



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1988

720

Vesa Hyvärinen & Pentti Sepponen

KIVALON ALUEEN PAKSUSAMMALKUUSIKOIDEN PUULAJI-
JA METSÄPALOHISTORIAA

Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of
Northern Finland

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 720

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1988

Vesa Hyvärinen & Pentti Sepponen

KIVALON ALUEEN PAKSUSAMMALKUUSIKOIDEN PUULAJI- JA METSÄPALOHISTORIAA

Tree species history and local forest fires in the Kivalo
area of Northern Finland

Approved on 22.7.1988

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. METSÄ- JA METSÄPALOHISTORIAN TUTKIMUSTA	3
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
31. Tutkimusalue	5
32. Tutkimusmenetelmät	6
33. Tutkimuskohteet	7
4. TULOKSET	9
41. Profiili A	9
42. Profiili B	13
43. Profiili C	15
44. Hiilen esiintyminen turveprofiileissa	16
5. TULOSTEN TÄRKAISTELÜ	16
51. Yleistä	16
52. A-profiilin siitepölystratigrafia	16
53. B-profiilin siitepölystratigrafia	20
54. Metsäpalojen esiintyminen	21
55. Metsäpalojen vaikutus kasvillisuuteen	22
6. YHTEENVETO	23
KIRJALLISUUS — REFERENCES	24
SUMMARY	26

HYVÄRINEN, V. & SEPPONEN, P. 1988. Kivalon alueen paksusammalkuusikoiden puulaji- ja metsäpalohistoriaa. Summary: Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland. *Folia Forestalia* 720. 26 p.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vanhan *Hylocomium-Myrtilus*-tyyppisen kuusikon metsäpalo- ja puulajihistoriaa siitepölyanalyysimenetelmällä. Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueella Pohjois-Suomessa. Alueelta haettiin pienialaisia turvekerrostumia, joista otettiin näytteet siitepölydiagrammien laatimiseksi. Metsäpalojen ajankohtien selvittämiseksi laskettiin siitepölypreparaateista myös mikroskooppiset hiilipartikkelit.

Kolmesta turvekerrostumasta saatujen siitepölystratigrafioiden mukaan kuusi (*Picea abies*) levisi Kivaloiden alueelle noin 4000—3200 B.P. Sitä ennen vaarojen lakialueilla on vallinnut *Betula-Pinus*-sekametsä. Viimeistään 3200 B.P. lähtien *Picea abies* on muodostanut Kivaloiden alueella yhtenäisiä metsiä. Se yleistyi aluksi koivun (*Betula sp.*) kustannuksella, mutta syrjäytti vähitellen myös männyn (*Pinus sylvestris*).

Metsäpaloja alueella näyttää esiintyneen harvoin: viimeisten 1700 vuoden ajalta voitiin Kumpukivalon lalalta todeta varmuudella merkkejä vain neljästä metsäpalosta. Metsäpaloissa kuusi (*Picea abies*) on suurelta osin tuhoutunut ja koivu (*Betula sp.*) sen seurauksena runsastunut. Palon jälkeiset koivumetsät ovat kuitenkin muuttuneet vähitellen koivu-kuusi -sekametsien kautta kuusimetsiksi. Mänty (*Pinus sylvestris*) ei ole kuulunut olennaisesti näiden metsien viimeiseen palonjälkeiseen sukkessioon.

The aim was to describe the history of the tree species present in a spruce forest of the *Hylocomium-Myrtilus* type by palynological methods and at the same time to trace the incidence of forest fires in the area. Cores for the construction of pollen diagrams were taken from small peat deposits, and microscopic charcoal particle counts were made from the same samples for the identification of forest fires.

Pollen stratigraphies from three sites show spruce, *Picea abies*, to have spread to the Kivalo area around 4000—3200 B.P., prior to which the hilltops had been covered by a mixed *Betula-Pinus* forest. Widespread forests of *Picea abies* existed in the area by 3200 B.P. at the latest, the species having spread at the expense of first birch, *Betula sp.*, and later gradually also pine, *Pinus sylvestris*.

Forest fires would seem to have been rare in the area, with definite evidence of only four such events within the last 1700 years to be seen on the top of the hill of Kumpukivalo. These fires would seem to have led to the major destruction of the *Picea abies* stands and to a consequent increase in the abundance of *Betula* in the forests. The resulting *Betula* forests nevertheless gradually reverted to *Picea* forests via intermediate *Betula-Picea* stages. *Pinus sylvestris* did not feature to any essential degree in the succession which followed these forest fires, at least in the case of the last such event.

Key words: forest history, succession, forest fires, silvicultural conversion
ODC 43-090.2+182.1/.2+(480.99)

Correspondence: *Pentti Sepponen*: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, PL 16, SF-96300 Rovaniemi, Finland.

ISBN 951-40-1015-9
ISSN 0015-5543

Helsinki 1988. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Paksusammalkuusikolla tarkoitetaan alun alkaen Cajanderin (1916) kuvaamaa peräpohjolaista *Hylocomium-Myrtilus*-tyyppiä, joka kuuluu etenkin pohjoisimman Suomen metsätyypistöön. Pääpuuston muodostaa yleensä kuusi ja se on heikkotuottainen (Sirén 1955). Tavallisimpia esiintymispaikkoja ovat Peräpohjolan ilmastoltaan humidiset vaarat, joiden maa useimmiten on keskikarkeaa tai hienojakoista moreenia.

Sirén (1955) näki vanhat HMT-kuusikot eräänlaisina kuusen aiheuttamina taantumina, jotka metsän sekundäärikehityksen kautta ovat joutuneet rappeutuneeseen ja puuntuotokseltaan heikkoon tilaan. Käytännön ratkaisu tähän oli (Sirén emt. s. 407): "... mahdollisimman yksinkertainen: paljaak-sihakkaus, kulotus ja keinollinen uudistaminen." Näin metsät palautetaan primääritilaansa ja samalla on etenkin "... keskinkertaiset ja huonot HMT:n maat empimättä muutettava männiköiksi." Sirén näki HMT:n pohjoisen MT:n "sekundäärisiin kehitysvaiheisiin" kuuluvana, kun taas esimerkiksi Keltikangas (1959, s. 192) totesi: "... että seinäsammaltyyppi tulee säilyttämään luokitusjärjestelmässämme sen paikan ja itsenäisen aseman, minkä Cajander jo ensimmäisessä tyyppikuvauksessaan sen peräpohjalaiselle variantille HMT:lle antoi ..."

Myös männyn osuus HMT-kuusikoiden kehitysdynamiikassa on sekä teoreettisesti, että käytännön kannalta merkittävä. Kun kohdattiin vaikeuksia uudistettaessa vanhoja kuusimetsiköitä männiköiksi, syntyi esimerkiksi "absoluuttisen kuusimaan" käsite (Sarvas 1971), jolla tarkoitettiin vaikeimmin männylle uudistettavia kuusikoita. Myös tätä käsitettä on viimeaikoina pohdittu uudelleen

ja täsmennetty (Tikkanen 1986). Keltikangas (1959) lukee HMT:hen myös kuusettuneet palomänniköt, jotka kuusettuneiden paloköivikoiden rinnalla muodostavat toisen suknessiolinjan. Sirén (1955) keskitti tarkastelunsa metsäpalonjälkeisiin koivu-kuusi-sekametsiin, mutta pohti myös sitä, voiko HMT kehittyä metsäpalon jälkeen mäntyä kasvavana EVT:ksi tai vaihtoehtoisesti kuusta kasvavana HMT:ksi.

Edellä kuvatuissa tarkasteluissa on yleensä jouduttu turvautumaan eri kehitysvaiheissa olevien koealojen kertamittaukseen. Tärkeä osa kasvilajin tai kasvillisuustyyppin spatiaalisen esiintymisen ymmärtämisessä on tuntee myös niiden esiintymisen historia (esim. Moore & Webb 1978). Tässä tutkimuksessa lähestytään vanhan peräpohjolaisten kuusimetsän palo- ja puulajihistoriaa siitepölyanalyysimenetelmällä, joka paleoekologisen tutkimusmenetelmänä mahdollistaa kasvillisuuden spatiaalis-temporaalisen tarkastelun. Pyrkimyksenä on soveltaa menetelmää paikallisen metsähistorian, tässä tapauksessa HMT-kuusikon historian tutkimiseen ja selvittää sitä niin pitkälle menneisyyteen kuin se menetelmän rajoissa on mahdollista.

Tutkimus on tehty Oulun yliopiston geologian laitoksella ja Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla osana Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman Pohjois-Suomen metsien kasvupaikkaluokitus -tutkimusta. Työn suunnittelivat kirjoittajat yhdessä. Vesa Hyvärinen keräsi ja analysoi siitepölyaineiston. Työn perustana olevan opinnäytetyön ohjaajina toimivat apul. prof. Matti Saarnisto ja FT Pentti Sepponen. Näytteenotossa ja kuvien laadinnassa avusti tutkimusmestari Raimo Pikkupeura. Käännökset suomesta englantiin teki MA Malcolm Hicks. Käsikirjoituksen tarkastivat dos. Sheila Hicks ja dos. Eero Kubin. Parhaat kiitoksemme kaikille työssä avustaneille.

2. METSÄ- JA METSÄPALOHISTORIAN TUTKIMUSTA

Siitepölyanalyysi on tutkimusmenetelmä, jolla selvitetään kasvillisuuden kehitystä maan eri kerrosten siitepölysuhteiden ja siitepölyjen absoluuttisten määrien perusteella.

Kasvillisuus tuottaa runsaasti siitepölyä, joka kerrostuttuaan etenkin kosteisiin ja vähähappisiin kerrostumiin säilyy kemiallisen koostumuksensa ansiosta erittäin hyvin.

