



# Numeerinen Suomen maannostietokanta mittakaavassa 1:250 000 – pilottihanke

Markku Yli-Halla, Ari Talkkari, Rainer Nyholm,  
Raimo Nevalainen, Jouni Lerssi, Tapio Väänänen,  
Pekka Tamminen ja Michael Starr



MTT:n selvityksiä 44  
52 s., 1 liite

## **Numeerinen Suomen maannostietokanta mittakaavassa 1:250 000 – pilottihanke**

Markku Yli-Halla, Ari Talkkari, Rainer Nyholm, Raimo Nevalainen,  
Jouni Lerssi, Tapio Väänänen, Pekka Tamminen ja Michael Starr

ISBN 951-729-794-7 (Painettu)  
ISBN 951-729-793-9 (Verkojulkaisu)  
ISSN 1458-509X (Painettu)  
ISSN 1458-5103 (Verkojulkaisu)  
[www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts44.pdf](http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts44.pdf)

Copyright

MTT

Markku Yli-Halla, Ari Talkkari, Rainer Nyholm, Raimo Nevalainen,  
Jouni Lerssi, Tapio Väänänen, Pekka Tamminen ja Michael Starr

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2003

Kannen kuvat

Markku Yli-Halla

Painopaikka

Datacom Finland Oy

# Numeerinen Suomen maannostietokanta mittakaavassa 1:250 000 – pilottihanke

Markku Yli-Halla<sup>1)</sup>, Ari Talkkari<sup>2)</sup>, Rainer Nyholm<sup>2)</sup>, Raimo Nevalainen<sup>3)</sup>, Jouni Lerssi<sup>3)</sup>, Tapio Väänänen<sup>3)</sup>, Pekka Tamminen<sup>4)</sup> ja Michael Starr<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> MTT, Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen, [markku.yli-halla@mtt.fi](mailto:markku.yli-halla@mtt.fi)

<sup>2)</sup> MTT, Ympäristönhallinta, 31600 Jokioinen, [ari.talkkari@mtt.fi](mailto:ari.talkkari@mtt.fi), [rainer.nyholm@mtt.fi](mailto:rainer.nyholm@mtt.fi)

<sup>3)</sup> GTK, Kuopion yksikkö, PL 1237, 70211 Kuopio, [raimo.nevalainen@gtk.fi](mailto:raimo.nevalainen@gtk.fi), [jouni.lerssi@gtk.fi](mailto:jouni.lerssi@gtk.fi), [tapio.vaananen@gtk.fi](mailto:tapio.vaananen@gtk.fi)

<sup>4)</sup> Metla, Vantaan tutkimuskeskus, Maantutkimusryhmä, PL 18, 01301 Vantaa, [pekka.tamminen@metla.fi](mailto:pekka.tamminen@metla.fi), [michael.starr@metla.fi](mailto:michael.starr@metla.fi)

## Tiivistelmä

Eurooppalaisen maankäyttö- ja ympäristöpolitiikan luomista on vaikeuttanut digitaalisen spatiaalisen maaperätiedon puute. Suomessakin maaperää koskevaa tietoa (dataa) on paljon tarjolla, mutta se on hajallaan eri lähteissä, eikä sen pohjalta voi useinkaan tehdä valtakunnallisia yleistyksiä. Yksivuotisessa hankkeessa tutkittiin Tammelan ja Sotkamon koalueilla mahdollisuutta tuottaa kansainvälisen termistön mukainen Euroopan maaperätoimiston ohjeeseen perustuva maaperätietokanta ja maannoskartta yhdistämällä pääasiassa olemassa olevia tietovarantoja GIS-tekniikkaa käyttäen. Pohjana käytettiin geologista maaperäkarttaa, jonka kuviot edustavat metrin syvyydessä olevaa maalajia. Keskeinen tutkimuskohde oli aerogeofysiikan matalalentoaineistoista tehtyjen tulkintojen käyttökelpoisuus pintamaan maalajin ja maalajirajojen määrittämisessä. Aerogeofysiikan tulosten avulla todettiin voitavan rajata esimerkiksi liejuiset alueet ja erottaa ohutturpeiset alueet ja syvät suot toisistaan. Suomalaisen luokittelun mukaisille maalajikuvioille johdettiin maannosnimet FAO:n/Unescon järjestelmän ja uuden WRB-järjestelmän (World Reference Base for Soil Resources) mukaan.

Tässä raportissa esitetään maannoskartan ja -tietokannan keskeiset käsitteet, menetelmät ja tuotantovaiheet. Prosessi etenee siten, että pohjamaalajiaineistoon yhdistetään vaiheittain tiedot pintamaalajista ja määritetään kansainvälisen luokituksen mukainen maannos automaattisesti projektissa kehitettyä DefineSoilType VBA-makroa käyttäen. Alle 6,25 ha kuviot poistetaan yhdistämällä ne viereisiin kuvioihin. Maannostietokannan ydin on spatiaalinen relaatiotietokanta, johon tallennetaan sekä geometria- että ominaisuustiedot. Geometrietiedon hallinnassa käytetään ESRIn ArcSDE-paikkatietomoottoria yhdessä Oracle8i -tietokantaohjelmiston kanssa. Tietokannan karttaliittymä voidaan tuotantovaiheessa toteuttaa ESRIn ArcInfo Desktop -työkaluilla ja mahdollinen käyttäjäsovellus selainpohjaisena ESRIn ArcIMS-ohjelmistolla.

---

*Avainsanat: GIS, Euroopan maaperätoimisto, lentogeofysiikka, maalajit, maannos, maaperäkartoitus, maaperän luokittelu, paikkatietotekniikka, tietokanta*

---

# Georeferenced Soil Database of Finland at Scale 1:250,000 – Pilot Project

Markku Yli-Halla<sup>1)</sup>, Ari Talkkari<sup>2)</sup>, Rainer Nyholm<sup>2)</sup>, Raimo Nevalainen<sup>3)</sup>, Jouni Lerssi<sup>3)</sup>, Tapio Väänänen<sup>3)</sup>, Pekka Tamminen<sup>4)</sup> and Michael Starr<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>MTT, Soils and Environment, 31600 Jokioinen, [markku.yli-halla@mtt.fi](mailto:markku.yli-halla@mtt.fi)

<sup>2)</sup>MTT, Resource Management, 31600 Jokioinen, [ari.talkkari@mtt.fi](mailto:ari.talkkari@mtt.fi), [rainer.nyholm@mtt.fi](mailto:rainer.nyholm@mtt.fi)

<sup>3)</sup>Geological Survey of Finland, Kuopio Unit, P.O. Box 1237, 70211 Kuopio, [raimo.nevalainen@gtk.fi](mailto:raimo.nevalainen@gtk.fi), [jouni.lerssi@gtk.fi](mailto:jouni.lerssi@gtk.fi), [tapio.vaananen@gtk.fi](mailto:tapio.vaananen@gtk.fi)

<sup>4)</sup>Finnish Forest Research Institute, Vantaa research centre, P.O. Box 18, 01301 Vantaa, [pekka.tamminen@metla.fi](mailto:pekka.tamminen@metla.fi), [michael.starr@metla.fi](mailto:michael.starr@metla.fi)

## Abstract

Lack of spatial soil data in digital form is a primary obstacle in establishing European policies on land use and environmental protection. Abundant data on soil characteristics exist in Finland but are scattered among various sources, making it difficult for authorities to make country-wide presentations and predictions.

The objective of this one-year pilot project was to study the feasibility of creating a georeferenced soil map and database according to the instructions of the European Soil Bureau using data from existing databases. The basis of the work was a geological map of quaternary deposits, which describes the soil at a depth of 1 metre. A primary research topic was to test whether the type of topsoil can be derived and soil polygons delineated from the results of aerial geophysics. The tests showed that geophysics can be used for identification of muddy soils and other wet areas and areas with a shallow peat layer on top can be distinguished from deep peat soils. Soil names according to the FAO/Unesco system and the World Reference Base for Soil Resources (WRB) were derived from the soil names of the Finnish system and geophysical data.

This report presents the basic concepts and terminology of the soil map and database and describes the way they were produced. The process starts with combining the different data layers of the topsoil one by one with the data of the subsoil (database of the quaternary deposits). The soil names according to the FAO and WRB systems are derived automatically using the VBA macro developed within the project. With another VBA macro, polygons smaller than 6.25 ha are merged with adjacent larger polygons. The soil database consists of a spatial relational database where both the geometric data and attribute data are stored. Geometric data are managed using ESRI's ArcSDE software together with the Oracle8i relational database programme. The interface to the database will be built later with use of ESRI's ArcInfo Desktop tools and the possible web-based end-user application can be constructed with ESRI's ArcIMS software.

---

*Keywords: aerial geophysics, European Soil Bureau, geographical information systems, soil classification, soil mapping, soil types*

---

## Alkusanat

Maaperään kohdistuvien toimenpiteiden suunnittelua ja vaikutusten arviointia varten tarvitaan ajantasaista tietoa maaperävaroista ja niiden laadusta. Kotimaisen käytön ohella tietoja maaperämme ominaisuuksista tarvitaan entistä enemmän myös kansainvälisesti, varsinkin eri alojen EU-tason yhteistyössä. Maaperätiedon saatavuuden parantamiseksi Geologian tutkimuskeskus (GTK) on käynnistänyt Maaperän yleiskartta –hankkeen, jossa laaditaan valtakunnallinen 1:250 000 -mittakaavainen geologinen maaperän yleiskartta (kartoitusyvyys 1 m) ja siihen liittyviä tietokantoja vuosina 2003–2007. GTK:n perustamassa Maaperäkartoituksen neuvottelukunnassa virisi vuonna 2000 ajatus hankkeen laajentamisesta siten, että kiinteässä yhteistyössä maaperän yleiskarttahankkeen kanssa laadittaisiin samassa mittakaavassa maaperäalan kansainvälisen terminologian mukainen maaperäkartta ja –tietokanta (maannostietokanta), jossa pintamaan ominaisuudet olisivat keskeisessä asemassa. Laadittava tietokanta voi toimia maata koskevan seurantatiedon koaamispaikkana ja antaa puitteet tulosten kansalliselle ja kansainväliselle raportoinnille. MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) ryhtyi Euroopan maaperätoimiston suomalaisena yhteysorganisaationa koordinoimaan tätä maannostietokantahanketta. MTT, GTK ja Metsäntutkimuslaitos (Metla) saivatkin vuonna 2002 Maa- ja metsätalousministeriön Maatilatalouden kehittämisrahastosta (MAKERA) yksivuotisen rahoituksen tietokannan laadintaedellytyksiä koskeneeseen pilottihankkeeseen, jonka tulokset esitetään tässä raportissa.

Pilottihankkeessa arvioitiin, pystytäänkö maaperän yleiskartan ja muun käytettävissä olevan aineiston pohjalta laatimaan Euroopan maaperätoimiston ohjeen mukainen maannostietokanta. Työssä hyödynnettiin monipuolisesti olemassaolevia tietovarantoja, ja kenttätö rajoittui suppeisiin tarkistuksiin Tammelassa ja Sotkamossa. Tässä julkaisussa esitellään maannoskartan ja -tietokannan alustava tuotantoprosessi. Pilottivaiheen tulosten perusteella laadittiin syksyllä 2002 kolmivuotinen (2003–2005) tutkimussuunnitelma valtakunnallisen maannostietokannan ja –kartan laadinnan aloittamiseksi, ja tämä suunnitelma on saanut rahoitusta Maa- ja metsätalousministeriöltä, Ympäristöministeriöltä ja MTT:n omista varoista. Tämä raportti palvelee hankkeen esittelymateriaalina ja tietokannan käyttäjien kanssa yhteistyössä tehtävän jatkosuunnittelun pohjana. MTT:n tutkijat ovat pääosin vastanneet lukujen 1, 6, 7 ja 8 kirjoittamisesta ja GTK:n tutkijat ovat laatineet luvut 3 ja 4. Luvussa 5 Metlan tutkijat vastaavat metsämaan maannostulkinnasta, MTT:n tutkijat viljelymaan maannostulkinnasta ja GTK:n tutkijat aerogeofysiikan ja metsämaaprofiilien tulosten välisen yhteyden tarkastelusta. Varsinaisten kirjoittajien lisäksi Eija Hyvönen ja Maarit Middleton GTK:n Rovaniemen yksiköstä ovat olleet mukana erityisesti lentogeofysiikan menetelmien kehittämisessä (mm. K/Th-suhdekartat). Kaikkien laitosten tutkijat osallistuivat luvun 2 kirjoittamiseen.

Jokioisilla, Kuopiossa ja Vantaalla kesäkuussa 2003

Työryhmä

# Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	8
1.1	Spatiaalisen maaperätiedon tarve .....	8
1.2	Maan nimi tiedonsiirron apuneuvona .....	8
1.3	Maaperä eurooppalaisena kysymyksenä .....	9
1.4	Maannoskartan pilottihanke vuonna 2002 .....	10
2	Suomen maaperästä saatavilla oleva tieto .....	11
2.1	Maaperäkartoituksen nykytila Suomessa .....	11
2.2	Suomen maaperää koskevia muita tietovarantoja .....	13
2.2.1	Viljelymaات .....	13
2.2.2	Metsämaat .....	13
2.2.3	GTK:n tietovarannot .....	14
2.3	Suomi maannoskartoilla .....	14
3	Maaperän yleiskartta maannoskartan lähtökohtana .....	15
3.1	Maaperän yleiskartan maaperäkuvioiden ja tietokannan tuotantoprosessi .....	16
3.1.1	Maalajikuvioiden muodostaminen .....	16
3.1.2	Tietosisältö ja kuviokoko .....	16
4	Pintamaatiedon hankinta .....	17
4.1	Tutkimusalueet .....	17
4.2	Maaperän yleiskarttahankkeen ja maannoskarttahankkeen yhteistyö .....	18
4.3	Aerogeofysikaaliset mittaukset .....	20
4.4	Soiden ja soistumien rajaaminen .....	21
4.5	Hienorakeisten sedimenttien rajaaminen .....	21
4.6	Moreenialueiden kosteusvaihtelu sekä raekoon vaihtelu .....	23
4.7	Avokallioalueiden ja kalliomaiden tulkinta .....	23
5	Suomalaisen maalajin ja maannoksen välinen yhteys .....	24
5.1	Metsämailla tehdyt tutkimukset .....	24
5.1.1	Näytteenotto ja näytepisteiden luonnehdinta .....	24
5.1.2	Metsämaan maannostulkinta .....	25
5.1.3	Aerogeofysiikaalisen gammasäteilyaineiston ja metsämaiden profiiliaineiston tulosten korrelointi .....	26
5.2	Viljelymailla tehdyt tutkimukset .....	30
5.3	Maannostulkinta .....	30

6	Sotkamon alueen maannoskartta .....	35
7	Maannostietokanta.....	38
7.1	Tietokannan käsitteitä.....	38
7.2	Tietosisältö.....	41
7.3	Tietoteknisiä kysymyksiä .....	42
7.3.1	Maannoskartan ja tietokannan tietotekninen toteutus.....	42
7.3.2	Tekninen yhteensopivuus kansallisella ja kansainvälisellä tasolla.....	43
7.4	Aineiston käyttöikä ja päivitystarve .....	44
8	Tulosten hyödyntäminen ja jakelu.....	44
8.1	Mihin maannostietoja käytetään? .....	44
8.2	Mahdollisia jakelukanavia.....	46
8.2.1	Geotietoydin.....	46
8.2.2	GTK:n maaperäkarttapaikka (geokartta.gtk.fi).....	46
9	Kirjallisuus.....	47
10	Liitteet.....	53



# 1 Johdanto

## 1.1 Spatiaalisen maaperätiedon tarve

Spatiaalista maaperätietoa tarvitaan mm. maa- ja metsätaloustaloustuotannon ohjaustoimien suunnittelussa, laadittaessa arvioita maatalouteen kohdistuvien politiikkatoimien ympäristövaikutuksista, maa- ja metsätalouden ja ilmastonmuutoksen välisten suhteiden tarkastelussa, maataloustuotteiden elinkaariarvioinneissa, kestävän tuotannon indikaattorityössä, erilaisten ympäristöriskien arvioinnissa ja kansainvälisessä tutkimusyhteistyössä.

Eurooppalaisen maankäyttö- ja ympäristöpolitiikan luomista vaikeuttavista tekijöistä tärkeimpiä on digitaalisen spatiaalisen maaperätiedon puute (European Soil Bureau, 1998, s. 1). Ongelma on myös kansallinen. Maaperää koskevaa tietoa (dataa) on tosin paljon tarjolla, mutta se on hajallaan eri lähteissä ja usein se kattaa vain pieniä alueita eikä sen pohjalta voi tehdä valtakunnallisia yleistyksiä. Tietojen käyttökelpoisuus EU-tasoisessa yhteistyössä voi lisäksi olla huono sen kansallisen luonteen (kansalliset määritysmenetelmät ja maaperän luokittelujärjestelmät) ja siitä seuraavan vähäisen kansainvälisen yhteismitallisuuden takia.

Maaperäkartat ovat perinteisesti toimineet maaperää koskevan tiedon lähteinä. Paikkatietotekniikan (GIS) laajamittaisen käyttöönoton myötä kartoista on tullut digitaalisia tietokantoja, joista voi tulostaa erilaisia teemakarttoja ja jotka sisältävät myös monenlaista ominaisuustietoa. Tällaisten valtakunnallisten tietokantojen tarve on viime vuosina korostunut. Poliitikot ja lainsäädännön valmistelijat käyttävät yleisesti karttoja hahmottaessaan erilaisten toimien tarpeellisuutta ja säädösten potentiaalisia vaikutuksia.

## 1.2 Maan nimi tiedonsiirron apuneuvona

Maan nimi ilmaisee tiivistetysti maan keskeiset ominaisuudet. Suomessa käytössä olevat maalajien nimeämisjärjestelmät perustuvat maan orgaanisen aineksen pitoisuuteen ja kiivenäisaineksen lajitekoostumukseen, liejun osalta myös maan syntytapaan. Koska maaperämme on nuorta, nämä ovat tarkoituksenmukaisia ja kotimaiseen keskusteluun riittäviä luokitteluperusteita.

Useimmilla muilla alueilla maailmassa maaperää on tapana luonnehtia maaprofiiliin syntyneiden horisonttien perusteella. Lähtöaines, ilmasto, kasvillisuus ja pinnanmuodot vaikuttavat siihen, millaiseksi maa aikojen kuluessa kehittyy. Maassa edellä mainittujen tekijöiden vaikutuksesta tapahtuvia prosesseja sanotaan *maannostumiseksi*, ja sen seurauksena syntyy *maannos* (Hartikainen 1992, s. 79).

Lisääntyneiden kansainvälisten yhteyksien myötä Suomessakin on syntynyt aikaisempaa suurempi tarve nimetä maitamme kansainvälisten luokitusjärjestelmien mukaisilla maalajien nimillä. Kansainvälisissä tutkimushankkeissa ja EU-tasoisessa suunnittelussa ja seurannassa on oleellista, että eri maista saatava tieto on harmonisoitua ja pohjautuu yhteisesti

hyväksytyyn käsitteistöön. Harmonisointi merkitsee esimerkiksi sitä, että seurantahankkeissa raportoimme kansainvälisesti ymmärrettävällä termistöllä, millaista maata tuottamamme tieto koskee. Maaperää koskeva tieto on tästä syystä esitettävä kansallisen luokituksen lisäksi myös kansainvälisen maalajiluokituksen mukaisesti. Liittämällä maan ominaisuustieto kansainvälisesti ymmärrettävään maalajin (maannoksen) nimeen maaperäämme koskevat tiedot tulevat vertailukelpoisemmiksi muiden maiden tietojen kanssa.

Käytetyimpiä luokittelujärjestelmiä ovat *FAO:n/Unescon* järjestelmä (FAO 1974, 1988) ja amerikkalainen *Soil Taxonomy*-järjestelmä (Soil Survey Staff 1998). Uusi tulokas on Kansainvälisen Maaperätieteen Seurojen Liiton (IUSS) aloitteesta syntynyt *World Reference Base for Soil Resources (WRB)*(FAO 1998), joka on kehitetty FAO:n/Unescon järjestelmän pohjalta ja joka julkaistiin v. 1998. Näiden järjestelmien yleispiirteistä ovat suomeksi kirjoittaneet Yli-Halla ym. (2000). Norjassa WRB-järjestelmä on jo otettu kansalliseksi luokittelujärjestelmäksi, jonka perusteella maaperäkartoitusta tehdään. On ilmeistä, että WRB-järjestelmän käyttö vakiintuu myös EU:n alueella vähitellen viralliseksi luokittelujärjestelmäksi.

### **1.3 Maaperä eurooppalaisena kysymyksenä**

Maaperä on tullut ensimmäistä kertaa itsenäisenä aiheena EU:n poliittiselle esityslistalle, kun EU:n komissio 16.4.2002 hyväksyi maaperän suojelua käsittelevän tiedonannon "Towards a Thematic Strategy for Soil Protection - Kohti maaperänsuojelun teemakohtaista strategiaa" (Euroopan yhteisöjen komissio 2002). Tämä asiakirja johtanee maaperänsuojelua koskevien direktiivien laadintaan. Vuonna 2004 on tarkoitus hyväksyä jäsenmaita velvoittava maaperän tilan seurantasuunnitelma (Soil Monitoring). Maaperän tilan seuranta on seuraavan 10 vuoden tärkein maaperää koskeva EU-tason asia.

Maaperänsuojelun tiedonannossa tunnistetaan seuraavat maaperää uhkaavat vaarat:

Eroosio

Orgaanisen aineksen väheneminen

Maaperän saastuminen

Maaperän sulkeminen rakentamisella

Maaperän tiivistyminen

Maaperän biologisen monimuotoisuuden väheneminen

Suolaantuminen

Hydrogeologiset riskit: tulvat ja maanvyörymät

Tiedonannon yhtenä pyrkimyksenä on kohdentaa tiedonkeruuta ja tiedon raportointijärjestelmiä siten, että poliittisen päätöksenteon pohjaksi saataisiin ajantasaista tietoa yllä mainituista seikoista. Maaperänsuojelun tiedonannossa painotetaan eurooppalaisittain harmonisoidun seurantajärjestelmän perustamista (Soil Monitoring Network). Seurantasuunnitelma on tarkoitus hyväksyä kesäkuussa 2004. EU:n jäsenmaana meidän tulee pystyä antamaan edellä mainittuja aihealueita koskevaa tietoa Suomen osalta. Suomessa maaperää

uhkaavista prosesseista tärkeitä ovat ainakin viljelymaiden orgaanisen aineksen väheneminen, tiivistyminen, eroosio ja maaperän saastuminen (raskasmetallit ja orgaaniset saasteet).

Myös seuraavat EU-tason säädökset ja vastaavat liittyvät maaperään: 1) nitraattidirektiivi, 2) lietedirektiivi, 3) kasvinsuojeluaineiden hyväksymistä koskeva direktiivi, 4) vesipuidedirektiivi, 5) maatalouden ympäristötukiohjelmat ja 6) ilmastonmuutosohjelmat. Näiden säädösten toimeenpano ja vaikuttavuuden arviointi vaatii maaperää koskevaa kansainvälisesti ymmärrettävää spatiaalista tietoa. Erityisesti vesipuidedirektiivissä edellytetään kuvattavaksi myös valuma-alueen maaperän ominaisuuksia.

