallien kalibroinnissa. Suluissa on esitetty korjauskertoimet, joilla alueellisia marjasatomalleja korjataan kunkin kasvupaikkatyyppin tapauksessa erikseen.

Mustikka <sup>1</sup>					
	kuiva kangas	kuivahko kangas	tuore kangas	lehtomainen kangas	Lähteet <sup>2</sup>
Lappi	11,1 (0,53)	10,9 (0,28)	18,8 (0,30)	2,0 (0,08)	6, 8, 9
metsäkeskukset 1-10 ja 12	4,3 (0,31)	9,5 (0,35)	14,0 (0,28)	2,0 (0,08)	2, 3, 4, 5, 7, 10
Kainuu	4,9 (0,37)	10,2 (0,40)	18,5 (0,44)	2,5 (0,14)	5, 10, 11
Puolukka <sup>3</sup>					
	kuiva kangas	kuivahko kangas	tuore kangas	lehtomainen kangas	Lähteet <sup>2</sup>
Lappi	20,7 (0,13)	30,9 (0,22)	10,5 (0,18)	5,0 (0,13)	6, 8, 9
metsäkeskukset 1-9 ja 12	18,7 (0,17)	25,9 (0,26)	14,8 (0,67)	1,0 (0,06)	1, 3, 4, 5, 7, 10
Pohjois-Karjala	18,7 (0,27)	25,9 (0,44)	14,8 (0,95)	1,0 (0,08)	- - -
Kainuu	18,1 (0,12)	26,9 (0,20)	20,6 (0,29)	1,5 (0,03)	5, 10, 11

<sup>1</sup> Kainuulle ja metsäkeskuksille 1-10 ja 12 (kuva 1) määriteltiin absoluuttiset sadot erikseen, vaikka korjauskertoimien laskennassa käytettiin samaa mustikkamallia. Myös kalibroitava malli on näille alueille sama.

<sup>2</sup> Lähteiden numerot löytyvät taulukosta 2.

<sup>3</sup> Pohjois-Karjalan ja metsäkeskusten 1-9 ja 12 (kuva 1) alueille määriteltiin absoluuttiset sadot samoiksi, vaikka korjauskertoimien laskennassa hyödynnettiin eri puolukkamalleja. Myös kalibroittavat mallit ovat erilaisia näille kahdelle alueelle.

Vaiheessa (i) hyödynnettiin empiirisiä marjasatotutkimuksia (taulukko 2). Useita seikkoja huomioitiin määriteltäessä keskimääräisen satovuoden kasvupaikkakohtaisia keskisatoja (kg/ha) tietyille alueelle, mm.:

- millaisena satovuotena empiirinen marjasatotutkimus oli tehty (satoindeksit)
- sijaitsivatko empiiriset tutkimuskohteet kattavasti tarkastelun kohteena olevalla alueella
- inventointimenetelmän objektiivisuus (ks. luku 2.1)
- oliko empiirinen tutkimus riittävän kattava, ts. oliko marjasatomittauksia tehty esim. kaikissa kehitysluokissa

Esimerkiksi metsäkeskusten 1-10 ja 12 alueella tuoreen kankaan keskimääräiseksi mustikkasadoksi saatiin 14,0 kg/ha (taulukko 4). Tämä luku laskettiin Raatikaisen ym. (1984), Sipolan ja Ohenojan (1990) ja Salon (julkaisematon Nurmest-Lieksa -aineisto) aineistojen perusteella siten, että kullekin tutkimukselle annettiin yhtä suuri paino. Näissä kaikissa tutkimuksissa inventointimenetelmä oli objektiivinen ja lisäksi tutkimuskohteet sijaitsivat melko kattavasti metsäkeskusten 1-10 ja 12 alueella (taulukko 2). Mustikkasatojen ajallinen vaihtelu oli suuri (kuva 2, taulukot 2 ja 3), mutta satoindeksien valossa näiden kolmen tutkimuksen perusteella saatiin estimaatti likimäärin keskimääräiselle satovuodelle. (Satoindeksien keskiarvo oli 288,3, kun kullekin tutkimuksella annettiin yhtä suuri paino ja Raatikaisen ym. (1984) tutkimusvuosina hyödynnettiin aluekohtaisten indeksien puuttumisen takia valtakunnallisia satoindeksejä; ks. taulukko 5.) Esimerkiksi Raatikaisen ja Raatikaisen (1983) mittaama keskisato mustikkatyyppin kankaalle erittäin hyvänä satovuotena oli huomattavasti suurempi (kuva 2B). Jäppisen ym. (1986) tutkimusta ei voitu suoraan hyödyntää, sillä heidän tutkimuksessaan tuoreen kankaan koelat sijaitsivat ainoastaan varttuneissa ja uudistuskypsissä metsissä.

Edellisessä luvussa päädyttiin siihen tulokseen, että metsäkeskusten 1-10 ja 12 yhteistä mustikkamallia voidaan soveltaa myös Kainuun alueelle. Kuitenkin näille alueille määriteltiin absoluuttiset kasvupaikkakohtaiset keskisadot erikseen (taulukko 4). Esimerkiksi Kujalan ym. (1989) mukaan kokonaismustikkasato – kuten myös kokonaispuolukkasato – suhteutettuna metsätalouden maan pinta-alaan on Kainuun alueella suurempi kuin Pohjois-Pohjanmaan alueella.

Aikaisemmista tutkimuksista ei löytynyt viitteitä sille, että metsäkeskusten 1-9 ja 12 muodostama alue ja Pohjois-Karjala eroaisivat toisistaan puolukan tuotoskyvyn suhteen (esim. Raatikainen ym. 1984). Siksi näiden alueiden kasvupaikkakohtaiset



puolukkasadot määriteltiin samoiksi (taulukko 4), vaikka kummallekin alueelle on omat puolukkamallinsa.

**Taulukko 5.** Satoindeksien keskiarvot kolmelle eri maantieteelliselle alueelle. Luvut on laskettu empiiristen marjasatotutkimusten (taulukon 4 lihavoidulla merkatut tutkimukset) tutkimusvuosia vastaavien satoindeksien perusteella siten, että kullekin tutkimukselle on annettu yhtä suuri paino. Näiden keskiarvojen perusteella voidaan päätellä, miten hyvin kullekin alueelle lasketut keskisadot (taulukko 4) kuvastavat keskinkertaisen satovuoden marjantuotosta (luku 300 indikoi keskinkertaista satovuotta).

	Mustikkasatoindeksien keskiarvo	Puolukkasatoindeksien keskiarvo
Lappi	293,0	294,0
metsäkeskukset 1-10 ja 12	288,3	291,4
Kainuu	293,1	288,6

Vaiheessa (ii) laskettiin alueellisilla marjasatomalleilla kasvupaikkakohtaiset keskisadot (kg/ha) hyödyntäen kunkin alueen metsikkötunnusaineistoa (ks. luku 2.2). Laskettaessa metsäkeskusten 1-9 ja 12 yhteisellä puolukkamallilla satoennusteita VMI-koealoille (yhteensä 28 737 koealaa) havaittiin, että malli tuotti joillekin kuvioille erittäin suuria ennusteita: yhteensä 111 kuvion satoennusteeksi tuli yli 500 kg/ha. Tarkasteltaessa lähemmin näitä 111 kuviota havaittiin, että niissä metsikön ikä oli suuri: se vaihteli 173 vuodesta 364 vuoteen. Koska metsäkeskusten 1-9 ja 12 yhteisellä puolukkamallilla lasketut ennusteet ovat herkkiä metsikön iän vaihtelulle, näiden 111 kuvion suuri ikä korvattiin mallinnusaineiston maksimi-ikällä (145 vuotta). Tällä tavoin kuvioiden ennusteet saatiin järkeviksi (vrt. esim. Salo 1991) ja myös kasvupaikkakohtaiset keskisadot voitiin laskea luotettavasti mallin asettamissa rajoissa.

Kasvupaikkakohtaiset korjauskertoimet saatiin laskemalla vaiheissa (i) ja (ii) tuotettujen lukujen suhteet (taulukko 4). Käytännön laskelmissa korjauskerroin lisätään alueellisen marjasatomallin kertoimeksi.

