

Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen

Abstract:
Improvement of forest ecological
monitoring network

Eero Kubin



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 461

Kansikuva: Kivesvaaran koekenttää 19.3.1985.

Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen

Abstract:
Improvement of forest ecological
monitoring network

Eero Kubin

Metsäntutkimuslaitos,
Metsäekologian tutkimusosasto/Muhoksen tutkimusasema 1993

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 461

SISÄLLYS

1. Taustaa ja tavoite	4
2. Kasvimaantieteellisiä ja ilmastollisia aluejakoja	4
3. Metsäekologisten mittausten tarve eri vuodenaikoina	7
3.1 Yleistä	7
3.2 Syksy	9
3.3 Talvi	10
3.4 Kevät	10
3.5 Kesä	11
4. Metsäekologiseen tutkimukseen soveltuvien mittausten nykytila	12
4.1 Yleistä	12
4.2 Ilmatieteen laitos	12
4.3 Maatalouden tutkimuskeskus	14
4.4 Metsäntutkimuslaitos	14
4.5 Vesi- ja ympäristöhallitus	17
4.5.1 Vesi- ja ympäristöhallituksen luonnonsuojelun tutkimusyksikkö	17
4.5.2 Vesi- ja ympäristöpiirit	19
4.6 Yliopistot	19
4.7 Muut	21
5. Miten metsäekologisten havaintojen suorittamista tulisi kehittää ja yhtenäistää	21
6. Tiivistelmä	22
7. Kirjallisuus	24

Kubin, Eero. 1993. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. Abstract: Improvement of forest ecological monitoring network. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 461. 26 s. ISBN 951-40-1300-X, ISSN 0358-4238.

Metsäekologisen havaintoverkoston kehittämistarpeita ja mahdollisuuksia tarkastellaan kasvi-
maantieteellisen aluejaon ja mittausten nykytilanteen perusteella. Metsäekologinen seuranta alu-
eellisesti kattavana ja kasvien vasteet muutoksiin mittaavana on perusteltua ennakoitua ilmas-
tonmuutoksen, ilmansaasteiden ja laskeuman sekä ilmastollisen satunnaisvaihtelun takia. Tätä
varten maahamme tulee muodostaa integroitu havaintoverkosto seuraamaan muutoksia yhtene-
vin menetelmin ja tavoittein sekä luoda järjestelmä, jossa mitattu tieto kohtaa helposti tiedon
tarvitsijan. Mittauksen ja seurannan tulee edustaa todellista metsäympäristöä ja tulosten pitää
tarvittaessa olla koko maahan yleistettävissä. Vasta yhtenäinen monipuolinen havaintoaineisto
pitkäaikaisena sarjana antaa luotettavan perustan arvioida maamme sijainnista johtuvan satun-
naisen ilmastollisen vaihtelun tai ympäristönmuutoksen osuutta metsäluonnossa havaittavaan ke-
hitykseen.

Julkisten varojen ennakoitu supistuminen edellyttää kiireellisesti jatkotutkimuksen aloittamista.
Toistaiseksi on vähän selvityksiä esim. siitä, miten kunkin yksikön omaa tarkoitusta varten mit-
taamat tiedot olisivat soveltuvia myös toisten yksiköiden käyttöön. Metsäntutkimuslaitos voisi
käynnistää asian edistämiseksi uuden tutkimushankkeen "Metsäekologisen havaintoverkoston in-
tegrointi ja laadullinen kehittäminen".

The need and possibilities of improving forest ecological monitoring network are examined on the basis of the
geographic vegetational division and the present research situation. Forest ecological monitoring of different forest
vegetation zones taking into account the response of plants is justified because of a predicted climatic change, air
pollution, deposition and fluctuations of temperature. For this purpose there should be founded an integrated monitoring
network to follow the changes with the same methods and aims and to develop a system where the measured data is
easily available to those who need it. The measurements and the monitoring should represent real forest environment
and the results should be in a form which can be generalized to the whole country. Until a long-term series gives a
reliable information to estimate the effects of climatic fluctuations and environmental changes on the development of
forest nature.

The cut down of public funds requires starting a new study. There are only a few accounts e.g. of how the data
measured by one institute for its own purpose could be used by another institute. The Finnish Forest Research Institute
could start a new research project "Integration and qualitative development of forest ecological monitoring network".

Avainsanat: metsäekologia, metsäbiologia, havaintoverkosto
Keywords: forest ecology, forest biology, monitoring network

Kirjoittajan yhteystiedot: Kubin, Eero: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, 91500
Muhos (puh. 981-5331404).

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3048. Hyväksynyt: Eero Paavilainen, tutkimusjohtaja
26.4.1993.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, 91500 Muhos.
Hinta: -.

1. Taustaa ja tavoite

Metsäntutkimuslaitoksen metsäekologian tutkimusosaston tutkimusjohtajan, professori Eero Paavilaisen aloitteesta ja Suomen Akatemian tukemana pidettiin Vantaalla 3.12. 1991 seminaari "Metsäbiologisen yhteistyön kehittäminen Suomessa". Seminaariin oli kutsuttu Suomen Akatemian ja Metsäntutkimuslaitoksen edustajien lisäksi osallistujia Helsingin, Turun, Kuopion, Oulun ja Joensuun yliopistoista sekä Vesi- ja ympäristöhallituksesta, Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiöstä sekä Vesien- ja ympäristöntutkimuslaitoksesta.

Seminaarissa käytiin läpi tutkimuslaitoksissa ja yliopistoissa tehtävää metsäbiologista tutkimusta, tarkasteltiin yhteistyön edistämistä eräillä tutkimuksen osa-alueilla sekä metsäekologisen havaintoverkoston yhtenäistämistä ja täydentämistä. Seminaarissa sovitettiin tehtäväksi myös esitutkimus, jossa selvitetään ekologisen mittausverkoston kehittämistarpeita ja kehittämismahdollisuuksia.

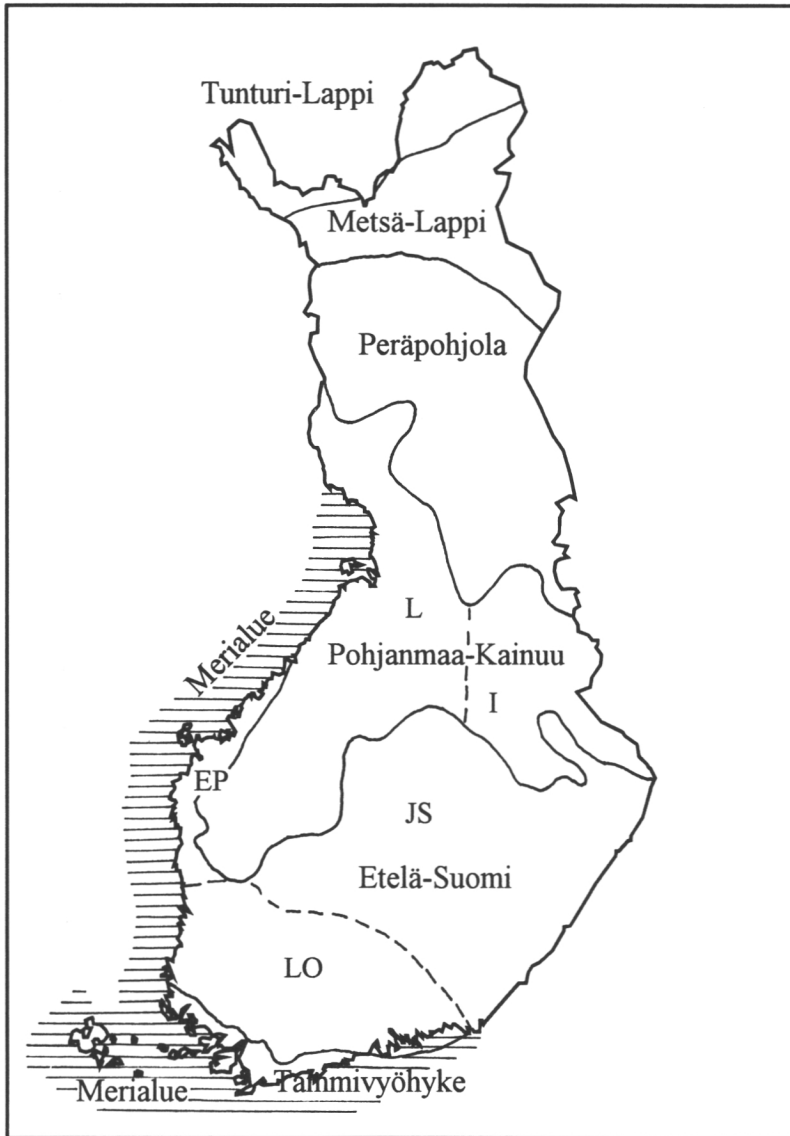
Tässä esitutkimusraportissa kehittämistarpeiden arvioinnin taustaksi otetaan Suomen ilmastollinen ja kasvimaantieteellinen aluejako sekä maamme sijainti pohjoisen havumetsävyöhykkeen alueella. Lisäksi arvioidaan, mihin ekologiisiin tekijöihin tulisi kiinnittää huomiota eri vuodenaikoina ja muuttuvissa ilmasto-oloissa. Tämän jälkeen esitetään pääpiirteitä eri laitoksissa ja yksiköissä meneillään olevasta metsäekologisesta tai siihen liittyvästä tutkimustoiminnasta. Lopuksi tehdään ehdotus siitä, miten metsäekologista mittausta ja havaintojen tekoa tulisi meillä edelleen kehittää.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professori Eero Paavilainen ja tutkimusaseman johtaja Jukka Valtanen. Raportin laatimisen aikana olen keskustellut useiden aihetta tuntevien henkilöiden kanssa. Irene Murtovaara on viimeistellyt kuvat ja Merja Moilanen tekstin esityskuntoon. Kiitän saamastani avusta.