Kerrostumispaikan ympäristön kasvillisuuden ja kerrostuvan siitepölytösten eli kunkin paikan siitepölylaskeuman välillä ei ole suoraan kvalitatiivis-kvantitatiivista suhdetta. Siitepölyanalyysin tulosten tulkinta perustuu kasvilajien siitepölytuotannon ja siitepölyn leviämisen ja kerrostumisprosessien eroja koskevaan tutkimukseen. Jääkauden jälkeisen ajan kasvillisuushistoriaa voidaan usein rekonstruoida vertaamalla muinaista siitepölylaskeumaa nykyisten kasvillisuustyyppien tuottamiin siitepölylaskeumiin (Birks & Birks 1980). Koska siitepölyjen leviämisen ja kerrostumisprosessit tunnetaan jo suhteellisen hyvin, voidaan tutkimus myös rajata asetettujen kysymysten kannalta optimaaliseen tutkimuskohteeseen. Näin voidaan mm. tutkimuskohteen valinnalla määrätä se spatiaalinen-temporaalinen mittakaava, johon menneen kasvillisuuden rekonstruoinnissa pyritään (esim. Jacobson & Bradshaw 1981).

Siitepölyanalyysiä on käytetty perinteisesti alueellisen metsähistorian tutkimukseen, josta myös tähän mennessä Peräpohjan alueella tehty metsähistoriatutkimus lähinnä edustaa. Tutkimuskohteet on valittu siten, että kerrostumisen siitepölyspektrit ovat alueellisesti edustavia; on tutkittu kerrostumia, joiden siitepölytösten kertymäalue on suhteellisen laaja. Etenkin Kuusamon seudulla on tehty runsaasti joko varsinaisesti metsähistoriaa koskevia tai sitä sivuavia tutkimuksia (mm. Auer 1923; Vasari 1962; Hicks 1974, 1975 ja Heikkinen & Kurimo 1977). Sallan ja Posion alueilla metsähistoriaa on tutkinut Sorsa (1965), Rovaniemen alueella Reynaud (1974) ja Rovaniemen sekä Länsi-Lapin alueella Saarnisto (1981).

Siitepölyanalyysiä on käytetty myös paikallisen metsähistorian tutkimusmenetelmänä. Esimerkiksi Andersen (1978) tähdentää pienten, 20–30 m läpimittaisten metsän aukkojen pohjalle kerrostuvan siitepölytösten paikallista luonnetta; siinä on edustettuna usein vain yksi metsätyyppi suhteellisen puhtaana kun taas ns. alueellisissa siitepölytöissä on edustettuna useita alueelliseen kasvillisuuteen kuuluvia kasvillisuustyyppisiä tunteamattomassa suhteessa. Paikallisen metsähistorian tutkimuksesta ovat esimerkkejä Andersenin useiden töiden ohella mm. Iversenin (1960) ja Birksin (1982) työt sekä useat metsämaan humuksen ja maannoksen siitepölyanalyysiin perustuvat tutkimukset (mm. Iversen 1958; Vasari 1965; Aaby 1983).

Suomessa on metsäpalojen esiintymistä

seurattu etupäässä metsäpalotilastoinnilla (esim. Saari 1923), metsäpalojen vaikutusta taas on tutkittu pääasiassa ekologisin menetelmin. Esimerkkeinä ekologisista tutkimuksista ovat Sarvaksen (1937a, 1937b) työt metsäpalojen vaikutuksesta eri puulajeihin, aluskasvillisuuteen ja kasvillisuuden kehitykseen sekä ennen kaikkea Sirénin (1955) laaja tutkimus peräpohjalaisen paksusammalkuusi-kon luontaisesta sukkessiosta ja sen ekologiasta. Haapasen & Siitosen (1978) Ulvinsalon luonnonpuiston alueen kulofrekvenssiä, kulojen ajoittumista sekä paloalueiden laajuutta koskeva tutkimus perustui dendrokronologiaan.

Pohjois-Amerikan havumetsävyöhykkeellä on etenkin Heinselman (esim. 1973; myös Houston 1973) tutkinut laajojen alueiden metsäpalohistoriaa palokorojen ja dendrokronologien ajoitusten perusteella. Edelleen palokoroja ja dendrokronologiaa ovat käyttäneet Zackrisson (1977) ja Engelmark (1987) Pohjois-Ruotsissa, sekä myös Vakurov (1975, ref. Tolonen 1983b) Neuvostoliiton luoteisosassa.

Edellä mainituin menetelmin on metsäpalohistorian tarkastelu voitu ulottaa korkeintaan muutamien satojen vuosien päähän ajassa taaksepäin. Kauemmaksi menneisyyteen metsäpalohistoriassa on päästy siitepölyanalyysin ja siihen liitetyn hiilipartikkeli-analyysin sekä järvisedimenttien fysikokeemiallisten analyysien (esim. Cwynar 1978) avulla. Kasvillisuuden historian tutkimiseen siitepölyanalyysiä on käytetty jo pitkään, mutta vasta myöhemmin on alettu havainnoida siitepölyanalyysin yhteydessä sedimentin hiilipartikkelit (esim. Davis 1967; Tsukada & Deevey 1967; Waddington 1969). Varsinaisesti metsäpalohistorian tutkimuksessa ovat siitepöly- ja hiilipartikkeli-analyysiä käyttäneet Pohjois-Amerikassa mm. Swain (1973, 1978) ja Cwynar (1978). Vuosilustoisten järvisedimenttien lustolaskennalla he ovat kyenneet ajoittamaan absoluuttisesti vanhojakin metsäpaloja jopa vuosien tarkkuudella. Suomessa Tolonen (1978) ja Hutunen (1980) ovat käyttäneet hiilipartikkeli-analyysiä yhdessä siitepölyanalyysin kanssa metsäpalojen tunnistamiseen eteläsuomalaisten järvien sedimenteistä.

Hiilen esiintymisestä turvekerrostumissa on olemassa jonkin verran havaintoja. Suomessa, kuten muuallakin, nämä ovat yleensä havaintoja hiilikerroksista turvestratigrafioissa (esim. Salmi 1959; Tolonen 1967; Tolonen

ja Ruuhijärvi 1976). Näihin ei kuitenkaan liity varsinaisia metsäpalotihedden määrityksiä (Tolonen 1983b, ks. kuitenkin Tolonen 1985). Turpeen mikroskooppisen hiilen esiintymiseen ja siitepölyanalyysiin perustuvia

metsäpalotutkimuksia on hyvin vähän (ks. kuitenkin Tolonen 1985 ja Wein et al. 1987), eikä näissäkään ole varsinaisesti lähestytty kysymystä metsäpalojen vaikutuksesta puulajidynamiikkaan.

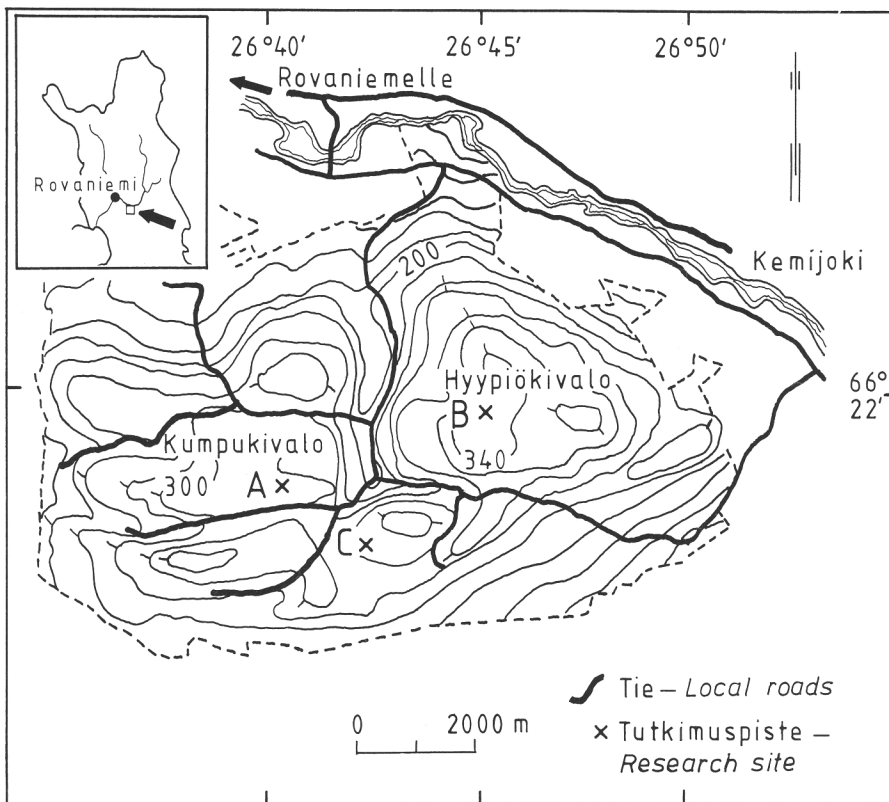
3. AINEISTO JA MENETELMÄT

31. Tutkimusalue

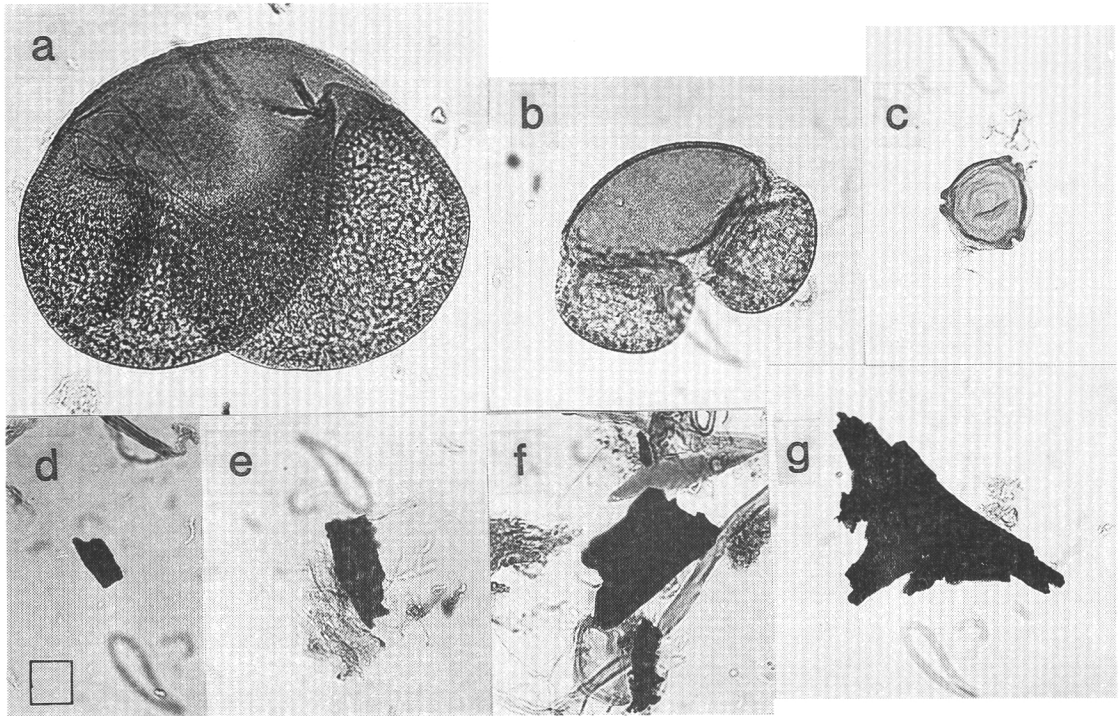
Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueella (sijainti 66°22' p.l., 26°40' i.p., kuva 1). Alue sijaitsee Pohjois-Pohjanmaan ja Peräpohjolan metsäkasvillisuusvyöhykkeiden raja-alueilla (Kalela 1961). Kivaloiden vaarojen kvartsiittisen ja graniittisen kallioperän peitteenä on yleensä moreeni (Suomen geologinen yleiskartta, maaperäkartta n:o 36, Rovaniemi). Korkeimman rannan korkeus alueella on 210–215 m mpy (Kurimo 1979). Alueen korkeus merenpin-

nasta on pääosin 200–408 m, joten maaperä on lähinnä supra-akvaattista moreeniamaata.