EU-tason työssä on pyrkimys saada aikaan EU:n laajuinen maaperää koskeva tietojärjestelmä (European Soil Information System, EUSIS). Sen pohjana on digitaalinen maannosluokitukseen perustuva maaperäkartta ja siihen liittyvä numeerinen maaperää koskeva paikkatieto (Le Bas ym. 1998). Tätä tietoa hyödynnetään mm. laadittaessa arvioita erilaisista maataloustuotantoa ja ympäristöä uhkaavista riskeistä, mikä puolestaan on pohjana eurooppalaisen ympäristöpolitiikan ja maataloustuotantoa ohjaavien ympäristösäännösten laadinnassa (Esimerkkejä: European Soil Bureau 1999, s. 171-182). EUSIS-järjestelmän selkärankana on Euroopan maaperäkartta ja tietokanta 1:1000 000. Parhailleen Euroopan Maaperätoimistossa valmistellaan tarkemman maaperäkartan (1: 250 000) laadintaa (European Soil Bureau 1998a). Tietokantaa tehdään aluksi koealueilta eri puolilla Eurooppaa. Suomesta tarvitaan maaperäämme koskevaa aikaisempaa yksityiskohtaisempaa paikkatietoa.

## **1.4 Maannoskartan pilottihanke vuonna 2002**

Vuonna 2002 tutkittiin Tammelan ja Sotkamon seuduilla mahdollisuutta tuottaa maannoskartta eri tiedostoja yhdistämällä ja suomalaisen maalajin pohjalta tehtävällä maannostulkinnalla. Työ toteutettiin käyttämällä pääasiassa olemassa olevia tietovarantoja. Pohjana käytettiin geologista maaperäkarttaa, jonka kuvat edustavat metrin syvyydessä olevaa maalajia. Näille maalajikuvioille johdetaan maannosnimet tulkitsemalla etupäässä olemassa olevia aineistoja GIS-tekniikkaa käyttäen. Maastotöitä tehtiin pienellä työpanoksella lähinnä maannostulkinnan tarkistamiseksi. Myös syntyvän geologisen maaperäkartan tietokannan tietosisältöä kehitettiin siten, että se palvelee maannoskartan laadintaa. Maalajien nimeämisessä käytettiin kotimaista RT-luokittelua, FAO:n/Unescon järjestelmää ja sen pohjalta laadittua uutta WRB-järjestelmää (World Reference Base for Soil Resources).

Pilottihankkeen koealoista Tammelan maastokarttalehdeltä on olemassa numeerinen 1:20 000-mittakaavainen suomalaisen luokituksen mukainen maaperäkartta. Keskeinen tutkimuskohde oli aerogeofysiikan matalalentoaineistoista tehtyjen tulkintojen käyttökelpoisuus maalajirajojen määrittämisessä. Aerogeofysiikan tulosten avulla todettiin voitavan rajata esimerkiksi liejuiset alueet ja erottaa ohutturpeiset alueet ja syvät suot toisistaan. Kentällä tehtiin tarkistuksia tulkinnan ja alueella todettavan maannoksen yhtäpitävyydestä. Koska Tammelan alueella tehtiin lähinnä pienimuotoisia tarkistuksia, tietoteknisiä tiedostojen

yhdistämiskokeiluja ja maannostulkinnan ohjelmointia, tässä raportissa ei esitetä varsinaista koekarttaa Tammelan alueelta.

Toinen koealue oli Sotkamon seutu, josta ei ollut olemassa 1:20 000 -mittakaavaista maaperäkarttaa. Siellä GTK teki suomalaisen maalajijaon mukaiset kuviot suoraan mittakaavaan 1:250 000. Sotkamon alueelta esitettävä koekartta on esimerkki siitä, millaiseen kartoitustarkkuuteen koko maassa vähintään päästään.

Tässä raportissa esitetään maannostokartan ja -tietokannan keskeiset käsitteet, menetelmät ja tuotantovaiheet. Luvussa 3 esitellään maannostokartan lähtökohtana oleva GTK:n tuottama 1:250 000 -mittakaavainen maaperän peruskartta, jossa ilmaistaan metrin syvyydessä oleva maalaji. Maaperän peruskartan laadinnassa käytetään digitaalista korkeusmallia (DEM), matalalentogeofysiikkaa, maastotietokantaa (1:20 000 ja 1:250 000), pehmeikköjen kairautietoja, suokairautietoja, moreenimonttutietoja, vesistö- ja jäärivivaiheiden rantahavaintoja ja viljavuusnäytteiden maalajitietoja. Luvussa 4 kerrotaan, miten hankittiin maannostotietokantaa varten tarvittava pintamaata koskeva tieto. Tässä tukeuduttiin GTK:n tekemään aerogeofysiikan tulosten tulkintaan ja viljavuustutkimuksen tuloksiin, avokallioiden osalta myös maastotietokantaan. Luku 5 käsittelee kansainvälisten luokittelujärjestelmien mukaisen maannostunimen johtamista suomalaisesta maalajista. MTT ja Metla tekivät tämän maannostulkinnan aikaisempien tietojen ja tämän hankkeen aikana tutkimiansa maaprofiilien perusteella. Luvut 6 ja 7 sisältävät kuvauksen Sotkamon alueen maannostokartan geometrisen osuuden laadinnasta ja tähän liittyvän tietokannan rakenteen esittelyn. Lopuksi tarkastellaan kartan ja tietokannan mahdollisia käyttökohteita.

## **2 Suomen maaperästä saatavilla oleva tieto**

Suomen maaperä on syntynyt viimeisimmän jääkauden aikana tai sen jälkeen. Verrattuna esimerkiksi Keski-Eurooppaan maaperämme on suhteellisen nuorta, useimmiten alle 10 000 vuotta. Toinen maaperämme erikoispiirre on irtaimen aineksen ja sen alla olevan kovan kallioperän jyrkkä raja. Erilaisten fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi ne poikkeavat toisistaan myös iältään kallioperän ollessa vähintään satoja miljoonia vuosia vanhaa.

### **2.1 Maaperäkartoituksen nykytila Suomessa**

Valtakunnansuunnittelutoimisto, maatalousministeriö, valtion tilintarkastajat ja valtionvarainministeriö kiinnittivät huomiota maaperäkartan tarpeeseen 1960- ja 1970 -lukujen vaiheissa. Maaperäkartoitusta lähdettiin viemään eteenpäin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK), maanmittaushallituksen ja Maatalouden tutkimuskeskuksen yhteistyötoimikunnassa, joka sai vuonna 1977 valmiiksi maaperäkartoitusta koskevan selvityksen (Maanmittauslaitos 1977). Sen pohjalta laaditun GTK:n ja maanmittauslaitoksen yhteistyösopimuksen mukaan koko Suomi pyrittiin maaperäkartoittamaan vuoteen 2010–2020 mennessä.

Maaperäkartoituksen toteutusta varten tehtiin GTK:n ja Maanmittauslaitoksen toimesta laaja tarveselvitys vuosina 1988–1989. Tarveselvityksessä haastateltiin seuraavat toimialat:

Puolustusvoimat, koulutus ja tutkimus, metsätalous, maatalous, ympäristön hoito, luonnonvarojen käyttö, kaavoitus ja maarakentaminen. Tarveselvityksessä ilmeni, että 1:20 000/1:50 000 –mittakaavaisten maaperäkartojen tärkeimpänä tietona pidettiin maalajien levinneisyyttä. Tärkeiksi koettiin myös pistekohtaiset tiedot maalajien koostumuksesta ja ominaisuuksista, maalajkerrostumien paksuuksista sekä pohjavedestä (Haavisto-Hyvärinen ym. 1989). Maaperäkarttaa todettiin tarvittavan mm. maatalouden aluepoliittisia päätöksiä tehtäessä, viljelykelpoisen maan inventoinnissa, alueellisten maataloussuunnitelmien (kui-vatus-, kastelu- ja maanparannushankkeet) teossa ja ravinteiden huuhtoutumistutkimuksissa. Metsätaloudessa maaperäkartan tarve nähtiin mm. metsäkarttajärjestelmän teossa, metsänviljelyksen ja lannoituksen suunnittelussa, metsänuudistamismenetelmiä valittaessa ja metsänojituksen suunnittelussa.

Koko maan kattavan suurimittakaavaisen maaperäkartoituksen toteuttamisesta on kuitenkin toistaiseksi luovuttu. Maaperäkartoitus GTK:ssa jatkuu siten, että suurimittakaavaisen kartoituksen painopiste on tärkeillä kasvu-, matkailu- ja suojelualueilla sekä merenpohjan kartoituksessa. Esimerkiksi vuonna 2002 uuden kartoituksen painopiste on maankäytöllisesti tärkeillä alueilla Etelä-Suomen rannikkoseudulla ja Oulun ympäristössä. Koko maasta on sen sijaan päätetty tuottaa tulkintaan perustuva yleismittakaavainen 1:250 000 maaperäkartta (Geologian tutkimuskeskus 2002).

Tarkka 1:20 000 -mittakaavainen maaperäkartoitusaineisto kattaa lähinnä entisen Turun ja Porin, Uudenmaan, Hämeen ja osan Kymen ja Mikkelin läänin alueista mutta vain pienen osan Keski- ja Itä-Suomen alueesta. Suurelta osalta Suomea (etenkin Väli-Suomen alueelta) alueellisesti kattava numeerinen maaperäkartoitusaineisto on saatavissa ainoastaan 1 : 1 000 000 -mittakaavaisena. Sen lisäksi on tehty muutama karttalehti mittakaavassa 1:100 000. Väli-Suomen alueelta on myös tehty eri hankkeiden yhteydessä kartoitusta, joka on joko teemaltaan tai alueeltaan rajoittunut tiettyyn tarkoitukseen (esimerkiksi harjukartat ja geomorfologinen kartta Mid-Norden -projektissa). Pohjois-Suomen 1:400 000-mittakaavainen kartta-aineisto on myöhemmin kartoitettuna hyvälaatuista, ja se on numeeristettu skannaamalla paino-originaalit. Parhailaan on alkamassa aineiston sovittaminen tarkemmalle karttapohjalle (1:250 000 -mittakaavainen numeerinen pohjakartta).

Maatalouden tutkimuskeskus teki vuoteen 1979 saakka maataloudellista eli agrogeologista maaperäkartoitusta. Vuosina 1947–1979 julkaistiin 1:20 000-mittakaavaisia karttoja noin 20 000 km<sup>2</sup>:n alueelta, ja sitä ennen oli julkaistu pienimittakaavaisempia karttoja (Haavisto 1983 s. 10, Urvas 2000). Agrogeologisessa kartoituksessa päähuomio kohdistui maan pintakerrokseen. Kultakin kartoitusalueelta julkaistiin karttojen lisäksi selityskirja, jossa luonnehdittiin alueen maaperää.

## 2.2 Suomen maaperää koskevia muita tietovarantoja

### 2.2.1 Viljelymaat

Suomen viljelymaista on tehty neuvonnallisia maa-analyysejä eli viljavuusanalyysejä melko kattavasti. Viljavuusanalyysi sisältää myös maalajin aistinvaraisen määrittämisen. Pääosa maalajitiedoista koskee muokkauskerrosta. Vuodesta 1999 lähtien Viljavuuspalvelu Oy:ssä tehtyjen määrittämisten tulokset on tallennettu enimmäkseen peruslohkotunnusta käyttäen. Toisaalta MMM:n tietopalvelukeskus (TIKE) ylläpitää valtakunnallista peltolohkokorekisteriä, jossa jokaisesta peltolohkosta on sijaintitieto. Yhdistämällä viljavuusanalyysin maalajitieto ja peltolohkokorekisterin sijaintitieto saadaan edustava otanta Suomen viljelymaiden maalajista.

Maatalousalan tutkimusjulkaisut sisältävät runsaasti tietoa viljelymaidemme syvempien kerrosten ominaisuuksista. Sippola (1974) tutki pääasiassa pohjamaan kemiallisia ja mineralogisia ominaisuuksia. Alakukku (1996a, b, 1997, 1998) on julkaissut tietoja maaprofiilien fysikaalisista ominaisuuksista. Marttila (1965) on esittänyt tuloksia vaihtuvista katiooneista ja kationinvaihtokapasiteetista kolmelta syvyydeltä. Urvas (1983) esitti tuloksia multamaan ja sen alla olevan kivennäismaan välisistä viljavuussuhteista. Puustisen ym. (1994) tekemä valtakunnallinen peltojen kuivatustilatutkimus sisältää paljon tietoja myös viljelymaan syvemmistä kerroksista. Jokinen (1984) on julkaissut tietoja Viikin opetus- ja koetilan maiden muokkauskerroksen (0–25 cm) ja syvemmän maakerroksen (30–50 cm) ominaisuuksista. Turtola ja Kempainen (1998) ovat julkaisseet tuloksia Toholammin huuhtoutumiskentästä (karkea hieta) ja Turtola ja Paajanen (1995) Jokioisten aitosavesta. Agrogeologisten ja maataloudellisten maaperäkartojen (Urvas 2000) selityskirjoista löytyy runsaasti tietoja kunkin kartoitusalueen viljelymaiden ominaisuuksista kolmelta eri syvyydeltä (muokkauskerros, 20–40 cm ja 40–60 cm) (esim. Erviö 1983, Erviö ja Hämäläinen 1988, Urvas 1984, Urvas ja Hyvärinen 1992, Urvas ja Virri 1986). Happamista sulfaattimaaprofiileista (Purokoski 1958, Sillanpää 1978, Hartikainen ja Yli-Halla 1986, Erviö 1991, Yli-Halla 1997, Yli-Halla ym. 1999) on julkaistu tietoja enemmän kuin niiden pinta-alaosuus edellyttäisi, koska näiden maiden tutkimustarve aiheutuu juuri syvempien maakerrosten ominaisuuksista.

### 2.2.2 Metsämaat

Aaltonen (1935, 1939, 1941a, b, c, 1947) ja Viro (1947, 1952, 1958) sekä Starr ja Tamminen (Tamminen ja Starr 1990, 1994 a, b, Starr ja Tamminen 1992, 1993, 1994) ovat tutkineet valtakunnan metsien inventoinnin aineistojen avulla maan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, myös maannoksia. Starrin ja Tamminsen tutkimuksista osa on vielä julkaisematta. Jo valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) perusaineisto (8. ja 9. inventointi) sisältää tiedot orgaanisen kerroksen ja kivennäismaan paksuudesta ja maalajin n. 70 000 koealalta. Jauhiainen (1969, 1970, 1973) selvitti podsoloitumista Suomessa varsin kattavasti. Metsämaan maannoksia ja maannostumista pienehköillä alueilla eri puolilla maata

on esitetty lukuisissa julkaisuissa (Wiechmann 1983, Ritari ja Ojanperä 1984, Koutaniemi ym. 1988, Starr 1989, 1991, Lindroos 1991, Petäjä-Ronkainen ym. 1992, Räisänen, 1996).

### **2.2.3 GTK:n tietovarannot**

GTK:lla on suuri moreeneja koskeva geokemian tietovaranto (85 000 pistettä), joista on analysoitu 22-26 alkuainetta (esim. Salminen 1995). Tämän aineiston avulla GTK:ssa on selvitetty moreenin hienoaineksen koostumusta (Lintinen 1995) ja maaperän kemian luontaisia taustapitoisuuksia, sillä tiukentunut ympäristölainsäädäntö edellyttää luontaisten pitoisuuksien tuntemista teollisuuden ympäristövaikutusten arvioinnissa (Tarvainen 1996). Luontaisen taustapitoisuuden ja metsämaan geokemiaa on selvitetty useissa tutkimuksissa (esim. Lahdenperä ym. 2001).

Vuonna 2002 GTK aloitti uuden raporttisarjan 'Luontaiset taustapitoisuudet', jossa selvitetään kunkin haitallisen alkuaineen ympäristövaikutuksia pääsääntöisesti GTK:n aineiston perusteella. Raporttisarja on suomenkielinen ja yleistajuinen, ja sen kohderyhmä ovat mm. ympäristöviranomaiset, yritykset ja kunnat. Lisäksi kehitetään uutta taajamageokemian kartoitusmenetelmää ja tutkimusmenetelmiä korkeiden pitoisuuksien alueille. Tutkimus toimii yhteistyössä ympäristöhallinnon kanssa ja informoi aluesuunnittelusta vastaavia viranomaisia geologisista riskeistä, jotka vaikuttavat aluesuunnitteluun.

## **2.3 Suomi maannoskartoilla**

Euroopan maaperän tietokanta 1:1000 000 (Soil geographical database of Europe at scale 1:1000 000) on EU:n koordinoima hanke, johon eri maiden edustajat ovat toimittaneet omaa maataan koskevat maaperätiedot. Tiedot on koottu yhteen Ranskan maatalouden tutkimuskeskuksessa (INRA). Kartassa noudatetaan FAO:n v:n 1974 luokitusta (FAO 1974). Elokuussa 1999 pidetyssä Kansainvälisen Maaperätieteen Seurojen Liiton (IUSS) kongressissa Ranskassa esiteltiin digitaalisen tietokannan tulosteena kartta, jossa olivat mukana Pohjoismaat Islantia lukuunottamatta ja Baltian maat. Tietokantaan on vuonna 2002 laadittu myös uuden World Reference Base for Soil Resources (WRB)-järjestelmän mukainen luokitus. Tietokannan tarkoituksena on toimia apuna tehtäessä erilaisia maankäyttöön ja ympäristönsuojeluun liittyviä ennusteita esimerkiksi maan hiilivaroista, torjunta-aineiden tai typen huuhtoutumisen herkkyydestä tai kasvihuonekaasujen päästöistä. Tarvittava maaperää koskevan tieto on saatavana tästä tietokannasta digitaalisessa ArcInfo-ohjelmalla käsiteltävässä muodossa.

MTT:n Maantutkimuslaitos (nykyisin osa MTT:n Ympäristöntutkimusyksikköä) on 1960-luvulta saakka toimittanut Suomea koskevia tietoja FAO:n luokituksen perustuviin Maailman, Euroopan ja Pohjoismaiden maaperäkarttoihin. Suomen osuus Euroopan 1:1000 000-mittakaavaisella digitaalisella maaperäkartalla perustuu samaan 1970-luvulla tehtyyn työhön kuin aiemmissakin kartoissa. Tällöin piirretyt FAO:n luokituksen mukaiset maalaajikuviot perustuvat pitkälti topografikartan tulkintaan ja myös laitoksen omaan maaperä-

kartoitustoimintaan. Näissä kartoissa maannokset on esitetty melko suurina alueina, ja tämä esitys kaipaa täsmennystä.

Digitaaliseen Euroopan maaperäkarttaan liittyy maaprofiilien kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia sisältävä tietokanta Soil Profile Analytical Database for European Union (Breuning-Madsen ja Jones 1995). Siihen on toimitettu Suomesta 18 maaprofiilin tiedot.

Maannoskartoista saatuja kuviorajoja ja maannoskarttaan liittyvistä tietokannoista saatuja numeerisia tietoja on käytetty mm Euroopan maaperän hiilivarojen ja happamoitumis- ja eroosioherkkyyden arvioimisessa. Digitaalisesta tietokannasta voidaan tuottaa monenlaisia karttatulosteita johtamalla maalajikuvioille tietokannoissa olevista kvantitatiivisista tiedoista uusia suureita, esimerkiksi raekoostumuksen perusteella laskettu vedenjohtavuus tai tiivistymisherkyys käyttäen tietokannassa ilmoitettujen suureiden ja haluttujen suureiden välistä yhteyttä kuvaavia funktioita (*pedotransfer functions*).

Suomi esiintyy Euroopan maaperäkartan lisäksi FAO:n maannosluokitusta käyttäen tehdyllä maailman maaperäkartalla (FAO 1974) ja Pohjoismaisella maaperäkartalla (Rasmussen ym. 1991). Hiljattain on valmistunut Pohjoiskalottialueen ja siihen rajautuvien alueiden 1:10 000 000-mittakaavainen kartta, jonka versioissa käytetään Soil Taxonomy- ja WRB-järjestelmien mukaista maalajijakoa. Kaikissa näissä kartoissa Suomen osuus perustuu Maatalouden tutkimuskeskuksen Maantutkimuslaitoksella 1970-luvulla tehtyyn työhön.

### **3 Maaperän yleiskartta maannoskartan lähtökohtana**

Geologian tutkimuskeskuksen tekemässä maaperäkartoituksessa kuvataan maalajien ja maaperägeologisten muodostumien esiintymistä ja ominaisuuksia. Maaperäkartta tehdään maastohavaintojen sekä kartta- ja ilmakuvatulkinnan perusteella. Maalajien nimeämisessä käytetään rakennusteknistä luokitusta. Lisäksi otetaan huomioon muodostumien syntytyapa ja eloperäisen aineksen osuus. Viime vuosina GTK on kartoittanut maaperää lähinnä mittakaavassa 1:20 000 (maaperän peruskartoitus). Tämä aineisto kattaa kuitenkin vain osan Suomen alueesta. Aikaisemmin kartoitusta on tehty myös 1:100 000 –mittakaavassa ja vielä aikaisemmin 1:400 000 -mittakaavassa.

Koko Suomen alueellisesti peittäväälle yleismittakaavaiselle maaperäkartta-aineistolle on viime aikoina nähty selvä tarve maannoskartoituksessa, seutusuunnittelussa, ympäristön- ja luonnonsuojelussa, erilaisissa aineistojen yhteiskäyttöprojekteissa ja puolustusvoimissa. Tähän tarpeeseen GTK käynnisti vuonna 2001 kaksivuotisen hankkeen, jonka tavoitteena oli menetelmien kehittäminen geologisen, topografisen, geofysikaalisen ja kaukokartoitusaineiston käsittelyyn ja tulkintaan uuden yleiskarttamittakaavaisen maaperäkartan ja tietokannan tuottamiseksi (Nevalainen ym. 2002). Tiedonkeruussa otetaan huomioon eri tietotarpeet, jotta kehitettävästä karttatietokannasta voitaisiin johtaa erilaisia lopputuotteita. Projektin aikana Kuopion yksikössä kehitettiin prosessi, jolla voidaan tuottaa kartoittamattomilta alueilta maaperäkuvio- ja muodostuma-aineistoa. Rovaniemen yksikössä kehitettiin vastaavat menetelmät, joilla voidaan sovittaa ja ajantasaistaa Pohjois-Suomesta ole-



va 1:400 000 –mittakaavainen vanha maaperäkartta 1:250 000 –mittakaavaiseksi. Espoon yksikössä luotiin algoritmit 1:20 000 -mittakaavaisen maaperäkartan yleistämiseksi yleiskarttamittakaavaan (1:250 000).

Hankkeen tuloksena käynnistettiin vuoden 2003 alusta valtakunnallinen kartoitus ja tiedonkeruu, jonka tavoitteena on saada aineisto valmiiksi koko Suomesta vuoteen 2007 mennessä.

### **3.1 Maaperän yleiskartan maaperäkuvioiden ja tietokannan tuotantoprosessi**

#### **3.1.1 Maalajikuvioiden muodostaminen**

Maaperäkuvioiden tulkinnassa käytetään mm. digitaalista korkeusmallia (DEM), matalalentogeofysiikkaa, maastotietokantaa (1:20 000 ja 1:250 000) ja ilmakuvia (Nevalainen 1996). Maaperäaineistojen (pehmeikköjen kairaustiedot, suokairaustiedot moreenimonttutiedot jne.) on kerätty työtietokantaan tulkinta-avaimiksi. Hienoainessedimenttien rajaamiseksi on kerätty jääkauden jälkeisten vesistö- ja jäärivivaiheiden rantahavainnot ja –pinnat (kerrostumisaltaat). Peltomaiden osalta saatiin koalueelta käyttöön viljavuusnäytteiden maalajitieto peltolohkoittain.