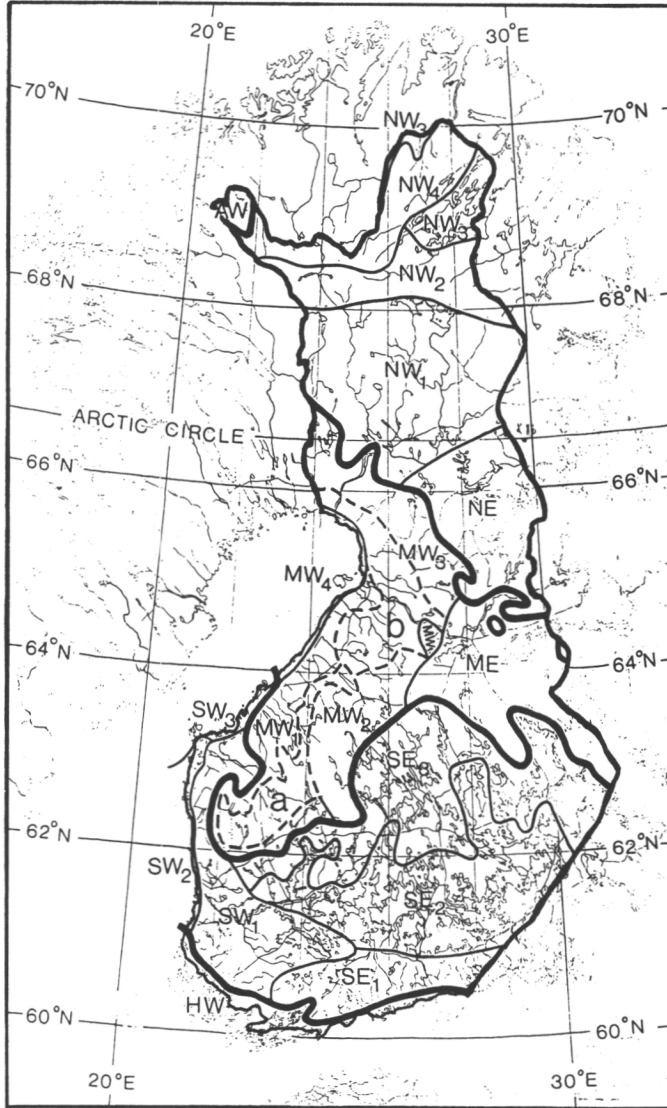
2. Kasvimaantieteellisiä ja ilmastollisia aluejakoja

Metsäekologista mittaustoimintaa ja havaintojen suorittamista on perusteltua arvioida kasvimaantieteellisen aluejaon pohjalta. Sen mukaan Suomi sijoittuu koko maapallon kiertävään pohjoiseen eli boreaaliseen havumetsävyöhykkeeseen (Hämet-Ahti 1981), jonka ulkopuolelle jää vain pieni osa maan lounaisrannikkoa. Boreaalinen havumetsävyöhyke jaetaan edelleen kolmeen alavyöhykkeeseen (Ahti ym. 1968). Näistä eteläboreaaliseen kuuluu suurin osa Etelä-Suomesta. Keskiporeaalinen alue leviää kapeahkona kaistana Pohjois-Karjalasta ja Kainuusta Pohjanmaalle ulottuen etelään päin Suomenselän alueelle ja pohjoisessa suuria jokilaaksoja myötäillen aina napapiirin taakse. Pohjoisboreaaliseen alueeseen kuuluvat Kainuun pohjoisosat, Koillismaa sekä Lappi.

Havumetsävyöhykkeen alajako antaa perustan myös Suomen kasvimaantieteelliselle aluejaolle (Kalela 1962, kuva 1). Etelä-Suomen ja Pohjanmaa-Kainuun metsäkasvillisuusvyöhykkeet vastaavat melko tarkasti etelä- ja keskiporeaalista vyöhykettä. Perä-Pohjolan ja Metsä-Lapin metsäkasvillisuusvyöhykkeet sijoittuvat pohjoisboreaalisen havumetsävyöhykkeen alueelle. Myös Suomen ilmastoaluejaossa on voitu noudattaa pitkälle metsäkasvillisuuteen perustuvaa jakoa (Solantie 1980, 1991, kuva 2). Metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin verrattuna ilmastoalueita on nimetty huomattavasti enemmän.



Kuva 1. Suomen kasvimaantieteellinen aluejako (Kalliola 1973). Etelä-Suomen alue on jaettu Lounaismaan (LO), Etelä-Pohjanmaan (EP) ja Järvi-Suomen (JS) alueisiin. Pohjanmaa-Kainuun alueesta on erotettu läntinen (L) ja itäinen (I) osa.



Kuva 2. Suomen ilmastoaluejako (Solantie 1990). Vyöhykkeiden lyhenteet: H = hemiboreaalinen, S = eteläboreaalinen, M = keskiboreaalinen, N = pohjoisboreaalinen, A = hemiarktinen (E = itäinen ja W = läntinen segmentti). Ilmastoalueiden lyhenteet: HW = Saaristo-Suomi, SW₁ = Lounaisrannikko, SW₂ = Selkämeri, SW₃ = Merenkurkku, SE₁ = Etelärannikko, SE₂ = Eteläinen Järvi-Suomi, SE₃ = Pohjoinen Järvi-Suomi, MW₁ = Etelä-Pohjanmaa, MW₂ = Suomenselän vedenjakaja, MW₃ = Suoalue, MW₄ = Perämeri, a = MW₁ - MW₂ vaihtumisalue, b = MW₂ - MW₃ vaihtumisalue, ME = Maanselkä, NE = Koillismaa, NW₁ = Kemijoki, NW₂ = Saariselkä, NW₃ = Inarinjärven ja Tenojoen laaksot, NW₄ = Tunturi-Lappi, AW = Kilpisjärvi.

Näiden tuntemus ja samanaikainen tarkastelu yhdessä muiden aluejakojen kanssa antaa meille hyvän käsityksen metsäluonnon alueellisista erityispiirteistä.

Merkillepantavaa on, että Etelä-Suomen ja Peräpohjolan (etelä- ja pohjoisborealisen vyöhykkeen) metsäkasvillisuusvyöhykkeiden välinen etäisyys on Kainuussa vain noin 100 km. Tosin etäisyydet esimerkiksi Ruotsissa ja Norjassa eri vyöhykkeiden välillä eivät ole pitkät (Ahti ym. 1968, Abrahamsen ym. 1977), mutta olosuhteet vuoristosta johdun ovat erilaiset kuin meillä. Meillä pohjoisborealisen vyöhykkeen eteläosat ovat toisin kuin muissa maissa merkittäviä metsätalousalueita.

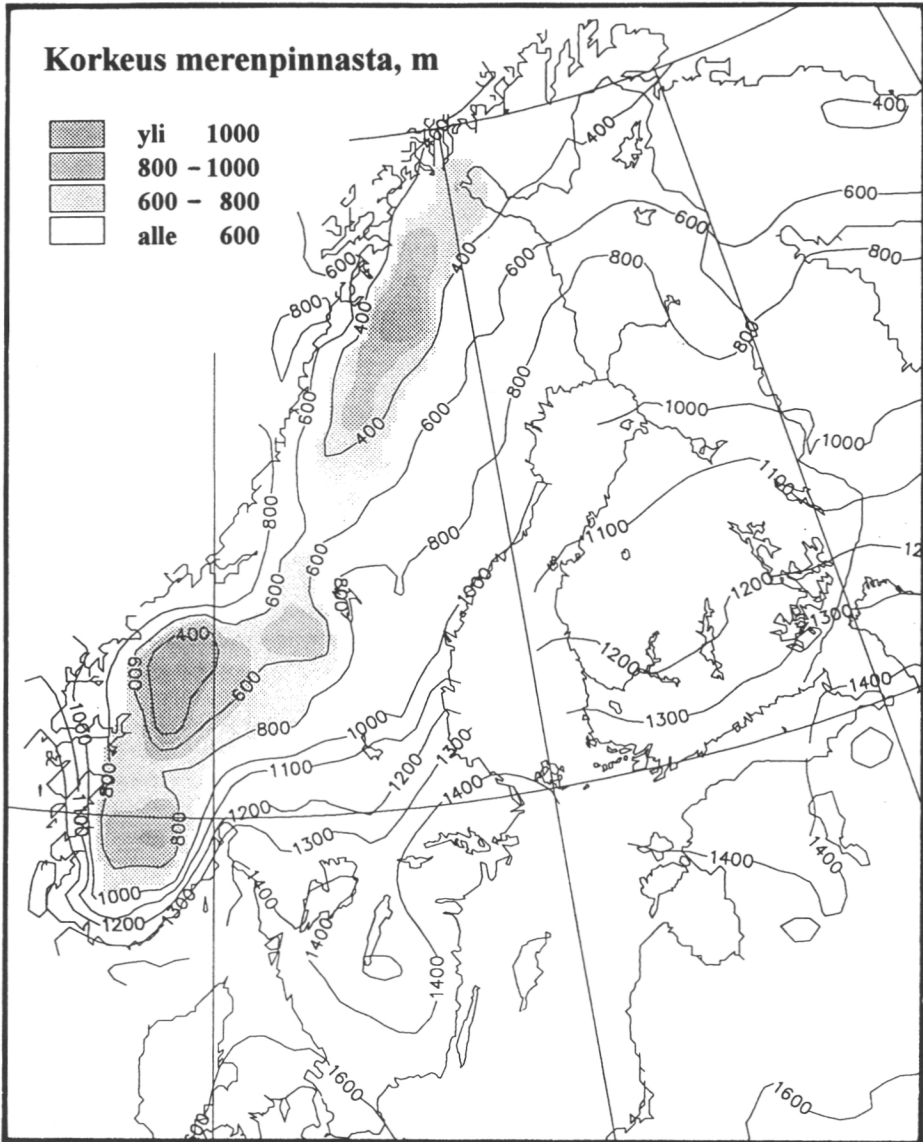
Metsäekologisen mittauksen kannalta rajatut kasvillisuus- ja ilmastoalueet tarjoavat kansainvälisestäkin tarkasteltuna huomattavia etuja pohjoisen havumetsävyöhykkeen sisällä tapahtuvien muutosten ymmärtämiseksi. Vaihettuuhan meillä metsäluonto tiheään tieverkoston ja asutuksen alueella keskieurooppalaiseen lehtimetsävyöhykkeeseen luetavista osista havumetsävyöhykkeen kautta lähes arktiseksi tundraksi. Yksi usein vähälle huomiolle jäänyt erityispiirre on myös siinä, että kunkin metsäkasvillisuusvyöhykkeen sisällä korkeimmat vaarat ja tunturit lähes aina edustavat tyypillisesti pohjoisemman alueen ominaisuuksia ja piirteitä. Lapissa korkeimmat kohoumat yltävät jo subalpiiniseen ja alpiiniseen vyöhykkeeseen (Kalliola 1973). Eteläisten ja pohjoisten alueiden erilaisuus voidaan nähdä selvästi myös kasvukauden aikana kertyvässä tehoisassa lämpösummassa (kuva 3), joka laajoilla alueilla Pohjois-Suomessa on vajaa puolet Keski-Euroopan arvoista.