Kullekin metsäkeskukselle laskettiin kokonaismarjasadot (mustikka- ja puolukkasadot erikseen) kasvupaikkakohtaisten kokonaissatojen summana. Laskenta suoritettiin seuraavin vaihein:

- 1) valittiin metsäkeskus ja kasvupaikkatyyppi, jonka kokonaissato haluttiin estimoida
- 2) laskettiin kullekin vaiheessa 1 valituksi tulleelle koealalle satoennuste (kg/ha) kalibroidulla marjasatomallilla
- 3) vaiheessa 2 lasketut satoennusteet kerrottiin koealan edustamalla pinta-alalla

- 4) laskettiin vaiheen 3 luvut yhteen (saatiin kasvupaikan kokonaissato)
- 5) käytiin vastaavasti muut kasvupaikkatyytit läpi (vaiheet 1-4)
- 6) laskettiin kasvupaikkakohtaiset kokonaissadot yhteen

Suomen metsämaan kangasmaiden (kasvupaikat 2-5) mustikan ja puolukan kokonaistuotos laskettiin metsäkeskuskohtaisten kokonaissatojen summana.

#### **4. KOKONAISMARJASADOT METSÄKESKUKSITTAIN SEKÄ KOKO MAALLE**

Laskelmien mukaan Suomen kangasmetsät (kasvupaikat 2-5) tuottavat keskimääräisenä satovuotena yhteensä 168 milj. kg mustikoita ja 244 milj. kg puolukoita (taulukko 6). Näillä kasvupaikoilla keskimääräinen marjantuotos on 11,5 kg/ha mustikkaa ja 16,7 kg/ha puolukkaa.

Metsäkeskuksista Lappi, jonka osuus lehtomaisten, tuoreiden, kuivahkojen ja kuivien kankaiden kokonaispinta-alasta on 28 %, tuottaa eniten sekä mustikoita (60,0 milj. kg) että puolukoita (82,1 milj. kg) (taulukko 6). Suhteutettuna metsätyyppien 2-5 pinta-alaan maamme suurimmat puolukkasadot (yli 19 kg/ha) löytyvät Kainuun, Lapin, Pohjois-Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusten alueilta. Kainuu ja Lappi ovat Suomen parasta mustikantuotosaluetta (keskimääräinen sato metsätyypeillä 2-5 on yli 14 kg/ha).

Häme-Uusimaan alueella sekä mustikka- että puolukkasadot ovat maamme heikoimmat (taulukko 6). Puolukkaa kyseisen alueen kangasmetsät tuottavat keskimääräisenä satovuotena 6,6 milj. kg (kasvupaikkatyyppien 2-5 keskimääräinen sato on 9,2 kg/ha). Mustikalle vastaavat arvot ovat 6,1 milj. kg ja 8,5 kg/ha. Häme-Uusimaan ohella Pohjois-Savossa kasvupaikkatyyppien 2-5 keskimääräinen mustikkasato jää alle 9 kg/ha.

Puolukan kokonaissato on suurempi kuin mustikan kokonaissato kaikkien metsäkeskusten alueilla (taulukko 6). Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla puolukan kokonaistuotos on lähes kaksinkertainen mustikan kokonaistuotokseen verrattuna. Häme-Uusimaan alueella sen sijaan puolukan tuotos ylittää vain niukasti mustikan tuotoksen.

**Taulukko 6.** Keskimääräisen satovuoden keski- ja kokonaismustikka- ja -puolukkasadot metsäkeskuksittain sekä koko Suomelle. Sadot on laskettu metsämaan kangasmaille (kasvupaikat 2-5) <sup>1</sup>.

Metsäkeskus	Mustikan kokonaissato (milj. kg)	Puolukan kokonaissato (milj. kg)	Mustikan ja puolukan kokonaissato (milj. kg)	Mustikan keskisato (kg/ha)	Puolukan keskisato (kg/ha)	Pinta-ala kasvupaikoilla 2-5 (1000 ha)
Rannikko	6,2	8,7	14,9	10,2	14,3	611
Lounais-Suomi	8,3	11,5	19,8	11,2	15,6	739
Häme-Uusimaa	6,1	6,6	12,7	8,5	9,2	719
Kaakkois-Suomi	6,4	8,5	14,8	10,1	13,4	632
Pirkanmaa	6,5	8,7	15,1	9,5	12,7	681
Etelä-Savo	9,0	11,2	20,2	10,0	12,3	906
Etelä-Pohjanmaa	7,6	14,3	21,8	10,2	19,1	745
Keski-Suomi	9,5	14,4	23,9	9,4	14,2	1015
Pohjois-Savo	7,5	9,9	17,4	8,1	10,7	928
Pohjois-Karjala	9,4	15,1	24,5	9,3	15,1	1003
Kainuu	16,2	24,6	40,8	14,5	22,0	1120
Pohjois-Pohjanmaa	15,8	28,2	44,1	11,1	19,9	1421
Lappi	60,0	82,1	142,1	14,7	20,1	4094
<b>Yhteensä</b>	<b>168,4</b>	<b>243,8</b>	<b>412,2</b>	<b>11,5</b>	<b>16,7</b>	<b>14 614</b>

<sup>1</sup> Kasvupaikat:

2 = lehtomaiset kankaat

3 = tuoreet kankaat

4 = kuivahkot kankaat

5 = kuivat kankaat

## 5. TULOSTEN TARKASTELU

Tässä tutkimuksessa validioitiin Ihalaisen ym. (2005) laatimat metsäkeskuskohtaiset marjasatomallit ja näitä malleja hyödyntäen laskettiin Suomen kangasmetsien biologinen mustikka- ja puolukkasato keskimääräisenä satovuotena. Suuralueen marjasatojen arvioimisessa marjasatomallien hyödyntämisen suurimpana etuna empiirisiin marjasatomittauksiin verrattuna on menetelmän nopeus ja helppous. Menetelmän etuna on myös se, että mallit huomioivat metsikön rakenteen ja marjan tuotoksen välisen

riippuvuuden marjasatolaskennoissa. Näin voidaan päästä tarkempaan kokonaissatoestimaattiin. Useissa aikaisemmissa marjasatotutkimuksissa (esim. Veijalainen 1977, Pulliainen ja Havas 1981) alueelliset kokonaismarjasadot on laskettu karkeasti kertomalla marjoja tuottavien kasvupaikkojen kokonaispinta-ala keskimääräisellä hehtaarisadolla (kg/ha).

Ihalaisen ym. (2005) mallien käyttökelpoisuuden tarkistamisessa ja kalibroinnissa käytettiin yhteensä 11 empiiristä marjasatotutkimusta, jotka oli tehty eri puolilla Suomea vuosina 1976-2003. Marjasatojen ajallinen vaihtelu huomioitiin laskemalla eri vuosille (v. 1977-88) niiden satotasoa kuvaavat satoindeksit. Satoindeksien hyödyntämiseen liittyy ainakin kaksi ongelmaa. Ensinnäkin, satotilannearviot, joiden perusteella mustikan ja puolukan satoindeksit laskettiin, perustuivat pääasiallisesti tiedottajien tekemiin subjektiivisiin havaintoihin (liite 2). Vaikka tiedottajia oli koulutettu erityisissä koulutustilaisuuksissa, subjektiivisia havaintoja ei voida pitää yhtä luotettavina kuin empiirisiä mittauksia. Valtakunnallisessa luonnonmarjojen ja kauppasienten satotutkimuksessa, jota on tehty Metsäntutkimuslaitoksessa v. 1997 lähtien, tutkimusmetsiköiden koeruudut inventoidaan kolme kertaa kasvukauden aikana laskemalla ensin kukkien lukumäärä, sitten raakileiden lukumäärä ja lopuksi kypsien marjojen lukumäärä (Salo ja Eronen 2004). Tässä tutkimushankkeessa mitatut tiedot (tähän mennessä aineistoa kerätty vuosilta 1997-2005) voisivatkin tarjota varteenotettavan vaihtoehdon satoindeksien laskemiseksi.