Tulkinta tehdään ArcView (ArcGis) ja Arc/Info sekä ErMapper- ohjelmistoja käyttäen. Luokittelussa ja varsinkin geofysiikan aineistojen analysoinnissa käytetään automaattista laskentaa ja ohjelmien GIS-makroja mahdollisimman paljon. Polygoniviivat muodostetaan kuvaruutudigitoinnilla ja/tai automaattisella vektoroinnilla. Tulkinnan apuna olleet tulkinta-avaimet kuten viljelymaan maalajitieto on muokattu viiva- tai pistetasoiksi. Tulkinnan jälkeen tehdään vielä maastossa kenttätarkistuksia ja –mittauksia. Tietokantaan on tarkoitettu tallentaa myös kuvioita ja viivoja täydentävää lisätietoa sekä kerättävää pistetietoa.

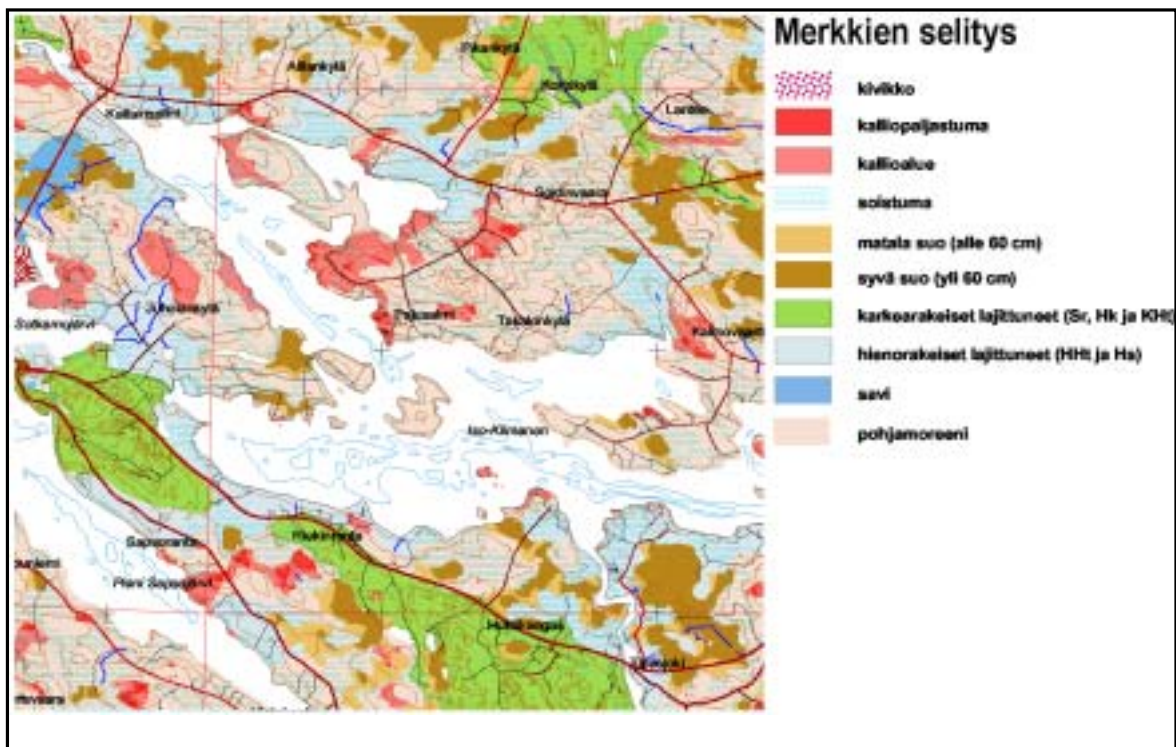
Maaperäkartoitetuille karttalehdille (1:20 000) on GTK:n Espoon yksikössä kehitetty yleistysalgoritmi, jolla voidaan muuntaa 1:20 000 -mittakaavainen maaperäkartta 1:250 000 -mittakaavaiseen käyttöön soveltuvaksi.

#### **3.1.2 Tietosisältö ja kuviokoko**

Maaperän yleiskartan sisältö noudattaa melko tarkkaan normaalin geologisen maaperäkartan tietosisältöä. Kartoitus aloitetaan alueen geomorfologisella tulkinnalla. Geomorfologiset yksiköt (muodostumat ja kerrostumat) jaetaan maalajeihin noudattaen RT-luokituksen mukaista jakoa kuitenkin siten, että siitä on johdettavissa myöt GEO-luokituksen (Korhonen ym. 1974) jako. Eräitä maalajiluokkia on yhdistetty mittakaavan ja tulkinnan rajoitusten takia. Pohjamaalajitasolla esiintyviä maalajiluokkia ovat kalliomaa, moreeni, karkeara-keiset lajittuneet (sora, hiekka, karkea hieta), hienorakeiset lajittuneet (hiesu, hieno hieta), savi ja eloperäiset maalajit (turve, lieju). Pintakerroksena kuvataan kivikot ja avokalliot sekä soistumat. Nämä palvelevat mm. maannostulkintaa. Geomorfologisen tulkinnan tu-

loksena kuvataan ja rajataan erikseen geologiset muodostumat kuten moreenimuodostumat (esim. drumliinit, kumpumoreenit, poikittaiset) jäätikköjokikerrostumat, jokikerrostumat, rantakerrostumat, kulumismuodot ja kerrostumisaltaat.

Maaperän yleiskarttatietokantaan tulkittavien tai kartoitettujen maalajikuvioiden minimikoko on 2 – 6 ha (vaihtelee teemoittain), jolloin sieltä saadaan mm. uusiin maakuntakaavoihin 1:100 000 -mittakaavaan soveltuva teemakartta. Maaperän peruskartoituksen minimikuvio koko on 0,1 – 2,0 ha. Näin saadaan jatkumo 1:20 000 -mittakaavaiselle maaperän peruskartalle. Maannostietokantaa varten kuvat yleistetään ja minimikuvio kooksi määritetään 6,25 ha. Kuvassa 1 on esitetty pala GTK:n Maaperän yleiskarttaa. Tulevaisuudessa varaudutaan EUREF-FIN koordinaatiston käyttöönottoon ja yleisimmän tulostuskoon vaihtumiseen 1:200 000 mittakaavaan.



Kuva 1. Palanen uutta 1:250 000 maaperäkarttaa Sotkamosta. Minimikuvio koko kartalla on 6,25 ha. Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupa nro 398/MYY/03.

## 4 Pintamaatiedon hankinta

### 4.1 Tutkimusalueet

Tutkimuskohteet sijaitsivat Tammelan (karttalehti 2113 07) ja Sotkamon- Kuhmon (karttalehdet 3433, 3434, 4411 ja 4412) alueilla. Tammelan maastokarttalehdeltä oli olemassa numeerinen 1:20 000 –mittakaavainen suomalaisen luokituksen mukainen maaperäkartta. Kainuusta ei ollut olemassa 1:20 000 –mittakaavaista maaperäkartoitusaineistoa. Siellä

GTK teki suomalaisen maalajijaon mukaiset kuviot sekä maannostulkintaan tarvittavat lisätutkimukset ja teemat suoraan mittakaavaan 1:250 000.

Tammelan tutkimuskohteen maaperä (maaperäkartta 1:20 000, Tammela 2113 07) on pääosin savikerrostumia, moreeni- ja kallioalueita. Karttalehden keskiosassa likipitäen länsi-itäsuunnassa kulkee harjuselänne. Pyhäjärven rannat ovat osin soistuneet ja järven pohjalla on johtavia liejakerrostumia. Tutkimuskohde sijaitsee graniittialueella emäksisten kivilajien ja kiilleliuskeiden halkoessa aluetta. Emäksiset kivilajit vaikeuttavat tulkintaa Pyhäjärven länsipuolella ja Kaukjärven koillispuolella.

Sotkamon-Kuhmon tutkimuskohteen maaperä (karttalehdet 3433, 3434, 4411, 4412) on pääosin suo-, moreeni- ja kallioalueita. Alueen eteläosassa on järviolueiden laitamilla hie-noainessedimenttejä, jotka ovat syntyneet eri jääjärvivaiheiden aikana tai myöhemmin Ancylus -järven lahteen (Kemiläinen 1988, Saarelainen ja Vanne 1997). Tutkimusalueen halki kulkee useita harjuja. Tutkimuskohde sijaitsee graniittialueella, Kainuun ja Kuhmon liuskealueiden välissä (Saarnisto ym. 1980). Alueen moreenien raekokojakaumaa ja koostumusta on kuvannut mm. Nevalainen (1989).

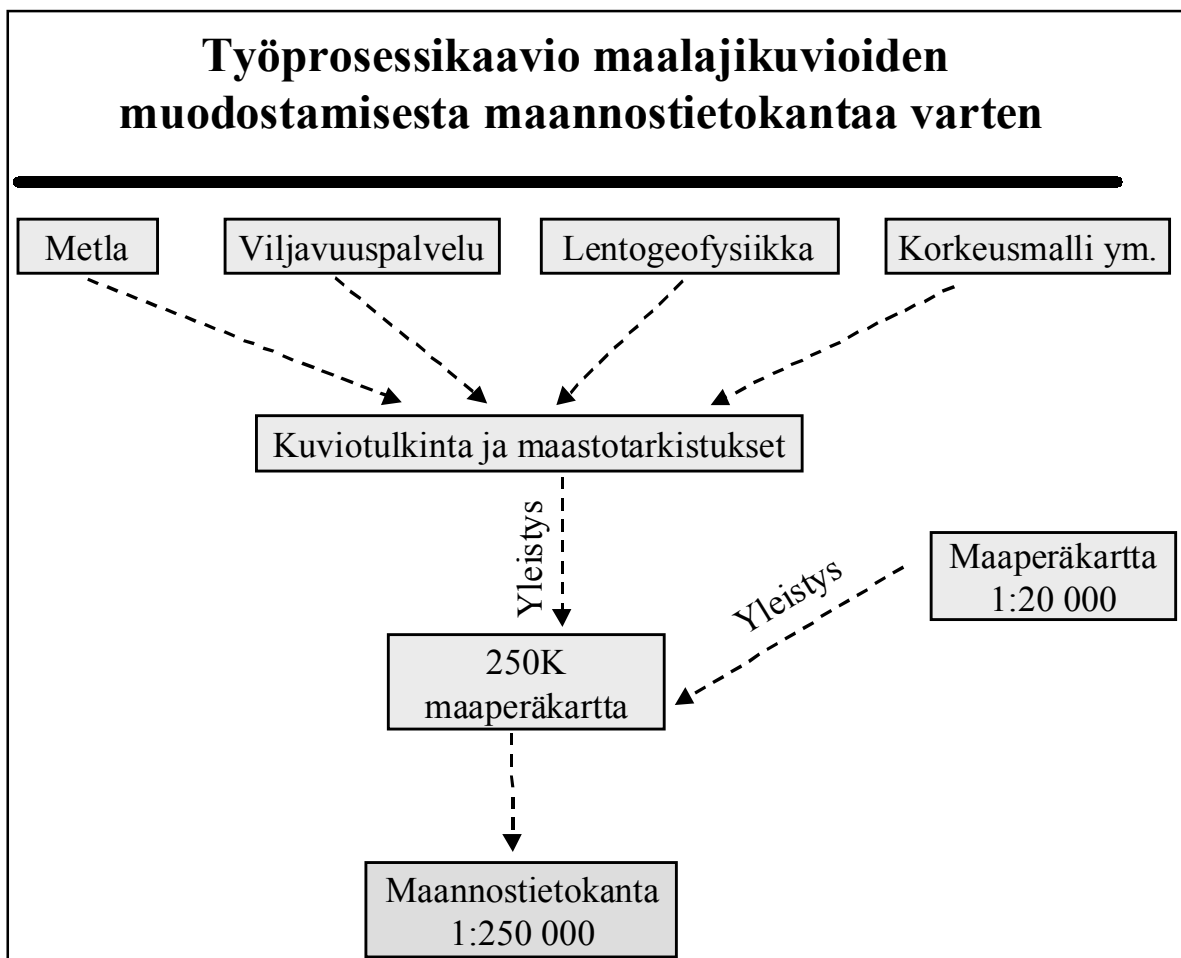
## **4.2 Maaperän yleiskarttahankkeen ja maannostulkintahankkeen yhteistyö**

Vuonna 2002 tutkittiin pilottihankkeessa mahdollisuutta tuottaa maannostulkinta eri tiedostoja yhdistämällä ja suomalaisen maalajin pohjalta tehtävällä maannostulkinnalla (Kuva 2). Tätä tarkoitusta varten myös yleiskarttatietokannan tietosisältöä kehitettiin siten, että se palvelee maannostulkintaa. Tässä työssä oli kehityskohteena etenkin lentogeofysiikan hyödyntäminen tulkinnassa ja muiden mahdollisten aineistojen käyttö.

Lentogeofysiikan mittaustarkkuus GTK:n rutiinikartoituksessa (200 m lentolinjaväli) on koettu liian heikoksi maaperän peruskartoituksen (1:20 000) apuna, jossa minimikuvioko on 0.1–2 ha. Suuresta mittausvälistä johtuen aineisto soveltuikin parhaiten juuri maaperän yleiskartoitusmittakaavaan (1:100 000 – 1:250 000). Aineistosta saatava lisätieto irto- maapeitteen pintaosista on hyödyllistä maannostulkintaa laadinnassa, kunhan virhelähteet tiedostetaan.

Tammelan koealueella, josta oli olemassa numeerinen 1:20 000 –mittakaavainen suomalaisen luokituksen mukainen maaperäkartta, maannostulkinta tehtiin maaperäkartalla olevan suomalaisen maalajin, viljavuusanalyysin tulosten ja metsämaasta ja soista olevien tietojen perusteella. Keskeinen selvittävä kysymys oli myös aerogeofysiikan matalalentoaineistoista tehtyjen tulkintojen käyttökelpoisuus (esim. maaperän kosteus, turpeen paksuus) maalajirajojen määrittämisessä. Kentällä tehtiin tarkistuksia tulkinnan ja alueella todettavan maannoksen yhtäpitävyydestä. Sotkamon alueella, josta ei ollut olemassa 1:20 000 –mittakaavaista maaperäkartoitusaineistoa, GTK teki suomalaisen maalajijaon mukaiset kuviot sekä maannostulkintaan tarvittavat lisätutkimukset ja teemat suoraan mittakaavaan 1:250 000.

Pilottihankkeessa käytettiin MMM:n Tietopalvelukeskuksen (TIKE) peltolohkotietoja ja Viljavuuspalvelu Oy:n maalajitietoja neljän kunnan alueelta. Viljavuuspalvelun maalajitieto ja TIKEn peltolohkorekisterin tieto on yhdistetty MTT:llä siten, että maalajitiedolle saadaan koordinaatit. Yhdistämisessä käytettiin peruslohkotunnusta avaimena, jonka avulla ilman sijaintitietoa toimitetut viljavuustutkimusten maalajihavainnot paikannettiin kunkin peruslohkon keskipisteen koordinaatteihin. Maalajitiedosta on ollut käyttökelpoista (kellollisella tunnisteella koodattua) ilman korjailua n. 20 % ja korjattuna (kuntanumeron lisääminen) n. 40 %. Suurin syy aineiston käyttökelvottomuuteen oli puutteellisesti tallennettu peruslohkotunnus. Aineistossa oli yhteensä 2058 pistettä, jotka pystyttiin yhdistämään peltolohkoihin.



Kuva 2. Prosessikaavio maalajikuvioiden muodostamisesta maannostietokantaa varten.

Viljavuusanalyysin maalajitieto on ollut hyödyllistä tukiaineistoa geologisen maaperäkartan laadinnassa peltoalueilla, joilta ei ole ollut tuloksia kairauspisteistä tai muuta tutkimustietoa. Viljavuusanalyysin maalajitietoa käytettiin yhdessä muiden aineistojen kanssa numeerisessa ArcView-tulkinnassa ja kuvaruutudigitoinnissa.

### 4.3 Aerogeofysikaaliset mittaukset

Tutkimusalueen lentomittaukset on tehty GTK:n valtakunnallisen matalalento-ohjelman puitteissa vuosina 1984 (Tammela) ja 1977, 1984, 1987 ja 1988 (Sotkamo-Kuhmo). Mittausten aikana lentokoneen maanopeus on noin 50 m/s ja keskimääräinen lentokorkeus 34 m. Lentolinjat ovat pohjois-etelä –suunnassa (Sotkamo-Kuhmon alueella itä-länsi-suunnassa) noin 200 m:n välein. Paikannustarkkuus on alle 10 m. Mittausten pisteväliksi muodostuu 12.5 ja 25 m. Gammasäteilyn (radiometrinen) mittauksen havaintopisteväli on noin 50 m. Interpoloitujen binäärimatriisien pikselikoko on 50 m.

Magneettisella mittauksella saadaan tietoa kallioperän magneettisista ominaisuuksista. Magneettisista kartoista voidaan kontrolloida kallioperän kivilajivaihteluja. Maaperän vaikutus tuloksiin on olematon.

Sähköinen aineisto kuvastaa maankamaran pintaosien sähkönjohtavuusominaisuuksia. Irtoaapteen vaikutus tuloksiin on merkittävä. Tässä tutkimuksessa sähköisen aineiston mittaustaajuus on 3125 Hz. Sähköisen aineiston imaginäärikomponentti kertoo maankamaran pintaosien sähkönjohtokyvystä. Sähköisistä tuloksista voidaan todeta hienoaineskerrostumien aiheuttamat johtavuusanomalit. Sähköisellä aineistolla voidaan erottaa johtavat sulfidi/liejusavet, eloperäiset pohjakerrostumat sekä kosteikat.

Radiometrisessä mittauksessa havainnoidaan luonnon gammasäteilyn kalium, torium ja uraani -komponentit sekä totaalisäteily. Radiometrinen aineisto antaa tietoa maan pintaosien säteilystä. Syvyysulottuvuus on alle 1 m. Säteilyn määrä on verrannollinen maan kosteuteen ja maankamaran mineralogiaan (esim. Nenonen ym. 1999).

Maasälpä ja kiilleryhmän mineraalit ovat kaliumin tärkeimmät lähteet. Erityisesti graniittiset kivilajit sisältävät runsaasti kaliumia. Sen sijaan emäksisissä kivilajeissa (mm. emäksiset vulkaniitit, peridotiitit ja gabrot) kaliumia on vähän. Kalium liukenee helposti ja absorboituu savimineraaleihin (mm. illiitti, montmorilloniitti). Uraanirikkaita kiviä ovat pegmatiitit, syeniitit, karbonaatiitit, graniitit ja mustaliuskeet. Hapettavissa olosuhteissa uraani (U) liukenee ja saostuu pelkistävässä olosuhteissa. Uraani on geokemiallisesti vähemmän liikkuva kuin kalium, ja liuetessaan se absorboituu savimineraaleihin. Torium (Th) absorboituu savimineraaleihin, rautaoksidiin ja -hydroksidiin. Thoriumpitoisuus kasvaa piihappopitoisuuden kasvaessa (Schwartz ja Adams 1973).

Radiometristä aineistoa (kalium, totaali) käytetään soiden (turvekerroksien) paksuuksien ja kosteikkojen arviointiin käyttäen hyväksi tunnettua vaimenemista vesikerroksessa (Virtanen ja Vironmäki 1985). Radiometrisissä suhdekartoissa hyödynnetään komponenttisuhteen riippumattomuutta kosteusolosuhteista. Yleisimmin käytetään seuraavia suhteita:

K/Th Erottaa karkeat ja hienot maalajit toisistaan

Th/U Erottaa siltit savista

U/K: Erottaa hiekat, siltit ja savet.

Tässä tutkimuksessa käytettiin radiometrista ja sähköistä aineistoa. Sähköisen aineiston imaginäärikomponentin avulla voitiin erotella Sotkamon-Kuhmon alueella hienorakeiset sedimentit. Radiometrisillä arvoilla sekä niiden suhteilla luokiteltiin suot turpeen paksuuden ja kivennäismaat kosteuden ja raakoostumuksen suhteen. –Aerogeofysikaalisista mittauksista ja niiden soveltamisesta on kerrottu enemmän Suomen kartastossa (vihko 126).

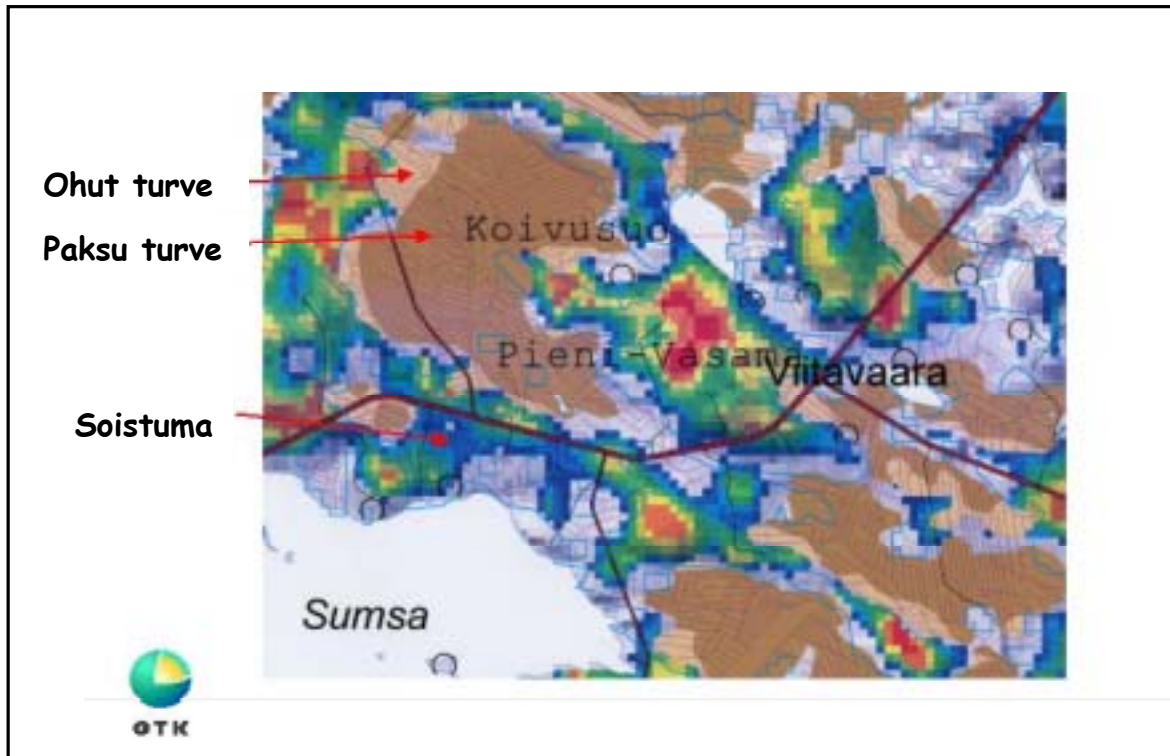
#### **4.4 Soiden ja soistumien rajaaminen**

Maannostulkintaa varten ohuet turvekerrostumat (turvetta alle 60 cm) pitää pystyä erottamaan paksummista. Lisäksi soistumilla ja kosteikoilla on vaikutus maannostumiseen. Tähän käytettiin lentogeofysiikan aineistoja ja maastotietokannan tietoja.