Alueen vuoden keskilämpötila on +0...-1°C ja vuotuinen sademäärä 550–600 mm. Alueen humidisuutta osoittavat paksusammalkuusikoiden ohella myös rinne-suot (Havas 1977). Kivalon tutkimusalueen Kemijoen eteläpuolisen osan kokonaispinta-alasta (6677 ha) on Etholén & Saarnion (1977) mukaan 78 % metsämaata, joista taas 76 % on paksusammaltyypin kuusimetsiä. Paksusammalkuusikot esiintyvät alueella hieman alle 200 m:n korkeudelta ylöspäin.



Kuva 1. Tutkimusalueen sijainti sekä tutkimuskohteiden sijainti alueella.
Fig. 1. Location of the area studied and position of the sites.



Kuva 2. Tavallisimpien puulajien siitepölyjä (a = *Picea*, b = *Pinus*, c = *Betula*) sekä erikokoisia hiilipartikkeleita (d, e, f ja g). Mittakaavana yksikköruutu, jonka sivun pituus on 14 μm . Profiili A, näyte 26 cm:n syvyydeltä.
 Fig. 2. Pollen grains representing the most common forest trees (a = *Picea*, b = *Pinus*, c = *Betula*) and charcoal particle of varying sizes (d, e, f ja g). The scale is a grid of mesh 14 μm . Site A, sample from depth 26 cm.

32. Tutkimusmenetelmät

Tutkimusalueelta pyrittiin löytämään pienialaisia suokerrostumia, jotka toteuttaisivat mahdollisimman hyvin vaatimuksen kerrostuneen siitepölystön paikallisuudesta (ks. Jacobson & Bradshaw 1981). Sopivia näyteenottoaikoja etsittäessä kiinnitettiin huomiota myös näkyvien hiilikerrosten esiintymiseen turpeessa. Näyteenottoaikoiksi valittiin kolme turvekerrostumaa (paikat A, B ja C). Valituista turvekerrostumista otettiin kesinä 1984 ja 1986 näytteet laboratorioanalyysejä varten suurehkoina monoliitteina (esim. Aaby 1983).

Laboratoriossa otettiin monoliitteista näytteet siitepölyanalyysiä ja radiohiilimäärytyksiä varten. Samalla tehtiin myös havaintoja turvelajeista, turpeen maantunisuudesta, mahdollisista rajapinnoista sekä makroskooppisen hiilen esiintymisestä. Hiilen esiintymissyvyydet mitattiin 0,5 cm:n tarkkuudella.

Siitepölyanalyysiä varten otettiin kaikista profiileista tilavuustarkat näytteet jatkuvina sarjoina joko preparointiveitsellä leikkaamalla tai metallisilla näyteenotto-saksilla, joissa 1 cm:n korkuinen näyte voidaan myös puolittaa. Siitepölynäytteet käsiteltiin Faegri & Iversenin (1964) ohjeiden mukaan. Mineraaliainesta sisältävät näytteet käsiteltiin lisäksi ns. kuumalla HF-menetelmällä (Faegri & Iversen 1964). Absoluuttisen siitepölymäärän määrittämistä varten lisättiin jokaiseen näytteeseen 1, 2 tai 3 kpl *Lycopodium*-tabletteja, jotka sisältävät tunnetun määrän merkki-itiöitä (ks. Stockmarr 1971).

Analysoituja näytteitä oli 95, laskettu puulajien siitepölyjen summa (Σ AP) oli keskimäärin 450.

Siitepölylaskennan yhteydessä määritettiin myös mikroskooppisten hiilipartikkeleiden määrä pinta-alayksikköinä (ks. esim. Huttunen 1980). Perusyksikkönä pidettiin mittaokulaarin asteikon mukaista 5 x 5 mittayksikön suuruista neliötä, jonka muodostama todellinen pinta-ala on 200 μm^2 . Yksikköruudun neljänestä pienempiä hiilipartikkeleita ei laskettu mukaan. C-profiilin analyysissä hiilipartikkelit luokiteltiin mittariston (perusyksikkö 140 μm^2) avulla kuuteen kokoluokkaan, joissa kussakin pinta-alaa laskettaessa käytettiin pinta-alavälin keskiarvoa (ks. esim. Swain 1978). Puolta yksikköruutua pienemmät partikkelit hylättiin. Hiilipartikkeleiksi tulkittiin mustat ja harmaat, litteät läpinäkymättömät fragmentit (ks. esim. Cwynar 1978; Tolonen 1978; ks. myös kuva 2).

Aineiston tarkastelua varten laadittiin kustakin profiilista suhteellinen siitepölydiagrammi. Diagrammeissa (A I, B ja C) on puulajien siitepölyjen osuudet esitetty sekä osuuksina kokonaissiitepölysummasta (Σ P) että myös osuuksina puulajien siitepölysummasta (Σ AP). Hiilipartikkeleiden pinta-alayksikköiden suhteellinen ja absoluuttinen määrä (diagrammi A II) on esitetty siitepölydiagrammien yhteydessä. Siitepölydiagrammit on jaettu paikallisiin siitepölyvyöhykkeisiin selvien biostratigrafisten muutosten mukaan ja niitä on yksinkertaistettu ryhmittelemällä alkuperäistä analyysiaineistoa. A-profiilin siitepölymäärien absoluuttiset vaihtelut on esitetty siitepölydiagrammissa A II vuotuisina kertymä-



Kuva 3. Valokuva kohteelta A. Nuoli osoittaa turveprofiilin paikan.

Fig. 3. Photograph of site A. The point from which the core was taken is indicated by the arrow.

arvoina neliösenttimetriä kohden.

A-profiilista tehtiin absoluuttista ajoitusta varten radiohiiliajoituksia. Radiohiilianalyysiä varten otetut näytteet leikattiin 2 cm:n korkuisina siivuina siten, että monoliitin ulkopintaa ei tullut näytteeseen. Näytteistä pyrittiin poistamaan resenttiset juuret Olssonin (1979) ohjeiden mukaan. Näytteet lähetettiin ajoitettaviksi Helsingin yliopiston radiohiililaboratorioon (Hel), missä ne ajoitettiin fraktioimattomina. Ajoitustulokset kalibroitiin siitepölyjen kertymäarvojen määrittystä varten kalenterivuosisia vastaaviksi Olssonin (1979) mukaan.

33. Tutkimuskohteet

Tutkimuskohteena olleet suot sijaitsivat Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueella eri vaarojen lakiosissa (Kohde A 305 m mpy, kohde B 350 m mpy ja C 315 m mpy). Kohteiden A ja C profiilit edustavat metsän sisään kehittyneiden pienten soiden (A: 15 x 45 m, C: 20 x 40 m, ks. kuva 3) syvimmän kohdan turve-

kerrostumia. Soita ympäröi paksusammaltyypin kuusimetsä, jonka puustosta noin 90 % on kuusta (*Picea abies*) ja noin 10 % koivua (*Betula pubescens*). Katajaa (*Juniperus communis*) esiintyy jonkin verran. Puuston keskipituudeksi määritettiin 11 m ja keskikuutiomääräksi 78 m³/ha (tutkimuskohde A). A-profiilin turvekerrostuma oli paksuimmillaan näytteenottopisteessä, missä turpeen paksuus oli 65 cm, profiilin stratigrafia on esitetty taulukossa 1. C-profiilista on analysoitu ainoastaan pintaosa, jonka stratigrafia on esitetty taulukossa 2.

Kohteen B profiili edustaa kahden huipun väliin sijoittuvan suonotkelman (15 x 100 m, ks. kuva 4) turvekerrostumaa. Notkelman koillispuolinen rinne ja huippu ovat lakimetsänluonteista HMT-metsää, jossa kuusen osuus on noin 60 %, koivun noin 30 % ja männyn noin 10 %. Puuston keskipituudeksi arvioitiin 7 m ja keskikuutiomääräksi noin 40 m³/ha. Lounaanpuoleinen rinne ja huippu ovat nykyisin istutuskoealueena. Turvekerrostuma oli hyvin ohut, näytteenottopisteessä syvyys oli vain 27 cm. Kerrostuman stratigrafia on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 1. A-profiilin stratigrafia.
Table 1. Stratigraphy at site A.