Toisekseen, satoindeksien keskiarvojen (taulukko 5) perusteella pääteltiin, miten hyvin kullekin alueelle lasketut keskisadot (taulukko 4) kuvastivat keskinkertaisen satovuoden marjantuotosta. Esimerkiksi Lapin kasvupaikkakohtaiset keskisadot, jotka laskettiin Rovaniemen maalaiskunnassa v. 1982 ja 1983 tehtyjen mittausten keskiarvona, kuvaavat satoindeksien valossa likimäärin keskinkertaisen satovuoden marjantuotosta (mustikkasatoindeksien keskiarvo = 293 ja puolukkasatoindeksien keskiarvo = 294). Kuitenkin voidaan kysyä, saadaanko estimaatti keskinkertaiselle satovuodelle, jos otetaan keskiarvo hyvän ja huonon vuoden sadoista. Tämä seikka puoltaa useissa aikaisemmissa tutkimuksissa tehtyä johtopäätöstä, jonka mukaan marjasatomittauksia tulisi tehdä useana vuotena peräkkäin – vain näin voidaan saada tarkasti selville erilaisten satovuosien satotasot.

Näistä kahdesta satoindekseihin liittyvästä ongelmakohdasta huolimatta havaittiin, että Lapin alueen satoindeksit v. 1981-86 korreloivat positiivisesti ja myös melko voimakkaasti Kivalon kokeilualueella mitattujen vuosittaisten keskisatojen kanssa

(Sepponen, julkaisematon aineisto). Mustikan tapauksessa korrelaatio oli 0,945 ja puolukan tapauksessa 0,578.

Empiirisissä marjasatotutkimuksissa käytetyt inventointimenetelmät vaihtelivat tutkimuksesta toiseen, mikä on todennäköisesti vaikuttanut mitattuihin satoihin ja niiden luotettavuuteen (vrt. Sepponen ja Viitala 1982b). Tässä tutkimuksessa kasvupaikkakohtaisten keskisatojen (taulukko 4) tarkkuuteen on voinut vaikuttaa myös se, että eri maantieteellisten alueiden (Lappia lukuun ottamatta) keskisatojen määrittämisessä hyödynnettiin kahta tai useampaa tutkimusta, joissa kussakin oli käytetty erilaista inventointimenetelmää. Muun muassa tästä syystä johtuen eri alueille lasketut keskisadot (taulukko 4) eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään. Tulevissa marjasatoinventoinneissa olisikin tärkeää kerätä aineistoa yhdenmukaisesti eri puolilla Suomea sellaisella menetelmällä, jonka on ensin todettu tuottavan mahdollisimman luotettavia tuloksia.

Pohjois-Suomessa metsätyyppien määrittely on ongelmallisempaa kuin muualla Suomessa (ks. esim. Sepponen 1981). Koska metsätyypit Pohjois-Suomessa ovat enemmän tai vähemmän tasainen kontinuumi toisikseen vaihtuvia kasviyhdyskuntia (Sepponen ym. 1982), on mahdollista, että Rovaniemen maalaiskunnan marjasatoinventoinnin yhteydessä osa kuivahkon kankaan koealoista on virheellisesti luokiteltu kuiviksi kankaiksi. Tämä selittäisi osaltaan sitä seikkaa, että Lapissa – toisin kuin muualla Suomessa – kuivahkon ja kuivan kankaan mustikan keskisadot ovat samaa suuruusluokkaa (taulukko 4). Toisaalta mustikka menestyy Lapissa myös kuivilla kankailla, mikä johtuu siitä, että paksu lumipeite sulaessaan antaa maaperälle riittävästi mustikan vaatimaa kosteutta ja talvisin se suojaa hallanarkaa mustikkaa paleltumasta (Lehmushovi 1975). Ilmaston suuri humidisuus vaikuttaa samaan suuntaan.

Edellä kuvatut empiirisen marjasatoaineiston ominaispiirteet – lähinnä marjasatojen suuri ajallinen vaihtelu ja inventointimenetelmien kirjavuus – ovat siis mitä todennäköisimmin vaikuttaneet kalibroinnin tarkkuuteen. Kuitenkin voidaan todeta, että tämän tutkimuksen tuloksena syntyneet kalibroidut marjasatomallit kuvaavat erilaisten metsiköiden marjantuotosta keskimääräisenä satovuotena realistisemmin kuin alkuperäiset Ihalaisen ym. (2005) mallit. Siksi niitä on perusteltua käyttää esimerkiksi käytännön metsäsuunnittelussa Ihalaisen ym. (2005) mallien asemesta.

Ihalaisen ym. (2005) mallit oli laadittu talousmetsiköille, ts. mallinnusaineisto koostui erilaisista metsänhoitosuosituksen mukaisesti käsitellyistä metsiköistä. VMI-aineistot sen sijaan sisälsivät hyvin erilaisia metsiköitä; mm. sellaisia, joissa

uudistuskypsyysikä oli jo reilusti ylitetty. Kun tällaisille vanhoille metsiköille laskettiin ennusteita alueellisilla marjasatomalleilla, tapahtui ekstrapolointia. Vanclayn (1994) mukaan ekstrapolointi ei ole suositeltavaa. Yleensä ennusteiden laskeminen on mielekästä vain sillä alueella, jolla mallin estimointiin käytetyt muuttujan arvot vaihtelevat (Vanclay 1994). Tällöin on kyse interpoloinnista.

Tässä tutkimuksessa ekstrapolointi aiheutti epärealistisen suuria marjasatoennusteita, kun metsäkeskusten 1-9 ja 12 yhteisellä puolukkamallilla laskettiin ennusteita vanhoille metsiköille (ikä yli 170 vuotta). Tämä johtui siitä, että kyseisen mallin ennusteet ovat herkkiä metsikön iän vaihtelulle. Ongelma ratkaistiin siten, että VMI-aineistojen suuri ikä korvattiin mallinnusaineiston maksimi-ikällä (145 vuotta). Vastaavanlainen menettely on suositeltavaa myös tulevaisuudessa, joissa sovelletaan tässä tutkimuksessa kalibroituja marjasatomalleja.

Suomen metsämaan kangasmaiden tuottama biologinen mustikka- ja puolukkasato laskettiin metsäkeskuskohtaisten kokonaissatojen summana. Ahvenanmaa jätettiin kuitenkin tarkastelun ulkopuolelle, koska kyseiselle alueelle ei ollut laadittu marjasatomalleja (ks. Ihalainen ym. 2005). Tämä ei vaikuttane kokonaissatoarvioihin suuresti, sillä Ahvenanmaa on luonnonoloiltaan varsin poikkeuksellinen muuhun Suomeen verrattuna (Kalliola 1973). Lisäksi metsämaan pinta-ala on Ahvenanmaalla varsin pieni (0,3 % koko Suomen metsämaa-alasta; ks. Metsätilastollinen vuosikirja... 2003).

Lehtojen ja karukkokankaiden marjantuotosta ei huomioitu kokonaissatolaskelmissa. Koska lehdossa ei esiinny varpukasveja juuri ollenkaan ja karukkokankaan jäkäläkasvustossa esiintyy puolukkaa vain harvakseltaan ja kitukasvuisena (Lehto ja Leikola 1987), on oletettavaa, että näillä kasvupaikkatyypeillä mustikan ja puolukan tuotos on vähäistä. Yksittäisiltä jäkälätyypin metsien koelaloilta on tosin mitattu korkeitakin puolukkasatoja (esim. Raatikainen ym. 1984). Myös suot jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tämä seikka tulee huomioida, kun tässä työssä esitetyt kokonaissatoarvioita verrataan esim. Salon (1994) asiantuntija-arvioihin ja Ruotsin marjasatoinventointien tuloksiin.

Tulosten mukaan Suomen kangasmetsät (kasvupaikat 2-5) tuottavat keskimääräisenä satovuotena 168 milj. kg mustikoita ja 244 milj. kg puolukoita. Mustikan osalta tulos on yhtäläinen Raatikaisen ym. (1984) ja Salon (1994) esittämien arvioiden kanssa (taulukko 1). Raatikaisen ym. (1984) esittämä puolukan kokonaissatoarvio

näyttäisi olevan alakanttiin – Salon (1994) asiantuntija-arvion vaihteluvälin keskiarvo on puolestaan tässä esitettyä suurempi.