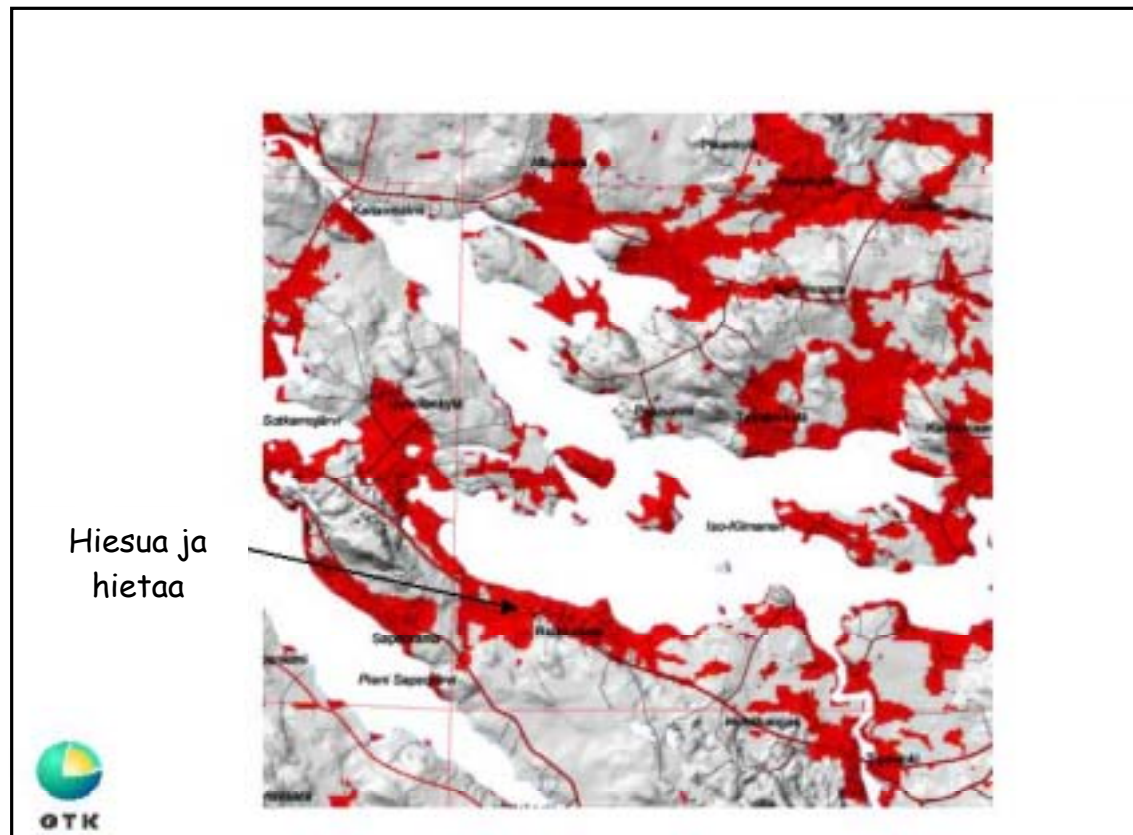
Kosteikot ja suoalueet voidaan paikantaa ja turvekerrostumien paksuutta voidaan arvioida säteilykarttojen (K) avulla (Peronius ym. 1998). Soistumien tulkinnassa ja rajaamisessa käytettiin maastotietokannan soistuma-aineistoa sekä ojikkotietoa. Yhdistämällä maastotietokannasta em. aineistot ja lisäämällä saatuun tasoon säteilyaineiston kosteikkotulkinta saadaan rajattua todennäköiset soistuma-alueet (Kuva 3). Nämä tiedot puuttuvat GTK:n 1:20 000 –mittakaavaisilta maaperäkartoilta, ja maannostokarttaa varten ne joudutaan hankkimaan aerogeofysiikan menetelmiä käyttäen. Suuria, matalia suokuvioita esiintyy yleisesti tasaisilla alueilla, etenkin Pohjanmaalla ja Lapissa.

#### **4.5 Hienorakeisten sedimenttien rajaaminen**

Sähköä johtavat maalajit (mm. sulfidisavet ja liejut) voidaan erottaa selvästi sähköisen aineiston avulla. Sotkamossa tällä tavoin on kartoitettu hienorakeisten lajittuneiden kerrostumien esiintymistä (Kuva 4). Niiden rajaamisessa lähtökohdan muodostavat lisäksi korkeusmallista tehtävä allasanalyysi, muinaisrantahavainnot sekä radiometrinen lentomittausaineisto. Maannostuokittelussa savet on erotettava hiesusta ja hienosta hiedasta, koska ne luokittevat eri maannostyyppeihin. Hiesu ja hieno hieta on edelleen erotettava karkeasta hiedasta. Lentogeofysiikan sähköinen mittausaineisto onnistui löytämään hienon ja karkean hiedan rajan Sotkamon koealueella hyvin. Sotkamon alueella ei juurikaan esiinny saviä. Muualla tehtyjen tutkimusten perusteella savien erottuminen hiesusta on mahdollista ainakin, jos savi on kerrostunut aikanaan suolaiseen veteen (muinaiset merivaiheet jääkauden jälkeen tai Itämeren maankohoamisrannikko). Sähköisen mittausaineistoa ei voida käyttää alueilla, joissa kallioperän sähköjohtavuus on niin korkea, että se peittää irtomaapeitteen vaikutuksen.



Kuva 3. Soiden luokittelu mataliin ja syviin soihin ja soistumiin radiometrisen lentogeofysiikan avulla. Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupa nro 398/MYY/03.



Kuva 4. Lentogeofysiikan aineistoa (tässä sähköistä mittausta) käytettiin sopivasti luokiteltuna hienorakeisten lajittuneiden maalajien erottamiseen (punaiset alueet kartalla). Kartta samalta kohti kuin kuvassa 1. Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupa nro 398/MYY/03.

## 4.6 Moreenialueiden kosteusvaihtelu sekä raekoon vaihtelu

Geofysikaalisesta matalalentoaineistosta voidaan rajata eri maalajikuvioita myös niiden pääsäteilykomponenttien kaliumin (K), uraanin (U), ja toriumin (Th) intensiteetin ja suhteiden perusteella. K/Th –suhdeaineistolla voidaan selkeästi rajata hienoaineskerrostumat karkearakeisista maalaji- ja kallioalueista sekä peittäviä karkeampia lajittuneita aineksia (hieta) savialueilla. Tällä aineistolla havaitaan harju- ja moreenialueiden mosaiikkisuus, joka johtuu todennäköisesti rakeisuuden vaihtelusta. Th/U –suhdeaineistolla havaitaan hienoainesmuodostumien sisäisiä vaihteluja. Savialueiden sisäisen vaihtelun lähteet on syytä tarkistaa maastossa. Emäksiset kivilajit, siellä missä niitä esiintyy, vaikeuttavat tulkintaa, koska ne sisältävät vähän kaliumia. Sotkamon alueella emäksisiä kivilajeja esiintyy itäreunalla mm. Kellojärven ympäristössä.

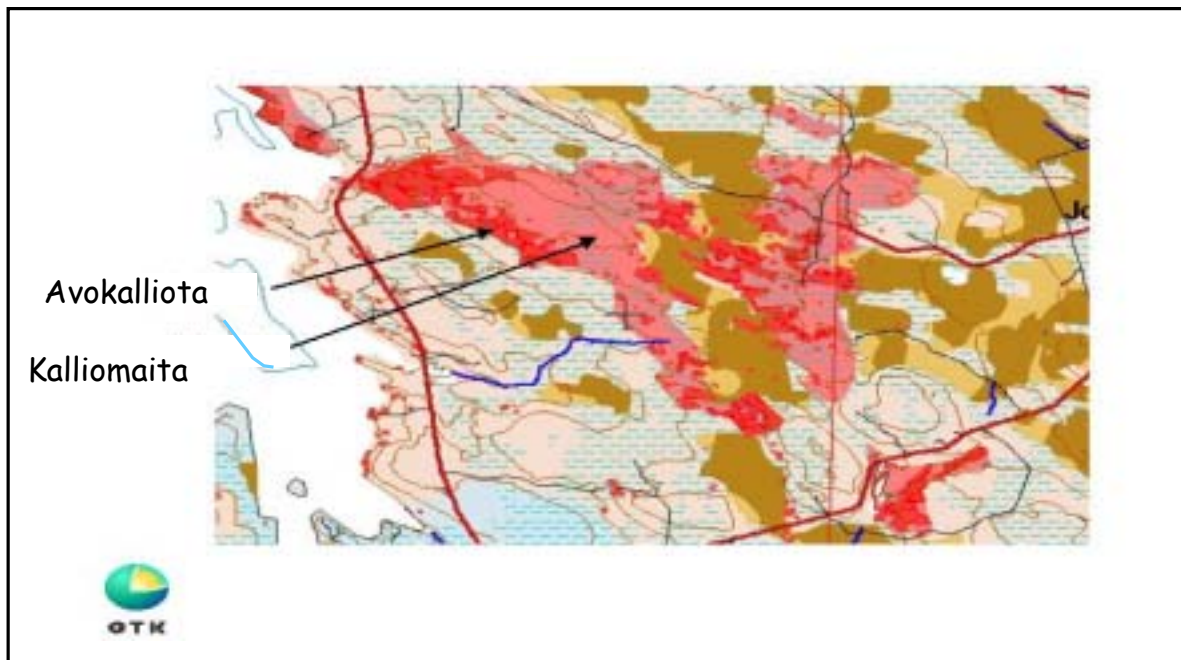
Moreenialueiden raekoon ja kosteuden vaihtelun tulkitseminen lentogeofysiikan avulla vaikuttaa mahdolliselta, mutta se vaatii lisää aineistojen tulkinnan menetelmäkehitystä. Tähän saattavat neuroverkkolaskentaan ja oppivaan karttaan perustuvat uudet matemaattiset laskentamenetelmät, joissa on mahdollista yhdistää hyvin useita aineistoja, tarjota mahdollisuuksia tehtyjen alustavien kokeiden perusteella.

## 4.7 Avokallioalueiden ja kalliomaiden tulkinta

Maannostulkintaa varten on tärkeä pystyä erottamaan avokalliot kalliomaista. Kalliomailla tarkoitetaan GTK:n maaperäkartoituksessa alueita, joissa irtomaan paksuus on alle yksi metri kovan kallion päällä. Avokallioita ei ole esitetty erillisinä alueina aiemmin GTK:n tekemässä maaperäkartoituksessa. Maannostokarttaa varten tehdyssä koetyössä Sotkamossa kallio- ja kallioma-alueiden määrittämisessä on käytetty Maanmittauslaitoksen maastotietokantaa ja sen eri mittakaavaisia tuotteita. GTK:n ja muiden tahojen keräämä piste- ja karttamuotoinen maastotieto muodostaa lisäksi tärkeän tulkinnan apuvälineen. Kalliomaiden rajaamista varten on koottu mm. kaikki kallioperäkartoituksen yhteydessä kerätyt havainnot. Näistä aineistoista on yleistetty avokallioalueet riittävän suuriksi kuvioiksi erotettuna niiden ympärille jäävistä kalliomaakuvioista.

On huomattava, että tämä tulkinta on tehtävä myös aiemmin 1:20 000 -mittakaavassa kartoitetuille alueille niiden yleistyksen lisäksi, jotta ne palvelisivat maannostokartan tekoa. Kuvassa 5 on esitetty avokallioiden ja kalliomaiden esiintymistä maaperän yleiskartassa.





Kuva 5. Esimerkki kalliomaiden (<1 m irtomaata) ja avokallioiden rajauksesta Sotkamon koelueella. Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupa nro 398/MYY/03.

## 5 Suomalaisen maalajin ja maannoksen välinen yhteys

Koska Suomen maaperä on varsin nuorta, lajitekoostumus on keskeinen maatamme luonnehtiva tekijä. Maaperämme on siinä mielessä yhtenäistä, että meillä ei ole juuri lainkaan kalkkipitoisia maita. Alhainen lämpösumma ja maaperän routaantuminen talviaikaan hidastavat osaltaan maannostumisprosesseja. Maannostulkinta voidaan perustaa melko luotettavasti lajitekoostumukseen ja orgaanisen aineksen pitoisuuteen. Märkyys on vaikuttanut suuresti maaperämme kehitykseen. Sen seurauksena syntyneitä piirteitä koskevaa täydentävää tietoa esimerkiksi kivennäismaata peittävästä ohuista turvekerroksista ja liejuisista alueista saadaan aerogeofysiikan sekä muun (kauko)kartoitusaineiston tulkinnalla.

### 5.1 Metsämailla tehdyt tutkimukset

#### 5.1.1 Näytteenotto ja näytepisteiden luonnehdinta

Metla valitsi maastotutkimuksiin Tammelan karttalehdeltä systemaattisesti 35 näytepistettä. Turvemaat eli Histosol-maat jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Näytepistettä siirrettiin, mikäli teorettinen näytepiste osui kohtaan, jossa näytti olevan useampia maalajeja tai maannoksia. Näytepisteeseen kaivettiin yksi n. 70 cm syvä kuoppa ja siitä n. 30 m etelään, länteen, pohjoiseen ja itään kaivettiin n. 40 cm syvä kuoppa. Kunkin kuopan kohdalla mitattiin sijainti GPS-laitteella ( $\pm 10...20$  m) ja arvioitiin paikkaa kuvaavia tunnuksia, kuten metsätyyppi, topografinen asema, kosteus ja puulaji. Maaprofiilien morfologiset ominaisuudet (horisonttien tyyppi, paksuus, raekoostumus ja väri) kirjattiin muistiin. Kahdesta ylimmästä kivennäismaahorisontista otettiin kokoomänäytteet kaikista kuopista, jos kuopat edustivat samaa maannosta ja maalajia. Syvän kuopan yhdestä seinämästä otettiin valoku-

va digitaalikameralla salamaa käyttäen. Näytteet esikäsiteltiin Metlan Sallan toimipaikassa, mutta näytteitä ei ole vielä analysoitu laboratoriossa.

Kainuun koealueella hyödynnettiin valtakunnan metsien 9. inventoinnin koealoja. Alueelta valittiin teiden lähellä olevia koealoja 74 kpl siten, että otokseen olisi tullut myös harvinaisia maannoksia: lehtoja ja lehtomaisia ja kuivia kankaita sekä soistuneita kangasmaita ja ohutturpeisia soita, joissa turpeen paksuus on 10–30 cm. Osa koealoista siirrettiin, koska VMI-koeala ei ollut yhdellä maaperäkuviolla tai koska haluttiin mm. soistuneita koealoja tai sellaisia tai kohteita, joissa aerogeofysikaaliset tulokset vaativat tulkintansa tueksi maastossa tehtyjä havaintoja. Kuhunkin näytepisteeseen kaivettiin 60–80 cm syvä kuoppa. Kuopan koordinaatit määritettiin ja arvioitiin samat kuviotiedot kuin Tammelassa, tehtiin profiilin morfologinen kuvaus, otettiin valokuva ja otettiin näytteet kahdesta ylimmästä horisontista kuten Tammelassa.

FAO:n järjestelmän mukaiset maannokset, joiden esiintymistä koealuilla tarkasteltiin, olivat seuraavat: Histosol (turvetta > 40 cm), Leptosol (kivennäismaan paksuus < 30 cm), Arenosol (karkea, kehittymätön), Haplic Podzol (E- ja Bs-horisontit), Cambic Podzol (ei E-horisonttia), Carbic Podzol (E- ja Bh-horisontit), Gleyic Podzol (Cg-horisontti alle 1,0 m:n syvyydessä), Fluvisol (tulvamaa), Gleysol (hienorakeinen maa, jossa pohjavesi tai Cg-horisontti alle 50 cm:n syvyydessä), Regosol (hienorakeinen, kehittymätön), Cambisol (Bw-horisontti ja savesta >8 %). Epäselvissä tapauksissa arvioitiin myös toissijainen maannos.

### **5.1.2 Metsämaan maannostulkinta**

Maannosten esiintymistä tarkasteltiin alustavasti maalajin ja viljavuuden, metsätyypin, suhteen edustavilla kasvupaikoilla Metlan maantutkimuksen aiempien aineistojen avulla. Niiden perusteella likimain kaikki Suomen keskikarkeat ja karkeat metsämaat ovat podsoloituneita, mutta osa maista on niin heikosti kehittyneitä, että ne kuuluvat Arenosol-maihin. Lehtojen ja osaksi myös lehtomaisten kankaiden maannos on usein Cambic Arenosol tai Cambic Podzol. Pelkän maalajin perusteella Cambic-variaatioita ei voi luotettavasti ennustaa, vaan siihen tarvitaan kasvupaikkatyyppi. Osa maista on niin märkiä, että niillä valitseva maannostumisprosessi on ns. gleisaatio eli pohjaveden korkeuden vaihteluista johtuvat hapettumis-, pelkistymis-, huuhtoutumis- ja rikastumisilmiöt. On todennäköistä, että Gleyic Podzol –maannos on hyvin yleinen, mutta sen havaitseminen edellyttäisi maaprofiilin tutkimista metrin syvyyteen saakka, mikä on kivisillä moreeneilla käytännössä vaikeaa. Hienoimmilla savi-, hiesu- ja hienoilla hietamailla maannokset ovat yleensä samoja kuin viljelysmailla eli Regosol-, Cambisol- ja Gleysol -maannoksia. Turvemaiilla vallitsevat maannokset ovat yleensä Fibric Histosol -, Histic Arenosol - tai Histic Podzol-maannoksia. Tärkein maannosryhmä ohuilla, kallioperäisillä metsämailla ovat Lithic (alle 10 cm kivennäismaata) ja Dystric (10–30 cm kivennäismaata) Leptosol –maannokset.

Tammelalan alueella metsämaiden suhteellinen maannosjakauma oli seuraava: Leptosol 3 %, Haplic Podzol 62 %, Cambic Podzol 6 %, Carbic Podzol 3 %, Fluvisol 3 %, Gleysol 6 % ja

Cambisol 17 % (Taulukko 1). Kainuussa metsämaiden kankaista kuului luokkaan Haplic Podzol 64 % ja luokkaan Carbic Podzol 25 % (Taulukko 2). Podzol –maannosten osuus oli yhteensä 90 %. Muuallakin Suomessa, ehkä eteläisintä osaa lukuunottamatta, 70–90 % kangasmaista edustaa Podzol-maita. Kun otetaan huomioon myös turvemaat, jotka ovat pääasiassa Histosol -maannoksia, jää muiden maannosluokkien osuudeksi 5–15 %.

Taulukko 1. Tammelan tutkimusalueen FAO:n luokituksen (FAO 1988) mukaan määritetyt maannokset maastossa arvioidun keskiraekoon funktiona.

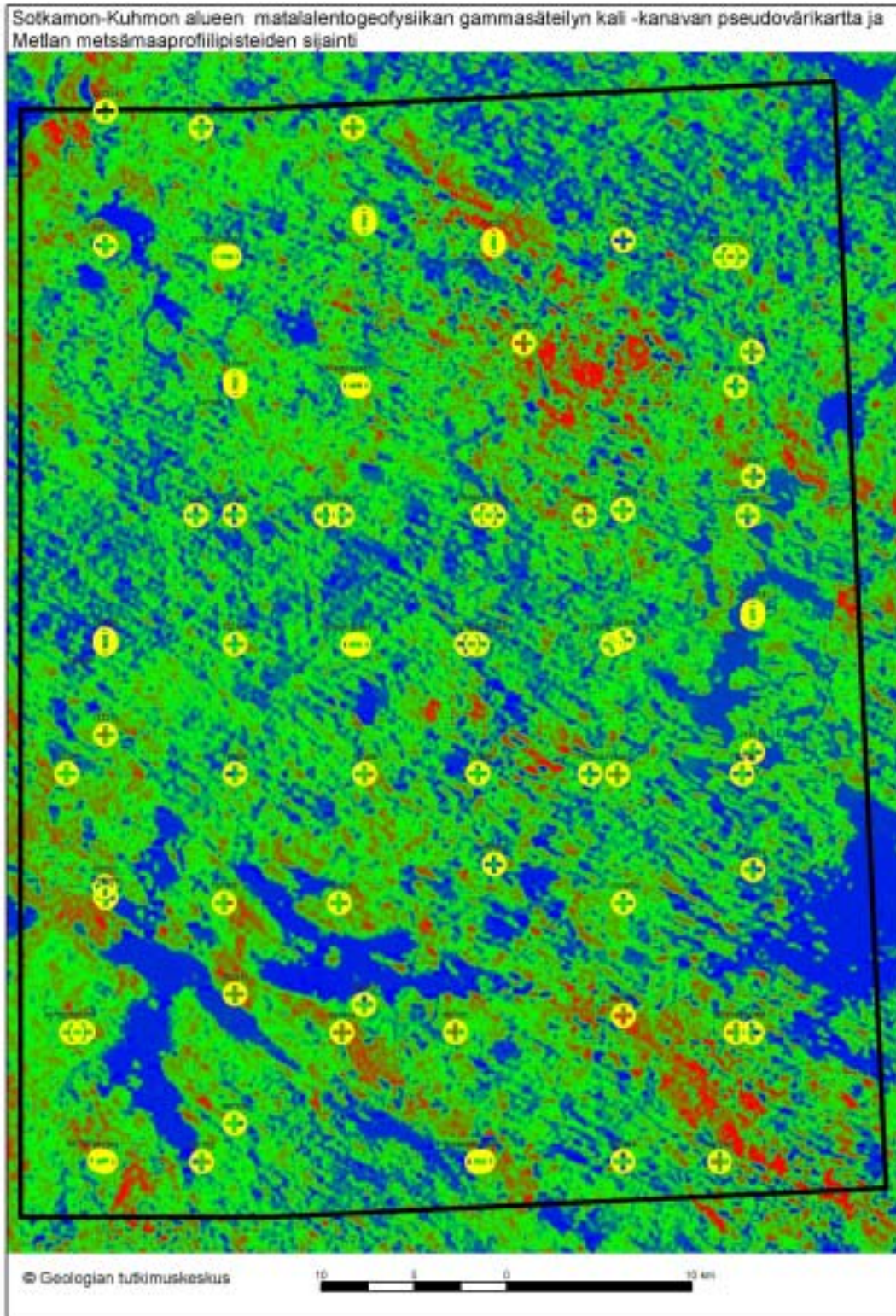
Maannos	Keskiraekokoluokka						Yhteensä
	Savi	Hiesu	Hieno hieta	Karkea hieta	Hieno hiekka	Karkea hiekka	
Leptosol (kalliomaa)				1			1
Haplic Podzol			5	10	4	2	22
Cambic Podzol			2				2
Carbic Podzol					1		1
Fluvisol (tulvamaa)	1						1
Gleysol (pohjavesimaa)	2						2
Cambisol (hienorakeinen)	4	2					6
<b>Yhteensä</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>35</b>

Taulukko 2. Kainuun tutkimusalueen FAO:n luokituksen (FAO 1988) mukaan määritetyt maannokset maastossa arvioidun keskiraekoon funktiona.

Maannos	Keskiraekokoluokka					Sora	Yhteensä
	Savi	Hieno hieta	Karkea hieta	Hieno hiekka	Karkea hiekka		
Leptosol					1		1
Haplic Podzol			7	1	25	14	47
Carbic Podzol			2		10	7	19
Gleyic Podzol		1					1
Gleysol						1	1
Regosol	2	1	1		1		5
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>22</b>	<b>74</b>

### 5.1.3 Aerogeofysiikaalisen gammasäteilyaineiston ja metsämaiden profiiliaineiston tulosten korrelointi

Gammasäteilyaineiston kali –komponentin ja maaperän kosteuden korrelaatiota tarkasteltiin erikseen Metlan Sotkamon-Kuhmon alueelta syksyllä 2002 keräämällä aineistolla. Aineisto käsitti 74 metsämaaprofiilin tiedot. Kuvasta 6 nähdään tutkimuspisteiden sijainti alueella.