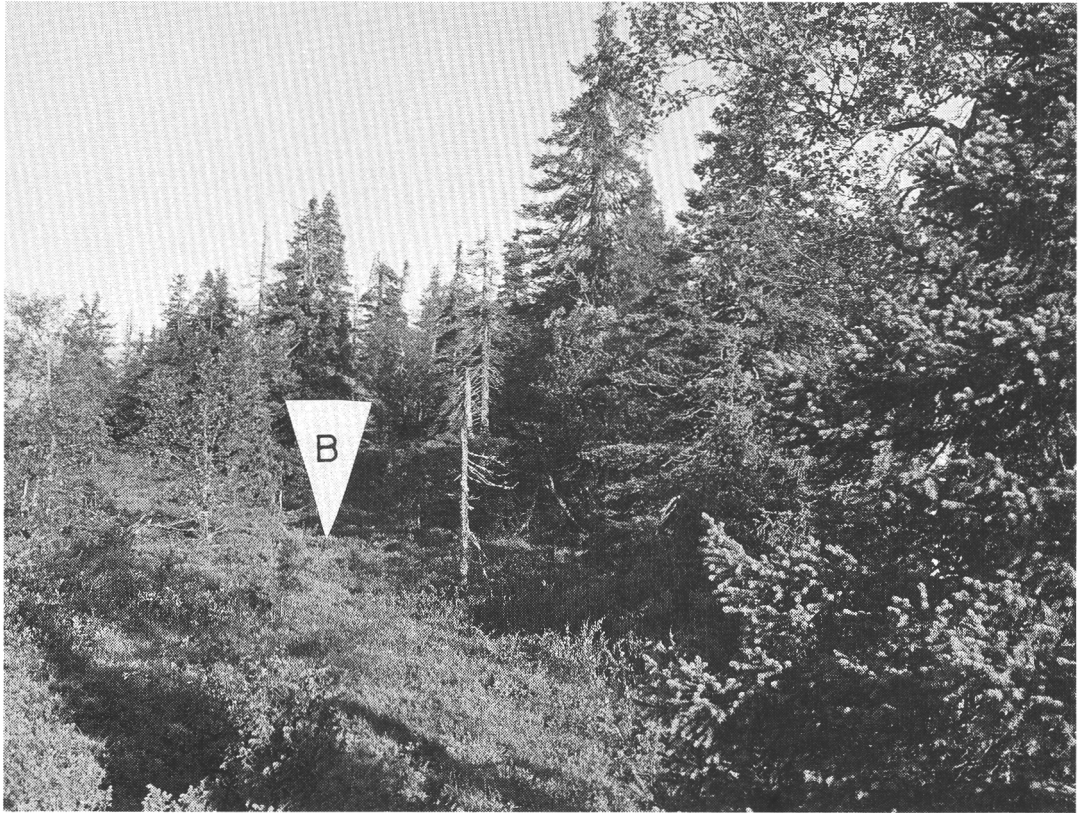
Syvyys Depth cm	Kuvaus Description
0—20	Heikosti maatonut vaalea rahkaturve, jossa hieman varpujen, tupasvillan ja karhun-sammalen jäänteitä. <i>Poorly humified, pale Sphagnum peat with some remains of dwarf shrubs, Eriophorum vaginatum and Polytrichum sp.</i>
20—22	Osittain edellistä maatonuneempi ja tummempi rahkaturve, jossa varpujen jäänteitä. 22 cm:n syvyydellä hieman makroskooppista hiiltä, hiilikerroksen päällä ohut vaalea, heikosti maatonut rahkaturvekerros. <i>Sphagnum peat more humified and darker in places than the above, containing dwarf shrub remains. A little macroscopic charcoal at 22 cm, overlain by a layer of pale, poorly humified Sphagnum peat.</i>
22—25	Kohtalaisesti maatonut rahkaturve (rahkasaraturve). <i>Moderately well humified Sphagnum or Sphagnum-Carex peat.</i>
25—30	Hyvin maatonut ruskeanharmaa rahkasaraturve, jossa hieman puuainesta. Makroskooppista hiiltä 27,5 ja 29 cm:n syvyyksillä. <i>Well humified brownish-grey Sphagnum-Carex peat with a little wood. Macroscopic charcoal remains at depths 27.5 and 29 cm.</i>
30—52	Erittäin hyvin maatonut tumma rahkasaraturve (?), jossa puuainesta. Hiiltä 43 cm:n syvyydellä. <i>Extremely well humified, dark Sphagnum-Carex peat (?) containing wood. Charcoal at depth 43 cm.</i>
52—65	Hyvin maatonut tumma rahkasaraturve (?), jossa puuainesta. Hiiltä 55,5 ja 64 cm:n syvyyksillä. <i>Well humified, dark Sphagnum-Carex peat (?) with wood. Charcoal at depths 55.5 and 64 cm.</i>
65—	Mineraalimaa. <i>Mineral soil.</i>

Taulukko 2. C-profiilin stratigrafia.
Table 2. Stratigraphy at site C.

Syvyys Depth cm	Kuvaus Description
0—8	Heikosti maatonut vaalea rahkaturve, jossa tupasvillan jäänteitä. <i>Poorly humified, pale Sphagnum peat with remains of Eriophorum sp.</i>
8—13	Tummempi, heikohkosti maatonut rahkaturve, jossa tupasvillan jäänteitä. <i>Darker, rather poorly humified Sphagnum peat with remains of Eriophorum sp.</i>
13—35	Keskinkertaisesti-hyvin maatonut ruskeanharmaa rahkavaltainen turve, jossa puuainesta. Selvä makroskooppisen hiilen kerros 21,5—22 cm:n syvyydellä, toinen, heikompi hiilikkerros 26 cm:n syvyydellä. <i>Moderately to well humified, brownishgrey predominantly Sphagnum peat with some wood. A distinct macroscopic charcoal horizon at depth 21.5–22 cm and another weaker one at 26 cm.</i>
35—50	Erittäin hyvin maatonut, tummanruskea turve. <i>Extremely well humified, dark-brown peat.</i>

Taulukko 3. B-profiilin stratigrafia.
Table 3. Stratigraphy at site B.

Syvyys Depth cm	Kuvaus Description
0—12	Heikosti maatonut vaaleahko rahkaturve, jossa hieman varpujen jäänteitä. <i>Poorly humified, fairly pale Sphagnum peat with dwarf shrub remains.</i>
12—17	Keskinkertaisesti maatonut rahkaturve, jossa alaosassa myös sara-heinämäisiä jäänteitä. 17 cm:n syvyydellä tavattu makroskooppista hiiltä. <i>Moderately well humified Sphagnum peat with some remains of sedges and grasses in the lower part. Macroscopic charcoal encountered at depth 17 cm.</i>
17—19	Hyvin maatonut tummanruskea rahkaturve (?), jossa hieman sara-heinämäisiä jäänteitä. <i>Well humified, dark-brown Sphagnum peat (?) with a few remains of sedges and grasses.</i>
19—27	Täysin maatonut, tummanruskea amorfinen turve, makroskooppista hiiltä tavattu 22,5 cm:n syvyydellä. <i>Entirely humified, dark-brown amorphous peat. Macroscopic charcoal found at depth 22.5.</i>
27—	Mineraalimaa. <i>Mineral soil.</i>



Kuva 4. Valokuva kohteelta B. Nuoli osoittaa turveprofiilin paikan.

Fig. 4. Photograph of site B. The point from which the core was taken is indicated by the arrow.

4. TULOKSET

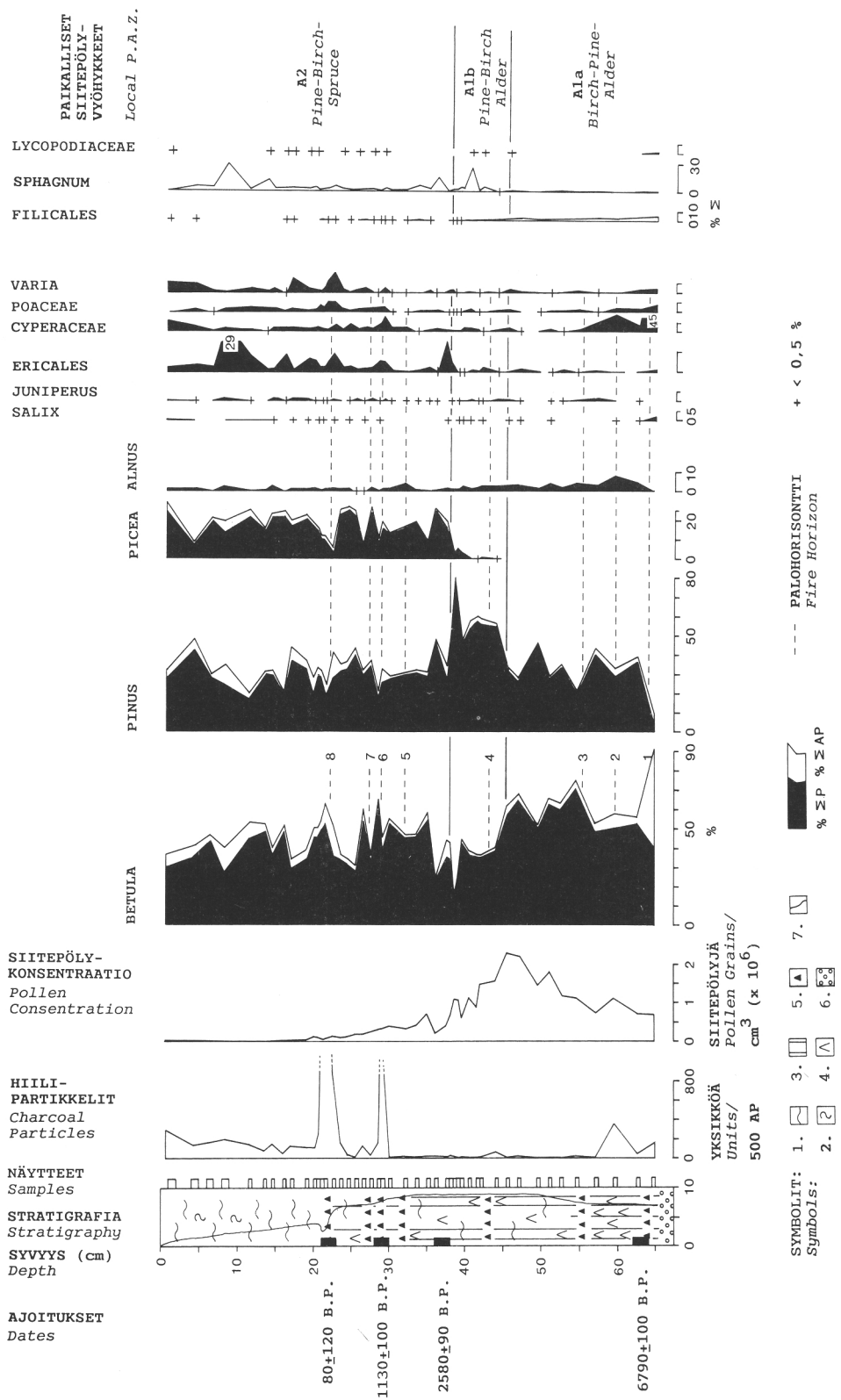
41. Profiili A

Profiili A:n suhteellinen siitepölystratigrafia (kuva 5) on jaettu kahteen paikalliseen siitepölyvyöhykkeeseen, A 1 (*Betula - Pinus*) ja A 2 (*Pinus - Betula - Picea*), joista varhaisempi on lisäksi jaettu kahteen alavaiheeseen, A 1a (*Betula - Pinus - Alnus*) ja A 1b (*Pinus - Betula - Alnus*).