Suomen kokonaissatoarvioita on mielekästä verrata myös Ruotsin marjasatoinventointien tuloksiin, sillä Ruotsissa metsämaan pinta-ala (22,6 milj. ha) on vain jonkin verran Suomen metsämaan alaa (20,2 milj. ha) suurempi (Skogsstatistisk årsbok... 2002, Metsätilastollinen vuosikirja... 2003). Vuosina 1975-77 Ruotsin metsät tuottivat keskimäärin 255 milj. kg mustikoita (Eriksson ym. 1979). Samaisena ajanjaksona puolukan vuotuinen kokonaistuotos metsämaalla oli keskimäärin 155 milj. kg (Eriksson ym. 1979); vuosina 1978-80 vastaava luku oli 201 milj. kg (Kardell ja Carlsson 1982). Voidaan siis havaita, että Ruotsin marjasatoinventointien tulokset ovat melko hyvin sopusoinnussa tämän tutkimuksen tulosten kanssa. Lisäksi maiden välinen vertailu antaa vahvistusta aikaisemmalle arviolle, jonka mukaan puolukka on Suomen tärkein metsämarja kun taas Ruotsissa mustikka tuottaa runsaimmat marjasadot (Salo 1995).

Metsäkeskuksista Lappi tuottaa peräti 36 % (60,0 milj. kg) Suomen kangasmetsien kokonaismustikkasadosta ja 34 % (82,1 milj. kg) kokonaispuolukkasadosta. Kujala ym. (1987) ovat arvioineet, että mustikan kokonaissato Lapin läänissä on noin 68 milj. kg ja puolukan kokonaissato noin 61 milj. kg. Lapin suuret kokonaismarjasadot johtunevat paitsi alueen suuresta pinta-alasta myös siitä, että alueella mustikan ja puolukan suotuisimpien kasvupaikkojen (tuore, kuivahko ja kuiva kangas) osuus metsämaan kangasmaiden kokonaispinta-alasta on suuri: 97 % (ks. Tomppo ym. 2001 ja taulukko 4). Lisäksi kalibroinnissa käytetyn empiirisen marjasatoaineiston ominaispiirteillä lienee osuutensa Lapin korkeisiin satoihin.

Vuosina 1987 ja 1988 estimoitiin Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan mustikka- ja puolukkavarannot Oulun läänin marja- ja sienisatoinventoinnin yhteydessä (Kujala ym. 1989; ks. myös Sipola ja Ohenoja 1990). Keskinkertaista heikompana mustikkavuotena 1987 Oulun läänissä arvioitiin kasvavan 32 milj. kg mustikoita (Kainuun osuus 14,1 milj. kg ja Pohjois-Pohjanmaan osuus 17,9 milj. kg). Tämän tutkimuksen arviot keskinkertaiselle satovuodelle (Kainuu 16,2 milj. kg ja Pohjois-Pohjanmaa 15,8 milj. kg) ovat varsin hyvin sopusoinnussa Kujalan ym. (1989) arvioiden kanssa. Kujalan ym. (1989) esittämät kokonaissatoarviot keskinkertaiselle puolukkavuodelle 1987 (Kainuu 25,3 milj. kg ja Pohjois-Pohjanmaa 31 milj. kg) vaikuttavat niin ikään loogisilta (vrt. taulukko 6) varsinkin kun muistetaan se, että Kujala ym. (1989) ovat huomioineet

laskelmissaan myös soiden marjantuotoksen. Vuonna 1988 mustikan ja puolukan kokonaissatoarviot olivat noin kaksinkertaisia edellisvuoteen verrattuna, mikä johtui erittäin hyvästä satovuodesta (Kujala ym. 1989).

Vaikka marjakasvuston suuri peittävyys ei välttämättä indikoi runsasta marjantuotosta (esim. Kardell 1980), tässä tutkimuksessa havaittiin, että Suomen parhaat mustikan- ja puolukantuotosalueet löytyvät pääsääntöisesti juuri niiltä seuduilta, missä kyseisten marjalajien peittävyys on suurin (vrt. luku 4 ja Hotanen ym. 2000, s. 128 ja 136). Vastaavasti alhaisen peittävyyden alueet näyttävät tuottavan huonohkosti marjoja. Esimerkiksi Häme-Uusimaan alueella sekä puolukan peittävyys että marjantuotos on alhainen. Pääasiallisena syynä tähän lienee se, että alueella kuivahkojen ja sitä karumpien kankaiden osuus on pieni (9 %) verrattuna tuoreiden ja sitä rehevämpien kankaiden osuuteen. Lisäksi Häme-Uusimaalla sellaisten kehitysluokkien, jotka ovat parhaita puolukan tuotoksen suhteen (kuivahkojen ja sitä karumpien kankaiden aukot, pienet taimikot, uudistuskypsät metsiköt, siemenpuumetsiköt), osuus on pienempi kuin useiden muiden metsäkeskusten tapauksessa.

Tässä työssä estimoitiin keskimääräisen marjavuoden mustikka- ja puolukkasatoja. Näitä estimaatteja on kuitenkin tulevaisuudessa syytä tarkentaa keräämällä uutta empiiristä marja-aineistoa marjasatomallien luotettavampaa kalibrointia varten. Vaihtoehtoisesti voitaisiin suorittaa valtakunnallinen luonnonmarjavarojen inventointi, kuten Ruotsissa on tehty (Eriksson ym. 1979, Kardell ja Carlsson 1982), mutta se vaatisi huomattavan suurien resurssien, joiden tarkoituksenmukaisuutta on pohdittava myös siitä näkökulmasta, että Suomessa marjatalouden pääongelma ei ole biologisen sadon riittävyys vaan sen alhainen talteenottoaste. Tulevaisuudessa on myös aiheellista selvittää, kuinka paljon maamme kokonaismarjasadot vaihtelevat erilaisina satovuosina. Metsämaan kangasmaiden tapauksessa voitaisiin hyödyntää vastaavanlaista menetelmää kuin mitä on sovellettu tässä työssä, ts. kalibroida alueelliset marjasatomallit erilaisille satovuosille.

Keskinkertaisena ja hyvänä marjavuotena suot eivät ole kovin merkittäviä mustikoiden ja puolukoiden tuottajia (Salo 1996). Heikkoina, kuivuuden vaivaamina satovuosina sitä vastoin soiden osuus mustikan ja puolukan kokonaissadoista voi olla korostuneempi. Salon (1988) mukaan turvealustalla kasvavat marjat kärsivät harvoin kuivuudesta kun taas kangasmetsissä kypsyvät marjat jäävät kuivina kesinä usein pieniksi ja varisevat. Jatkotutkimuksissa on siis syytä huomioida myös soiden



marjasadot. Niin ikään kangasmaiden kitumaiden (lähinnä Lapin tunturimetsät) marjantuotos tulee ottaa huomioon kokonaissatolaskelmissa (ks. Lohiniva ja Saastamoinen 1989), vaikka kyseisen kasvupaikan osuus onkin vähäinen koko Suomen mittakaavassa.

## KIRJALLISUUS

Belonogova, T. 1993. Changes in bilberry and cowberry yields under the influence of forestry measures. *Aquilo Series Botanica* 31: 17-20.

- & Zajceva, N.L. 1989. Ekologo-biologičeskie osobennosti hozjajstvenno cennyh rastenij Karelii. Karelskij filiaal AN SSSR, Petrozavodsk. 168 s.

Eerikäinen, K., Mabvurira, D., Nshubemuki, L. & Saramäki, J. 2002. A calibrateable site index model for *Pinus kesiya* plantations in southeastern Africa. *Canadian Journal of Forest Research* 32(11): 1916-1928.

Eriksson, L., Ingelög, T. & Kardell, L. 1979. Blåbär, lingon, hallon. Förekomst och bärproduktion i Sverige 1974-1977. Summary: Bilberry, lingonberry, raspberry. Occurrence and production in Sweden 1974-1977. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelning för landskapsvård, Rapport 16. 124 s.

Hotanen, J-P., Korpela, L., Mikkola, K., Mäkipää, R., Nousiainen, H., Reinikainen, A., Salemaa, M., Silfverberg, K., Tamminen, M., Tonteri, T. & Vanha-Majamaa, I. 2000. Metsä- ja suokasvien yleisyys ja runsaus 1951-95. Julkaisussa: Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I. & Hotanen, J-P. (toim.). Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. Tammi, Helsinki. s. 84-301.

Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Libris Oy, Helsinki. 95 s.

Ihalainen, M. 2003. Luonnonmarjojen metsädynamiikan mallintaminen Suomessa. Metsäsuunnittelun ja -ekonomian lisensiaattityö. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 36 s.

- , Pukkala, T. & Saastamoinen, O. 2005. Regional expert models for bilberry and cowberry yields in Finland. *Boreal Environment Research* 10: 145-158.