Arvioitaessa metsäekologisen havaintoverkoston kehittämistarpeita suhteessa kasvi- maantieteelliseen ja ilmastolliseen aluejakoon, havaintoaineiston tulisi kattaa keskeiset metsäkasvillisuusvyöhykkeet ja tarvittaessa niiden osa-alueet. Maamme ulottuu etelästä pohjoiseen juuri sellaisella maantieteellisellä alueella, jossa esimerkiksi lämpöilmastoon sidotut muutokset eri vuodenaikoina ovat huomattavia. Vasta yhtenäinen havaintoaineisto pitkäaikaisena sarjana antaisi luotettavan pohjan arvioida esim. maamme sijainnista johtuvan satunnaisen ilmastollisen vaihtelun merkitystä tai ilmastomuutokseen ja ilman laatuun yhdistettäviä vaikutuksia metsäluonnossa tapahtuvaan luontaiseen kehityskulkuun. Myös ympäristötutkimuksen alalla on painotettu toiminnan keskittämistä samoille maantieteellisille alueille (Sisula 1985).

3. Metsäekologisten mittausten tarve eri vuodenaikoina

3.1 Yleistä

Viimeiksi kuluneina vuosina sääolot ja erityisesti lämpötila ovat poikenneet pitkäaikaisista keskiarvoista. Näin on tapahtunut sekä talvi- että kesäaikana. Erityisesti metsäpuissa on havaittu ulkoisia muutoksia, jotka on voitu yhdistää keskimääräisestä voimakkaasti poikkeaviin sääjaksoihin. Toisaalta yhteys ilmansaasteisiin on ollut voimakkaasti esillä. Ennakoitu ilmaston lämpeneminen jatkuessaan johtaa siihen, että esim. tiettyihin oloihin ja määrättyyn vaihteluun sopeutuneet metsäkasvit saattavat joutua jo



Kuva 3. Kasvukauden vuorokausikeskilämpötilojen summa $+5^{\circ}\text{C}$ ylittävältä osalta (astepäivää) keskimäärin vv. 1961-1988 (Ilmatieteen laitos, Ilmastotoimisto).

lähitulevaisuudessa entistä ankarampaan kilpailuun elintilasta. Erityisesti syksy, talvi ja kevät voivat olla aiempaan verrattuna hyvinkin poikkeavia. Tätä ennakoivat myös ilmastomuutoksesta laaditut ennustemallit, joiden mukaan lämpötilan nousu Suomen alueella olisi talviaikaan 6-8 ja kesäaikaan 3-5 astetta tilanteessa, jossa ilman hiilidioksidipitoisuus olisi kaksinkertaistunut nykytasoon verrattuna (Kanninen 1992). Eri mallit tosin antavat erilaisia ennusteita, mutta laaja yksimielisyys vallitsee siitä, että ihmisen toiminnasta aiheutuvat päästöt lisäävät kasvihuonekaasuja, josta seurauksena on maanpinnan lämpötilan kohoaminen (IPCC. 1990).

Kasvukausi on perinteisesti ollut keskeinen ekologisen mittauksen havaintokausi ja on sitä edelleenkin. Koska muut vuodenajat ovat yleensä jääneet vähemmälle huomiolle, seuraavassa tarkastellaan mihin ekologiisiin tekijöihin eri vuodenaikoina tulisi kiinnittää huomiota.

3.2 Syksy

"Suomen ilmasto on tätä nykyä lämpimämpi kuin ennen", kirjoittaa Reino Kalliola teoksessa Suomen luonto vuodenaikojen vaihtelussa (Kalliola 1959) ja jatkaa "vanhempi polvi tietää omasta kokemuksestaan, että syksyt nykyisin jatkuvat pitemmälle talvea kohti ja että talvet ovat tulleet huonommiksi kuin entiseen hyvään aikaan". Kuvauksella on selvä yhteys viimeisen viiden vuoden aikana vallinneisiin sääoloihin.

Terminen syksy on määritelmän mukaan (Helminen 1987) sen kauden pituus, jolloin ilman vuorokautinen keskilämpötila laskee $+10^{\circ}\text{C}$:sta nolnaan. Maisemallisena vuodenaikana syksy, samoin kuin kevätkin, ovat kesän ja talven välissä olevia aikoja (Kautto 1942). Ilmaston lämpeneminen merkitsee syksyn jatkumista pitempään. Esimerkiksi 1930-luvulla on todettu syksyn jatkuneen parikymmentä päivää pitemmälle verrattuna 1860-lukuun (Kalliola 1959).

Syksyn jatkuminen aiheuttaa talveentumisprosessien viivästymistä, lumettoman ajan pidentymistä ja ilmeisesti maan kosteusolojen huomattavaa lisääntymistä. Maan lisääntyvän kosteuden ja pitkän syksyn myötä rousteen esiintyminen voi yleistyä ja vaikuttaa metsänuudistamisen onnistumiseen. Pitkään jatkuvan leudon syksyn aikana maan lämpötila pysyy tavanomaista korkeamana. Tästä seuraa, että olosuhteet mikrobitoiminnalle ovat kosteuden myötä suotuisat ja alttiut ravinteiden huuhtoutumiseen lisääntyy, koska puiden ja muiden kasvien ravinnetarve on minimissään. Syksyn piteneminen saattaa havaita esimerkiksi puiden lehtien varisemisen viivästymisenä.

Syksyyn sisältyy siten ekologisesti monia mielenkiintoisia tapahtumia, joiden järjestelylle seurannalle olisi muuttuvissa olosuhteissa tarvetta. Helpoimmin nämä lienevät toteutettavissa fenologisina tutkimuksina (Johansson 1945, Lappalainen 1992).

3.3 Talvi

Syksy muuttuu talveksi lämpötilan laskiessa 0°C alapuolelle (Helminen 1987). Kasvillisuudelle talvi on lepokautta, ja ekologisessa tutkimuksessa mielenkiinto kohdistuu talvella muihin kuin kasvuun välittömästi vaikuttaviin tekijöihin. Näitä ovat lumi- ja routasuhteet sekä tykyn muodostuminen. Ennustetun ilmaston lämpenemisen toteutuessa näissäkin voi tapahtua muutoksia, ja toisaalta esim. metsäpuiden vasteet saattavat tulla talviolosuhteissa merkittäviksi tutkimuskohteiksi (Hänninen 1991). Maanpäällisten osien lisäksi erityistä mielenkiintoa kohdistuu metsäpuiden juuristoon. Mikä on esim. säännöllisen lumipeitteen suojassa talvehtineen juuriston reaktio lumettomaan tai vuoroin jäätyvään ja sulavaan vesimassaan. Myös ne aluskasvit, jotka ovat tottuneet talvehtimaan lumen alla, saattavat jopa taantua hyvinkin nopeasti uusissa oloissa. Näissä tilanteissa ei myöskään ilman epäpuhtauksien merkitystä voida aliarvioida, ja ikivihreinä talvehtivat kasvinosat saattavat joutua myös tässä suhteessa aikaisempaa kovemmalle rasitukselle (Havas 1985).

Ekologisesti mielenkiintoisen tutkimusalueen voisi muodostaa maanpintainversioon (Huovila 1987) liittyvä havainnointi. Säilyykö se tietty topografinen korkeus, jossa talviaikaan laaksojen kylmä ilma muuttuu ylöspäin siirryttäessä nopeasti lämpimämmäksi, samana kun lämpötila kohoaa 5-6°C. Tähän topografiseen korkeuteen voisi muutoin olla yleisempääkin mielenkiintoa metsäekologisia olosuhteita korkeilla alueilla tarkasteltaessa. Niinikään tykyn muodostumisella, tai varsinkin muodostumatta jäämisellä saattaa olla huomattavaakin ekologista merkitystä pohjoisissa oloissa. Myös lisääntyvät talvimyrskyt vähentävät puiden lumikuormaa.

3.4 Kevät

Kevät on se vuodenaika, jolloin lämpötila vuosikulkunsa mukaisesti kasvaa 0-10°C (Helminen 1987). Kevääseen liittyy lumen ja roudan sulaminen. Kasvillisuudessa talvilepo päättyy ja uusi kasvu alkaa. Mielenkiintoisinta kevään ajankohtaan liittyvässä seurannassa on mahdollisesta ilmaston lämpenemisestä aiheutuvat vasteet luonnossa ja erityisesti kevään pitentyminen sekä kehitysrytmien aikaistuminen (Lappalainen 1992).

Oma erityisalueensa on, tapahtuipa ilmaston lämpenemistä tai ei, satunnaisesti vaihtelevan ilman lämpötilan vaikutus kasvien kehitykseen. Esimerkiksi paksu ja myöhään sulava routa hidastaa maan lämpenemistä ja vaikuttaa sitä kautta aluskasvien ja puiden kehitykseen suoraan ja välillisesti. Aikaistuvan kevään myötä kasvien kasvu käynnistyy entistä aikaisemmin, jolloin silmujen puhkeamisen jälkeen sattuvilla kylmillä säillä on vaikutusta puiden ja kasvien kehitykseen.

3.5 Kesä

Terminen kesä on määritelmän mukaan (Helminen 1987) se ajanjakso, jolloin vuorokauden keskilämpötila on yli 10°C. Kesä ja erityisesti kasvukausi (vuorokauden keskilämpötila on yli 5°C) on luonnossa kasvun ja uudistumisen aikaa. Vuotuisen biomassan kasvun lisäksi pituutta kasvavat maanpäälliset osat valmistavat silmut seuraavana keväänä käynnistyvää uutta kasvua varten. Uudistumisen kannalta siemensatojen määrä ja siemenen tuleentuminen, kuten myös marjakasvien marjominen, riippuvat hyvin keskeisesti kasvukauden aikana vallitsevista oloista. Ilmaston lämpenemisen onkin katsottu edistävän metsänuudistumista ja lisäävän kasvua erityisesti pohjoisilla alueilla (Kellomäki 1992). Toteutuessaan näillä muutoksilla on huomattavaa, ei ainoastaan metsäbiologista, vaan myös metsätaloudellista ja metsänhoidollista merkitystä.