Paikallinen *Betula - Pinus* -vyöhyke (A 1, kuva 5) on selvästi koivun ja männyn siitepölyjen yhdessä dominoiva vaihe. Vyöhykkeen alaosa, A 1a, on hienoisesti koivuvaltainen. Koivun siitepölyn osuus puulajien siitepölyspektristä (Σ AP) vaihtelee 51—90 %:n välillä. Männyn siitepölyn osuus vaihtelee A 1a-alavaiheen kuluessa 14—46 %:n välillä (Σ

AP:stä). Lepän (*Alnus*) siitepölyjen osuus on korkeimmillaan vaiheen alussa (maksimi 8,5 %), mistä se alenee suhteellisen tasaisesti alavaiheen loppuun 3,5 %:n tasolle. Sarakasvien (*Cyperaceae*) runsaan esiintymisen ohella myös heinäkasvien (*Poaceae*) siitepölyjä on vaiheen alussa kerrostunut suhteellisesti enemmän (2—4 %) kuin myöhemmin vaiheen aikana. Muiden ruohovartisten kasvien siitepölyjä on vaiheen aikana kerrostunut vähän. Puiden siitepölyn osuus kokonaispölystä on korkea koko vaiheen aikana (87—98 %) lukuunottamatta profiilin alinta näytettä, ja se kohoaa hieman vaiheen kuluessa.

Betula - Pinus -vyöhykkeen (A 1) yläosassa (A 1b) männyn siitepölyn osuus kasvaa ja se



Kuva 5. Suhteellinen siitepölydiagrammi kohteelta A: Symbolit: 1. Sphagnum, 2. Eriophorum, 3. Carex, 4. Punaies, 5. Makroskooppista hiiltä, 6. Mineraalmaa, 7. Maatuneisuus v. Postin asteikolla.
Fig. 5. Relative pollen diagram for site A. Symbols: 1. Sphagnum, 2. Eriophorum, 3. Carex, 4. Lignid, 5. Charcoal, 6. Mineral soil, 7. Humintosity on v. Post's scale.

vaihtelee 40—80 %:n välillä (Σ AP:sta) ollen keskimäärin 45—60 %:n tasolla. Vaiheen loppuun muodostuu kolmen näytteen terävä mäntymaksimi. Koivun siitepölyn osuus vaihtelee 16—57 %:n välillä (Σ AP:sta) ollen selvästi pienempi (keskimäärin 30—40 %:n tasolla) kuin edellisen vaiheen aikana. Ensimmäiset kuusen siitepölyt esiintyvät A 1b-vaiheen alussa ja kuusen siitepölyjen osuus kasvaa suhteellisen nopeasti vaiheen puolivälin jälkeen. Lepän siitepölyjen osuus alenee edelleen tasaisesti.

Pinus - Betula - Picea -vyöhyke (A 2) on rajattu alkamaan kuusen siitepölyjen suhteellisen osuuden noustessa yli 12 %:n puiden siitepölyjen summasta (ks. esim. Hicks 1977). Kuusen siitepölyjen osuus kasvaa nopeasti 26 %:iin (Σ AP:sta) ja samalla männyn siitepölyjen osuus pienenee 34—48 %:n välille (Σ AP:stä) vaihdellen myöhemmin vaiheen aikana 21—48 %:n (Σ AP:stä) välillä. Koivun siitepölyosuus kasvaa hieman, se vaihtelee kuitenkin runsaasti 22—65 %:n (Σ AP:stä) välillä. Myös kuusen siitepölyosuudessa esiintyy runsaita vaihteluita, alimmillaan se on vain 6 % (Σ AP:stä), tavallisimmin se on kuitenkin 10—20 %:n tasolla. Lepän suhteellinen osuus pysyttelee 4 %:n alapuolella, ajoittain se on alle 0,5 %. Ei-puumaisten kasvien (NAP) siitepölyjen osuus on vyöhykkeen aikana keskimäärin suurempi kuin A 1 -vyöhykkeen aikana vaihdellen 4—30 %:n välillä siten, että se vaiheen kuluessa kasvaa keskimäärin hieman. Sara- ja heinäkasvien siitepölyjen osuudet kasvavat hieman edellisen vaiheen loppupuolelta, molemmat vaihtelevat pääasiassa 2—5 %:n välillä. Muiden ruohovartisten kasvien siitepölyistä esiintyvät runsaina siitepölyosuuksina vain metsämäitikka (*Melampyrum*, maksimi 4 %) ja hilla (*Rubus chamaemorus*, maksimi 9,5)

Niin sanottujen eksoottisten puulajien siitepölyistä esiintyy koko stratigrafiassa vain jalavan (*Ulmus*), tammen (*Quercus*) ja lehmuksen (*Tilia*) siitepölyä muutamia kertoja stratigrafian alaosassa. Pähkinäpensaan (*Corylus*) siitepölyä esiintyy hieman useammin, kuitenkin pääasiassa vain yksittäisinä siitepölyinä.

Pensaiden (*Salix*, *Juniperus*) siitepölyjä esiintyy vähän profiilin alaosassa, pääasiassa vain yksittäisinä alle 0,5 %:n osuuksina eri näytteissä. A 2 -vaiheessa varpujen siitepölyjen osuus kasvaa.

Profiilin alaosassa itiöiden osuus on suhteellisen pieni, *Filicales*-itiöiden osuus laskee

Taulukko 4. Radiohiiliajoitustulokset (A-profiili).
Table 4. Radiocarbon dates for site A.

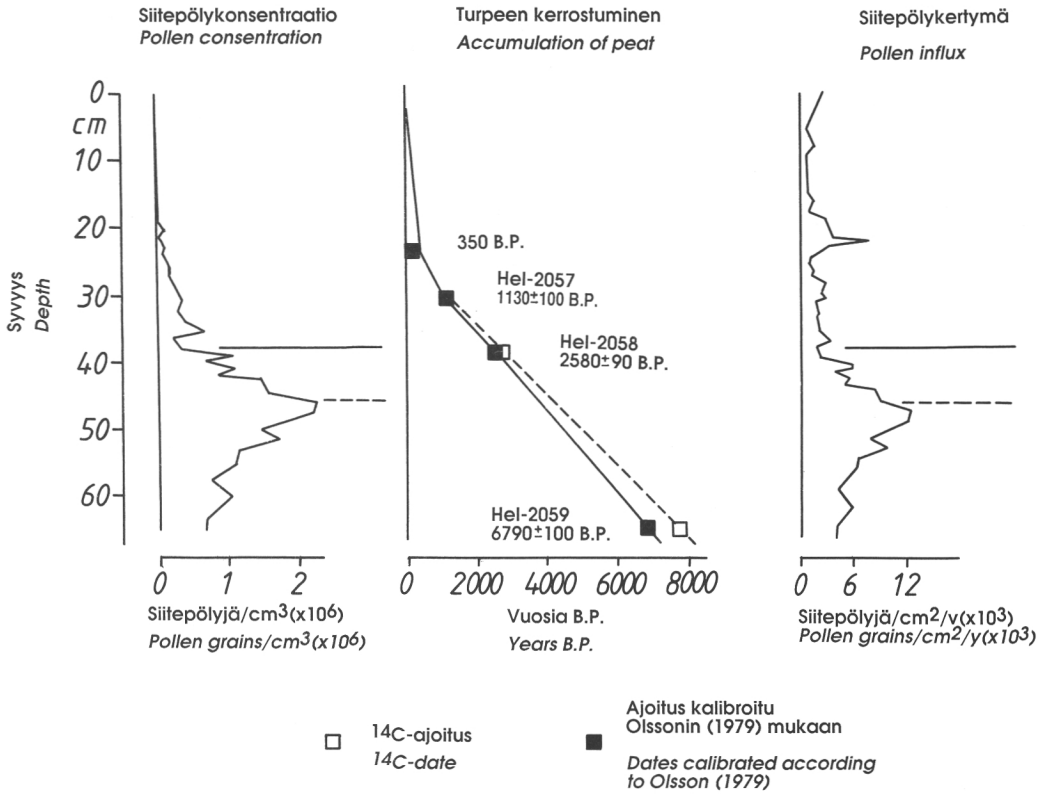
No.	Näytesyvyys Sampling depth cm	Ikä Age vuosia B.P. years B.P.
Hel-2056	21—23	80±120
Hel-2057	28—30	1130±100
Hel-2058	36—38	2580± 90
Hel-2059	62—64	6790±100

tasaisesti noin 5 %:sta 2—3 %:iin. *Sphagnum*-itiöiden osuus pysyy alhaisena koko vaiheen ajan. A 1b -vaiheessa *Filicales*-itiöiden osuus alenee alle 0,5 %:iin, kun taas *Sphagnum*-itiöiden osuus kasvaa edelliseen vaiheeseen verrattuna selvästi ja vaihtelee runsaasti.

Siitepölykonsentraatio on profiilin alaosassa, turpeen ja mineraalimaan kontaktissa noin 700 000 siitepölyä/cm³ turvetta, mistä se kohoaa aina noin 2,2 miljoonaan siitepölyyn/cm³ A 1 -vyöhykkeen alavaiheiden rajalle. Tämän jälkeen siitepölykonsentraatio pienenee nopeasti ja A 2 -vyöhykkeen alarajalla se on enään noin 500 000 siitepölyä/cm³, mistä se edelleen pienenee profiilin yläosaa kohti. Alimmillaan siitepölykonsentraatio on profiilin yläosassa eli vain noin 8 500 siitepölyä/cm³.