Jaakkola, I. 1983. Rovaniemen maalaiskunnan marjasatoinventointi. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 137-143.

Jäppinen, J-P., Hotanen, J-P. & Salo, K. 1986. Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkötunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppin kankailla Ilomantsissa vuosina 1982-1984. Summary: Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982-1984. *Folia Forestalia* 670. 25 s.

Kalliola, R. 1973. Suomen kasvimaantiede. Werner Söderström Oy, Porvoo. 308 s.

Kangas, K. 2001. Commercial wild berry picking as a source of income in northern and eastern Finland. *Journal of Forest Economics* 7(1): 53-68.

Kardell, L. 1980. Occurrence and production of bilberry, lingonberry and raspberry in Sweden's forests. *Forest Ecology and Management* 2: 285-298.

- & Carlsson, E. 1982. Hjortron, tranbär, lingon. Förekomst och bärproduktion i Sverige 1978-1980. Summary: Cloudberry, cranberry, lingonberry. Occurrence and production in Sweden 1978-1980. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelning för landskapsvård, Rapport 25. 139 s.

Keräilytuotealan kehittämisohjelma vuosille 1995-1999. 1995. MMM:n työryhmämuistio 5. 24 s.

Kolupaeva, K.G. & Skrjabina, A.A. 1979. Urožajnost brusniki na territorii RSFSR v 1960-1976 godah. Rastitelnye Resursy 15: 548-553.

Kuchko, A.A. 1988. Bilberry and cowberry yields and the factors controlling them in the forests of Karelia, USSR. Acta Botanica Fennica 136: 23-25.

Kujala, M. & Malin, A. 1989. Pohjois-Lapin marja- ja sienisatotilannetiedustelut vuosina 1987 ja 1988. Julkaisussa: Kujala, M., Malin, A., Saastamoinen, O., Lohiniva, S. & Niva, A. (toim.). Pohjois-Lapin kuntien metsämarja- ja sienitutkimus vuosina 1987-1988 (Pohla-projekti). Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos, Raportteja ja artikkeleita 26. s. 5-16.

- , Malin, A., Tauriainen, J. & Tuutti, R. 1977. Marjojen ja sienien satoennusteista ja kauppantulomääristä vuonna 1977. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi 1977/78 projekti: väliraportti. 39 s.

- , Malin, A., Pohjalainen, L., Tauriainen, J. & Tuutti, R. 1978. Marjojen ja sienien satoennusteista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-78. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi 1977/78 projekti: loppuraportti. 48 s.

- , Malin, A. & Pohjalainen, L. 1979. Marjojen ja sienien satoennusteista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-79. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi-projekti: loppuraportti. 25 s.

- , Pohjalainen, L., Malin, A. & Alkula, A. 1980. Marjojen ja sienien satoennusteista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-80. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi-projekti: loppuraportti. 25 s.

- , Pohjalainen, L., Koskela, M-L. & Alkula, A. 1981. Marjojen ja sienien satoennusteista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-81. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi-projekti: loppuraportti. 28 s.

- , Ukkonen, E. & Nieminen, A. 1982. Marjojen ja sienien satoennusteista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-82. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi-projekti: loppuraportti. 29 s.

- , Ukkonen, E., Autio, M. & Meretniemi, I. 1984. Marjojen ja sienien satoarvioista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-1983. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Raportti. 24 s. + 12 liitettä.

- , Ukkonen, E., Nieminen, A. & Meretniemi, I. 1985. Marjojen ja sienien satoarvioista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-1984. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi-loppuraportti 1984. 33 s. + 12 liitettä.

- , Ukkonen, E., Kujala, S. & Jämsen, J. 1986. Marjojen ja sienien satoarvioista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-1985. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi-loppuraportti. 32 s. + 13 liitettä.

- , Kynsilehto, K., Ohenoja, E., Saastamoinen, O. & Sepponen, P. 1987. Lapin läänin luonnonmarja- ja sienivarat, niiden satoarviot, hyödyntäminen ja sivuansiollinen merkitys. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Polar-marsi 86 loppuraportti. 56 s.

- , Malin, A., Mäkinen-Aakula, M. & Rintamäki, L. 1988. Marjojen ja sienien satoarvioista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-1987. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi -87 loppuraportti. 57 s.

- , Malin, A., Ohenoja, E. & Sipola, K. 1989. Oulun läänin luonnonmarja- ja sienivarat, niiden satoarviot, hyödyntäminen ja sivuansiollinen merkitys (Ouka-projekti). Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos, Raportteja ja artikkeleita 27. 74 s.

Lappi, J. 1986. Mixed linear models for analyzing and predicting stem form variation of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 134. 69 s.

Lehmushovi, A. 1975. Puolukan esiintyminen, muuntelu ja ekologia. Maatalouden tutkimuskeskus. Puutarhantutkimuslaitoksen tiedote 4: 16-28.

Lehto, J. & Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. Kirjayhtymä, Helsinki. 96 s.

Lohiniva, S. & Saastamoinen, O. 1989. Pohjois-Lapin kuntien marjasatoinventointi. Hillan, mustikan ja puolukan keskimääräiset hehtaarisadot ja kokonaissatoarvio Enontekiön, Utsjoen ja Inarin kunnissa vuosina 1987 ja 1988. Julkaisussa: Kujala, M., Malin, A., Saastamoinen, O., Lohiniva, S. & Niva, A. (toim.). Pohjois-Lapin kuntien metsämarja- ja sienitutkimus vuosina 1987-1988 (Pohla-projekti). Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos, Raportteja ja artikkeleita 26. s. 73-101.

Luonnontuotealan nykytilan kuvaus ja kehittämissuunnitelma vuosille 2000-2006. 2000. Luonnontuotealan teemaryhmä, Maaseutupolitiikan yhteistyöryhmän julkaisu 3/2000. 59 s.

Metsämarja- ja sienitoimikunnan mietintö. 1979. Komiteamietintö 19. 67 s.

Metsätilastollinen vuosikirja 2003. 2003. Metsätutkimuslaitos. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala. 388 s.

Nykänen, J. 1987. Metsien tila ja moninaiskäyttö Sonkajärvellä 1986. Ylä-Savon instituutti. Tutkimusraportti 2. 58 s.

Pohjois-Karjalan metsäohjelma 2001-2005. 2001. Metsäkeskus Pohjois-Karjala. 78 s.

Pouta, E. & Sievänen, T. 2001. Luonnon virkistyskäytön kysyntätutkimuksen tulokset – Kuinka suomalaiset ulkoilevat? Julkaisussa: Sievänen, T. (toim.). Luonnon virkistyskäyttö 2000. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 802. s. 32-76.

- Pulliainen, E. & Havas, P. 1981. Biomassat ja energiavarat Pohjois-Suomen luonnossa. Julkaisussa: Melkas, J. (toim.). Lappi-seminaari, osa IV. Luonto ja ihminen – kokonaisuus ja kytkennät. Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. C 33. s. 24-41.
- Raatikainen, M. 1978. Puolukan sato, poiminta ja markkinointi Pihtiputaan kunnassa. Summary: The berry yield, picking, and marketing of *Vaccinium vitis-idaea* L. in the commune of Pihtipudas. *Silva Fennica* 12(2): 126-139.
- 1988. Estimates of wild berry yields in Finland. *Acta Bot. Fennica* 136: 9-10.
- & Raatikainen, T. 1983. Mustikan sato, poiminta ja markkinointi Pihtiputaalla. Summary: The berry yield, picking and marketing of *Vaccinium myrtillus* in the commune of Pihtipudas, northern central Finland. *Silva Fennica* 17(2): 113-123.
- , Rossi, E., Huovinen, J., Koskela, M-L., Niemelä, M. & Raatikainen, T. 1984. Metsä- ja suomarjasadot Väli-Suomessa. Summary: The yields of the edible wild berries in central Finland. *Silva Fennica* 18(3): 199-219.
- Ruuhijärvi, R., Kerkelä, T. & Leivo, A. 1978. Ounasjokitutkimuksia IV. Tepaston ja Meltauksen allasalueiden marjasadoista. Helsinki. 23 s.
- Saastamoinen, O. 1996. Non-wood forest uses and their regional impacts. Julkaisussa: Hyttinen, P., Mononen, A. & Pelli, P. (toim.). Regional development based on forest resources – theories and practices. *EFI Proceedings No. 9*. s. 181-190.
- , Kangas, K. & Aho, H. 2000. The picking of wild berries in Finland in 1997 and 1998. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 645-650.
- Salo, K. 1983. Marja- ja sienisatojen seuranta VMI-tutkimuksen osana Pohjois-Karjalassa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 90: 122-134.
- 1988. Soiden monikäyttö, marjat ja sienet. Julkaisussa: Ahti, E. (toim.). Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suontutkimusosasto 60 vuotta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308. s. 187-198.
- 1991. Marjat, sienet ja jäkälät – osa metsien monikäyttöä. Julkaisussa: Tapion taskukirja. Gummerus Oy, Jyväskylä. s. 246-260.
- 1994. Luonnonmarjat ja -sienet, yrttikasvit sekä palleroporonjäkälä tuovat rahaa ja virkistystä. Julkaisussa: Sulonen, S. & Kangas, J. (toim.). Näkökohtia metsien monikäyttöön. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 488. s. 19-35.
- 1995. Non-timber forest products and their utilization. Julkaisussa: Hytönen, M. (toim.). Multiple-use forestry in the Nordic countries. Metsäntutkimuslaitos. s. 117-155.
- 1996. Peatland berries – a valuable nourishing resource. Julkaisussa: Vasander, H. (toim.). Peatlands in Finland. Finnish Peatland Society. Gummerus, Helsinki. s. 39-44.