Metsäekologisen mittauksen kannalta kaikki mikä liittyy vuotuisen kasvuun ja sen säätelyyn on kasvukauden aikana erityisen mielenkiinnon kohteena. Kesäkauteen ajoittuu pääasiassa myös erilaisten seurantojen toteuttaminen kuin myös luonnon monimuotoisuutta tai muuta tarkoitusta varten kerättävien kasvi- ja eläinhavaintojen teko. Vaikka todennäköisesti muut vuodenajat tulevat kiinnostamaan ekologista tutkimusta lähitulevaisuudessa aikaisempaa enemmän, kasvukauden olosuhteet, niissä tapahtuva ennustamaton vuotuinen ja vuosien välinen vaihtelu sekä luonnon reaktiot näihin, säilyvät epäilemättä yhtenä keskeisenä tutkimusalueena. Tässä järjestetyllä pitkäaikaisella eri tekijöiden seurannalla on keskeinen merkitys.

Se, mihin erityisesti kasvukauden aikana tulisi eniten kiinnittää huomiota, riippuu tutkimusongelmasta. Joitakin yleisiä näkökohtia mahdollista lisäpainotusta tarvitsevista alueista voidaan kuitenkin esittää. Tällöin tulee ensimmäisenä mieleen puiden kasvun ja kunnan vaihtelu suhteessa lämpötekijään, sademäärään ja evapotranspiraatioon. Tämä alue on kiinnostanut tutkijoita jo pitkään ja alalta on myös uudempaa tutkimusta (Henttonen 1984, 1986). Näiden ilmastollisten perusasioiden vaikutuksen entistä tarkempaa tuntemista, erityisesti suhteessa muuttuviin ympäristötekijöihin, tulisi kuitenkin lisätä. Viimeisimmissä pitkältä ajanjaksolta tehdyissä selvityksissä esim. puiden kasvun ja elinvoiman on todettu heikentyneen heinä-elokuun alhaisen sademäärän ja korkean lämpötilan seurauksena (Spiecker 1993).

Ilmeistä tutkimustarvetta olisi myös auringonsäteilyn, säteilyenergian voimakkuuden ja säteilyn allonpituuden jakaantumisessa erilaisissa metsätyypeissä. Lämpövoion ja sitoutuvan lämpöenergian suhde eri olosuhteissa ja eri kehitysvaiheissa olevissa metsissä kaipaisi lisätutkimusta ja auttaisi esimerkiksi puiden kasvuvaihtelun sekä puiden kunnan tulkintaa. Lämpötilalouteen liittyen olisi edelleen tarvetta rakentaa malleja, joilla mitatuista havainnoista voitaisiin johtaa uusia paikallisia arvoja eri topografisille korkeuksille, eri tavoin käsiteltyihin tai eri kehitysvaiheissa oleviin metsiin ja myös eri tavoin muokatulle metsämaalle.

4. Metsäekologiseen tutkimukseen soveltuvien mittausten nykytila

4.1 Yleistä

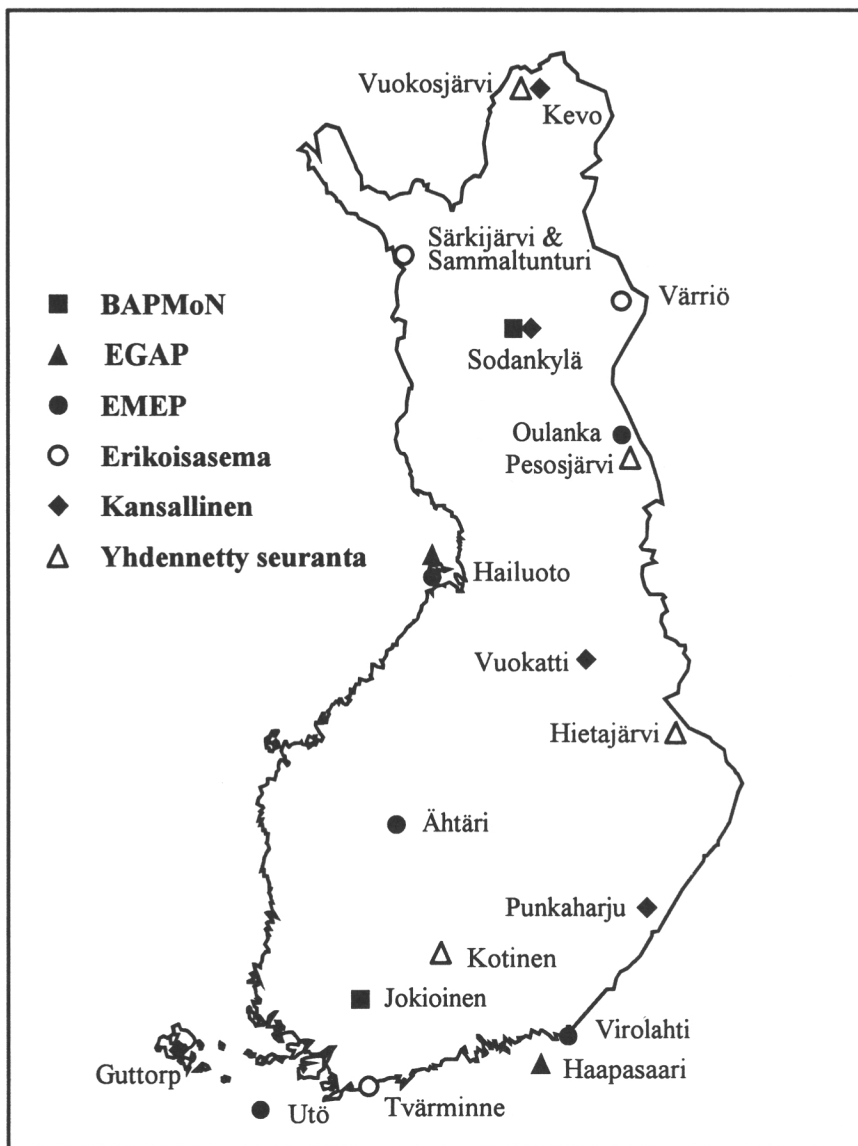
Metsäekologiseen tutkimukseen soveltuvien mittausten nykytilaa tarkastellaan käymällä läpi pääpiirteitä eri yksiköissä tehtävästä tutkimuksesta tai mittaustoiminnasta. Tarkasteluun on pyritty ottamaan ne tieteelliset laitokset ja yksiköt, joiden tutkimustoiminnalla tai mittauksilla on sovellettavuutta metsäekologisessa tutkimuksessa. Käsittely etenee yksiköiden nimen mukaisessa aakkosjärjestyksessä.

4.2. Ilmatieteen laitos

Ilmatieteellisiä havaintoja tehdään Suomessa päivittäin noin 650 havaintoasemalla, jotka eroavat toisistaan havaintotiheyden ja havainnoitavien suureiden suhteen (Heino 1987). Jokioisten ja Sodankylän ilmatieteellisissä observatorioissa suoritetaan vapaan ilmakehän havainnointia. Lisäksi mitataan runsaasti myös muuta havaintoaineistoa, kuten esim. maan lämpötilaa, haihduntaa ja ilman laatua. Lentosääasemia on 20 ja niillä tehdään mm. yleisen sääpalvelun tarvitsemia havintoja tunnin välein. Sääasemia on 28 ja niistä saadaan täydelliset säähavainnot kolmen tunnin välein. Edellisten lisäksi on 106 ilmastoasemaa ja 360 sadeasemaa. Ilmastoasemilla havaintoja tehdään kolme kertaa vuorokaudessa. Mitattavia suureita ovat lämpötila, kosteus, tuuli, sademäärä, maanpinnan laatu ja lumensyvyys, kokonaispilvisuus sekä lisäksi eräät sääilmiöt. Sadeasemilla tehdään havaintoja vain sademäärästä, maanpinnan laadusta ja lumen syvyydestä sekä sääilmiöiden sattumisajoista.

Suomen ilmatieteellinen havaintoasemaverkosto luotiin Suomen tiedeseuran toimesta jo vuonna 1846 (Heino 1985) ja se on nykyisellään varsin mittava (Suomen kartasto 1987). Sitä täydentävät lisäksi useat ilmanlaadun mittausasemat (kuva 4). Ilmatieteen laitoksen mittaamaa havaintoaineistoa on hyödynnetty jo monin tavoin metsäntutkimuksessa. Esimerkiksi metsänuudistamistutkimuksiin on usein liitetty tietoja, jotka on saatu lähimmiltä sää- ja ilmastoasemilta. Ilmatieteen laitoksen havaintosarjoja on käytetty hyväksi myös silloin, kun on haluttu laskea säätietoja jollekin paikalle kauempana tehtyjen havaintojen perusteella (Ojansuu ja Henttonen 1983, Henttonen 1984).

Metsäekologisen havintoverkoston kehittämistä suunniteltaessa olisi perusteltua tukeuta ilmastollisten suureiden mittaamisen osalta ilmatieteellisen havaintoasemaverkoston tuottamaan tietoon ja yhteistyön rakentamiseen sen hyödyntämisessä. Tämän lisäksi tulisi erikseen arvioida näiden havaintojen käyttökelpoisuutta ja kattavuutta metsäympäristössä tarvittavan tiedon kannalta.



Kuva 4. Ilmanlaadun mittausasemien sijainti.

4.3 Maatalouden tutkimuskeskus

Maatalouden tutkimuskeskuksella on yhteensä 24 laitosta, tutkimusasemaa tai muuta yksikköä (kuva 5). Näiden yhteydessä toimii 19 Ilmatieteen laitoksen havaintoverkoston kuuluvaa asemaa. Sen lisäksi useat asemat on varustettu omilla automaattisilla sääasemilla. Mittauksissa rekisteröidään lämpötilaa, ilman suhteellista kosteutta, sadetta ja auringonpaistetunteja sekä talvella lumen ja roudan paksuutta. Useilla asemilla mitataan myös maan lämpötilaa aina kahden metrin syvyyteen asti. Mittaukset liittyvät luonnollisesti eri tutkimusasemien omaan toimintaan, mutta ne tuottavat tietoa myös maatalouden sääpalvelua varten, jota ylläpidetään yhdessä Ilmatieteen laitoksen kanssa.