Profiili A:n näytteiden radiohiiliajoitusten tulokset olivat taulukon 4 mukaiset. Ajoitustulokset ja iät (vuosia B.P.) on ilmoitettu vuosina vuodesta 1950 (AD) lukien. Taulukon 4 ajoitustulokset perustuvat 14 C:n puoliintumisaikaan 5568 vuotta, ilmoitettuun epätarkkuuteen sisältyvät näytteen mittauksesta ja tarpeellisista vertailumittauksista aiheutuvat statistiset virheet.

Profiili A:n kerrostumisnopeudet laskettiin Olssonin (1979) mukaan kalenterivuusia vastaaviksi kalibroittujen ajoitustulosten perusteella (ks. kuva 6). Profiilin ylin ajoitustulos hylättiin ehdottomasti liian nuorena ajoittamaan tutkimuskohdetta ympäröivän metsikön viimeisen metsäpalon ikää, sillä puuston ikärakenne osoittaa metsikön kehittyneen huomattavasti kauemmin. Jotta profiilin yläosan kerrostumisnopeuden määrittämisessä päästäisiin lähemmäksi todellista kerrostumisnopeutta, ajoitustuloksen tilalle valittiin ympäröivän metsän viimeisen metsäpalon oletettu minimi-ikä 350 B.P. Tämä lienee oikean suuruinen minimi-ikä mm. Norokorven (1979) vain noin kilometrin päässä tutkimuskohteesta sijainneelta koealalta tekemien lukuisien vuosilustolaskujen perusteella (ks. Norokorpi 1979, s. 22).

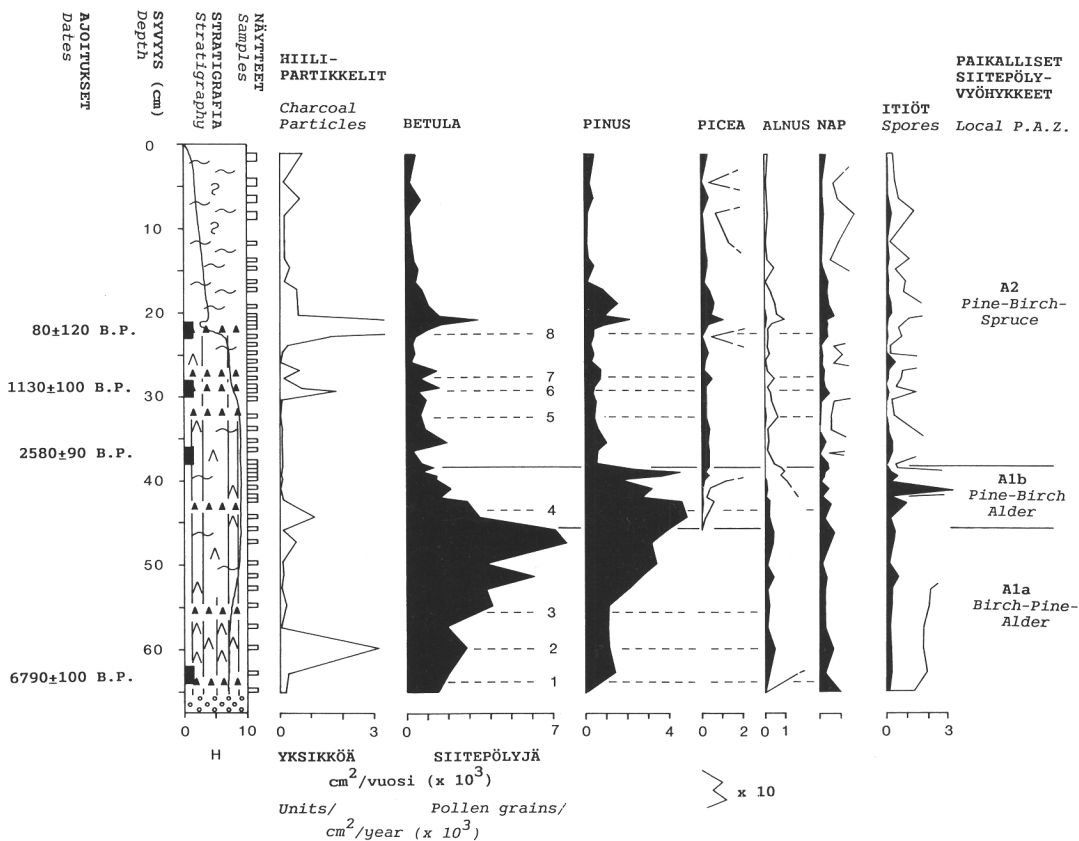


Kuva 6. Siitepölykonsentraatio, turpeen kerrostuminen ja siitepölykertymä A-profiilissa.
 Fig. 6. Pollen concentrations, rate of peat accumulation and pollen influx at site A.

Siitepölyjen vuotuinen kokonaiskertymä (ks. kuvat 6 ja 7) on profiilin alaosassa 4000–6000 siitepölyä/cm², mistä se kasvaa A 1 -vyöhykkeen alavaiheiden rajalle aina noin 12000 siitepölyyn/cm². Männyn siitepölyn hallitseman A 1b -vaiheen aikana siitepölyjen kokonaiskertymä pienenee vyöhykkeen alkuvaiheen tasolle. A 1 -vyöhykkeen kertymäkeskiarvo puiden siitepölyille on 6205 siitepölyä/cm²/v. Kokonaiskertymän suurin kasvu aiheutuu sekä koivun että männyn siitepölyjen kertymän lisääntymisestä siten, että kokonaiskertymän maksimivaiheessa koivun siitepölykertymä on jopa 7500 siitepölyä/cm²/v. Vasta koivun siitepölymäärän pienessä kohoaa männyn siitepölyjen vuotuinen kertymä maksimiinsa, noin 4500 siitepölyyn/cm²/v. Siitepölykertymän keskiarvo on koivulla 3227 ja männyllä 2723 siitepölyä/cm²/v koko vyöhykkeen aikana. Lepän siitepölyn absoluuttinen määrä pysyttelee suhteellisen tasaisena kertymäkeskiarvon ollessa 209 siitepölyä/cm²/v. Kuusen siitepölyjen vuotui-

nen kertymä kasvaa männyn siitepölyjen hallitsemassa A 1b -vaiheessa ja se saavuttaa myöhemmin säilyvän tasonsa, noin 200–400 siitepölyä/cm²/v jo hieman ennen suhteellisen osuuden perusteella määrättyä vyöhykkeiden rajakohtaa.

A 2 -vaiheen aikana siitepölyjen vuotuinen kokonaiskertymä on olennaisesti pienempi kuin aikaisemmissa vaiheissa. Se vaihtelee 1000–3000 siitepölyn rajoissa. Kertymän keskiarvo on 1855 siitepölyä/cm²/v. Selvästi tästä poikkeaa yksittäinen maksimi noin 21 cm:n syvyydellä, jolloin laskettu kokonaiskertymä kohoaa liki 8000 siitepölyyn/cm²/v. Suurin kokonaiskertymän aleneminen johtuu ensin koivun ja sen jälkeen männyn siitepölyjen kertymän pienemisestä. Kuusen siitepölykertymän kasvaessa myös lepän siitepölyn kertymä pienenee selvästi. Vaiheen kertymäkeskiarvo on lepällä vain 30 siitepölyä/cm²/v. Kuusen siitepölyn vuotuinen kertymä säilyy pääosin tasolla, jonka se saavutti jo A 1 -vaiheen aikana. Se on A 2 -vyöhykkeen



Kuva 7. Absoluuttinen siitepölydiagrammi kohteelta A. Symbolit kuten kuvassa 5.
Fig. 7. Pollen influx diagram for site A. Symbols as in fig. 5.

aikana 298 siitepölyä/cm²/v. Koivun siitepölyjen kertymäkeskiarvo on A 2 -vyöhykkeen aikana 907 siitepölyä/cm²/v ja männyn 626 siitepölyä/cm²/v.