Kuva 6. Tutkimusalueen (suuri suorakulmio) gammasäteilyn kali-kanava ja Metlan profiilitutkimuspisteet (VMI-numero). Punainen väri kuvaa voimakasta kali-säteilyä (karkearakeiset maalajit ja kalliopaljastumat) ja sininen vaimentunutta säteilyä (vesi, märkä turve).

Koska Metlan aineisto on subjektiivisesti luokiteltu (nominaaliasteikko), ei korrelointia tyyppiltään jatkuvaan, suhdeasteikolla mitattuun muuttujaan voida tilastollisesti tehdä. Aerogeofysiikan ja Metlan aineistojen havaintopisteet osuvat harvoin tarkasti samaan paikkaan. Aineistojen korrelointia tutkittiin kosteuden, keskiraekoon ja lajittuneisuuden osalta (Taulukko 3).

Taulukko 3. Aerogeofysiikan tulosten ja Metlan tutkimien näytepisteiden korrelaatiotutkimuksessa käytetyt kosteuden, keskiraekoon ja lajittuneisuuden luokat.

Kosteus	Keskiraekoko	Lajittuneisuus
1 Hyvin kuiva	1 Savi	1 Lajittumaton
2 Kuiva	2 Hiesu	2 Hiukan lajittumaton
3 Tuore	3 Hieno hieta	3 Selvästi lajittumaton
4 Kosteahko	4 Karkea hieta	4 Rapakivisora
5 Kosteaa	5 Hieno hiekka	
6 Märkä	6 Karkea Hiekka	
	7 Sora	

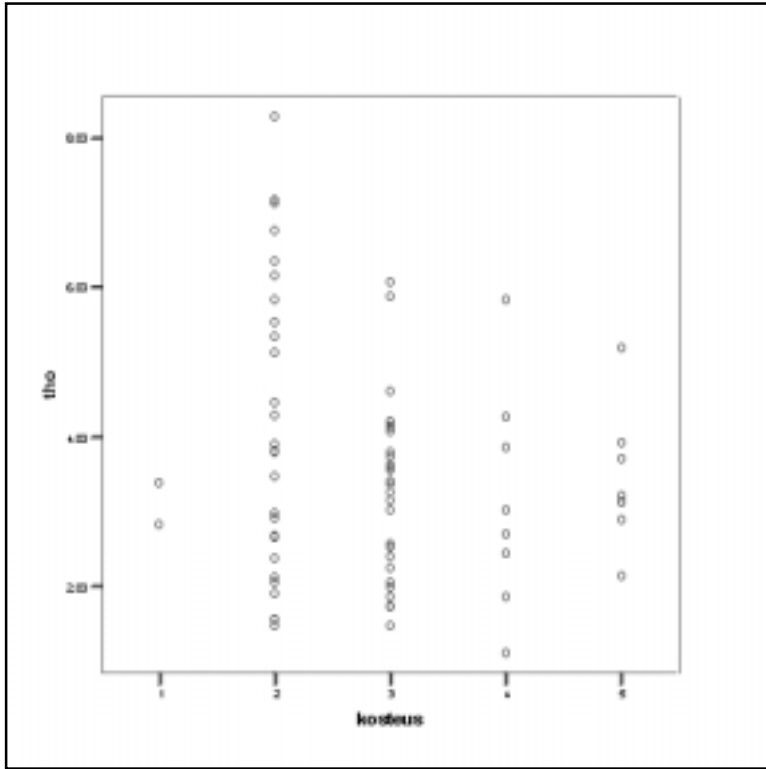
Keskiraekoko sijoittui pääosin luokkiin 4 ja 5, lisäksi jonkin verran luokkaan 3. Tämä on tyypillistä alueen moreeneille, jotka ovat valtaosin hiekkamoreeneja (Saarnisto ym. 1980). Lajittuneisuus sijoittui melko tasaisesti luokkiin 1, 2 ja 3. Myös kosteus vaihteli tasaisesti valtaosan näyteprofileista sijoituessa luokkiin 2 ja 3.

Hajontadiagrammikuvista (7–9) nähdään, että Metlan havaintoarvojen korrelaatio lentogeofysiikan gammasäteilyaineistoihin ja -suhteisiin oli tällä tarkastelulla huono. Keskiraekoon mukaan tehty korrelointi, jossa K/Th-suhteen pitäisi parhaiten heijastaa vaihteluja, on moreenin homogeenisuuden takia vaikeaa, sillä valtaosa moreenista sijoittui luokkiin 4 ja 5. Kattavampaan tarkasteluun tarvittaisiin vaihtelevampi aineisto etenkin moreenin sisällä siten, että aineistossa olisi hienoainesmoreenia, hiekkamoreenia ja soramoreenia.

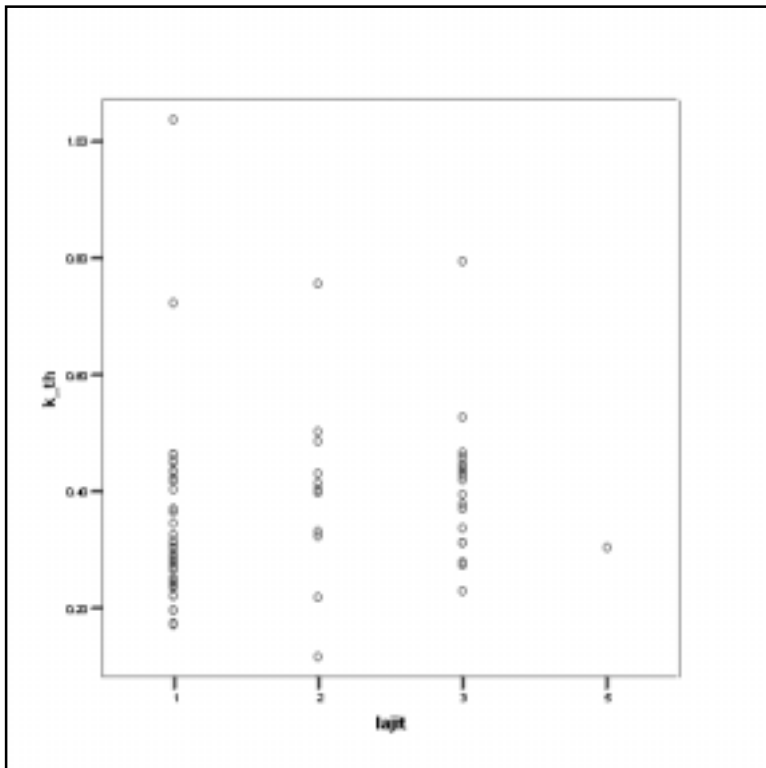
Moreenin ominaisuuksien mosaiikkisuutta ja hienorakeisten/lajittuneiden maalajien erotelua aerogeofysiikan ja muiden muuttujien avulla on tarkoitus tarkastella jatkossa soveltaen neuroverkkolaskennan ja tilastollisen tarkastelun menetelmiä (Self Organising Maps, SOM). Tästä tarkastelusta valmistuu diplomityö vuonna 2003.

Virhelähteistä voidaan mainita muun muassa se, että lentogeofysiikan ja Metlan aineistojen havaintopisteet osuvat harvoin samaan paikkaan, jolloin on käytettävä lentogeofysiikan interpoloitua havaintoarvoa. Gammasäteilymittausten mittausero on kohtuullisen laaja, ja aineistoon integroituu varsinkin erilaisten maalajikuvioiden reunoilla ”sekapikseleitä”, jotka lisäävät hajontaa. Lisäksi vanhojen lentoaineistojen paikannustarkkuus on vain keskinkertaista.

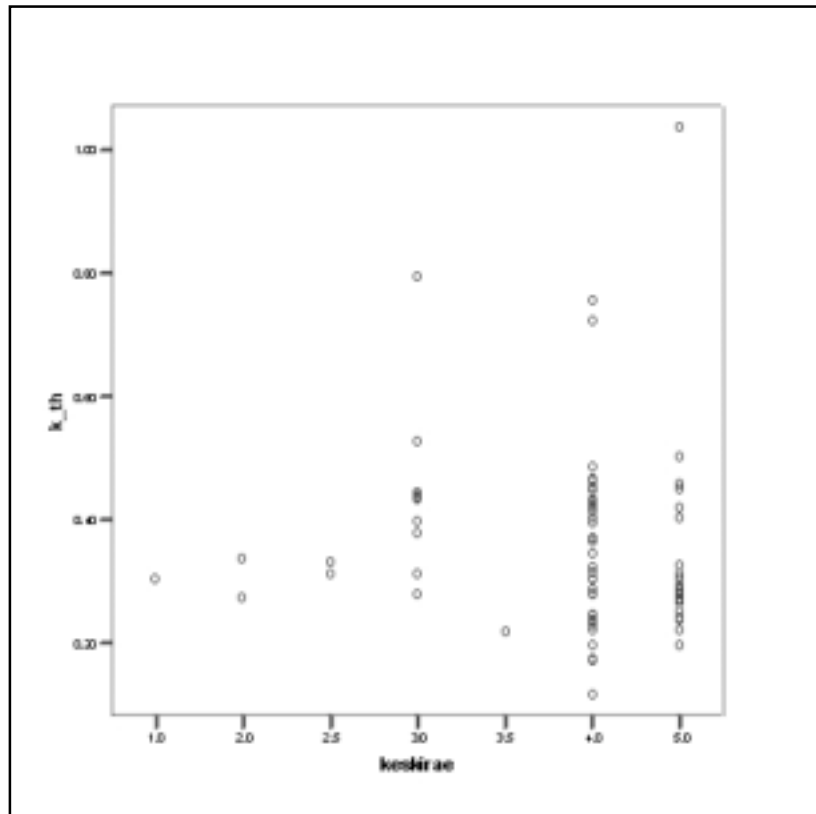




Kuva 7. Gammasäteilyn Thorium-kanava ja Metlan profiilitutkimuspisteiden kosteusarvon hajontadiagrammi.



Kuva 8. Gammasäteilyn Kali/Thorium-suhteen ja Metlan profiilitutkimuspisteiden lajittuneisuuden hajontadiagrammi.



Kuva 9. Gammasäteilyn Kali/Thorium-suhteen ja Metlan profiilitutkimuspisteiden keskirakeisuuden hajontadiagrammi.

## 5.2 Viljelymailla tehdyt tutkimukset

Vuosina 1997–2002 toteutettiin MTT:ssä tutkimus- ja koulutushanke, jossa luokiteltiin tyypillisiä suomalaisia viljelymaita kansainvälisten järjestelmien mukaan (Mokma ym. 2000, Yli-Halla ja Mokma 1999, 2001, 2002, Greve ym. 2000, Yli-Halla ym. 2000, 2001). Pilottihankkeessa viljelymaiden maannostulkinnassa tukeuduttiin pääasiassa edellä mainituissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin. Viljelymaiden maannoksia tutkittiin vuonna 2002 vain Tammelan Mustialassa ohutturpeisella maalla ja Kalliojärvellä järvi-kuivialueella ja eri puolilla Sotkamoa. Tammelan ohutturpeiset ja märät maat edustivat Gleysol-maannosta ja Sotkamon hiesut ja hiedat etupäässä Regosol-maita. Jotkut viljellyt karkeat hiedat olivat podsoloituneita.

## 5.3 Maannostulkinta

Maannoksille annettiin nimi FAOn/Unescon maaperäluokituksen vuoden 1988 version mukaan (FAO 1988). Nimeäminen tehtiin myös uuden World Reference Base for Soil Resources –järjestelmän (WRB) mukaan (FAO 1998), koska tästä ilmeisesti tulee Euroopan maaperäkartoissa ensisijaisesti käytettävä järjestelmä. Geologisen maaperäkartan maalaajista ja eri lähteistä (mm. aerogeofysiikan tulokset, maastotietokanta) saatavasta lisätiedosta johdettiin maannosnimi. Hankkeen tutkijoiden nykyinen käsitys suomalaisilla maalajeilla vallitsevista maannoksista esitetään taulukossa 4 ja 5. Maannostulkinnan tarkkuus vaihtelee sen mukaan, onko kyseiseltä alueelta käytettävissä 1:20 000 -mittakaavainen

maaperäkartta vai onko maalajikuviot tehty suoraan mittakaavaan 1:250 000. Tarkemman maaperäkartan maalajijako on monivivahteisempi, mistä syystä tällaisen kartan perusteella saadaan myös tarkempi maannostulkinta (Taulukko 4) kuin silloin, kun on käytössä yleispiirteisempi maaperäkartta (Taulukko 5).

Eräissä tapauksissa useammalle suomalaiselle maalajille tulee sama maannosnimi. Tästä esimerkkinä on moreeneilla ja lajittuneilla karkeilla mailla esiintyvä Haplic Podzol. Tällaisissa tapauksissa maannosnimeen on liitetty numeroita, jotta lähtöainekseltaan erilaiseen ainekseen syntyneet Podzol-maannokset näkyisivät maannoskartalla erillisinä kuvioina.

Geologisen maaperäkartan maalajikuviot joudutaan myös jakamaan osiin varsinkin moreenilla, jolla esiintyy useita maannoksia. Ohuet suot ja soistumat ovat geologisella maaperäkartalla kivennäismaata, koska niissä turvekerroksen paksuus on vähemmän kuin metri. Sen sijaan maannoskartalla maat, joissa on yli 60 cm paksuinen ja 30–60 cm:n turvekerros, merkitään Histosol-maiden eri ryhmiin. Soistuneet kivennäismaat, joissa turvekerroksen paksuus on vähemmän kuin 30 cm, saavat eri maannosnimen kuin vastaavaan pääluokkaan kuuluvat soistumattomat maat.

Taulukko 4. Suomalaisesta maalajista ja käytävissä olevasta lisätiedosta (M=Maastotietokanta, G=matalalentogeofysiikan tiedot) johdetut maannosnimet alueella, josta ei ole olemassa 1:20 000-mittakaavaista maaperäkarttaa. Maatyypin koodi viittaa maannostietokannan soil body -käsitteeseen (Ks. luku 6.1.) ja on vasta alustava.

Maalajit	Lisätieto	Maatyyppi	Maannos FAO 1988	Maannos, WRB
<b>Avokallio</b>	M	1.1.SB101	Lithic Leptosols	Dystric-Lithic Leptosols
<b>Kallioma</b>		1.1.SB102	Dystric Leptosols 1	Dystric Leptosols 1
<b>Kivikko</b> (lohkareikko)	M	1.1.SB103	Dystric Leptosols 2	Dystric Leptosols 2
<b>Moreeni</b> ; ei soistumat		1.1.SB200	Haplic Podzols 1	Haplic Podzols 1
<b>Karkearakeiset lajittuneet</b> Sr, Hk, KHt; ei soistumat		1.1.SB300	Haplic Podzols 2	Haplic Podzols 2
<b>Hienorakeiset lajittuneet</b> HHt, Hs; ei soistumat		1.1.SB400	Eutric Regosols	Eutric Regosols
<b>Savi</b> ; ei soistumat		1.1.SB500	Vertic Cambisols	Stagni-Vertic Cambisols
<b>Turvemaat</b> paksut > 60 cm	G	1.1.SB610	Fibric/Terric Histosols 1	Eutric/Dystric Histosols 1
ohuet < 30–60 cm	G	1.1.SB620	Fibric/Terric Histosols 2	Eutric/Dystric Histosols 2
<b>Liejut</b> (Lj, LjS, LjHs)	G	1.1.SB700	Dystric Gleysols	Dystric Gleysols
<b>Soistuma</b> (=turvetta alle 30 cm)				
Moreeni	G	1.1.SB210	Gleyic Podzols 1	Histic Podzols 1
Karkearakeiset lajittuneet	G	1.1.SB310	Gleyic Podzols 2	Histic Podzols 2
Hienorakeiset lajittuneet	G	1.1.SB410	Umbric Gleysols 2	Umbric Gleysols 2
Savi	G	1.1.SB510	Umbric Gleysols 1	Umbric Gleysols 1



Taulukko 5. Suomalaisesta maalajista ja käytävissä olevasta lisätiedosta (M=Maastotietokanta, G=matalalentogeofysiikan tiedot) johdetut maannosnimet alueella, josta on olemassa 1:20 000-mittakaavainen maaperäkarta. Maatyypin koodi viittaa maannostietokannan soil body -käsitteeseen (Ks. luku 6.1.) ja on vasta alustava.

Maalajit	Lisätieto	Maatyyppi	Maannos FAO 1988	Maannos, WRB
<b>Soistumattomat kivennäismaat</b>				
Avokallio	M	1.1.SB101	Lithic Leptosols	Dystri-Lithic Leptosols
Kallioma		1.1.SB102	Dystric Leptosols 1	Dystric Leptosols 1
Kivikko (Lohkareikko)	M	1.1.SB103	Dystric Leptosols 2	Dystric Leptosols 2
Soramoreeni		1.1.SB201	Haplic Arenosols	Dystric Arenosols
Hiekkamoreeni		1.1.SB202	Haplic Podzols 1	Haplic Podzols 1
Hienoainesmoreeni		1.1.SB203	Eutric Regosols	Eutri-Skeletal Regosols
Sora		1.1.SB301	Haplic Arenosols	Dystric Arenosols
Hiekka		1.1.SB302	Haplic Podzols 2	Haplic Podzols 2
Karkea hieta		1.1.SB303	Haplic Podzols 3	Haplic Podzols 3
Hieno hieta		1.1.SB401	Eutric Regosols	Eutric Regosols
Hiesu		1.1.SB402	Eutric Regosols	Eutric Regosols
Savi		1.1.SB501	Vertic Cambisols	Stagni-Vertic Cambisols
		1.1.SB502	Eutric Cambisols	Stagni-Eutric Cambisols
<b>Eloperäiset maat</b>				
Turve (Ct, St)				
paksut > 60 cm	G	1.1.SB610	Fibric/Terric Histosols 1	Eutric/Dystric Histosols 1
ohuet < 30–60 cm	G	1.1.SB620	Fibric/Terric Histosols 2	Eutric/Dystric Histosols 2
Lieju	G	1.1.SB701	Dystric Gleysols	Dystric Gleysols
Liejusavi	G	1.1.SB702	Dystric Gleysols	Dystric Gleysols
Liejuhiesu	G	1.1.SB703	Dystric Gleysols	Dystric Gleysols
<b>Soistuneet kivennäismaat (=turvetta alle 30 cm)</b>				
Moreeni	G	1.1.SB210	Gleyic Podzols 1	Histic Podzols 1
Sora	G	1.1.SB311	Gleyic Arenosols	Gleyic Arenosols
Hiekka	G	1.1.SB312	Gleyic Podzols 2	Histic Podzols 2
Karkea hieta	G	1.1.SB313	Gleyic Podzols 3	Histic Podzols 3
Hiesu, hieno hieta	G	1.1.SB410	Umbric Gleysols 2	Histic Gleysols 2
Savi	G	1.1.SB510	Umbric Gleysols 1	Histic Gleysols 1

Kullekin geologisen maaperäkartan ja käytävissä olevan lisätiedon avulla rajautuvalle maalajikuviolle (=maannoskartan kuvio) annetaan yksi maannosnimi, joka kuvaa sitä maannosta, jonka arvioidaan olevan yleisin kyseisellä tavalla merkityissä kuvioissa. Maannoskartan kuviot ovat todellisuudessa kuitenkin assosiaatioita, jotka koostuvat monesta maatyypistä. Geologisesta 1:250 000-mittakaavaisesta maaperäkartasta ja sitä täydentävistä lähteistä saatava tieto on siinä määrin karkeaa, että sen perusteella ei voida rajata pienialaisten maannosten sijaintia, vaikka sellaisia tiedettäisiin alueella olevankin. Ongelmallisia ovat ainakin vallitsevan podsolimaannoksen alaryhmät (Cambic, Haplic, Ferric, Carbic ja Gleyic Podzol). Näille maannoksille ei käytävissä olevan tiedon perusteella saada tarkempaa sijaintia, eikä myöskään niiden pinta-alaosuuksia pystytä toistaiseksi ilmoittamaan.

Tämä voitaisiin tehdä karkeana asiantuntija-arviona, mutta tähän menettelyyn ei ole haluttu mennä, koska hankkeen myöhemmässä vaiheessa tämä kysymys suunnitellaan ratkaistavaksi Valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI) hankitun aineiston ja tehtävien kenttätöiden perusteella. Tästä syystä taulukoissa 4 ja 5 kaikille soistumattomille podsoleille annetaan nimi Haplic Podzol, jota perinteisesti pidetään yleisimpänä podsolityyppinä Suomessa. Soistuneiden podsolien nimeksi on annettu Gleyic Podzol (FAO)/Histic Podzol (WRB).

## **Kalliomaa**

Geologisen maaperäkartan kalliomaa (Ka) sisältää ne alueet, joilla maapeite on alle metrin paksuinen ja lisäksi lohkariekit. Maannostietokantaan rajataan erikseen avokalliot, vaikka ne edustavatkin useimmiten pientä pinta-alaa. Avokalliot ja muu kalliomaa saavat erilaiset maannosnimet. Kalliomaa ei tarkkaan ottaen vastaa Leptosol-maannosta, jossa irtainta ainesta saa olla vain 30 cm (FAO) tai 25 cm (WRB). Kaikki kalliomaat tulkittiin kuitenkin Leptosol-maannoksiksi, koska molemmat edustavat maita, joissa maata on ohuelti.

## **Moreenit**

Suomen yleisin maalaji moreeni on hyvin monimuotoinen, ja sen maannostulkinta on kaikkein vaikeinta. Moreeniemme tärkein maannostumisprosessi on podsoloituminen, ja useimmissa moreenimaissa on tästä merkkejä: harmaa-valkea huuhtoutumiskerros ja sen alla ruskeahko rikastumiskerros. Tästä syystä moreeneiden maannokseksi merkittiin yleensä Podzol, vaikka FAO:n luokituksen ja WRB-järjestelmän Podzol-maannoksen kaikki kriteerit eivät aina suomalaisissa moreeneissa täyty. Moreenit esitetään geologisella maaperäkartalla yleisimmin yhtenä maalajina. Joissakin 1:20 000-mittakaavaisissa kartoissa ne on jaettu kolmeen ryhmään: sora-, hiekka- ja hienoainesmoreeni. Näistä hiekkamoreeni on selvästi yleisin. Tästä syystä maannokseksi merkitään moreenilla vallitseva maannos Haplic Podzol silloin, kun tarkempaa tietoa moreenin tyypistä ei ole. Erilaisilla moreeneilla esiintyy ainakin seuraavia maannoksia:

*Soramoreeni:* Haplic Arenosol, Dystric Leptosol (kaikkein kivisimmät)

*Hiekkamoreeni:* Haplic Podzol, Cambic Podzol (FAO)/Entic Podzol (WRB) (ei E-horisonttia), Haplic Arenosol (FAO)/ Dystric Arenosol (WRB) (heikosti kehittynyt podsolili) ja Gleyic Podzol (FAO)/ Histic Podzol (WRB) (soistunut podsolili)

*Hienoainesmoreeni:* Haplic Podzol, Eutric/Dystric Regosol (heikosti kehittynyt podsolili) ja Gleyic Podzol (FAO)/ Histic Podzol (WRB) (soistunut podsolili)

## **Karkearakeiset lajittuneet maat**

Sorat luokitellaan Haplic Arenosol –maiksi (FAO) soramoreenien tapaan. Myös niissä voi olla Dystric Leptosol-maita. Hiekkamaissa ja karkeissa hiedoissa näkyy usein selvää pod-

soloitumista. Huuhtoutumishorizontti voi olla hyvin selvärajainen, ja sen alaraja on aaltoileva. Tällaisia maita on paljon Sotkamon seudulla. Parhaiten kehittyneet podsolit, joissa voi olla iskostunut rikastumiskerros, löytyvät juuri hiekoista ja karkeista hiedoista. Osa karuista hiekkamaista voi olla myös Arenosol-maita, koska niissä podsoloituminen ilmenee hyvin heikosti. Karkeat hietamaat ovat usein viljavia metsämaita, ne ovat heikosti podsoloituneita ja niiden maannos on silloin Cambic Podzol (FAO)/Entic Podzol (WRB).