- 1999. Principles and design of a prognosis system for an annual forecast of non-wood forest products. Julkaisussa: Niskanen, A. & Demidova, N. (toim.). Research Approaches to Support Non-Wood Forest Products Sector Development: Case of Arkhangelsk Region, Russia. EFI Proceedings No. 29. s. 35-44.

- & Eronen, S. 2004. Mustikan ja puolukan kukinta ja marjasadot vuosina 1997-2003. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus. 64 s. (käsikirjoitus)

Sepponen, P. 1981. Kangasmetsätyypit ja metsien moninaiskäyttötutkimus Pohjois-Suomessa. Summary: Forest types and research on multiple-use forestry in northern Finland. Luonnon Tutkija 85: 32-37.

- & Viitala, L. 1982a. Metsämarjasadon arvioinnin menetelmäongelmia. Summary: Methods of assessing the forest berry crop. Luonnon Tutkija 86: 175-180.

- & Viitala, L. 1982b. Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualueessa tehtävän marjantutkimuksen menetelmäongelmia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 37: 14-19.

- , Laine, L., Linnilä, K., Lähde, E. & Roiko-Jokela, P. 1982. Metsätyypit ja niiden kasvillisuus Pohjois-Suomessa. Valtakunnan metsien III inventoinnin (1951-1953) aineistoon perustuva tutkimus. Summary: The forest site types of North Finland and their floristic composition. A study based on the III National Forest Inventory (1951-1953). Folia Forestalia 517. 32 s.

Sipola, K. & Ohenoja, E. 1990. Luonnonmarjojen ja sienten kokonaissatoarviot Oulun läänissä v. 1989. OUKA-jatkoprojektin raportti. Oulun yliopiston kasvitieteen laitos. 11 s.

- , Tuokkola, P., Soppela, K., Tervonen, J. & Hirvijärvi, E. 2003. Vuotoksen alueen marja- ja sienisadot. Julkaisussa: Lindholm, T. (toim.). Vuotoksen alueen luonto. Suomen ympäristökeskus. Edita Prima Oy, Helsinki. s. 505-567.

Skogsstatistisk årsbok 2002. 2002. Sveriges officiella statistik. Skogsstyrelsen. Jönköping. 353 s.

Suomen metsätalouden tila 2000. Kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit. 2000. Maa- ja metsätalousministeriö. Julkaisuja 5/2000. 104 s.

Tomppo, E., Henttonen, H. & Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992-94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986-92 ja koko maassa 1986-94. Metsätieteen aikakauskirja 1B/2001: 99-248.

Turunen, M. & Kujala, M. 1987. Marjojen ja sienien satoarvioista ja kauppantulomääristä vuosina 1977-1986. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Marsi -86 loppuraportti. 31 s. + 12 liitettä.

Valtakunnan metsien 9. inventointi (VMI9). Maastotyön ohjeet 1997. Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa (eteläosa) ja Rannikko (länsiosa). 1997. Metsäntutkimuslaitos, Helsingin tutkimuskeskus. Helsinki. 154 s.

Valtion hedelmäkomitean mietintö. II osa. 1941. Hedelmäkato vuonna 1940, sen aiheuttamat toimenpiteet ynnä johtopäätöksiä ja esityksiä. 178 s.

Vanclay, J.K. 1994. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. CAB International, Wallingford. 312 s.

Veijalainen, H. 1977. Luonnonmarjasadot ja niiden käyttö. Molekyyli 34(1): 5-6.

Veltheim, T. 1987. Pituusmallit männylle, kuuselle ja koivulle. Metsänarvioimistieteen pro gradu -työ. Helsingin yliopisto.

Viitala, L. 1984. Mustikan ja variksenmarjan satoinventoinnista ja marjasadoista 1980-1982 Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman Kivalon kokeilualueella. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos. Pro gradu -työ.

Wallenius, T.H. 1999. Yield variations of some common wild berries in Finland in 1956-1996. *Annales Botanici Fennici* 36: 299-314.

## **LIITE 1. Empiirisissä marjasatotutkimuksissa käytettyjen inventointimenetelmien kuvaus.**

### 1) Raatikainen (1978)

Vuonna 1976 Pihtiputaan kunnan puolukkasato määritettiin linjapointamenetelmällä. Peruskartalta poimittiin otannalla 17 yhtenäiskoordinaatoruutujen 1 km<sup>2</sup> koordinaattia linjojen lähtöpisteiksi. Maastossa kahden hengen ryhmä rajasi kompassia apuna käyttäen lähtöpisteistä NE suuntaan 1 km:n pituisen ja 1 m:n levyisen kaistan. Kaista katkottiin kasvustotyypeittäin osiksi, joiden pituudet ja puolukkasadot määritettiin.

Eri kasvustotyypeiltä kertyi yhteensä 209 näytealaa. Tutkittu kokonaispinta-ala oli 17 000 m<sup>2</sup>.

### 2) Raatikainen ja Raatikainen (1983)

Pihtiputaan kunnan mustikkasadon suuruus määritettiin v. 1977 samanlaisella linjapointamenetelmällä, jota Raatikainen (1978) oli jo aiemmin soveltanut. Tässä tutkimuksessa kilometrin pituiset kaistat katkottiin kasvustotyypeittäin ja niiden suksessiovaiheittain osiksi, joiden pituudet ja mustikkasadot määritettiin.

Näytealoja kertyi yhteensä 221 kpl. Tutkittu kokonaispinta-ala oli 17 000 m<sup>2</sup>.

### 3) Raatikainen ym. (1984)

Viidessä kunnassa (Lavia, Mänttä, Konnevesi, Enonkoski ja Ilomantsi) tutkittiin kolmen vuoden aikana mm. mustikan ja puolukan marjasatoja linjapointamenetelmällä (ks. Raatikainen 1978, Raatikainen ja Raatikainen 1983). Tämän menetelmän mukaan tutkittavasta kunnasta arvottiin peruskartalla olevat neliökilometrin ruutujen yhtenäiskoordinaatit linjojen lähtöpisteiksi. Näistä pisteistä vedettiin maastossa kompassin avulla kilometrin pituiset linjat. Linjoja oli Laviassa 15, Mäntässä 15, Konnevedellä 17, Enonkoskella 15, Ilomantsissa 20 ja yhteensä 82 km. Yhden metrin levyiset pointintakaistat katkottiin kasvustoittain ja metsän kehitysluokittain näytealoiksi.

Vuonna 1978 tehtiin inventointeja Laviassa ja Mäntässä, ja seuraavana vuonna Konnevedellä ja Enonkoskella. Ilomantsin marjasadot inventoitiin v. 1981. Näinä vuosina mustikan näytealoja kertyi yhteensä 874 kpl (tutkittu kokonaispinta-ala 69 967 m<sup>2</sup>) ja puolukan näytealoja 882 kpl (67 406 m<sup>2</sup>).