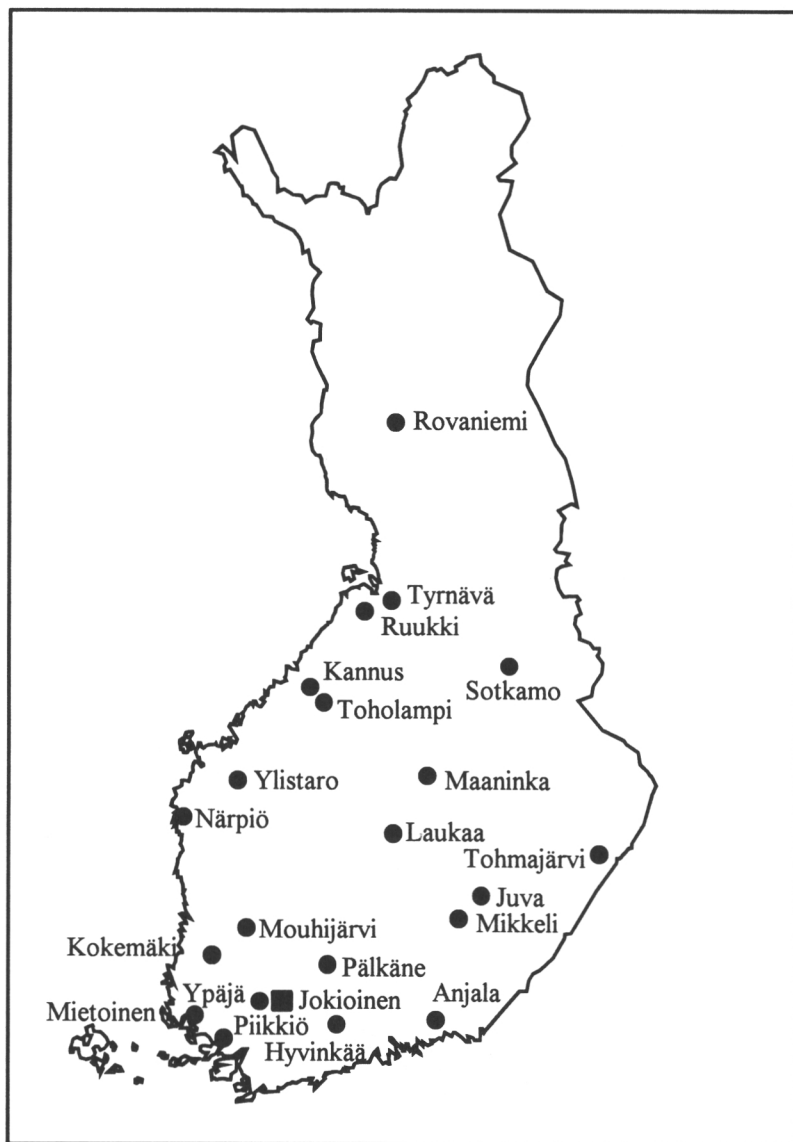
Maatalouden tutkimuskeskuksen ilmatieteellisten havaintojen teko tapahtuu toisaalta omaa tieteellistä tutkimustoimintaa varten, toisaalta yleistä maatalouden sääpalvelua varten. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittämistä ajatellen automaattisen sääasemaverkoston ylläpito ja yhteistyö Ilmatieteen laitoksen kanssa maatalouden sääpalvelun osalta ovat alueita, joista hankittu kokemus olisi perusteltua hyödyntää myös metsäekologiasta havainnointia kehitettäessä. Maatalouden tutkimuksissa myös kasvien vasteet eri tekijöiden vaihtelulle ovat epäilemättä monin tavoin pitkään seurattuja.

4.4 Metsäntutkimuslaitos

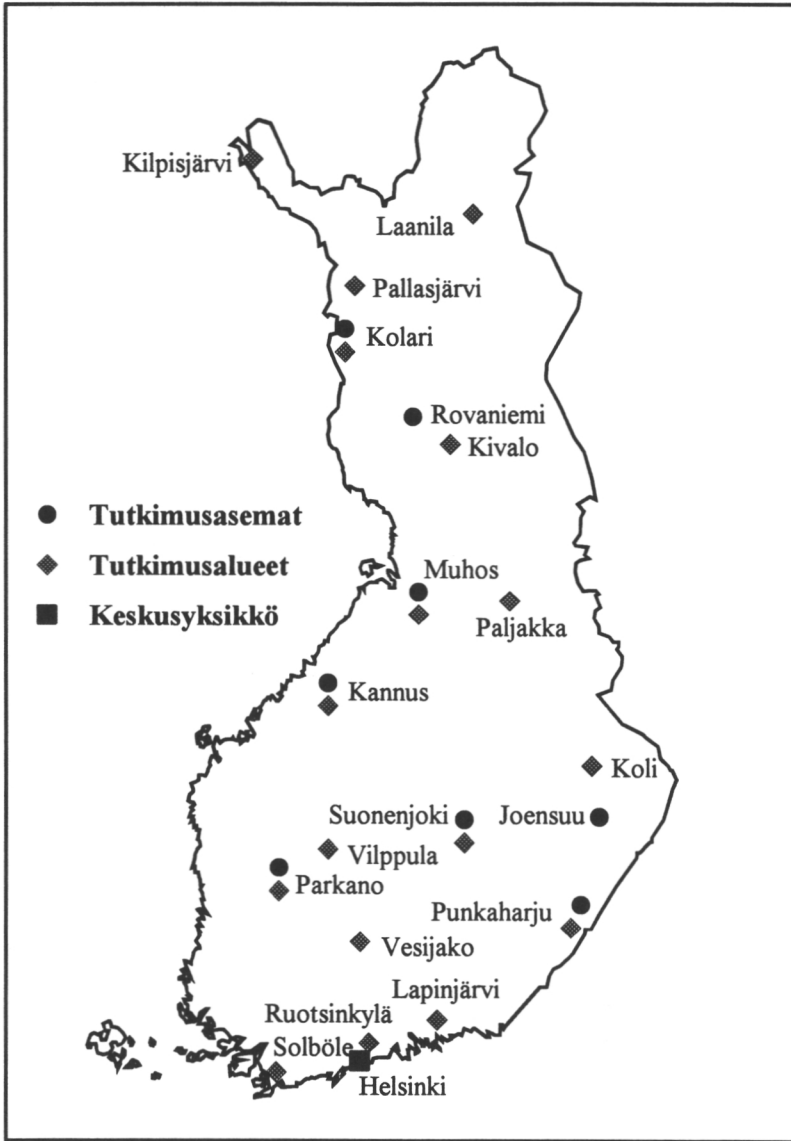
Metsäntutkimuslaitoksen toimintayksiköitä ovat metsäekologian, metsänkasvatuksen ja metsien käytön tutkimusosastot, yleinen osasto sekä Joensuun, Kannuksen, Kolarin, Muhoksen, Parkanon, Punkaharjun, Rovaniemen ja Suonenjoen tutkimusasemat. Kahdeksan tutkimusaseman lisäksi on 17 tutkimusaluetta (kuva 6), joilla on joko tutkimusasemien yhteyteen sijoitetut tai erilliset kiinteät tukikohdat ja pysyvä miehitys. Tutkimusasemilla tehdään alueellista ja valtakunnallista tutkimusta ja ne hoitavat niihin kuuluvia tutkimusalueita. Useisiin tutkimusalueisiin kuuluu myös luonnonsuojelualueita, kuten esimerkiksi Kolin tutkimusalueeseen Kolin kansallispuisto.

Metsäekologian tutkimusosaston toimialaan kuuluvaa tutkimusta tehdään kaikilla tutkimusasemilla. Metsäekologiset mittaukset liittyvät useimmiten johonkin yksittäisen tutkimukseen, mutta lisäksi on myös seurannan luonteista toimintaa. Eri tutkimusten laitetarpeita on myös kartoitettu (Kubin & Poikolainen 1988). Joillakin tutkimusasemilla (Parkano, Kannus, Joensuu) on automaattisesti toimivia sääasemia. Tutkimusasemien yhteydessä on myös Ilmatieteen laitoksen havaintoverkoston kuuluvia sää- tai ilmastoasemia.

Metsäekologiseen tutkimukseen ja seurantaan liittyen Metsäntutkimuslaitoksessa on vuosina 1985-86 perustettu 3 009 pysyvän salaisen koealan verkosto (Valtakunnan... 1986) metsissä tapahtuvien muutosten seuraamiseksi. Paitsi puuvarojen kehitystä, näillä koealoilla tutkitaan vuosittain tai määräajoin toistuvina mittauksina puiden neulaskatoa (Jukola-Sulonen ym. 1987), raskasmetallilaskeumaa (Kubin 1989, Rühling ym. 1992) ja maaperää (Starr & Tamminen 1992). Puiden kasvun sekä puissa havaittavien abioottisten ja bioottisten tuhojen seuraaminen yhdistettynä ekologiisiin ja ympäristötutkimuksiin antaa näille koealoille erityistä laajuutta.



Kuva 5. Maatalouden tutkimuskeskuksen (Jokiainen) sekä tutkimusasemien ja muiden yksiköiden sijainti.



Kuva 6. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusasemat ja tutkimusalueet.

Arvioitaessa metsäekologisen havaintoverkoston kehittämistä, Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusasemat ja tutkimusalueet voisivat muodostaa sillä tapaa hyvän lähtökohdan, että myös vasteiden seuraaminen samanaikaisesti havainnoitavien suureiden kanssa olisi helposti toteutettavissa. Tutkimus- ja luonnonsuojelualueet tarjoavat hyvät mahdollisuudet toteuttaa myös kasveihin ja eläimiin kohdistuvaa seurantaa, jota on jo tehtykin esim. yhteistyössä yliopistojen kanssa. Pysyvien koelajojen verkosto tarjoaa hyvät edellytykset mitä erilaisimpien luonnossa tapahtuvien muutosten seurannalle. Koska koelajoverkosto on systemaattisesti maan kattava, koottu tieto on myös yleistettävissä valtakunnallisesti. Tällä alueella yhteistyöedellytysten selvitys eri organisaatioiden kanssa olisi olennainen tehtävä.