### **Hienojakoiset lajittuneet maat**

Hienoissa hiedoissa ja hiesuissa maaprofiili on usein varsin kehittymätön. Varsinkin hiesuilla muuttumaton pohjamaa alkaa usein heti muokkauskerroksen alta, ja rakennetta on tuskin lainkaan. Rakenteen muodostumista estää se, etteivät nämä maat juurikaan halkeile. Tällä hetkellä maannosten tulkintataulussa hiesut ja hienot hiedat on merkitty Regosol-maiksi, joskin ne lienevät aivan Cambisol- ja Regosol-maiden rajatapauksia. Tämän tulkinnan varmistaminen vaatii lisää kenttätutkimuksia.

Rannikkoseudun savimaillemme on vakiintunut maannosnimeksi Vertic Cambisol. Savimaiden halkeilu edistää rakenteen kehitystä myös syvemmissä maakerroksissa, mistä syystä niiden lukemisesta Cambisol-maannoksiin ei ole epäilystäkään. Sotkamon seudulla ja muualla selkeästi sisämaassa olevat savimaat sisältävät etupäässä karkeaa savesta, mistä syystä ne eivät halkeile yhtä paljon kuin rannikkoseutujen savimaat. Sisämaan savet voitkin saada nimekseen Eutric Cambisol.

### **Soistuneet maat**

Soistuneissa maastonkohdissa on ohut turvekerros (alle 40 cm), joka ei vielä täytä Histosol-maannosluokan vaatimuksia. Tällaisen maannoksen pääluokka on sama kuin soistumattomilla samaa maalajia olevilla mailla, ja soistuneisuus kuvataan attribuutilla. FAO:n luokittelussa ainoa mahdollinen nimi soistuneille Podzol-maalle on Gleyic Podzol. Sen sijaan WRB-järjestelmässä myös Histic Podzol on sallittu. Tämä nimi ilmaiseekin hyvin kyseisen maan ominaisuuksia, koska se kertoo pintamaassa olevasta eloperäisen aineksen kerroksesta. Nämä maat ovat Suomessa yleisiä. Joukossa voi olla myös podsoloitumattomia Gleyic Regosol –maita, joille myös mielellään antaisi histic-attribuutin.

Soistuneet sora-alueet, joita on todennäköisesti hyvin vähän, saavat nimekseen Gleyic Arenosol, sillä histic-attribuutti ei ole Arenosol-maalla sallittu WRB-järjestelmässäkään. Tällaisen nimen käyttöön saaminen edellyttää maaprofiilin dokumentointia.

### **Turvemaat**

Turvemaiden luokittelu FAOn luokittelussa ja WRB-järjestelmässä on karkealla tasolla, ja sen periaatteet ovat näissä järjestelmissä jossain määrin erilaiset. FAO:n alkuperäisessä järjestelmässä (1974) luokkia oli kaksi: Dysric ja Eutric Histosols, jotka kuvaavat turpeen ravinteisuutta. Uudemmassa versiossa (1990) luokitteluperusteena on lähinnä turpeen hajoamisaste, ja Suomeen sopivat nimet ovat Fibric Histosol (maatumaton) ja Terric Histosol

(maatunut). WRB-järjestelmässä käytössä ovat molemmat ominaisuudet. Meillä on perinteisesti luokiteltu saraturpeet Eutric Histosol-luokkaan ja rahkaturpeet Dystric Histosol-ryhmään. Vastaavalla tavalla, joskin vähemmän todellisuuspohjaa oman, saraturpeita voitaneen sanoa Terric Histosol –maiksi ja rahkaturpeita Fibric Histosol –maiksi.

Jotta turvemaat saataisiin jaettua näihin luokkiin, hankkeen käyttöön pitäisi saada suomaksi, jossa esitetään saravaltainen ja rahkavaltainen turpeiden sijainti tai edes niiden osuus eri alueilla, esimerkiksi kunnittain. Nyt turvemaakuviot ovat ainoa maaryhmä, jossa yhteen maannosnimeen ei voi päästä. Valtakunnan metsien inventoinnin tietojen avulla voi olla mahdollista ennustaa vallitsevin Histosol-maannostyyppi ainakin alueittain.

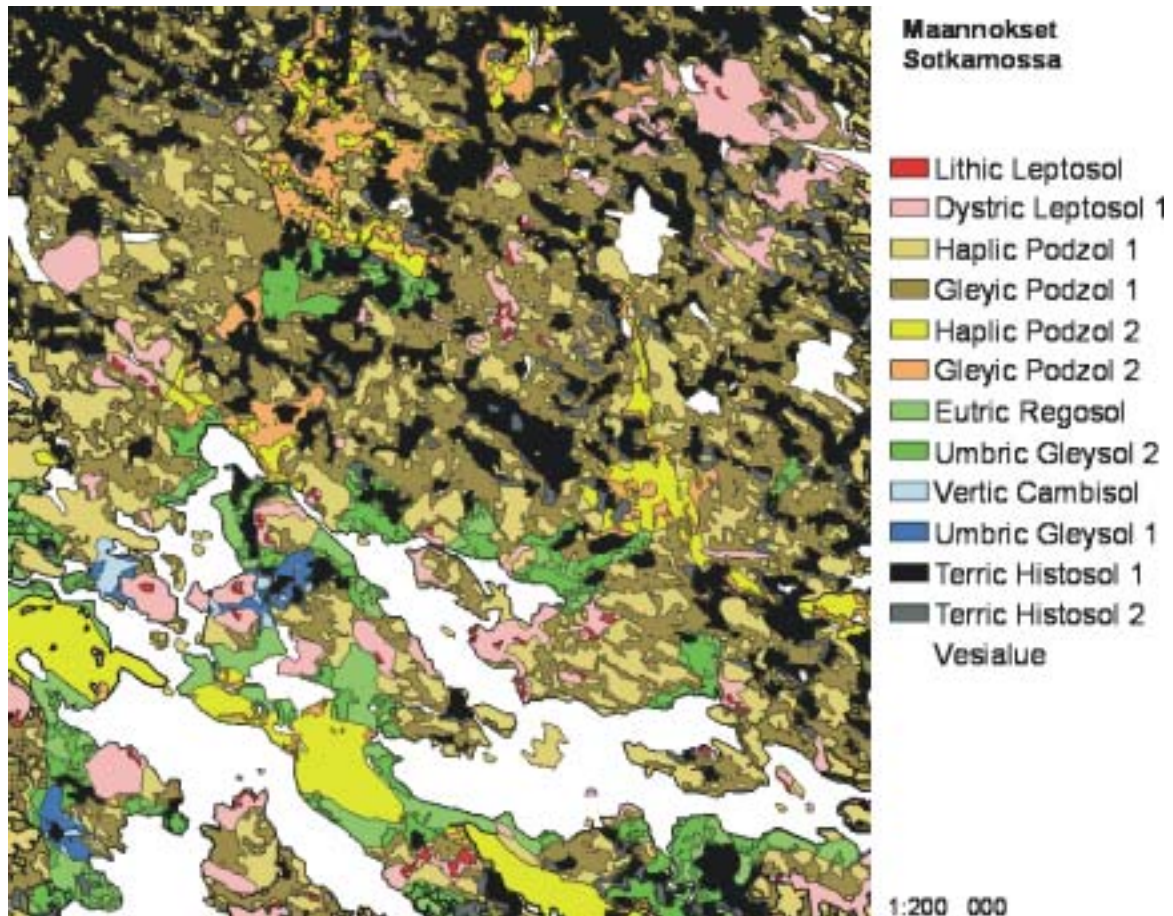
### **Multamaat**

Multamaita ei esiinny pienimittakaavaisilla geologisilla maaperäkartoilla. Niitä on merkitty joillekin 1:20 000-mittakaavaisille lehdille. Niilläkin multamaiksi tulkittavia kohtia on voitu esittää kivennäismaana, jossa on ohut saraturvekerros pinnalla. Alueilta, joista 1:20 000 –mittakaavaista maaperäkarttaa ei ole, ei multamaiden sijainnista ja geometriasta ole tietoa. Viljavuusanalyysiä tekevien laboratorioiden pistetietoa on käytettävissä, mutta sen heikko kattavuus ja alueellistamisen ongelma tekevät sen käyttämisen vaikeaksi. Näistä syistä päädyttiin siihen, että multamaille ei anneta erillistä maannosnimeä. Ne tulevat todennäköisesti rajatuiksi maastossa aerogeofysiikan tulkinnalla märkinä savi-, hiesu- ja hieta-alueina samaan tapaan kuin varsinaiset soistumatkin. Niiden maannosnimi on Umbric Gleysol.

## **6 Sotkamon alueen maannoskartta**

Maannoskartta Sotkamon testialueelta (Kuva 10) perustuu GTK:n maaperäaineistoihin, niiden yhdistämiseen paikkatietotekniikalla sekä maannostulkintaan. GTK toimitti aineistot erillisinä karttatasoina Arcview shape-formaatissa. Aineistojen käsittelyssä käytettiin ES-RIn ArcMap (Minami 2000), ArcCatalog (Vienneau 2001), ArcToolbox (Tucker 2000) ja ARC/INFO workstation -ohjelmistoja.

GTK:n aineistot koostuivat pohjamaakartasta, josta vesistöt oli leikattu pois ja johon oli liitetty avokalliot ja kalliomaat, jotka oli saatu maastotietokannasta yleistämällä ne 1:250 000-mittakaavaan. Pohjamaa oli jaettu seuraaviin kivennäismaaryhmiin: moreenit, karkearakeiset lajittuneet maat, hienojakoiset lajittuneet maat ja savimaat. Pohjakarttaan yhdistettiin lentogeofysiikan tulkinnan perusteella rajatut suot, jotka oli jaettu syviin (yli 60 cm:n turvekerros) ja mataliin (turvetta 30–60 cm) soihin. Lisäksi lentogeofysiikan ja maastotietokannan avulla oli rajattu kivennäismaiden soistumat (alle 30 cm:n turvekerros), jotka yhdistettiin lopuksi muihin aineistoihin. Yhdistäminen toteutettiin ArcMap-ohjelman Geoprocessing wizard-työkalulla yhdistämällä kaksi karttatasoa kerrallaan Union-toiminnolla, joka säilyttää molempien alkuperäisten karttatasojen ominaisuustiedot yhdistämisen tuloksena syntyvässä karttatasossa.



Kuva 10. Sotkamon testialueen maannoskartta 1:200 000 mittakaavassa. Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupa nro 398/MYY/03.

Kullekin syntyneelle kuviolle määritettiin erikseen pinta- ja pohjamaan maalaji kivennäismaalajin ja turvekerroksen paksuuden perusteella. Mikäli eri lähteistä saadut maalajit olivat ristiriitaiset, maalajin määritettiin luotettavamman lähteen mukaan. Luotettavimpana aineistona pidettiin vesistörajoja sekä avokallio- ja kalliomaakuvioiden rajoja. Eniten epä-tarkkuuksia esiintyi lentogeofysiikkaan perustuvissa turvemaa- ja soistumakuvioiden rajoissa. Käytännössä toimittiin seuraavasti: Mikäli aineistojen yhdistämisen tuloksena syntyi kuvioita, joissa esiintyi esim. sekä avokallio että turvemaa samalla kuviolla, saivat sekä pinta- että pohjamaa arvokseen avokallio. Mikäli alle 60 cm:n turvemaa ja jokin kivennäismaalaji esiintyivät samalla kuviolla, sai pintamaa arvokseen turve ja pohjamaa ko. kivennäismaalajin arvon. Mikäli taas kuviolla esiintyi yli 60 cm:n paksuinen turve, saivat sekä pinta- että pohjamaa arvokseen turve.

Pinta- ja pohjamaatiedon perusteella määritettiin kullekin kuviolle FAO:n luokituksen mukainen maannosnimi tulkintataulukon (Taulukko 4) mukaisesti. Sotkamossa maaperäkuvioidelle määritettiin kaikkiaan 8 eri maannosnimeä, joista kahta esiintyy suomalaisen maalajin mukaan jaettuina alatyyppeinä. Mikäli vierekkäisille kuvioiden oli sama maannosnimi, kuviot yhdistettiin. Yhdistäminen tehtiin ARC/INFO workstation ohjelmiston Dissolve ohjelmalla, jota varten shape-muotoinen karttataso muunnettiin ensin ARC/INFO coverage-

formaattiin. Shape-coverage –muunnos voidaan tehdä suoraan ArcCatalog-ohjelman Export Data –toiminnolla. ArcMap-ohjelman Geoprocessing wizard sisältää myös Dissolve-toiminnon, mutta sitä ei voi tässä yhteydessä käyttää, koska se yhdistää samaan luokkaan myös muut kuin viereiset kuviot. Tällöin lopputuloksena syntyisi karttataso, jossa olisi yhtä monta kuviota kuin maannosnimiäkin, ja yksi kuvio koostuisi useista, jopa tuhansista erillisistä kuvioista. Tällaista geometriatiedon rakennetta ei voi käyttää myöhemmin maa-lajimaisemien (Soilscape) muodostamisessa.

Aineistojen yhdistämisestä aiheutuu kuvioiden pilkkoutumista, mikä ilmenee taulukossa 6 alle 6,25 ha kuvioiden suurena määränä. Kuviot pilkkoutuvat pienemmiksi, kun yhdistettävien aineistojen reunaviivat eivät ole täsmälleen kohdakkain. Karttatasojen kuviot voivat mennä osittain päällekkäin tai niiden reunaviivojen väliin voi jäädä kapeita alueita, joista muodostuu uusia pinta-alaltaan pieniä kuvioita. Näiden yhteispinta-ala ei ole suuri, mutta niiden suuren lukumäärän vuoksi geometriatiedon hallinnasta tulee raskasta. Pienten kuvioiden osuus on esim. Sotkamon testialueella n. 80 % kuvioiden kokonaismäärästä, mutta vain 7 % pinta-alasta. Maannoskartan mittakaava 1:250 000 edellyttää, että kuvion minimikoko on teemasta riippuen 2–6 ha. Tähän pinta-alaongelman ratkaisemiseen täytyy aineistojen yhdistelyssä kiinnittää jatkossa erityistä huomiota. Ensiksi täytyy huolehtia, että GTK:n toimittamassa lähtöaineistossa ei ole liian pieniä kuvioita. Aineistojen yhdistämisen jälkeen voidaan edetä periaatteessa kolmella eri tavalla: 1) yhdistämällä kuvioita manuaalisesti ArcMap-ohjelmassa digitoimalla Merge-toimintoa käyttäen, 2) laatimalla yhdistämissäännöt ja ohjelmoimalla niiden perusteella ArcMap-ohjelmassa VBA-sovellus tai 3) testata Metlan kuvioiden yhdistämismenetelmää (Pekkarinen 2002) myös liian pienten kuvioiden poistamiseksi.

Pinta- ja pohjamaalajin määrittäminen sekä maannostulkinta tehtiin automaattisesti ArcMap-ohjelmassa tarkoitusta varten laadituilla VBA-makroilla (Visual Basic for Applications). ArcMap sisältää Visual Basic –editorin, jolla voi tehdä VB-makroja karttaliittymän räätälöintiin tai toiminnallisuuden lisäämiseksi. Makroja voi täten käynnistää ArcMap karttaliittymästä käsin ja niillä voi käsitellä karttatasoja ja kohdistaa kuviolle toimenpiteitä automaattisesti. Tässä laadituilla makroilla maaperäkuvioita käytiin silmukan sisällä läpi yksi kerrallaan ja kullekin kuviolle tehtiin edellä kuvatut pinta- ja pohjamaalajin määrittäminen sekä maannostulkinta. Tämä mahdollistaa suurten tietoa-aineistojen käsittelyn, mutta mahdollisia erikoistapauksia on vaikea huomata ja hallita, koska kuvioiden käsittely tapahtuu käyttäjän näkymättömissä. Mahdolliset virheet voidaan havaita vasta tuloksia tarkistettaessa.

Taulukko 6. Sotkamon testialueen kuvioiden jakautuminen maatyyppeihin ja maannoksiin. Maatyyppin koodi viittaa maannostietokannan soil body –käsitteeseen (Ks. luku 6.1.) ja on vasta alustava. S= soistunut.

Maatyyppi	Luonnehdinta	Maannosnimi	Pinta- ala (ha)	Kuvioita (kpl)	Minimi- koko (ha)	Maksimi- koko (ha)	Keski- arvo	<6,25 ha (kpl)
1.1.SB101	Avokallio	Lithic Leptosol	1164	219	1,95	57,4	5,3	175
1.1.SB102	Muu kallioma	Dystric Leptosol	15080	416	0,46	744	36,3	131
1.1.SB200	Moreeni	Haplic Podzol 1	65470	18659	0,003	1706	3,5	16982
1.1.SB210	Moreeni (S)	Gleyic Podzol 1	69425	2176	0,003	2854	31,9	1121
1.1.SB300	Karkearak. lajittunut	Haplic Podzol 2	9389	1096	0,004	2691	8,6	960
1.1.SB310	Karkearak. lajittunut (S)	Gleyic Podzol 2	3949	408	0,003	691	9,7	296
1.1.SB400	Hienojak. lajittunut	Eutric Regosol	3529	844	0,004	387	4,2	753
1.1.SB410	Hienojak. lajittunut (S)	Umbric Gleysol 2	3516	171	0,009	248	20,6	84
1.1.SB500	Savi	Vertic Cambisol	321	83	0,006	108	3,9	76
1.1.SB510	Savi (S)	Umbric Gleysol 1	331	26	0,017	114	12,7	16
1.1.SB611	Paksu turve	Terric Histosol 1	58304	913	0,010	8408	63,9	48
1.1.SB620	Ohut turve	Terric Histosol 2	12581	903	0,010	153	13,9	62
	Vettä		22706	534	0,003	9569	42,5	331
<b>Yhteensä</b>			<b>265765</b>	<b>26448</b>	<b>0,003</b>	<b>9569</b>	<b>10,0</b>	<b>21035</b>

Sotkamon koalueesta 56 % oli erilaisia Podzol-maita (Taulukko 6). Tämä osuus sisältää harjualueiden hiekkamaat, joiden osuus oli 5 % alueen kokonaispinta-alasta. Loput Podzol-maista olivat moreeneja. Histosol-maita oli 27 %, joista 22 prosenttiyksikköä edusti paksuturpeisia (> 60 cm) ja 5 prosenttiyksikköä ohutturpeisia (30–60 cm) soita. Regosol-, Cambisol- ja Gleysol-maita, jotka tällä alueella ovat pääasiassa viljelykäytössä, oli 3 %. Vettä oli 9 % alueen kokonaispinta-alasta.

Toisenlainen ryhmittely ilmaisee hyvin alueen suovaltaisuuden. Maa-alasta oli soita (Histosol) 29 % ja muita soistuneita alueita 32 %. Vailla turvepeitetä oli siis maa-alasta vain 39 %. Podzol-maista puolet oli soistuneita ja puolet kuivempia maita.

## 7 Maannostietokanta

### 7.1 Tietokannan käsitteitä

Euroopan maaperäkartan keskeinen termi *soil body* (maatyyppi) vastaa muutamien varauksin suomalaisen maaperäkartan maalajia (=tietty kartalla oleva väri). Moreeni kuitenkin koostuu monesta maatyypistä. *Soilscape* (maalajimaisema) on 1:250 000-maannoskartan karttakuvio (polygon), ja se koostuu yleensä useammasta kuin yhtä maatyypistä (*soil body*) edustavasta maasta. *Soilscape* voi olla esimerkiksi 1) peltoaukea, jossa on viljeltyä savi- maata (Cambisol) ja sen keskellä moreenisarekkeita (Haplic Podzol) ja kalliopaljastumia (Lithic Leptosol) tai 2) moreenimetsää (Haplic Podzol), jossa on soistumia (Histic Gleysol) ja pieniä soita (Fibric Histosol). *Soilscape* –karttakuviot voidaan puolestaan yhdistää maaperän suuralueiksi (*soil region*). Näitä käsitteitä on kuvattu yksityiskohtaisemmin Euroopan maaperätoimiston (ESB) julkaisemassa käsikirjassa Georeferenced Soil Database for Europe (European Soil Bureau 1998a), mutta seuraavassa niitä luonnehditaan yhteenvedonmaisesti.

## Horisontti (Soil horizon)

Kukin maatyypin koostuu horisonteista (maakerroksista), joiden ominaisuudet esitetään. Horisonttien ominaisuudet perustuvat maaprofiileista tehtyihin havaintoihin ja mittauksiin.

## Maaprofiili (Soil profile)

Maaprofiili on maastossa määritetty ja laboratoriossa analysoitu maaperän ilmentymä, joka koostuu erilaisista horisonteista.

## Maatyypin (Soil body)

Tietokannan keskeinen käsite on maatyypin (*soil body*). Se vastaa pääsääntöisesti suomalaista maalajia, paitsi moreeneilla, joilla esiintyy monia maatyyppejä. Tietokannasta tullaan luultavasti aikanaan tekemään eniten tiedonhakuja käyttäen hakuavaimena maatyyppejä, koska maaperän ominaisuudet esimerkiksi seurannoissa ilmoitetaan yleensä maalajikohtaisesti. Maatyypin on syntynyt mm. ilmaston, lähtöaineuksen, kasvillisuuden ja ajan vaikutuksesta. Maatyypillä ei ESB:n ohjeen mukaan ole spatiaalista ulottuvuutta. Samaa maatyyppeä ei voi esiintyä useammalla maaperän suuralueella. Jokaisella maatyypillä on tunnisteen koodi ja neljä ominaisuutta:

<i>Tunniste</i>	<i>Esimerkki</i>	<i>Selitys</i>
Maatyypin koodi	33.2.SB821	Maatyypin 821 suuralueella 33.2
WRB-luokittelu	ha-Pz	Haplic Podzol
Lähtöaines	611	Moreeni (Glacial till)
Esteitä juuristolle	4	50–100 cm:n juuristosyvyys
Tekstuuri 0–30 cm	1	Karkea maa

Maatyypit voidaan erottaa toisistaan minkä tahansa taulukossa olevan neljän varsinaisen muuttujan ominaisuuden perusteella. Maannosnimi (WRB-luokittelu) ei siis ole ainoa maatyyppejä luonnehtiva ominaisuus. Tämä seikka on oleellista monessa suomalaisessa maassa, jotka saavat saman maannosnimen. Se, että maatyypin luonnehditaan maannosnimen ohella myös lähtöaineuksen ja tekstuurin perusteella, mahdollistaa harjujen ja muiden muodostelmien erottamisen maannoskartalla moreeneista siitä huolimatta, että kaikki saavat maannosnimeksi Haplic Podzol (Taulukko 4 ja 5).

Suomalaisia Haplic Podzol-maita on siis ainakin kolmea tyyppiä, joiden lähtöaineokset ovat a) moreeni, b) hiekka ja c) karkea hieta. Näin suomalaisen maalajiluokituksen mukainen tieto saadaan siirtymään maatyypin mukana (*soil body*) maannostietokantaan.