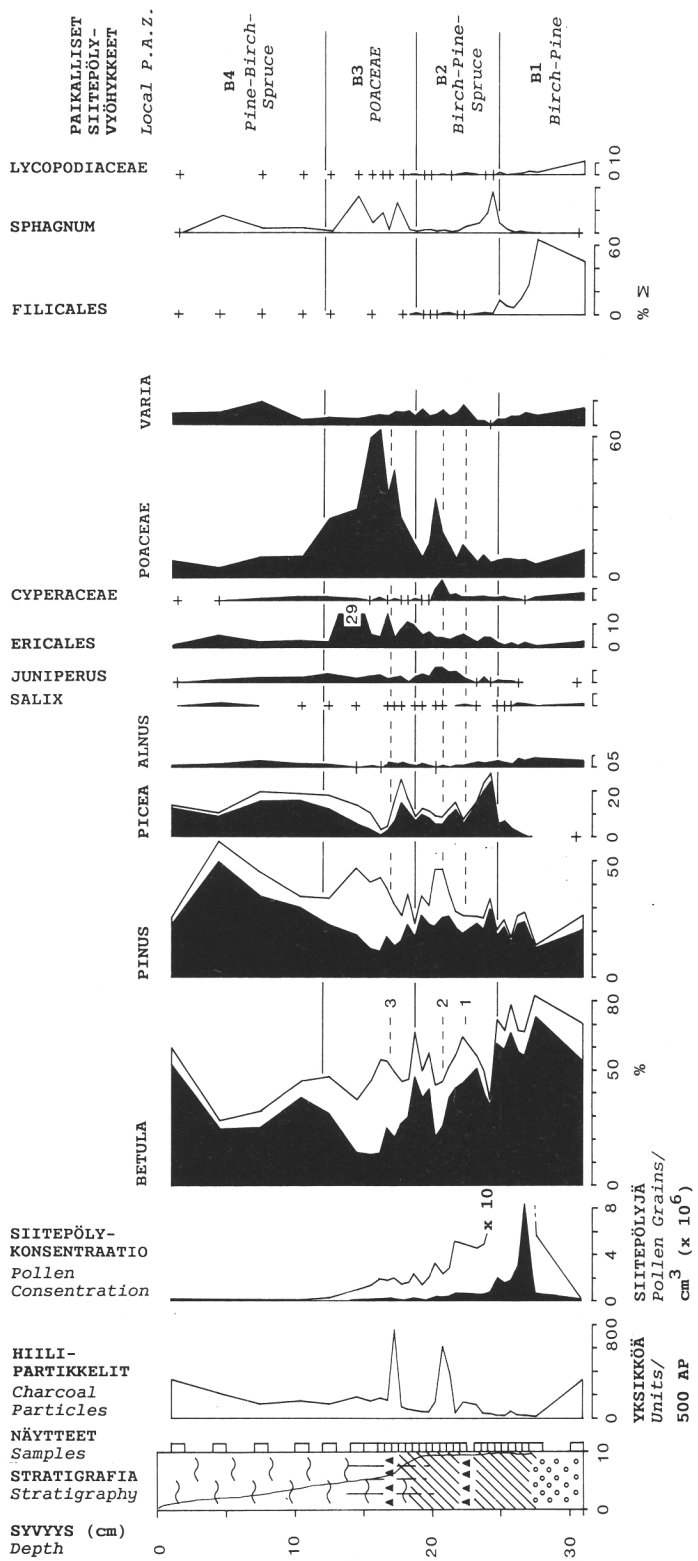
42. Profiili B

B-profiilin suhteellinen siitepölystratigrafia (Kuva 8) on jaettu siitepölystratigrafian tapahtuvien muutosten perusteella neljään paikalliseen siitepölyvyöhykkeeseen. Alin vyöhyke, B 1 (*Betula-Pinus*), on erotettu omaksi vyöhykkeekseen koivun siitepölyjen suhteellisen runsauden vuoksi (66–81 % Σ AP:stä). Männyn siitepölyjä esiintyy 14–28 % (Σ AP:stä). Kuusen siitepölyjen osuus alkaa kasvaa miltei heti turpeen ja mineraalimaan kontaktista ja samalla koivun ja leppäsiite-

pölyosuudet pienenevät. Lepän osuus pysyttelee vaiheen aikana alle 5 %:n. Puiden siitepölyjen osuus kokonaispölystä vaihtelee 78–88 %:n välillä. Pensaiden (*Salix* ja *Juniperus*) ja varpujen siitepölyjä esiintyy korkeintaan 3 %:n osuuksina.

B 2 -vyöhykkeen (*Betula - Pinus - Picea*) alussa kuusen siitepölyjen osuus kasvaa hyvin nopeasti aina 27 %:iin (Σ AP:stä), mutta pienenee sitten 7–13 %:n (Σ AP:stä) tasolle. Vyöhykkeen ala-rajaa on määrätty kuten A-profiilissa. Koivun siitepölyn osuus vaihtelee runsaasti 37–67 %:n välillä (Σ AP:stä) ja männyn osuus kasvaa hieman vaihdellen nyt 23–46 %:n (Σ AP:stä) välillä. Heinien siitepölyjen osuus lisääntyy keskimäärin. Se vaihtelee 6–33 %:n välillä muodostaen yhden selvän maksimin. Puumaisten kasvien (Σ AP) siitepölyjen osuus pienenee vaiheen aikana. Alimmillaan se on vain 46 %.

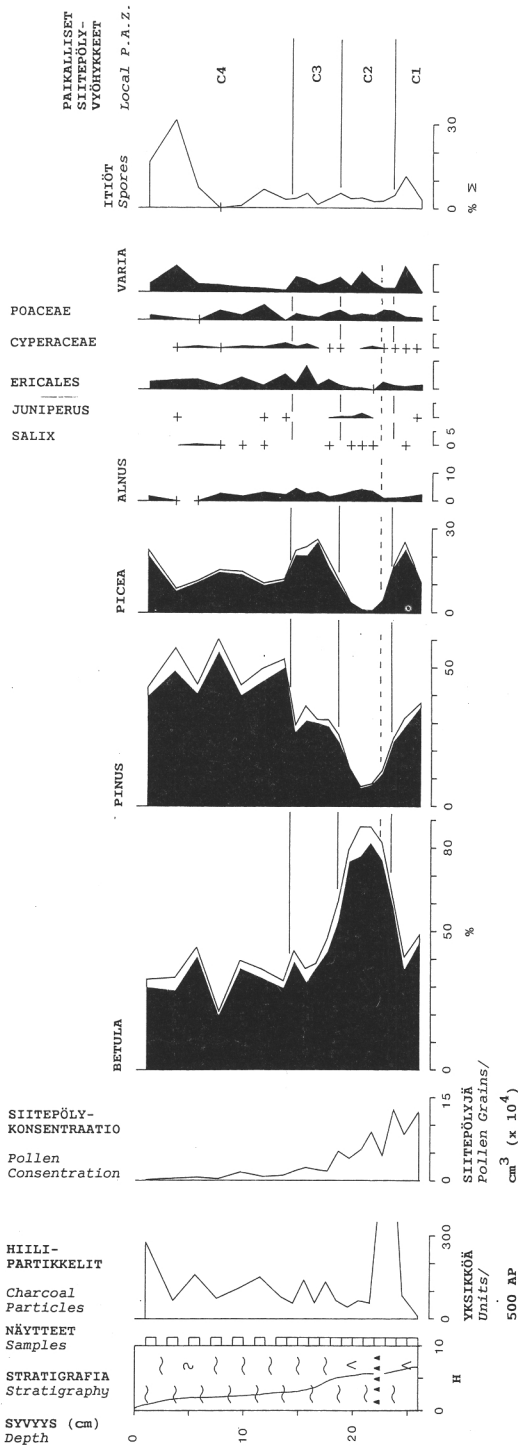
B 3 -vyöhyke (*Poaceae*) on erotettu omaksi



SYMBOLIT: 1.

Symbols: 1.

Kuva 8. Suhteellinen siitepölydiagrammi kohteelta B. Symbolit: 1. Amorfinen turve, muut kuten kuvassa 5.
 Fig. 8. Relative pollen diagram for site B. Symbols: 1. Amorphous peat, others as in fig. 5.



Kuva 9. Suhteellinen siitepölydiagrammi kohteelta C. Symbolit kuten kuvassa 5.

Fig. 9. Relative pollen diagram for site C. Symbols as in fig. 5.

vyöhykkeeseen heinäkasvien siitepölyjen runsauden vuoksi. Heinäkasvien siitepölyjen osuus kasvaa vaiheen alusta noin 15 %:sta aina 62 %:iin, mutta pienenee taas pian. Männyn siitepölyn osuus puiden siitepölyistä kasvaa hieman koivun osuuden pienetessä. Kuusen siitepölyosuudessa on havaittavissa selvä minimi 16–17 cm:n syvyydessä, kuusen osuus putoaa tuolloin aina 3 %:iin (Σ AP:stä). Puumaisten kasvien siitepölytyössä on alimmillaan vain 25 %. Voimakas varpujen maksimi aiheutuu kanervan (*Calluna*) esiintymisestä jopa 26 % osuudella.

B 4 -vyöhykkeen (*Pinus - Betula - Picea*) aikana männyn osuus kohoaa jopa 58 %:iin (Σ AP:stä). Se vaihtelee lähinnä koivun osuuden kustannuksella ja kuusen siitepölyosuus pysyy 10–19 %:n (Σ AP:stä) välillä. Sekä pensaiden että varpujen osuus vähenee edellisestä vyöhykkeestä ja heinäkasvien siitepölyosuus vakiintuu jälleen 6–9 %:n tasolle. Puumaisten kasvien siitepölyjen osuus on jälleen suhteellisen korkea, 77–86 %.

Niin sanottujen eksoottisten puulajien siitepölyjä esiintyy koko profiilissa hyvin vähän, pääasiassa vain yksittäin B 2 -vaiheessa. *Filicales*-itiöitä esiintyy profiilin alaosassa hyvin runsaasti, välittömästi turpeen alaisessa mineraalimaassa jopa 65 %. *Lycopodium*-itiöitä esiintyy turpeessa 0,5–3 %, mineraalimaassa jopa 10 %. B 2 -vaiheessa *Filicales*- ja *Lycopodium*-itiöiden osuudet pienenevät vähäisiksi ja tilalle tulevat *Sphagnum*-itiöt.

Siitepölykonsentraatio on alimmissa turvekerroksissa, aivan turpeen ja mineraalimaan kontaktin yläpuolella huomattavan suuri, jopa yli 8 miljoonaa siitepölyä/cm³, mistä se kuitenkin pienenee nopeasti noin 500 000 siitepölyn tasolle B 1 -vaiheen ylärajalle kuusen siitepölyjen runsastuttua ja pienenee edelleen tasaisesti kohti pintaa. Alimmillaan siitepölykonsentraatio on profiilin yläosassa vain noin 16 000 siitepölyä/cm³.

43. Profiili C

C-profiilin (kuva 9) siitepölystratigrafia on jaettavissa neljään selvästi erottuvaan vaiheeseen, vaiheisiin C 1, C 2, C 3 ja C 4. Vaiheet C 1 ja C 3 ovat toistensa kaltaisia. Niille on yhteistä suhteellisen korkea kuusen osuus (13–26,5 % Σ AP:stä). C 2 -vaihe on vahvasti koivun siitepölyn dominoima. Koivun

osuus on suurimmillaan jopa 87,5 % ja samaan aikaan kuusen osuus laskee aina 0,7 %:iin. C 4 -vaiheessa koivun osuus on alle 45 % ja männyn osuus on nyt suurimmillaan 44—60,5 %:n välillä. Kuusen osuus on vaiheen aikana pääosin 9—15 %:n tasolla. Siitepölykonsentraatio on profiilin alaosassa enimmillään n. 130 000 AP/cm³, konsentraatio laskee yläosaa kohti ja on pienimmillään vain muutamia tuhansia siitepölyjä/cm³.

44. Hiilen esiintyminen turveprofiileissa

Hiiltä esiintyy profiileissa sekä makroskooppisina, silminnähtävinä hiilikerroksina että mikroskooppisina hiilipartikkeleina. Makroskooppisen hiilen esiintymät ovat joko hyvin selviä kerroksia tai vain esim. muutamia hiiltyneitä neulasia samalla horisontaalisella tasolla. A-profiilissa oli yhteensä 7 silminnähtävää hiiliesiintymää, joista etenkin ylimmät, heikommin maatuneessa turpeessa esiintyneet olivat selviä. B-profiilissa esiintyi kaksi selvää hiilikerrosta. C-profiilissa on mukana vain tutkimuskohteen turvekerros-

tuman ylin hiilikerros, joka on selvä makroskooppisen hiilen kerros.