### 4) Jäppinen ym. (1986)

Keväällä 1982 perustettiin Ilomantsin kunnan Mekrijärvelle, Ahvensaloon ja Patrikkaan yhteensä 55 koealaa. Aarin koealoille rajattuja pysyviä marjakoealoja oli kahdenlaisia. Koealatyypillä A oli viiden metrin välein yhteensä kymmenen yhden neliömetrin marjakoealaa, ja koealatyypillä B oli neljä 2 m × 5 m suuruista marjakoealaa (ks. Jäppinen ym. 1986, s. 6: kuva 3). Koealojen marjasadot mitattiin kolmena peräkkäisenä vuotena (1982-84).

### 5) Sipola ja Ohenoja (1990)

Oulun läänin marja- ja sienisatoinventointi aloitettiin v. 1987 Sotkamossa ja Ylikiimingissä. Satotutkimus tehtiin pysyvillä linjakoealoilla. Sitä jatkettiin vuosina 1988-89 näiden kuntien lisäksi myös Pyhäjoella ja Taivalkoskella. Yhden metrin levyiset linjat



katkottiin 10 metrin pituisiksi koealoiksi (koealakoko oli siis 1m × 10 m). Tutkittuja koealoja oli yhteensä 2400.

#### 6) Lohiniva ja Saastamoinen (1989)

Vuosina 1987 ja 1988 suoritettu Pohjois-Lapin kuntien metsämarjatutkimus koski kolmea pohjoista kuntaa (Enontekiö, Utsjoki ja Inari). Mustikan ja puolukan keskisadot arvioitiin 1-2 ha suuruisilta koekentiltä, jotka sijoitettiin etukäteen tunnetuille mustikka- ja puolukkamaille. Keskimääräisten hehtaarisatojen määrittämiseksi valittiin koekentältä satunnaisesti 30-50 neliömetrin suuruista koealaa. Lisäksi kutakin viittätoista satunnaisesti poimittua koealaa kohti valittiin yksi koeala sijoittamalla se silmävaraisesti arvioituun hyvään marjaesiintymään.

Mustikkakoekenttiä inventoitiin v. 1987 18 kpl ja v. 1988 23 kpl. Puolukan koekenttiä inventoitiin molempina vuosina 20 kpl.

#### 7) Salo ja Eronen (2004)

Vuonna 1997 Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistettiin valtakunnallinen Luonnonmarjojen ja kauppasienten satotutkimus -hanke. Tämän projektin puitteissa laaditaan vuosittain mm. mustikan ja puolukan valtakunnallisia satoennusteita. Satoennusteet perustuvat koko valtakunnan kattavaan koealaverkostoon (ks. Salo 1999, s. 38: kuva 1).

Tutkimusmetsiksi on valittu sellaisia metsikkökuvioita, joissa on marjovaa mustikka- tai puolukkakasvustoa. Kuhunkin tutkimusmetsikköön on sijoitettu viisi pysyvää yhden neliömetrin suuruista koeruutua (ks. Salo 1999, s. 38: kuva 2). Koeruudut inventoidaan kolme kertaa kasvukauden aikana; ensin lasketaan kukkien lukumäärä, seuraavaksi raakileiden lukumäärä ja lopuksi kypsien marjojen lukumäärä.

Kaikissa tutkimusmetsiköissä ei ole inventoitu marjavaihetta, koska koeruutuja oli tuhoutunut. Tämän vuoksi Salon ja Eronen (2004) työssä tutkittujen metsiköitten lukumäärä voi olla alhaisempi verrattuna perustettuihin tutkimusmetsiköihin. Salon ja Eronen (2004) tutkimuksessa (v. 1997-2003) mukana olleiden tutkimusmetsiköiden lukumäärät ovat seuraavat: 63 mustikkametsikköä ja 56 puolukkametsikköä (v. 1997), 158 ja 128 (v. 1998), 123 ja 118 (v. 1999), 126 ja 104 (v. 2000), 88 ja 73 (v. 2001), 60 ja 59 (v. 2002) sekä 64 ja 48 (v. 2003).

#### 8) Sepponen, P. (julkaisematon aineisto)

Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualue sijaitsee Rovaniemen maalaiskunnassa. Vuonna 1980 alueelle perustettiin 18 pysyvää koealaa, joiden koko oli 30 m x 40 m. Koealoista kolme inventoitiin yhden neliömetrin ruudulla, jolloin kultakin koealalta kertyi yhteensä 1200 ruutua. Loput 15 koealaa, kuten myös kaikki v. 1981-90 inventoidut koealat, inventoitiin seuraavalla menetelmällä: aluksi arvottiin koealalta kolme aarin ruutua, joille kullekin sijoitettiin 15 neliömetrin ruutua systemaattisesti. Näin ollen kultakin koealalta kertyi yhteensä 45 ruutua. Vuosina 1981-90 inventoitujen koealojen lukumäärät olivat seuraavat: 53 (v. 1981-82), 55 (v. 1983) ja 52 koealaa (v. 1984-90).

Koealojen valintakriteerinä oli saada satotietoja puustoltaan erilaisilta metsiköiltä. Niinpä koealat pyrittiin sijoittamaan tietyille metsäkuviolle siten, että koealalla metsikön aluskasvillisuus ja puusto olivat tyypillisimmillään (Viitala 1984).

9) Jaakkola, I. (julkaisematon aineisto)

Rovaniemen maalaiskunnan marjasatoinventoinnit suoritettiin v. 1982-83. Molempien vuosien inventoinnit tehtiin lohkokottaisina linja-arviointeina. 2 km × 3 km:n suuruisten lohkojen sijainnit tutkimusalueella määräytyivät ositetulla ja satunnaistetulla kaksivaiheisella otannalla.

Otannan ensimmäisessä vaiheessa Rovaniemen maalaiskunta jaettiin kolmeen suunnilleen yhtä suureen osaan. Toisessa vaiheessa arvottiin satunnaisluvulla kultakin osa-alueelta 6 peruskarttalehteä (10 km x 10 km), joille sijoittuvien lohkojen tarkat sijainnit määritettiin yhtenäiskoordinaatistoruutujen ja satunnaislukujen avulla.

Lohkoille sijoitettiin systemaattinen ja tasavälinen koealaverkosto käyttäen ensimmäisenä vuonna 200 metrin ja vuoden 1983 inventoinnissa 400 metrin koealaväliä. Linjaväli oli molemmissa inventoinneissa 400 metriä (ks. Jaakkola 1983, s. 138: kuva 1). Jokaisesta lohokosta mitattiin näin ollen vuonna 1982 87 koealaa ja vuoden 1983 inventoinnissa 40 koealaa.

Yhden ryväskoealan muodosti viisi 1 m<sup>2</sup>:n suuruista ruutua (ks. Jaakkola 1983, s. 138: kuva 2). Vuonna 1982 ehdittiin inventoida 12 lohkoa, joten mitattuja koealoja kertyi kaikkiaan 1043. Vuonna 1983 inventoitiin kaikki ensimmäisessä inventoinnissa mitatut lohkot uudelleen. Myös kaikki jo v. 1982 arvotut, mutta inventoimatta jääneet lohkot inventoitiin seuraavana vuonna. Lisäksi arvottiin kaksi uutta lohkoa. Siten vuonna 1983 inventoitiin kaikkiaan 20 lohkoa.

10) Salo, K. (julkaisematon Nurmes-Lieksa -aineisto)

Osana valtakunnan metsien 7. inventointia kesällä 1980 perustettiin Metsähallituksen Nurmeksen ja Lieksan hoitoalueille pysyvien koealojen verkko. Tällä alueella oli tihennetty koealaverkosto, jossa inventointilohkojen vastinpisteiden etäisyys oli 4 km. Jokaiselle inventoitavalle lohkolle perustettiin kolme pysyvää koealaa (ks. Salo 1983, s. 123: kuva 1). Neljä 10 m<sup>2</sup>:n suuruista marjaruutua sijoitettiin systemaattisesti kunkin koealan sisäpuolelle (ks. Salo 1983, s. 130: kuva 3).

Marjasatoja inventoitiin vuosina 1981-84. Ensimmäisenä vuotena mitattiin mustikkasato 129 metsämaan kivennäismaalla sijaitsevalta koeruudulta ja puolukkasato 135 koeruudulta. Toisena vuotena mitattujen koeruutujen lukumäärät olivat 248 (mustikka) ja 271 (puolukka), kolmantena vuotena 446 ja 470, ja viimeisenä vuotena 427 ja 460.