## Maalajimaisema (Soilscape)

Maannoskartan mittakaava 1:250 000 on liian pieni, jotta kukin maatyypin pystyttäisiin ilmaisemaan omana alueenaan ilman, että kartan luettavuus kärsii. Euroopan maaperätöimiston ohjeen mukaan laadittavan maannoskartan kuvat edustavatkin maalajimaisemia (*soilscape*). Tämä on siis kyseisen ohjeen mukaan laaditussa kartassa alin taso, johon liittyy geometriatieto. Maalajimaisema (*soilscape*) koostuu useista maatyypeistä. Maalajimai-



semat ovat assosiaatioita, joissa esiintyy maannoksia kyseiselle assosiaatiolle tyypillisessä suhteessa. Vaikka kartalla on yleensä näkyvissä värinä kunkin kuvion valtamaalaji, tietokannassa ilmaistaan kuvion sisällä olevien kaikkien maalajien osuudet.

Maalajimaisema –karttakuviot luodaan yhdistämällä GTK:n tuottamassa aineistossa olevia pienempiä kuvioita (minimikoko 2–6 ha) isommiksi, joiden minimikoko on vähintään 150 ha. GTK:n tuottamassa maaperän yleiskartan aineistossa kukin kuvio edustaa yhtä maannosta. Jotta saadaan käsitys assosiaatioiden koostumuksesta, eri maannosten osuus on ilmoitettava kuviokohtaisesti.

Mahdollisia maalajimaisemia:

1) Moreenivaltainen maalajimaisema:

Haplic Podzol (vallitseva) – Histosol – Umbric Gleysol – Lithic Leptosol – Dystric Leptosol + muita pieniä kuvioita (esim. Haplic Arenosol)

2) Suovaltainen maalajimaisema:

Histosol (vallitseva) – Umbric Gleysol – Haplic Podzol + muita pieniä kuvioita

3) Kalliomaat:

Dystric Leptosol (vallitseva) – Lithic Leptosol + muita pieniä kuvioita (esim. Histosol, Umbric Gleysol, Haplic Podzol)

4) Harjut:

Haplic Arenosol tai Haplic Podzol (vallitseva) + Histosol + Umbric Gleysol + muita pieniä kuvioita.

5) Hienojakoiset alueet

Eutric Regosol ja/tai Vertic Cambisol (vallitsevia) + Dystric Leptosol + Lithic Leptosol + Haplic Podzol

### **Kuvio (Polygon)**

Kukin maalajimaisema koostuu yhdestä tai useammasta geometrisesta kuviosta siten, että yhden kuvion minimikoko on 1,5 km<sup>2</sup> ja tiettyä maalajimaisemaa (*soilscape*) on yhteensä vähintään 6 km<sup>2</sup>:n alalla. Kartta koostuu siis maalajimaisemia kuvaavista polygoneista, joiden väri määräytyy niiden sisällä vallitsevan maatyypin (*soil body*) mukaan.

### **Maaperän suuralue (Soil region)**

Euroopan maaperän suuralueiden määrittäminen tehdään kolmessa vaiheessa: i) rajataan ilmastoltaan samankaltaiset vyöhykkeet; ii) nämä vyöhykkeet jaetaan edelleen alueisiin, joissa lähtöainesassosiaatiot ovat syntyneet samanlaisen geologis-paleomaantieteellisen kehityksen tuloksena; iii) määritetään alueen vallitseva maalaji. Maaperän suuralueet kuvataan seuraavilla tunnuksilla: vallitsevat maalajit ja suuralueen nimi, vallitseva lähtöaines,

ilmasto, korkeus ja tärkeimmät maanmuodot. Suomen alueen voidaan arvella koostuvan noin viidestä maaperän suuralueesta.

## 7.2 Tietosisältö

Tietokannan tietosisältö voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) topologinen, 2) semanttinen ja 3) geometrinen tieto. Geometrinen tieto liittyy kahteen kohteeseen, jotka ovat maaperän suuralueet (*soil regions*) ja maalajimaisemat (*soilscape*). Näiden avulla kuvataan maaperäinformaation spatiaalinen sijainti ja geometrinen muoto. Hankkeessa käytetty geologinen lähtöaineisto mahdollistaa geometriatiedon liittämisen myös maatyypin (*soil body*), jota testiaineistossa vastaa maannostulkittu maaperäkuvio.

Semanttinen tieto on tyypillistä ominaisuustietoa eli ns. taulukkomuotoista tietoa. Semanttinen ominaisuustieto tallennetaan kaikista tietokannan kohteista. Maahorisonteista (*horizon*) ja maatypeistä (*soil body*) tallennetaan erikseen mitattu ja estimoitu tieto. Maatyypin (*soil body*) ominaisuutietojen avulla määritetään maalajimaisemien (*soilscape*) ominaisuudet.

Topologisen tiedon avulla tietokannan kohteiden välille voidaan muodostaa kuvailevia spatiaalisia riippuvuussuhteita. Topologisen tiedon avulla voidaan kuvata, mitä maahorisontteja eri maatyypeissä esiintyy ja miten maatyypit jakautuvat spatiaalisesti kussakin maalajimaisemassa. Topologinen tieto ei kuitenkaan ole pakollinen tieto tietokannassa.

Olennaista on kuitenkin määrittää kohteiden geometriaan ja sijaintiin perustuvat spatiaaliset ja loogiset riippuvuussuhteet. Tieto riippuvuussuhteista tarvitaan maatyypin (*soil body*) ja horisonttien (*horizon*) välille, maalajimaisemien (*soilscape*) ja maatyypin (*soil body*) välille sekä maaperän suuralueiden (*soil region*) ja maalajimaisemien (*soilscape*) välille. Nämä loogiset riippuvuussuhteet voidaan toteuttaa tietokannassa viiteavainten avulla, mutta spatiaaliset riippuvuussuhteet voidaan hallita GIS-tekniikalla.

Geometrinen ja semanttinen tieto voidaan hallita ns. spatiaalisella relaatiotietokannalla, jossa geometriatietoa käsitellään käyttäjän kannalta tietokantataulun yhtenä sarakkeena. MTT:llä on organisaation tasolla valittu Oracle tietokantaohjelmistoksi, mitä voidaan maannostietokannan rakentamisessakin hyödyntää ilman erillisiä lisenssikustannuksia hankkeelle. Oracle laajennetaan spatiaaliseksi tietokannaksi ESRIn ArcSDE –paikkatietomoottorin avulla. Tietokannan rakenteen määrittelyssä tulee tällöin käyttää MS Visio Enterprise –ohjelmistoa ja tarkemmin UML-luokkakaaviota. Edellä mainittujen ohjelmistojen valinta on perusteltua, koska sekä MTT:llä että GTK:lla on yhteneväiset GIS- ja tietokantaohjelmistot käytössään. Alustava maannostietokannan rakenne spatiaalisine kohteineen ja ominaisuustietoineen esitetään liitteessä 1.

## 7.3 Tietoteknisiä kysymyksiä

### 7.3.1 Maannostokartan ja tietokannan tietotekninen toteutus

Seuraavassa kuvataan vaiheittain, miten GTK:n tuottamasta aineistosta johdetaan maannostietokannan maatyypin- (*soil body*) ja maalajimaisema- (*soilscape*) kohteisiin liittyvät aineistot. Organisaatioiden välillä aineistot voidaan toimittaa sähköpostilla, jos niiden koko on alle 5 MB ja muuten CD:llä.

GTK toimittaa aineistot Arcview Shape -formaattissa erikseen sovittavina kokonaisuuksina. Aineisto sisältää luokitellun kivennäispohjamaalajin täydennettynä vesistöillä ja syvillä (turvetta yli 60 cm) soilla. MTT:llä suoaineistoille tehdään ensiksi Dissolve-operaatio, jolla saadaan yhdistetyksi mahdolliset vierekkäiset suokuviot. Operaatio tehdään muuntamalla Shape-muotoinen aineisto Coverage-muotoon ja ajamalla Dissolve ArcInfo Workstation-ohjelmassa. Operaation jälkeen syntyneet suoaineistot muunnetaan takaisin Shape-muotoon.

MTT:llä pohjamaalajiaineistoon yhdistetään ensiksi ohuet suot (turvetta 30–60 cm) ja syntyneeseen aineistoon seuraavaksi soistumakuviot. Yhdistämisessä käytetään kummasakin vaiheessa ArcMap-ohjelman Geoprocessing wizard- työkalun Union-toimintoa.

Aineistojen yhdistämisen jälkeen määritetään kullekin kuviolle pinta- ja pohjamaalajit, joita tarvitaan maannostulkinnassa. Määrittäminen tapahtuu automaattisesti ajamalla ArcMap-ohjelmassa projektissa kehitettyä DefineSoilType VBA-makroa.

Kullekin kuviolle määritetään maatyypin (Soil body) ja FAO maannostimet pinta- ja pohjamaalajin avulla automaattisesti ajamalla ArcMap-ohjelmassa projektissa kehitettyä DefineSoilBody VBA-makroa. Mikäli vierekkäisille kuviolle tulee sama maatyypin, voidaan ne yhdistää ArcInfo Workstation-ohjelmassa Dissolve-operaatiolla.

Yhdistämisessä syntyneet alle 6,25 ha kuviot poistetaan ajamalla ArcMap-ohjelmassa projektissa kehitettyä MergeFeatures VBA-makroa. Makrolle syötetään pinta-ala, jota pienemmät kuviot yhdistetään viereisiin kuvioihin. Pienet kuviot on tarkoituksenmukaista poistaa iteroimalla siten, että makroa ajetaan useita kertoja kasvattaen pinta-alaa 0,5 ha välein. Pienten kuvioiden poistamisen jälkeen kuvioiden kokonaismäärä on n. 20 % alkuperäisestä.

Maannostietokannan ydin on spatiaalinen relaatiotietokanta, johon tallennetaan sekä geometria- että ominaisuustiedot. Geometria-tiedon hallinnassa käytetään ESRIn ArcSDE-paikkatietomootoria yhdessä Oracle8i -tietokantaohjelmiston kanssa. Tietokannan karttaliittymä voidaan tuotantovaiheessa toteuttaa ESRIn Arcinfo Desktop työkaluilla ja mahdollinen käyttäjäsovellus selainpohjaisena ESRIn ArcIMS-ohjelmistolla.

Geometrinen aineistojen ja ominaisuustietojen hallinta perustuu tietokantaan, joka tehdään vaiheittain seuraavasti:

1) Tietokanta mallinnetaan MS Visio CASE-välineellä UML-luokkakaaviota käyttäen. Kaavion pohjana käytetään ESRIn ArcInfo UML-mallia. Tietokannan sisältö perustuu Euroopan maaperätoimiston ohjeeseen Georeferenced Soil Database for Europe, Manual of Procedures (European Soil Bureau 1998b).

2) Tietokannan rakenne vietään MS Visiossa UML | Repository | Export ... toiminnolla MS Repository –kuvaustietokantaan.

3) Varsinainen tietokanta perustetaan Oracle 8i-ohjelmistolla. Perustettuun tietokantaan luodaan ArcSDE:n vaatimat taulualue (SDE Tablespace) ja käyttäjä (SDE user).

4) Tietokannan taulurakenne tuodaan MS Repositorysta ArcCatalog-ohjelman Schema Wizard-toiminnolla.

5) Varsinaiset valmiit aineistot vietään tietokantaan ArcCatalog-ohjelmalla. Ominaisuustiedot vietään DBF-formaatissa ja geometriatiedot Arcview Shape-formaatissa. Aineistoja voidaan visualisoida ja editoida ArcMap-ohjelmalla. Ennen aineistojen vientiä on huolehdittava, että perus- ja viiteavaimet ovat kunnossa.

GTK:n tuottamassa pohjakartassa kuvioiden minimikoko on teemasta riippuen 2–6,25 ha, mutta ESB:n ohjeen mukaan laadittavassa tietokannassa kuvioiden minimikoko on 150 ha. Valtakunnallisen tietokannan laadinnan kynnyksikysymys on maalajikuvioiden (*soil body*) yhdistelyn (yleistyksen) automatisointi *soilscape*-tasolle. Tähän vaiheeseen saadaan asiantuntemusta Metsäntutkimuslaitokselta (METLA), joka kehittää maalajikuvioiden automaattiseen yhdistämiseen tarvittavat algoritmit ja ohjelmat.

Metlalle toimitetaan Arcview Shape-formaatissa maatyypit (Soil body) sisältävä aineisto, josta liian pienet kuviot on poistettu. Metlassa maatyypikuviot yhdistetään suuremmiksi vähintään 150 ha maalajimaisemakuvioksi (Soilscape) VMI:ssä kehitetyllä CRM-menetelmällä. Metla toimittaa maalajimaisemakuviot Arcview Shape-formaatissa sekä tiedoston, josta ilmenee kunkin kuvion muodostamisessa käytetyt maatyypit ja niiden osuudet.

### **7.3.2 Tekninen yhteensopivuus kansallisella ja kansainvälisellä tasolla**

Hankkeessa huolehditaan siitä, että tuotettava 1:250 000 –mittakaavainen maannoskartta on käytettävän koordinaattijärjestelmän ja maastotiedon osalta yhteensopiva valtakunnallisen maastotietokannan kanssa niin kuin se aineistojen mittaakaavat huomioon ottaen on mahdollista. Pienimittakaavaiseen maannoskarttaan ei ole mahdollista sisällyttää maastotietokannan pienialaisia ja yksityiskohtaisia kohteita. Koska tuotettava maannoskartta perustuu GTK:n tuottaman 1:250 000 –mittakaavaisen maaperäkartan maalajikuvointiin, ovat em. aineistot geometrialtaan yhteensopivia. Lisäksi maannostietokannan teknisessä toteutuksessa käytetään GTK:n Geotietoytimen kanssa yhteensopivaa teknologiaa, joten aineistot ovat myös teknisesti yhteensopivia.

Kansainvälinen temaattinen yhteensopivuus varmistetaan siten, että maannosten luokitteluun käytetään samaa järjestelmää (World Reference Base for Soil Resources, WRB) kuin työn alla olevassa Euroopan maaperäkartan tarkennetussa versiossa (Georeferenced Soil Database for Europe 1:250 000) ja noudatetaan eurooppalaisen tietokannan laadintaan annettua ohjeistusta. Suomalaisessa ja eurooppalaisessa kartassa on sama mittakaava (1:250 000). Maannokset luokitellaan myös olemassaolevassa Euroopan maaperäkartassa (Soil Geographical Database of Europe at Scale 1:1000 000) käytetyllä tavalla (FAO:n luokitus). Maannostulkinnan varmistamiseksi saadaan konsulttiapua EU:n komission alaisesta Euroopan maaperätoimistosta, joka koordinoi Euroopan maaperäkarttatyötä. Suomalaisen maannostietokannan tietotekninen yhteensopivuus Euroopan maaperäkartan kanssa varmistetaan Euroopan maaperätoimiston ja Ranskan maatalouden tutkimuskeskuksen (INRA) kanssa. INRAn Orleansin toimipiste toteuttaa Euroopan maaperäkartan tietoteknisen työn ja ylläpitää sen tietokantoja.

## **7.4 Aineiston käyttöikä ja päivitystarve**

Laadittavaksi esitetyn maannostietokannan geometrisen osuuden käyttöikä tulee olemaan useita kymmeniä vuosia. Tämä oletamus perustuu siihen, että Euroopan yleispiirteisessä maannoskartassa (1:1000 000) edelleen oleva Suomen osuus on valmistunut vuonna 1972 (MTT/Maantutkimuslaitos, Jouko Sippola ja Leila Urvas). Sitä on myöhemmin päivitetty erityisesti naapurimaiden rajojen läheisyydessä olevien maalajikuvioiden osalta ja se on saatettu numeeriseen muotoon INRAssa 1996–1998.

Uuden tietokannan ominaisuustiedon päivitystarpeen voidaan olettaa olevan huomattava edellyttäen, että tietokannasta tulee tutkijoiden ja muiden luonnonvarojen hallintaan ja seurantaan osallistuvien asiantuntijoiden suosima työväline. Päivitystarve johtuu osittain siitä, että tietokannassa käytettävään maannosten luokittelujärjestelmään tehdään muutoksia ja maillemme tulee näin uusia nimiä. Suurin päivitystarve johtuu kuitenkin siitä, että tulevaisuudessa tehtävät maaperän tilan seurannat tuottavat uusia mittaustuloksia esimerkiksi maan hiilipitoisuudesta ja raskasmetallipitoisuuksista, jotka on syötettävä kyseisten maalaajien ominaisuustietoina tietokantaan. Tämä työvaihe tulisikin sisällyttää erilaisiin seuranta-hankkeisiin, koska seurantojen tulosten käyttöarvo lisääntyy huomattavasti, kun tulokset yhdistetään samalta maalajilta aikaisemmin oleviin tietoihin.

# **8 Tulosten hyödyntäminen ja jakelu**

## **8.1 Mihin maannostietoja käytetään?**

Tämän pilottihankkeen jälkeen alkavassa varsinaisessa hankkeessa laaditaan valtakunnallinen digitaalinen maaperän informaatiojärjestelmä, joka sisältää myös kvantitatiivista tietoa maalajikuvioista. Tietokannasta voidaan tulostaa maannoskartta ja muita teemakarttoja 1:250 000 –mittakaavassa. Maannostietokanta palvelee lähteenä tarvittaessa maaperää koskevia tietoja kotimaista ja kansainvälistä käyttöä varten, koska maalajit luokitellaan

siinä sekä kotimaisen nimistön että kansainvälisten järjestelmien mukaan. Kun Suomen ja muiden maiden maaperästä esitetään tietoja samaa luokittelujärjestelmää käyttäen, mahdollistuu maaperän ominaisuuksien vertaileminen aikaisempaa paremmin. Kun tiedot tallennetaan meillä jo alunperinkin kansainvälisen järjestelmän mukaisesti luokitellen, vältetään jälkikäteen, mahdollisesti ulkomailla ja olojamme tuntemattomien henkilöiden toimesta, tapahtuvalta työläältä ja usein virheellisiin tulkintoihin johtavalta muunnostyöltä. Näin voimme itse paremmin vaikuttaa siihen, millaisena Suomen maaperä kansainvälisesti näyttäytyy. Hankkeen tuloksena Suomen maaperäoloista välittyy aikaisempaa täsmällisempi ja oikeampi kuva kansallisille ja EU-tason toimijoille. Harmonisoidulla, kansainvälisesti yhteismitallisella maaperätiedolla Suomi voi osallistua eurooppalaisiin maaperän tietokantahankkeisiin (European Soil Information System EUSIS ym.).

Keskeinen tietokannan käyttötarve liittyy EU:n maaperän teemakohtaiseen strategiaan (<http://europa.eu.int/comm/environment/soil/index.htm>) ja sen seurauksena todennäköisesti tulevaan kansalliseen maaperän laadun seurantavelvoitteeseen. Seurannoissa kerättävä paikkan sidottu ominaisuustieto (esimerkiksi raskasmetallipitoisuus) voidaan tallentaa maannostietokantaan suomalaisen maalajiluokituksen mukaisesti, ja tietokannasta voidaan saada raportteja, joissa tiedot ovat kansainväliseen käyttöön soveltuvan luokituksen mukaan ryhmiteltyinä. Hankkeen tuotteiden monikäyttöisyys edellyttää tiivistä yhteydenpitoa tietokannan tulevien käyttäjien kanssa tietokantaa suunniteltaessa.

Suomen maaperää koskevan tiedon saanti helpottuu verrattuna nykytilanteeseen, jossa tällaista tietoa ei ole kootusti ja kattavasti tarjolla. Suunnittelijoilta, päätösten valmistelijoilta ja tutkijoilta säästyy työaikaa, kun tähän asti usein melko vaikeasti löydettävä ja hajallaan oleva tieto maan perusominaisuuksista tulee helpommin hyödynnettävään muotoon.

Ympäristönsuojelullisten toimien suunnittelu perustuu nykyisin usein huomattavassa määrin mallinnuksella saatuihin tuloksiin. Tyypillisiä esimerkkejä maata koskevan tiedon tarpeesta ovat hankkeet, joissa mallinnetaan viljelymaalla tapahtuvien toimien vaikutusta vesistöihin tulevaan sedimentti- ja ravinnekuromitukseen ja viljelymaalta peräisin olevien kasvihuonekaasujen määrää. Monesti simulointien lähtötiedot otetaan kirjallisuudesta, ja pyrkimyksenä on löytää tietoa tyypillisistä tarkasteltavalla alueella vallitsevista maalajeista. Näille esimerkitapauksille tehtyjen simulointien pohjalta voidaan tehdä alueellisia ja jopa valtakunnallisia ennusteita. Mallinnuksen lähtökohdaksi soveltuvaa edustavaa tietoa on usein vaikea löytää. Mallintamalla saatavien tulosten luotettavuus paranee, kun lähtötietoina käytetään maalajiemme ominaisuuksia hyvin kuvaavia mitattuja tuloksia. Tällaisia tietoa on saatavana laadittavasta tietokannasta.

Maannostietokanta toteuttaa osaltaan MMM:n paikkatietostrategiaa, jossa yhtenä strategisena hankkeena mainitaan, MTT:n, METLA:n ja GTK:n välisen yhteistyön tehostaminen. MMM:n paikkatietostrategia velvoittaa selvittämään maaperäaineistojen yhteiskäytön tarpeet ja parannetaan näiden aineistojen käyttökelpoisuutta ja yhdistelymahdollisuuksia paikkatietojen yhteiskäyttökäytännön avulla (Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalan paikkatietostrategia ... 2001). Hankkeen toteuttavien laitosten välinen yhteistyö johtaa

kotimaisen maaperäalan verkoston syntymiseen ja paikkatietojen yhteiskäytön lisääntymiseen.

Suomen maataloutta tietokanta hyödyttää siten, että se mahdollistaa tutkimustulosten aikaisempaa helpomman kansainvälisen vertailtavuuden. Mahdollisuudet dokumentoidusti osoittaa pohjoisiin oloihimme liittyvät maaperän erityispiirteet ja tuotantoympäristön laatu (puhtaus) paranevat. Tämä edellyttää sitä, että tietokantaa ryhdytään käyttämään erilaisten maaperäseurantojen yhteydessä karttuvien tietojen kokoamispaikkana. Myös maa- ja metsätalousympäristöä koskevan tieteellisen julkaisu toiminnan laatu paranee, kun tutkimukset voidaan liittää maaperänkin osalta aikaisempaa tiiviimmin kansainväliseen viitekehykseen.

## **8.2 Mahdollisia jakelukanavia**

Tietokanta tulee saattaa sähköisessä muodossa sen käyttäjien saataville. Vaihtoehtoja ovat ainakin erillisen maannostietokannan sijoittaminen MTT:lle tai maannostikartan integrointi GTK:n maaperätietojärjestelmään. Aineistot tulee joka tapauksessa liittää osaksi valtakunnallista yhteiskäyttöistä maaperätietovarantoa. Seuraavassa esitellään kaksi sijoitusvaihtoehtoa.

### **8.2.1 Geotietoydin**

Geologisille maastotiedoille toteutetaan 4-vuotisessa (1.1.2000–31.12.2003) kehittämissuunnitelmassa paikkatietopohjainen tiedonhallintajärjestelmä. Järjestelmän runkona on Oracle-tietokannanhallintajärjestelmä, johon sijainti- ja ominaisuustiedot tallennetaan teemoittain koko valtakunnan käsittäviksi tasoiksi.