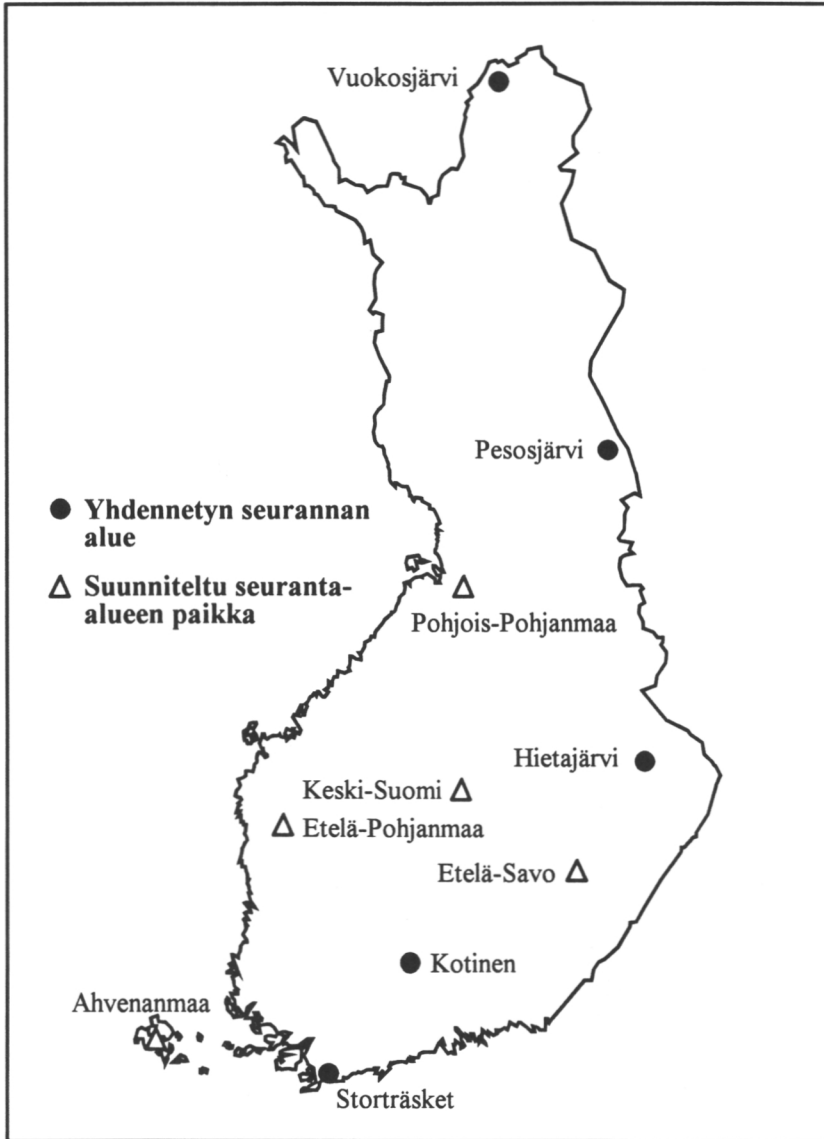
Erityisesti ennakoitun ilmaston lämpenemisen myötä meillä jo pitkään jatkunut fenologisten havaintojen teko (Johansson 1945) on noussut uudestaan esille (Havas 1985, Lappalainen 1992). Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusasemat ja tutkimusalueet antavat helposti erinomaiset mahdollisuudet laajentaa havaintoverkostoa ja seurantaa koko maan kattavaksi organisoiduksi työksi. Kansainvälisen fenologisen tutkimuksen alueella Suomessa on kolme kohdetta (Polte-Rudolf 1992), joista yhden tietojen keruusta on vuodesta 1987 lähtien vastannut Muhoksen tutkimusasema.

4.5 Vesi- ja ympäristöhallitus

4.5.1 Vesi- ja ympäristöhallituksen luonnonsuojelun tutkimusyksikkö

Vesi- ja ympäristöhallituksen luonnonsuojelun tutkimusyksikössä on keskitytty erityisesti maaympäristön erilaisten seurantojen kehittämiseen (Bergström ja Väisänen 1993). Keskeistä on niiden biologian osa-alueiden kartoittaminen, joilla seurantaa tulisi tehdä ympäristöuhat huomioonottaen. Näitä ovat mm. luonnon monimuotoisuuden (biodiversiteetin) seuranta, uhanalaisten lajien ja niiden esiintymispaikkojen seuranta, ympäristömyrkyseuranta ja ympäristönäytepankki sekä luonnonsuojelullisesti arvokkaiden ympäristötyyppien hoitoon liittyvä seuranta. Luonnonsuojeluyksikön toiminta liittyy keskeisesti metsäekologiseen havainnointiin ja erityisesti luonnossa tapahtuvien muutosten seurantaan eliötasolla.

Erialaisten maaympäristöön liittyvien seurantojen kehittämisen ohella vesi- ja ympäristöhallitus vastaa Ympäristön yhdenmetyt seurannan ohjelmaan kuuluvien Suomen kohteiden (kuva 7) koordinoinnista, kasvillisuusseurannoista ja vesien fysikaaliskemiallisista seurannoista. Ympäristön yhdenmetyt seuranta on kansainvälinen ECE:n (Euroopan talouskomission) alaisuuteen kuuluva ympäristön tilan seurantaohjelma (Manual... 1993), joka aloitettiin 1986 pohjoismaisena ohjelmana. Kaikkien maiden seurantatulokset raportoidaan Suomeen, vesi- ja ympäristöhallituksen Ympäristötietokeskukseen, jossa on ohjelman kansainvälinen tieto- ja arviointikeskus. Muut ohjelman toteuttamiseen osallistuvat tahot ovat Suomessa Geologian tutkimuskeskus, Ilmatieteen laitos, metsähallitus, Metsäntutkimuslaitos, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä Helsingin, Joensuun, Turun ja Oulun yliopistot. Jo nykyisellään monipuolista seurantaa on tarkoitus edelleen kehittää biologisen seurannan suuntaan.



Kuva 7. Yhdennetyn seurannan alueet ja uusien suunnitteilla olevien seuranta-alueiden paikat.

Metsäekologisen havaintoverkoston kehittämisessä erityisesti maaympäristön seurantaan liittyvä luonnonsuojelun tutkimusyksikön työ tulisi ottaa huomioon arvioitaessa tarpeita kehittää seurantaa ja havaintoverkosta luonnossa tapahtuvien muutosten tutkimisessa. Niinmuodoin kokemukset monen organisaation yhteistyönä toteutetusta yhdenmukaisen seurannan ohjelmasta olisivat arvokkaita selvitetäessä yhteistyömahdollisuuksia metsäekologisen havaintoverkoston kehittämisessä.

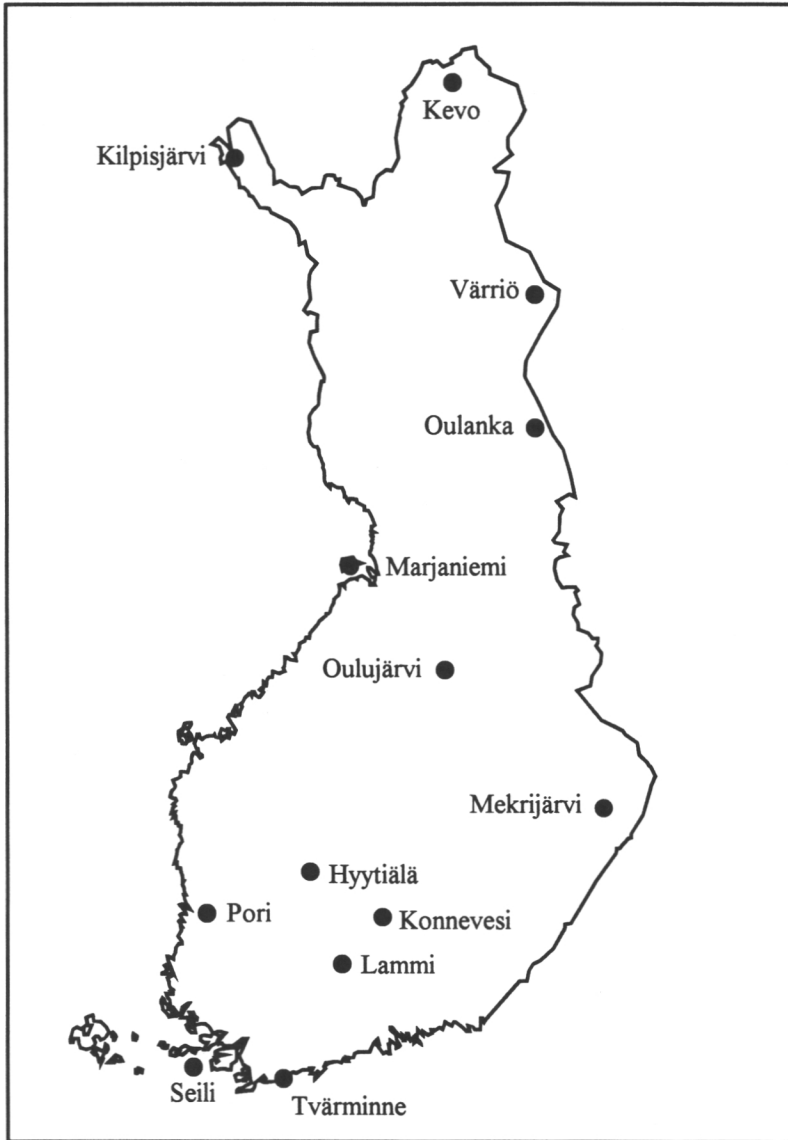
4.5.2 Vesi- ja ympäristöpiirit

Vesi- ja ympäristöpiirit ovat vesi- ja ympäristöhallituksen alueorganisaatioita, joiden toiminta painottuu vesistötarkkailuun. Piirit osallistuvat myös muihin tehtäviin, kuten edellä mainitun Ympäristön yhdenmukaisen seurannan tutkimuksen toteuttamiseen. Vesistö- tutkimuksiin liittyen vesi- ja ympäristöpiireillä on myös joitakin mittauksia, kuten esim. routa- ja lumihavainnot metsäympäristöstä (Soveri & Varjo 1977). Metsäympäristö on jatkossa entistä enemmän mukana, kun vesi- ja ympäristöpiirit kehittävät omien alueidensa seurantaa (Iijoen... 1993).