11) Salo, K. (julkaisematon Kainuu-aineisto)

Vuonna 1983 eräissä Kainuun (Suomussalmi, Puolanka, Ristijärvi, Vaala, Kajaani, Vuolijoki, Sotkamo, Kuhmo) ja Pohjois-Karjalan (Valtimo, Nurmes, Lieksa) kunnissa inventoitiin mustikan ja puolukan satoja hyväksi tiedetyiltä marjapaikoilta. Metsikkökuviolle perustettiin 20-30 metrin välein kolme 10 m × 10 m suuruista koealaa, ja kullekin koealalle sijoitettiin neljä 2 m × 5 m suuruista marjaruutua (koealan kaaviokuva samanlainen kuin Nurmes-Lieksa -tutkimuksessa; ks. Salo 1983, s. 130: kuva 3). Mustikkakoeruutuja inventoitiin yhteensä 160 kpl ja puolukkakoeruutuja 108 kpl.

## LIITE 2. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitoksen satoarvioinnit v. 1977-88.

### Marsi-projekti

Marjojen ja sienten valtakunnallista satoennustemallia lähdettiin suunnittelemaan Kainuun, Pohjois-Karjalan ja Itä-Savon alueilla vuosina 1974-76 tehdyn esitutkimuksen antamien viitteiden pohjalta. Esitutkimuksesta saadut tulokset ja kokemukset nimittäin osoittivat, että on mahdollista kehittää marja- ja sienisatojen ennustamista kasvukauden varhaisessa vaiheessa, kun saadaan alueittaisista havaintopisteistä nopeasti tietoja marjojen raakilekehityksestä ja sienten ensiesiintymisestä. Metsämarjoista tässä Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitoksen nk. Marsi-projektissa olivat mukana mustikka ja puolukka.

Marjojen ja sienten koko maata käsittäviä satoennusteita tehtiin vuosina 1977-87 (Kujala ym. 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, Turunen ja Kujala 1987, Kujala ym. 1988). Käytännössä tämä tarkoitti lähinnä sitä osaa Suomesta, jossa kaupallisella marjojen ja sienten poiminnalla on merkitystä sivuansiolähteenä paikalliselle väestölle. Tällöin aivan eteläinen Suomi jäi ennusteista pois. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitoksen raporteista löytyy valtakunnallisten satoennusteiden ohella myös suuraluekohtaisia (Itä-Suomi, Länsi-Suomi, Oulun ja Kainuun seutu sekä Lappi) satoennusteita v. 1981-87 osalta.

Vuoteen 1980 asti suoritettiin satotiedustelu ns. Marsi-tiedottajien avulla. Keväällä 1977 järjestettiin valituille tiedottajille 13 koulutustilaisuutta eri puolilla Suomea. Näihin koulutustilaisuuksiin oli kutsuttu Ammattikasvatushallituksen sienikurssin suorittaneita sienineuvoja, 4H-neuvoja sekä muita asiasta kiinnostuneita henkilöitä. V. 1977 Marsi-tiedottajia oli yhteensä 284 kpl 248 kunnassa. Kukin tiedottaja sai viisi palautuspostimerkillä varustettua postikorttia, joilla tiedottajan tuli määräpäivään mennessä ilmoittaa kulloinkin ajankohtaisia tietoja marjojen kukinnasta, raakileista, kypsymisestä ja sadon määrästä samoin kuin sienten ilmestymisestä ja satomääristä. Tiedottajien tuli tehdä arviointinsa maastossa henkilökohtaiseen kokemukseensa pohjautuen koulutustilaisuuksissa annettujen ohjeiden mukaisesti. Havaintonsa tiedottajat kirjasivat erityiseen Marsi-muistioon, josta tiedot oli helppo siirtää kulloinkin ajankohtaisine havaintoineen tiedotuskortteihin. Määräpäivään mennessä saapuneilta korteilta havainnot siirrettiin tietokoneelle, mistä saatiin mm. koko maata koskevia yhdistettyjä tuloksia.

V. 1978 tiedottajia oli 222 kpl 179 kunnassa. Osa Marsi-78 tiedottajista oli koulutettu samaisena vuotena pidetyissä koulutustilaisuuksissa, mutta suurin osa oli aikaisemmin ko. tehtävässä toimineita henkilöitä. Vuonna 1979 näistä Marsi-tiedottajista valittiin 146 aktiivisimmin tiedottanutta ja v. 1980 tiedottajien määrää vähennettiin edelleen 114 henkilöön. Vuodesta 1979 lähtien kukin tiedottaja sai kolme tiedotuskorttia: marjalajien kukintamääriä ei enää ilmoitettu, koska tämän tiedon todettiin korreloivan huonosti lopullisten satotietojen kanssa.

Em. tiedotusmenetelmä oli tietojen käsittelyn kannalta melko jäykkä ja hidasliikkeinen. Siksi v. 1981 siirryttiin ns. aluetiedottajajärjestelmään, jossa koko maa – lukuun ottamatta eteläisintä Suomea – oli jaettu 17 aluetiedottajan kesken suurehkoihin alueisiin. Kukin aluetiedottaja vastasi omasta alueestaan käyttäen satohavaintojen tekemiseen ns. apu- tai ala-tiedottajia. Aluetiedottajat olivat saaneet tehtävänsä koulutuksen. Aputiedottajajoukko muodostui vanhan kenttäorganisaation tiedottajista, sienineuvojista ja muista asian harrastajista. Aluetiedottajat raportoivat sovittuihin päivämääriin mennessä puhelimitse Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitokseen.

V. 1981 ja 1982 noin 150 paikallistiedottajan verkosto avusti 17 aluetiedottajaa. Vuosina 1983-87 maa oli jaettu 18 alueeseen, joista kustakin vastasi aluetiedottaja

kuntatiedottajien avustuksella (kuntatiedottajien lukumäärä vaihteli vuodesta riippuen 200-240 väliillä). V. 1981-87 satoarvioita tehtiin kahdesta viiteen kertaan kasvukauden aikana.

Vuosina 1977-84 marjasadon määrää arvioitiin seuraavalla sanallisella asteikolla: erittäin heikko, heikko, keskinkertainen, runsas ja erittäin runsas. Vuodesta 1985 lähtien satoarvioiden laadinta toteutettiin asteikolla heikko, keskinkertainen ja runsas sato. Aiemmin käytetyn asteikon ääripäät erittäin heikko ja erittäin runsas sato yhdistettiin viereisiin luokkiin. Lisäksi oli mahdollista ilmoittaa täydellinen kato.

Vuodesta 1986 lähtien arvioinnit tehtiin määrämittauksella. Metsämarjat laskettiin 1 m<sup>2</sup>:n suuruisilta ympyräkoaloilta, ja saadut lukumäärät muunnettiin em. sanalliselle asteikolle.

### Ouka- ja Pohla-projektit

Ouka-projektiin (Kujala ym. 1989) kuuluva satotilannetiedustelu suoritettiin Marsi-tiedustelun aikana kehitetyllä menetelmällä. Sen mukaan Ouka-projektissa mukana olleet yli 30 paikallista satohavaintojen tekijää suoritti arviot kukin kymmenestä eri marjapaikasta. Jokaisesta paikasta tehtiin kymmenen puolen neliömetrin ympyrän alalta raakile- tai marja-arvio laskemalla marjojen lukumäärä. Sato arvioitiin asteikon ”runsas – keskinkertainen – heikko – ei ollenkaan” mukaisesti.

V. 1987 mukana oli 30 tiedottajaa, joilta kolme aluetiedottajaa keräsi satohavainnot viisi kertaa kasvukauden aikana. V. 1988 aluetiedottajia oli kolme, kuntatiedottajia 37 ja tiedustelukertoja 4 kpl.

Pohla-projektin (Kujala ja Malin 1989) satotilannetiedustelut suoritettiin samanlaisella menetelmällä kuin mitä sovellettiin Ouka-projektissakin. Havaintoruutuja kertyi v. 1987 12 tiedottajalta yhteensä noin 1200 kpl ja v. 1988 16 tiedottajalta noin 1600 kpl. Molempina vuosina havaintokierroksia oli 5 kpl.