Tietokantojen sisältö ja maastokohteiden geometrinen hallinta uudistetaan maastotiedon kohdemallihankkeen työn pohjalta, raporteista ovat vuonna 1999 valmistuneet maaperä- ja kallioperätiedon kohdemallit. Geotietoytimen tietosisältöä laajennetaan hankkeen kuluessa vuonna 2000 tarkentuvien kokonaisuuksin. Laatujärjestelmätyön asettamat vaatimukset huomioidaan tiedonkeruuseen ja -hallintaan liittyvissä ratkaisuissa. Tekninen toteutus perustuu Oracle-tietokantaan, ArcSDE- ja ArcIMS-palvelinohjelmistoihin, ArcGIS 8.1- ja selainkäyttöliittymiin sekä automaattisiin paikannuslaitteisiin ja maastotallentimiin.

### **8.2.2 GTK:n maaperäkarttapaikka (geokartta.gtk.fi)**

Maaperäkarttapaikka on GTK:n Internet-palvelu, jossa voidaan katsella ja tilata numeerisia maaperäkarttoja ja karttalehtiselosteita. Palvelun kartat ovat katseltavissa WWW-selaimilla ja tulostettavissa rasterikuvina. Karttalehtiselosteet ovat luettavissa PDF-dokumentteina. Alkuvaiheessa asiakas voi tilata Maaperäkarttapaikalta sähköpostin välityksellä varsinaisen kartan tulosteena ja numeerisena luokiteltuna rasteri- tai vektoriaineistona. WWW-sivulle voidaan myöhemmin lisätä 'virtuaalinen' tilauslomake, jonka avulla asiakas voi tilata haluamansa maaperäkartan suoraan sivuilta ja maksaa tilauksensa heti verkkopankkipalvelun kautta. Maaperäkarttapaikasta tulee valtakunnallinen koko GTK:n maaperäkarttoja koske-

va myyntipaikka. Tulevaisuudessa Geokarttapalvelu hakee tietonsa automaattisesti Geotietoytimen tietokannoista.

## 9 Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T. 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders von Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit I. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 20(6): 1-150.
- 1939. Zur Stratigraphie des Podzolprofils besonders von Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit II. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 27(4): 1-133.
  - 1941a. Maalajien luokituksesta. Referat: Über die Klassifizierung der Bodenarten. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 29(6): 1-42.
  - 1941b. [Our forest soils in the light of the results of the second national forest inventory] Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. Referat: Die finnischen Waldböden nach der Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 29(5): 1-62.
  - 1941c. Zur Stratigraphie des Podzolprofils besonders von Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit III. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 29(7): 1-47.
  - 1947. Studien über die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands mit einige Beobachtungen über ausländische Braunrden. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(1): 1-92.
- Alakukku, L. 1996a. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I Short-term effects on the properties of clay and organic soils. *Soil & Tillage Research* 37: 211-222.
- 1996b. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II Long-term effects on the properties of fine-textured and organic soils. *Soil & Tillage Research* 37: 223-238.
  - 1997. Properties of fine-textured subsoils as affected by high axle load traffic. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science* 47: 81-88.
  - 1998. Properties of compacted fine-textured soils as affected by crop rotation and reduced tillage. *Soil & Tillage Research* 47: 83-89.
- Breuning-Madsen, H. & Jones, R.J.A. 1995. Soil profile analytical database for the European Union. *Danish Journal of Geography* 95: 49-58.
- Erviö, R. 1983. Maaperäkarttaselitys Espoo-Inkoo. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 14/83. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 26 s.
- 1991. Chemical properties of air-dried samples from an unlimed and limed acid sulphate soil profile and leaching of elements from the profiles. *Annales Agriculturae Fenniae* 30: 321-329.
  - & Hämäläinen, I. 1988. Maaperäkarttaselitys Lahti. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 9/88. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 41 s.
- European Soil Bureau 1998. Georeferenced Soil Database for Europe. Manual of Procedures Version 1.0. EUR 18092 EN. Ispra, Italia: European Soil Bureau. 170 s.
- European Soil Bureau 1999. Soil resources of Europe. EUR 18991 EN. Ispra, Italia: European Soil Bureau 188 s.
- Euroopan yhteisöjen komissio 2002. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Kohti maaperänsuojelun teemakohtaista strategiaa. 16.4.2002.KOM(2002) 179lopullinen.



- FAO 1974. FAO-Unesco Soil Map of the World, 1:5000 000. Vol. I. Legend. Paris: Unesco. 59 s. ISBN 92-3-101125-1.
- 1988. FAO/Unesco Soil Map of the World. Revised Legend, with corrections. World Soil Resources Report 60. Rooma: FAO. Reprinted as Technical paper 20. Wageningen, Hollanti: ISRIC. 140 s. ISBN 90-6672-057-3.
  - 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 84. Rooma, FAO. 88 s. ISBN 92-5-104141-5
- Geologian tutkimuskeskus, 2002. GTK. Vuosikertomus 2002. 51 s.
- Greve, M.H., Yli-Halla, M., Nyborg, Å.A., & Öborn, I. 1998. Appraisal of World Reference Base for Soil Resources – from a nordic point of view. *Danish Journal of Geography* 100: 15-26.
- Haavisto, M. (toim.) 1983. Maaperäkartan käyttöopas 1:20 000, 1:50 000. Geologinen tutkimuslaitos. Opas 10. Espoo: Geologinen tutkimuslaitos. 80 s. + liitteitä. ISBN 951-690-170-0.
- Haavisto-Hyvärinen, M. (toim.), Hirviniemi, H. (toim.), Lindroos, P. (toim.) & Niemelä, O. (toim.) 1989. Maaperäkarttaa aina tarvitaan. *Maankäyttö* 89 (2), 31-46.
- Hartikainen, H. 1992. Maaperä. Teoksessa: Heinonen, R. (toim). *Maa, viljely ja ympäristö*. WSOY. ISBN 951-0-17090-9. s. 9-98.
- & Yli-Halla, M. 1986. Oxidation-induced leaching of sulphate and cations from acid sulphate soils. *Water, Air and Soil Pollution* 27:1-13.
- Jauhiainen, E. 1969. On the soils in the boreal coniferous region Central Finland - Lapland - Northern Poland. *Fennia* 98(5): 1-123.
- 1970. Über den Boden fossiler Dünen in Finnland. *Fennia* 100(3): 1-32.
  - 1973. Age and degree of podzolization of sand soils on the coastal plain of northwestern Finland. *Societas Scientiarum Fennica Commentationes Biologicae* 68: 1-32.
- Jokinen, R. 1984. Comparison of and correlation between the characteristics of topsoil and subsoil in agricultural area at southern coast of Finland. *Journal of Agricultural Science in Finland* 56: 245-254
- Kemiläinen, H. 1988. Kuhmon Lentuan alueen geomorfologinen perusselvitys. Oulun yliopisto, Maantieteen laitos, 94 s.
- Korhonen, K-H., Gardemeister, R. & Tammirinne, M. 1974. Geotekninen maalajiluokitus. Geotekniikan laboratorio. Tiedonanto 14. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 20 s.
- Koutaniemi, L., Koponen, R. & Rajanen, K. 1988. Podzolization as studied from terraces of various ages in two river valleys, Northern Finland. Tiivistelmä: Podsolisaatio kahden jokilaakson erikäisissä terasseissa Pohjois-Suomessa. *Silva Fennica* 22: 113-133.
- Lahdenperä, A.-M., Tamminen, P. & Tarvainen, T. 2001. Relationships between geochemistry of basal till and chemistry of surface soil at forested sites in Finland. *Applied Geochemistry* 16: 123-136.
- Le Bas, C., King, D., Jamagne, M. & Daroussin, J. 1998. Land information systems. Developments for planning the sustainable use of land resources. EUR 17729 EN. Ispra, Italia: European Soil Bureau. 546 s.
- Lindroos, H. 1991. Nuoren maan maannoskehityksestä Keski-Pohjanmaalla. Teoksessa: Geologian tutkimuskeskus Tutkimusraportti 105. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 65-74.

- Lintinen, P. 1995. Origin and physical characteristics of till fines in Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 379. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 83 s + liitteitä.
- Maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalan paikkatietostrategia, seuranta ja suuntaus 2001. MMM:n julkaisuja 3/2001. Helsinki: MMM. 25 s.
- Maanmittaushallitus 1977. Suomen maaperän peruskartoitus. Maanmittaushallituksen julkaisu n:o 44. Helsinki: Maanmittaushallitus. 32 s. ISBN 951-46-3230-3
- Marttila, U. 1965. Exchangeable cations in Finnish soils. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 37: 148-161.
- Minami, M. 2000. Using ArcMap. Environmental Systems Research Institute, Inc. 528 s.
- Mokma, D.L., Yli-Halla, M. & Hartikainen, H. 2000. Soils in a young landscape on the coast of southern Finland. Agricultural and Food Science in Finland 9: 291-302.
- Nenonen, K., Nevalainen, R., Väänänen, T. & Lerssi, J. 1999. Geologisen ja lentogeofysikaalisen kartoitusaineiston käyttö sotilasgeologisessa kartoituksessa kallion ja pohjaveden pinnan määrittämiseen. Raporttisarja A 1999/2. Helsinki: Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta. 39 s.
- Nevalainen, R. 1989. Lithology of fine till fractions in the Kuhmo Greenstone belt area, Eastern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 7. Espoo: Geologian tutkimuskeskus: s 59-66.
- Nevalainen, R. 1996. Maaperäkartan tekeminen numeerisia aineistoja käyttäen. Geologi-lehti 9-10: 166-169.
- Nevalainen, R., Hyvönen, E., Lerssi, J., Liwata, P., Middleton, M., Palmu, J-P., Virkki, H. & Väänänen, T. 2002. Maaperän yleiskartoitus paikkatietoaineistojen ja -analyysien avulla – uuden alueellisesti kattavan tietovaraston kerääminen. II Maaperätieteiden Päivät 19.-20.11.2002. Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos. Pro Terra 15:116-119.
- Pekkarinen, A. 2002. A method for the segmentation of very high spatial resolution images of forested landscapes. International Journal of Remote Sensing 14:2817-2836.
- Peronius, P., Virtanen, K., Leino, J. & Lerssi, J. 1998. Inventointimenetelmät suopeltojen kartoituksessa. Oulu: Suo Oy. 49 s. + 13 liitettä.
- Petäjä-Ronkainen, A., Peuraniemi, V. & Aario, R. 1992. On podzolization in glasiofluvial material in northern Finland. Annales Academiae Scientiarum Fennicae. Series A. III. Geologica-Geographica 156: 1-19.
- Purokoski, P. 1958. Die swefelhaltigen Tonsedimente in dem flachlandgebiet von Liminka im Lichte chemischer Forschung. Agrogeologia julkaisuja 70. Helsinki: Maatalouden tutkimuskeskus. 85 s.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, E. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuorimitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 198. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. 319 s.
- Rasmussen, K., Sippola, J., Urvas, L., Låg, J., Troedsson, T. & Wiberg, M. 1991. Soil map of Denmark, Finland, Norway and Sweden, scale 1:2000 000. Oslo: Landbruksforlaget. ISBN 82-529-1429-2.
- Ritari, A. & Ojanperä, V. 1984. Properties and formation of cemented ortstein horizons in Rovaniemi, Northern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 124. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. 32 s.

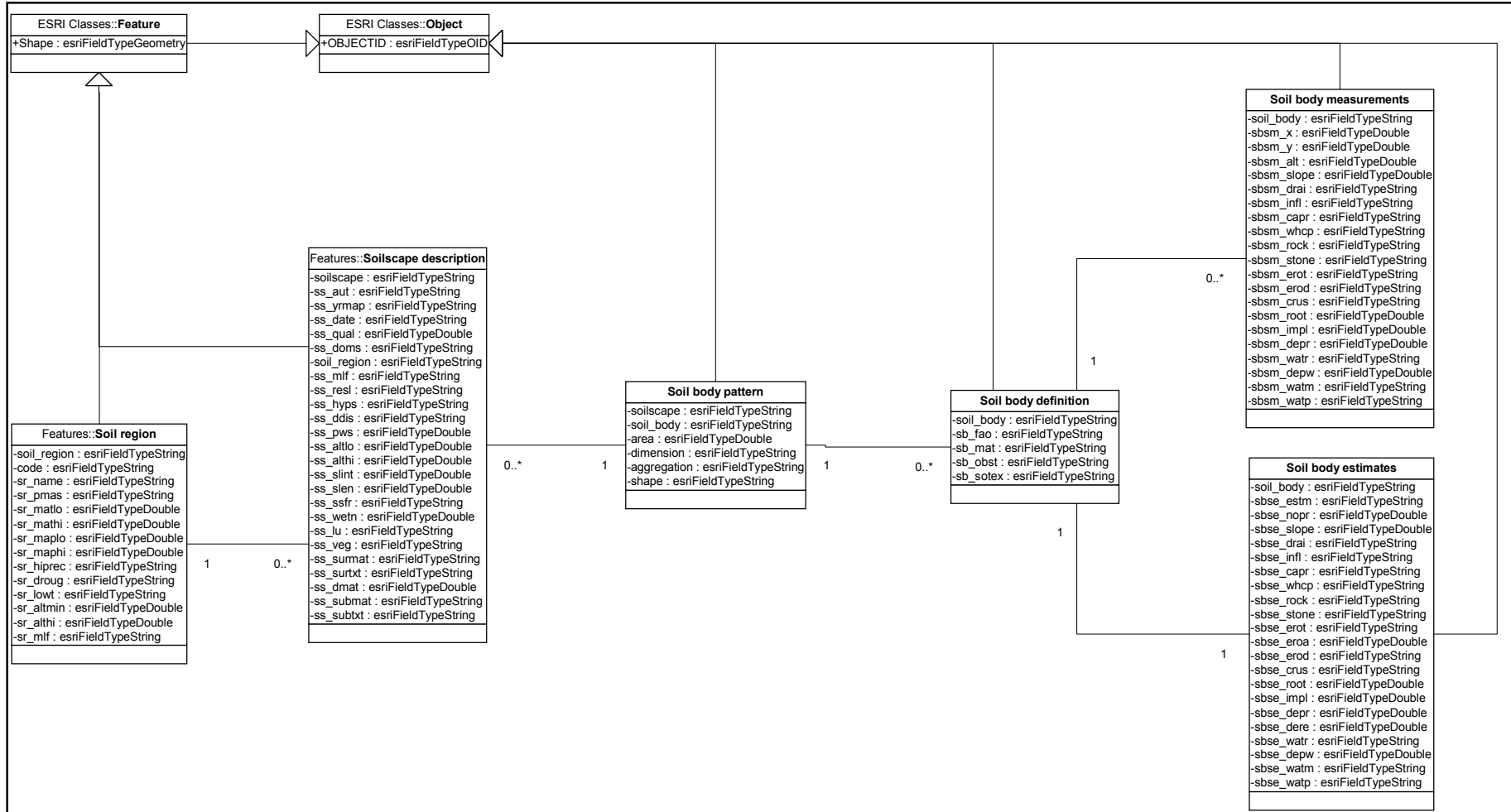
- Räisänen, M.L. 1996. Geochemistry of podzolized tills and the implications for aluminium mobility near industrial sites: a study in Kuopio, eastern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 387. Espoo: Geologian tutkimuskeskus: 72 s.
- Saarnisto, M., Peltoniemi, H., Uusikartano, K., Tuokko, I. & Koivumaa, S. 1980. Malminetsintää palvelevat maaperägeologiset tutkimukset Kuhmon Kellojärven alueella. Oulun yliopisto, Kuhmon malmiprojekti, tutkimusraportti 39. 127 s.
- Saarelainen, J. & Vanne, J. 1997. Sotkamon jääjärvi. Terra 109: 25-38.
- Salminen, R. (toim.) 1995. Alueellinen geokemiallinen kartoitus Suomessa vuosina 1982-1994. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 130. Espoo: Geologian tutkimuskeskus 47 s + liitteitä.
- Swartzer, T. F. & Adams, J. A. S. 1973. Rock and soil discrimination by low altitude airborne gamma-ray spectrometry in Payne County, Oklahoma. Economic Geology 68: 1297-1312.
- Sillanpää, M. 1978. Kalkituksen pitkäaikainen vaikutus maaprofiilin kemiallisiin ominaisuuksiin. Maatalouden tutkimuskeskus. Maantutkimuslaitos. Tiedote 1. Vantaa: Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos. 10 s.
- Sippola, J. 1974. Mineral composition and its relation to texture and to some chemical properties in Finnish subsoils. Annales Agriculturae Fenniae 13: 169-234.
- Soil Survey Staff 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th Ed. Washington, D.C.: U.S.D.A.- N.R.S.C. 326 s.
- Starr, M.R. 1989. Maan kehitys ja viljavuus Pohjanlahden rannikolla. Abstract: Soil formation and fertility in coastal sand deposits along the gulf of Bothnia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322: 67-77.
- 1991. Soil formation and fertility along a 5000 year chronosequence. Teoksessa: Environmental geochemistry in northern Europe. Proceedings of the First Symposium on Environmental Geochemistry in Northern Europe, Rovaniemi, Finland, 17-19.10.1989. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 99-104.
  - & Tamminen, P. (toim.). 1992. Suomen metsämaiden happamoituminen. Summary: Forest soil acidification in Finland. Teoksessa: Kukkonen, I. & Tanskanen, H. (toim.). Ympäristötieteelliset kartat ja kartoitushankkeet Suomessa. Environmental maps and Environmental surveying projects in Finland. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 115. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. s. 7-14.
  - & Tamminen, P. 1993. Kangasmaiden happamoituminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446: 54-58.
  - & Tamminen, P. 1994. Metsämaiden podsoloituminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527: 98-108.
- Suomen kartasto, vihko 125. Maankuoren geofysiikka. Geologia. Helsinki: Maanmittaushallitus ja Suomen geologinen seura.
- Tamminen, P. & Starr, M. 1990. A survey of forest soil properties related to soil acidification in southern Finland. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. s. 235-251.
- Starr, M. 1994a. Bulk density of forested mineral soils. Silva Fennica 28(1): 53-60.
  - Starr, M. 1994b. Metsämaiden viljavuus ja happamuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527: 85-97.

- Tarvainen, T. 1996. Environmental applications of geochemical databases in Finland: Synopsis. Geologian tutkimuskeskus Erikaisjulkaisut 19. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 75 s.
- Tiberg, E. (toim.), Greve, M.H., Helweg, A., Yli-Halla, M., Eklo, O.M., Nyborg, Å.A., Solbakken, E., Öborn, I. & Stenström, J. 1998. Nordic Reference Soils. TemaNord 537. Kööpenhamina: Pohjoismaiden ministerineuvosto. 106 s. ISBN 92-893-0194-5.
- Tucker, C. 2000. Using ArcToolbox. Environmental Systems Research Institute, Inc. 103 s.
- Turtola E. & Kemppainen, E. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569-581.
- & Paajanen, A. 1995. Influence of improved subsurface drainage on phosphorus losses and nitrogen leaching from a heavy clay soil. *Agricultural Water Management* 28: 295-310.
- Urvas, L. 1983. The influence of different subsoil types on the Ca, K and P status, and pH of the corresponding mould layer. *Annales Agriculturae Fenniae* 22: 186-192.
- 1984. Maaperäkarttaselitys Pori-Harjavalta. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 20/84. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 28 s.
  - 2000. Maataloudellisten maaperäkarttojen tarina (1947-1988). (elektroninen julkaisu; HTML). <http://www.mtt.fi/lva/luo/maatieto/kartat.htm> marraskuu 2000
  - & Hyvärinen, S. 1992. Maaperäkarttaselitys Lapinlahti. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 13/92. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 13 s.
  - & Virri, K. 1986. Maaperäkarttaselitys Turku-Rymättylä. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 22/86. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 34 s.
- Vienneau, A. 2001. Using ArcCatalog. Environmental Systems Research Institute, Inc. 286 s.
- Viro, P. 1947. Metsämaan raekoostumus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(2): 1-115.
- 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of stoniness. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(3): 1-23.
  - 1958. Suomen metsämaiden kivisyydestä. Summary: Stoniness of forest soil in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49 (4): 1-45.
- Virtanen, K. & Vironmäki, J. 1985. Aerofysikaalisten matalalentomittausten käytöstä soiden arvioinnissa. Summary: On the use of aerophysical lowflying in the survey of peatlands. *Turveteollisuus* 3: 30-37.
- Wiechmann, H. 1983. Ein Vergleich von Eisenpodsolon im östlichen Niedersachsen mit Podsolon unter borealem Nadelwald in Finland. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 146: 53-61.
- Yli-Halla, M. 1997. Classification of acid sulphate soils of Finland according to Soil Taxonomy and the FAO/Unesco legend. *Agricultural and Food Science in Finland* 6: 247-258.
- & Mokma, D. L. 1999. Classification of soils of Finland according to Soil Taxonomy. *Soil Survey Horizons* 40: 59-69.
  - , Mokma, D. L., Peltovuori, T. & Sippola, J. 2000. Suomalaisia maaprofiileja. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja A 78. Jokioinen: MTT. 104 s.

- & Mokma, D.L. 2001. Soils in an agricultural landscape of Jokioinen, south-western Finland, Agricultural and Food Science in Finland 10: 33-43.
- , Mokma, D.L. & Starr, M. 2001. Criteria for frigid and cryic temperature regimes. Soil Survey Horizons 42: 11-18.
- & Mokma, D.L. 2002. Problems encountered when classifying the soils of Finland. Teoksessa: Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R. J.A. & Montanarella, L. (toim.). Soil Classification. Contributions to the International Symposium "Soil Classification 2001", Velence, Unkari 8.-12.10.2001. Research Report 7. Ispra, Italia: European Soil Bureau. s. 183-189.
- , Puustinen, M. & Koskiaho, J. 1999. Area of cultivated acid sulfate soils in Finland. Soil Use and Management 15: 62-67.

# 10 Liitteet

Liite 1. Maannostietokannan alustava kuvaus UML-luokkakaaviona.



## MTT:n selvityksiä -sarjassa ilmestyneitä julkaisuja

### Ympäristö

- 44 Numeerinen Suomen maannostietokanta mittakaavassa 1:250 000 – pilotti-hanke. *Yli-Halla*. 52 s. Hinta 20 euroa.
- 41 Vesistökuormituskarttoitus Etelä-Pirkanmaan alueella. *Närvänen, Puronummi & Jansson*. 29 s. Hinta 15 euroa.
- 28 Jokihelmisimpukan suojelua edistävät viljelytoimet Pirkanmaalla. *Nykänen*. 22 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts28.pdf>).

### Kasvintuotanto

- 42 Sadonkorjuu. Tutkittua puutarhatuotantoa 2000-2002. *Hovi, Karhu, Linna & Suojala*. 98 s. Hinta 25 euroa.
- 36 Mansikkalajikkeiden jalostaminen. *Hietaranta & Tahvonen*. 59 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts36.pdf>).
- 34 Herukan lajikekokeet käytännön viljelmillä. *Matala*. 59 s. Hinta 20 euroa.

### Talous

- 43 Viheralan tuotannon arvo. *Korento*. 23 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts43.pdf>).
- 39 Kirjanpitolilojen viljelijäkyselyn tulokset ja maksuvalmius. *Ristiluoma, Sipiläinen & Kankaanhuhta*. 77 s. Hinta 20 euroa.

### Teknologia

- 35 Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut: olosuhdemittaukset ja toiminnalliset mallit. *Kivinen*. 61 s. Hinta 20 euroa.
- 18 Sata vuotta tutkittua maataloustekniikkaa. *Kallioniemi, Marja*. 61 s. Hinta 20 euroa.

Verkkojulkaisut osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts>