4.6 Yliopistot

Biologisia ja metsätieteellisiä aineita opettavilla yliopistoilla on yhteensä 12 opetus- ja tutkimuskäyttöön perustettua asemaa (kuva 8). Helsingin yliopistolle kuuluvat Tvärminnen, Lammin ja Kilpisjärven biologiset asemat, Värriön tutkimusasema sekä Hyytiälän metsäasema. Turun yliopistolla on Kevon tutkimusasema sekä Saaristomeren tutkimuslaitos Seili ja Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus Porissa. Jyväskylän yliopistolla on Konneveden tutkimusasema ja Joensuun yliopistolla Mekrijärven tutkimusasema Ilo-mantsissa. Oulun yliopistolla on Oulangan biologinen asema sekä Perämeren ja Oulujärven tutkimusaset. Opetukseen liittyvät kenttäkurssit ovat keskeinen osa näiden asemien toimintaa, mutta sen ohella niissä tehdään myös paljon tutkimusta.

Yliopistojen tutkimusasetmien metsäbiologinen ja ekologinen tutkimustoiminta sekä sen suuntautuneisuus vaihtelee asemittain. Pitkäaikaisesta maaympäristössä tehdystä biologisesta seurannasta kuuluisimpia on Kilpisjärven biologinen asema, jossa on jo vuosikymmenten ajan tutkittu vuosittain sään sekä maaperän, kasvien, pikkujyrsijöiden, lintujen ja petojen useita muuttujia (Järvinen 1992). Vanhimmat havaintosarjat alkavat vuodesta 1946. Pitkäaikaisista tutkimuksista on myös mm. Kevon (Kevo... 1987) ja Värriön tutkimusasetmilla sekä Oulangan biologisella asemalla. Värriön tutkimusasetmalla on viime aikoina kiinnitetty erityistä huomiota Kuolan teollisuuslaitoksista peräisin olevien ilmansaasteiden tutkimiseen ja Mekrijärvellä (Tutkimus... 1991) vastaavasti ilmasto- muutosten seurantaan. Oulangan biologisella asemalla on tehty laajoja kasvillisuuteen ja eläimistöön liittyviä selvityksiä.



Kuva 8. Yliopistojen biologiset ja muut tutkimusasemat.

Useat yliopistojen asemat on varustettu automaattisilla sääasemilla jotka tuottavat ilmastollista perustietoa opetuksen ja tutkimuksen tarpeisiin. Esimerkiksi Hyytiälän metsäasemalla (Leikola 1985) on vuodesta 1981 lähtien seurattu meteorologisia suureita ja myös puiden vasteita ympäristötekijöihin. Yliopistojen asemilla on myös runsaasti kokemusta erityisesti biologisten seurantojen suorittamisessa. Yliopistojen metsäbiologiassa tutkimuksessa hankkimaa kokemusta tulisi kaikin tavoin hyödyntää metsäekologisen havaintoverkoston kehittämisessä.

4.7 Muut

Muita metsäbiologiaan läheisesti liittyviä yksiköitä on esim. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos ja sen asemat. Näitä ei kuitenkaan tässä yhteydessä tarkastella yksityiskohdaisemmin. Arvioitaessa metsäekologisen havaintoverkoston kehittämistä koko maassa ja havainnoinnin mahdollisesti tarvitsemia tukikohtia tai suorituspaikkoja, myös nämä asemat voidaan lukea alustavan tarkastelun piiriin. Vastaavasti, vaikkakaan ei tutkimusyksikköinä, voidaan mainiten todeta metsäoppilaitokset ja myös monet uudet varsin tasokkaat opastuskeskukset, joiden henkilökunnasta epäilemättä tarvittaessa löytyisi apua havaintojen suorittamiseen.

5. Miten metsäekologisten havaintojen suorittamista tulisi kehittää ja yhtenäistää

Metsäekologisen mittausverkoston kehittämiselle on olemassa sekä tutkimuksellisia että käytännöllisiä perusteita. Edellisiä ovat ilmaston satunnainen vaihtelu, ennustettu ilmaston lämpeneminen sekä ilmansaasteet ja laskeuma, joilla kaikilla on enemmän tai vähemmän tunnetut vasteet metsäkasvillisuudessa ja metsäluonnossa yleensä. Lisäksi on viime aikoina keskusteltu uhanalaisista lajeista ja luonnon monimuotoisuuden kaivantumisesta. Maamme ulottuvuudella etelä-pohjoissuunnassa keskieuropalaisen lehtimetsävyöhykkeen reunoilta subalpiinisille alueille pohjoisessa on oma ekologinen merkityksensä. Käytännöllisiä perusteita mittausverkoston kehittämiselle on esimerkiksi nykyisten havaintojen integroimattomuus ja koordinaation vähäisyys.

Käynnissä olevat tutkimukset tuottavat runsaasti lähinnä paikallista tietoa. Poikkeuksena on ilmatieteellinen havaintoasemaverkosto sekä maatalouden sääpalvelu, joiden havainnot kootaan ja julkistetaan kaikkien käyttöön. Toisaalta nämä tiedot eivät ole metsäekologista havainnointia eivätkä toisaalta myöskään kaikilta osin sovellu erilaisissa metsäympäristöissä tehtävän tutkimuksen käyttöön. Metsäekologisen tutkimuksen on tukeuduttava ensisijaisesti metsästä tehtyihin havaintoihin, ja näiltä osin omaa organisoitua metsämeteorologista seurantaa on tarpeen kehittää ja ylläpitää.

Metsäekologisen havainnoinin kehittämisessä, riippumatta siitä mitä suureita mitataan tai mitä luonnonilmiöitä seurataan, on otettava tavoitteeksi samanaikainen koko maan kattava jatkuva tai säännöllisesti toistuva havainnointi. Sen tulisi tarvittaessa olla koko maahan yleistettävissä ja minimissäänkin edustaa keskeisiä ilmastollisia ja kasvimaantieteellisiä alueita. Näin koottu aineisto vastaisi valtakunnallista tarvetta ja olisi hyvä lähtökohta uudelle paikallisesti suuntautuvalla tai tiettyyn tutkimusongelmaan keskittyvälle ekologiselle tutkimukselle.

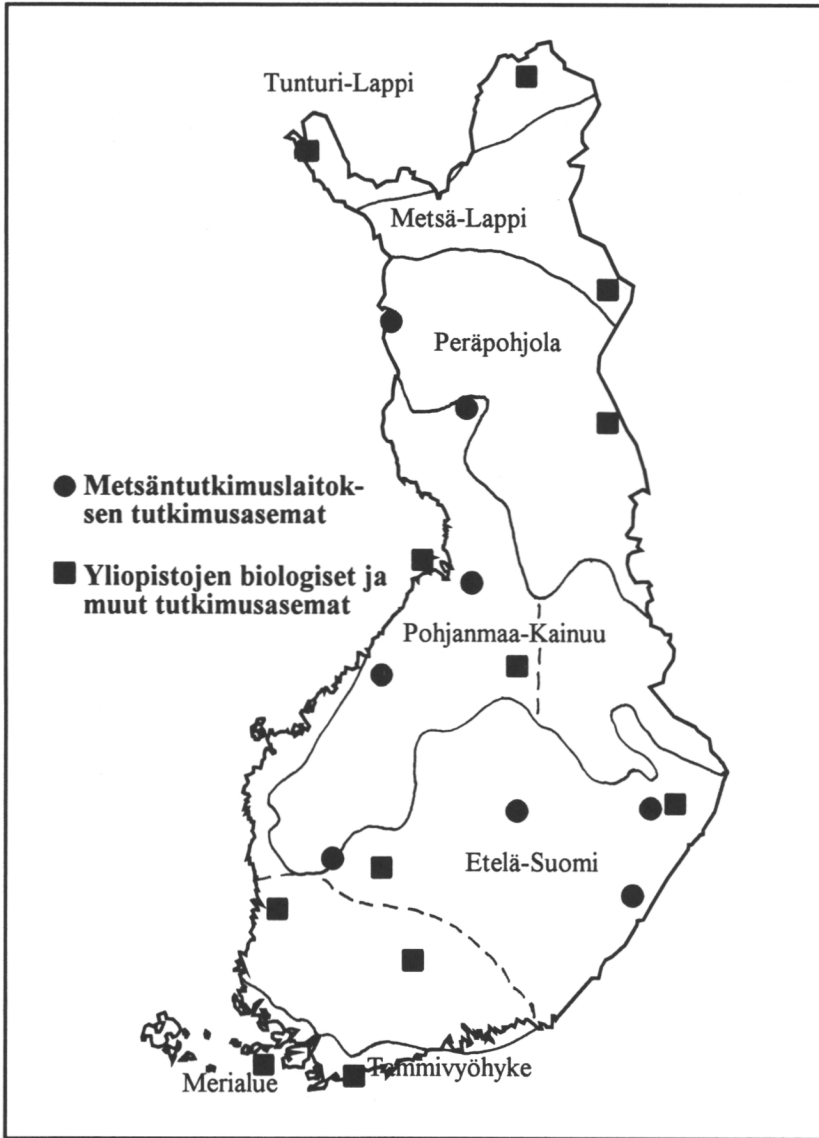
Luonnon monimuotoisuuden ja muiden vastaavien ilmiöiden tutkimisessa Metsäntutkimuslaitoksen pysyvät koealat voisivat avata uusia mahdollisuuksia. Kokemukset näillä tehdyistä seurannoista ovat hyviä. Verkoston koealoihin sidottujen tunnusten mittaamisella saadaan aina koko maahan sovellettavaa tietoa.

Metsäntutkimuslaitoksen asemat ja yliopistojen asemat muodostavat yhdessä 20 tieteellisen tukikohdan verkoston (kuva 9). Alueellisuus on pieniä puutteita lukuunottamatta kattava. Tämä asemaverkosto tarjoaa hyvän lähtökodan ilmastollisten ja muiden suurien mittaamiselle mukaanlukien metsäkasvien vasteet. Jos näitä vielä täydennetään Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusalueilla, koko maahan on haluttaessa nopeasti luotavissa esimerkiksi fenologista seuranta varten erittäin edustava verkosto.

Tiedossa oleva tutkimusvarojen supistuminen vaikuttaa luonnollisesti myös ekologisen seurannan kehittämiseen. Metsäekologinen perusta suurelle osalle metsäntutkimusta on kuitenkin korvaamaton ja kestävä kehityksen olennainen lähtökohta. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen ja ekologisen mittauksen ja seurannan integrointi toisaalta voisivat jopa suhteellisen nopeasti keventää resurssitarvetta. Olisikin perusteltua, että Metsäntutkimuslaitos suurimman yhtenäisen tukikohta- ja koealaverkoston omaavana yksikkönä käynnistäisi yhteistutkimuksen "Metsäekologisen havaintoverkoston integraatio ja laadullinen kehittäminen". Liikkeelle lähtö voisi tapahtua siten, että tutkimusosien sääasemavarustusta lisätään ja niillä käynnistetään määrättyjen tunnusten sekä metsäkasvien vasteiden samanaikainen seuranta koko maassa. Seurattavat tunnukset siirrettäisiin reaaliajassa asemilla olevien mikroverkkojen kautta tutkijoiden käyttöön ja koottaisiin omaksi tietokannaksi. Samanaikaisesti kehitettäisiin integroitumiseen ja mittauksiin liittyvää toimintaa yhteistyössä muiden yksiköiden kanssa.

6. Tiivistelmä

Metsäekologisen havaintoverkoston kehittämistarpeita ja mahdollisuuksia tarkastellaan kasvimaantieteellisen aluejaon ja mittausten nykytilanteen perusteella. Metsäekologinen seuranta alueellisesti kattavana ja kasvien vasteet muutoksiin mittaavana on perusteltua ennakoidun ilmastomuutoksen, ilmansaasteiden ja laskeuman sekä ilmastollisen satunnaisvaihtelun takia. Tätä varten maamme tulee muodostaa integroitu havaintoverkosto seuraamaan muutoksia yhtenevin menetelmin ja tavoittein sekä luoda järjestelmä, jossa mitattu tieto kohtaa helposti tiedon tarvitsijan. Mittauksen ja seurannan tulee edustaa todellista metsäympäristöä ja tulosten pitää tarvittaessa olla koko maahan yleistettävissä.



Kuva 9. Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusasemat, yliopistojen biologiset ja muut tutkimusasemat sekä Suomen kasvimaantieteellinen aluejako.

Metsäntutkimuslaitoksella ja yliopistoilla on yhteensä 20 tutkimusasemaa, joiden alueellisuus on pieniä puutteita lukuunottamatta kattava. Niiden sijainti tarjoaa hyvän lähtökohdan ilmastollisten ja muiden suureiden mittaamiselle mukaanlukien metsäkasvien vasteet. Jos mukaan luetaan vielä Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusalueet, koko maahan on nopeasti luotavissa esimerkiksi fenologista seurantaan varten alueellisesti kattava havaintoverkosto. Ilmatieteen laitoksella on laaja sää- ja ilmastoasemien verkosto sekä useita ilman laadun seurantakohteita. Myös Maatalouden tutkimuskeskuksen useissa alueellisissa yksiköissä seurataan peltoviljelyyn liittyen vastaavia tunnuksia kuin metsäympäristöstä. Toistaiseksi on vähän selvityksiä siitä, miten kunkin yksikön omaa tarkoitusta varten mittaamat tiedot olisivat soveltuvia myös toisten yksiköiden käyttöön ja miten mahdollinen käyttö olisi järjestettävissä.

Julkisten varojen ennakoitu supistuminen edellyttää kiireellisesti jatkoselvityksen aloittamista. Metsäntutkimuslaitos voisi käynnistää asian edistämiseksi uuden tutkimushankkeen "Metsäekologisen havaintoverkoston integrointi ja laadullinen kehittäminen".

7. Kirjallisuus

- Abrahamsen, J., Jacobsen, N.K., Kalliola, R., Dahl, E., Wilborg, L. & Pahlsson, L. 1977. Naturgeografisk regionindelning av Norden. Nu-serien B 1977:(34): 1-137. Stockholm
- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas, J. 1968. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales Botanici Fennici* 5 (3):169-211.
- Bergström, I. & Väisänen, R. 1993. Maaympäristön seuranta vesi- ja ympäristöhallinnossa. Yleissuunnitelma. Muistio. 19 s. Vesi- ja ympäristöhallitus. Luonnonsuojelututkimusyksikkö.
- Havas, P. 1985. Fenologisen seurannan kehittäminen Suomessa. Teoksessa: Helminen, J. (toim.) Kansallinen ilmastokokous. Suomen Akatemian julkaisuja 7(1985): 268.
- Heino, R. 1985. Pitkät ilmastolliset havaintosarjat. Teoksessa: Helminen, J. (toim.) Kansallinen ilmastokokous. Suomen Akatemian julkaisuja 7(1985): 95.
- 1987. Ilmasto. Suomen kartasto. Vihko 131: 1-2.
- Helminen, V. A. 1987. Lämpöolot. Suomen kartasto. Vihko 131: 4-10.
- Henttonen, H. 1984. The dependence of annual ring indices on some climatic factors. Seloste: Vuosilustoindeksien riippuvuus ilmastotekijöistä. *Acta Forestalia Fennica* 1986: 1-38.
- 1986. Puun kasvun ilmastollinen vaihtelu. Raportti Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiölle. 56 s.
- Huovila, S. 1987. Pienilmasto. Suomen kartasto. Vihko 131: 23-24.
- Hämet-Ahti, L. 1981. The boreal zone and its biotic subdivision. *Fennia* 159:(1):69-75.
- Hänninen, H. 1991. Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? Theoretical paper. *Plant, Cell and Environment* 14: 449-454.
- Lijoen vesistöalueen tarkkailun ja seurannan tulokset v. 1962-1991 ja ehdotus ohjelman kehittämiseksi. 1993. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri, Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto. 75 s. 20 liitettä.
- IPCC. 1990. Climatic change - The IPCC scientific assessment (toim. Houghton, J.T., Jenkins, G.J. & Ephraums, J.J.). Report prepared for IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) by Working Group I. Cambridge University Press. Cambridge.

- Johansson, O.V. 1945. Det fenologiska observationsmaterialet i Finland och provstudier av detsamma. *Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk* 88(8):1-118.
- Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkola, K., Nevalainen, S., & Ylikojola, H. 1987. Havupuiden elinvoimaisuus Suomessa vuosina 1985-1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 256. 1-92. 1 liite.
- Järvinen, A. 1992. Pitkäaikaisten tutkimusten merkityksestä ekologiassa. *Luonnon Tutkija* 96: 103-107.
- Kaikko, J. 1942. Suomen maantieteellisten alueiden maisematieteelliset vuodenaajat ja maiseman rytmikaavat. *Terra* 54: 229-243.
- Kalela, A. 1962. Metsäkasvillisuusvyöhykkeistä ja niiden ilmastollisista rinnakkaistyypeistä. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 59(4): 158-160 ja 59(9):318-321.
- Kalliola R. 1959. Suomen luonto vuodenaikojen vaihtelussa. 2. painos. 388 s. WSOY. Helsinki.
- 1973. Suomen kasvimaantiede. 308 s. WSOY. Porvoo.
- Kanninen, M. (toim.). 1992. Muuttuva ilmakehä. Ilmasto, luonto ja ihminen. Katsaus ilmakehämuutosten peruskysymyksiin. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 163 s.
- Kellomäki, S. 1992. Suomen metsäkasvillisuus ja ilmastomuutos. *Ilmansuojelu-uutiset* 16(4): 22-26.
- Kevo subarctic research institute 1987. University of Turku. 14 s.
- Kubin, E. 1989. A survey of element concentrations in the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* in Finland in 1985-86. In: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). *Acidification in Finland*. Springer-Verlag. 421-446.
- & Poikolainen, J. (toim.). 1988. Ekologisten ja ekofysiologisten tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tutkimusosastolla. Summary: The emphases and the need of measuring equipments in the ecological and ecophysiological researches of the department of silviculture. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 299. 40 s.
- Manual for integrated monitoring 1993. Programme phase 1993-1996. Environment Data Centre. National Board of Waters and the Environment. 114 p. Helsinki.
- Lappalainen, H. 1992. Kasvifenologiatutkimuksesta. *Luonnon Tutkija* 96(4): 120-125.
- Leikola, M. 1985. Metsämeteorologinen tutkimus Helsingin yliopiston metsäasemalla. Teoksessa Helminen, J. (toim). *Kansallinen ilmastokokous*. Suomen Akatemian julkaisuja 7(1985): 268.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittautiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish meteorological office. *Silva Fennica* (17)2: 143-160.
- Polte-Rudolf, Ch. 1992. Bemerkungen zu den phänologischen Beobachtungen im Jahr 1991. *Arboreta Phaenologica* 36: 18-34.
- Rühling, Å., Brumelis, G., Goltsova, N., Kvietskus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnússon, S., Mäkinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E. & Steinnes, E. 1992. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1990. *Nord* 1992(12): 1-41.
- Sisula, H. 1985. Ehdotus ympäristön tilan seurantaohjelmaksi. Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A:39. 2. tarkistettu painos. 295 s. Ympäristöministeriö. Helsinki.
- Solantie, R. 1980. Suomen ilmastoalueet. *Terra* 92(1):29-33.
- 1990. The climate of Finland in relation to its hydrology, ecology and culture. Finnish meteorological institute contributions No. 2: 1-130.

- Soveri, J. & Varjo, M. 1977. Roudan muodostumisesta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1955-1975. Summary: On the formation and occurrence of soil frost in Finland 1955 to 1975. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 20: 1-66.
- Spiecker, H. 1993. Does forest growth show decline in Central Europe? Suomen Metsätieteellisen Seuran seminaari 3.3.1993.
- Starr, M. & Tamminen, P. 1992. Suomen metsämaiden happamoituminen. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 115: 7-14.
- Suomen kartasto 1987. Vihko 131: 1-31. Karttaliite.
- Tutkimus Mekrijärven tutkimusasemalla 1991. Joensuun yliopisto.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Pysyvien koalojen kenttätyön ohjeet 1985-1986. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto. Metsäninventoinnin tutkimussuunta. 83 s. 20 liitettä.

Yht. 41 viitettä

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- Nro 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- Nro 2. Tutkimuspäivän alustukset 1972.
- Nro 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- Nro 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
- Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- Nro 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- Nro 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- Nro 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisätoon. 1974.
- Nro 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- Nro 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- Nro 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- Nro 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- Nro 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- Nro 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaarella 1977.
- Nro 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- Nro 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- Nro 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- Nro 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- Nro 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

**Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot
(Muhoksen tutkimusasema):**

- Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatustehot Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämistä. 1981.
- Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
- Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimusosastojen yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyn- tai mikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisien jätteainesten vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätteen metsässä kerättävän tiedon tallennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tutkimusosastolla. 1988.
- Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
- Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
- Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. 1991.
- Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
- Nro 388. Jukka Valtanen ja Aarne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat tekijät Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
- Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
- Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
- Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.