A-profiilin (kuva 5) alaosassa aina noin 30 cm:iin asti mikroskooppisten hiilipartikkeleiden suhteellinen määrä on alhainen, vain muutamia kymmeniä yksiköitä lukuunottamatta alimmaisten näytteiden arvoja (40—330 yksikköä/500 AP). 30 cm:n yläpuolella esiintyy kaksi selvää maksimia noin 29 cm:n (1411 yksikköä) ja 21—23 cm:n syvyyksillä. 21—23 cm:n syvyydellä kahdessa näytteessä hiilen määrä oli liian suuri mitattavaksi. Suuria huippuja lukuunottamatta hiilipartikkeleiden suhteellinen määrä vaihtelee 20—300 pinta-alayksikön välillä/500 AP.

B-profiilissa (kuva 8) mikroskooppisten hiilipartikkeleiden suhteellinen määrä kohoaa profiilin yläosaa kohti muutamasta kymmenestä pinta-alayksiköstä keskimäärin noin 200 yksikköön/500 AP. Hiilen suhteellisessa määrässä on näkyvissä selvät maksimit 20—21 cm:n ja 17—18 cm:n syvyyksillä.

C-profiilissa (kuva 9) mikroskooppisen hiilen määrä vaihtelee 40—230 yksikön välillä lukuunottamatta syvyydellä 22—24 cm, jossa mikroskooppisen hiilen määrä on ollut liian suuri mitattavaksi käytetyllä menetelmällä.

5. TULOSTEN TARKASTELU

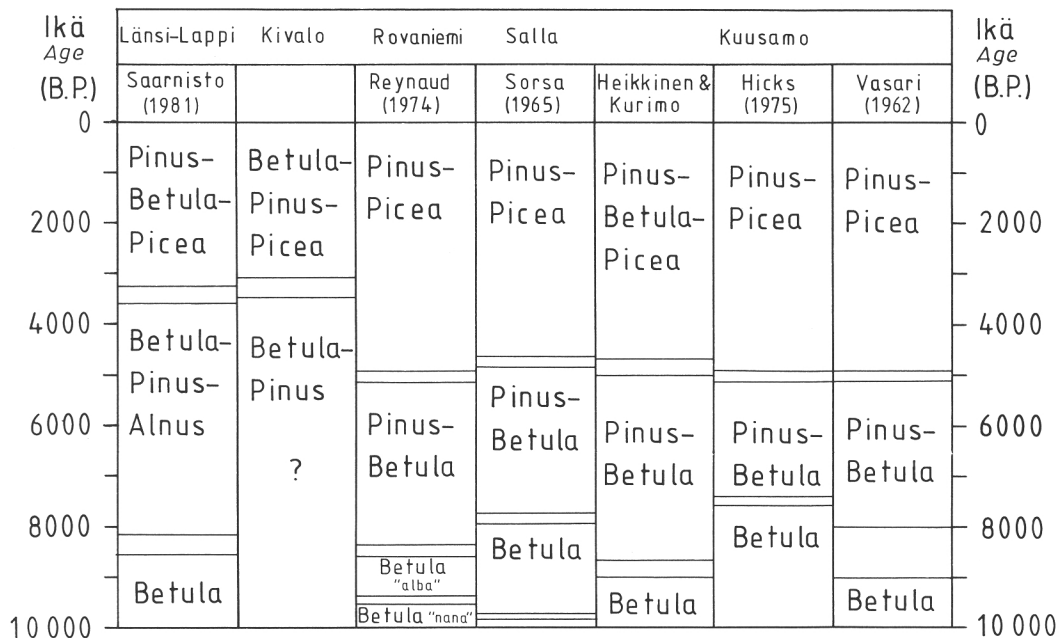
51. Yleistä

Profiilien A ja B siitepölystratigrafiat on laadittu pitkäaikaisen kasvillisuushistorian tarkastelua varten. Profiili C:n siitepölystratigrafia taas edustaa vain kerrostuman yläosaa ja toimii näin esimerkkinä lyhyen aikavälin kasvillisuussukcessiasta. C-profiilin siitepölystratigrafiaa tarkastellaan alueen metsäpohjohistorian tarkastelun yhteydessä.

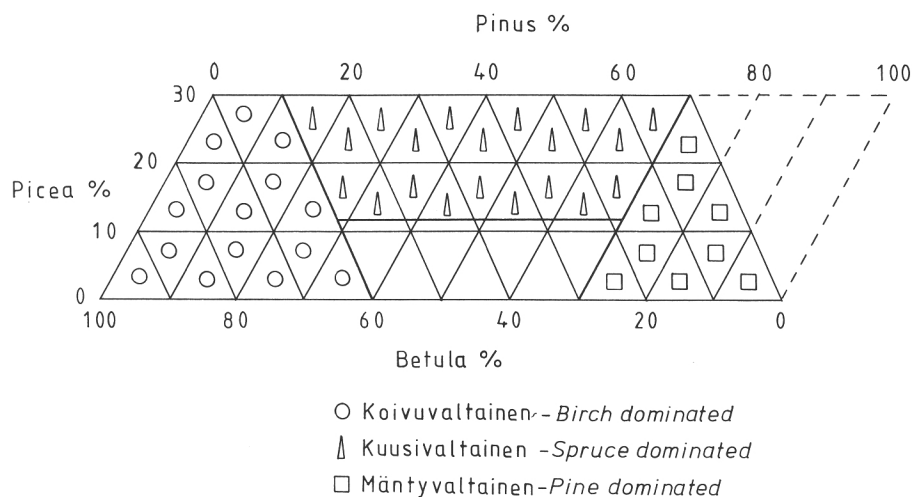
52. A-profiilin siitepölystratigrafia

Profiilin A alaosan siitepölystö on pääosaltaan koivuvaltainen, mutta männyn siitepölyjä esiintyy kuitenkin kohtalaisesti. Koska tämä lievästi koivun siitepölyjen dominoima vaihe edeltää stratigrafisesti kuusen siitepölyjen luonnehtimaa vaihetta, se on rin-

nastettavissa Pohjois-Suomen biostratigrafisessa jaottelussa (esim. Donner 1971) mäntykoivu -vaiheeseen (ks. myös kuva 10). Mäntykoivu -vaihe alkoi Peräpohjolan alueella noin 9000—8000 B.P. (mm. Sorsa 1965; Reynaud 1974; Heikkinen & Kurimo 1977 sekä Saarnisto 1981, vrt. myös Hicks 1975). Hicksin (1977, ks. kuva 11) esittämän kolmio-diagrammin mukaan tulkittuna stratigrafian alempi osa, A la -vaihe edustaisi pääosin koivu-mänty -sekametsän siitepölystöä. Sorsan (1965) ja Reynaudin (1974) mukaan Sallan ja eteläisen Peräpohjolan alueella mäntykoivu-vaiheen metsät olivat koivuvaltaisia. Kuusamon alueella vaihe on jaettu aikaisempaan mänty-leppä -vaiheeseen ja myöhäisempään koivu-leppä-vaiheeseen (ks. Vasari 1962; Hicks 1975; Heikkinen & Kurimo 1977, ks. kuva 10). Peräpohjolan pohjoisosisa ja Metsä-Lapissa vaihe on ollut selvästi männyn dominoima (Sorsa 1965; Lappalainen 1970).



Kuva 10. Korrelaatiodiagrammi Peräpohjolan alueella tehtyjen tutkimusten siitepölyvyöhykejaosta.
 Fig. 10. Correlation diagram for pollen assemblage zones recognized by various authors in the Peräpohjola region.



Kuva 11. Kolmiadiagrammi Pohjois-Suomen pääpuulajien mukaiseen metsätyyppien erotteluun siitepölysuhteiden perusteella. (Hicks 1977.)
 Fig. 11. Triangular diagram for the recognition of the forest types of Northern Finland on the basis of the pollen relations between the principal tree species (Hicks 1977).

Lepän siitepölyjä esiintyy suhteellisesti eniten profiilin alaosassa ja sen osuus vaihtelee samoissa rajoissa kuin yleensä Peräpohjolan alueella mänty-koivu -vaiheen aikana. Saarniston (1981) mukaan leppä levisi Rovaniemen alueelle mänty-koivu -vaiheen alussa. Leppä-maksimi esiintyy yleensä heikkona

mänty-koivu -vaiheen alaosassa, absoluuttisen siitepölystratigrafian (kuva 7) perusteella tämä näyttäisi Kumpukivalolla johtuvan kuitenkin lähinnä siitepölyjen pienemmästä kokonaiskertymästä.

Männyn osuuden kasvu A 1b -vaiheessa 50—60 %:n välille voi merkitä joko männyn

runsastumista tai koivun vähenemistä tutkimuskohdetta ympäröineessä metsässä. Männyn siitepölyjen suhteellinen lisääntyminen kuusen levitessä on yleinen piirre Pohjois-Suomesta esitetyissä siitepölydiagrammeissa. Se johtunee pääasiassa siitä, että kuusi yleisty ennen kaikkea koivun ja leppän kustannuksella (mm. Vasari 1962, 1978; Reynaud 1974; Saarnisto 1981). Ennen kuusen yleistymistä mänty on jo syrjäyttänyt lehtipuita, mutta A 2 -vaiheeseen mennessä kuusi on syrjäyttänyt myös männyn.

A 2 -vaiheen alussa kuusen siitepölyosuus nousee suhteellisen nopeasti aina 25 %:iin. Hicksin (1977) kolmiodiagrammin (kuva 11) mukaan tulkittuna A 2 -vaihe edustaa selvästi kuusimetsävaihetta. Kuusen osuus on kaiken kaikkiaan alhainen, mikä on yleinen piirre siitepölydiagrammeissa jopa täysin kuusivaltaisilla alueilla (mm. Donner 1972; Hicks 1975, 1986; vrt. kuitenkin Vasari 1965). Kuusen alhainen osuus aiheutuu pienestä siitepölytuotannosta (mm. Faegri & Iversen 1964; Birks & Birks 1980) sekä siitepölyjen heikosta leviämiskyvystä (mm. Andersen 1975; Prentice 1985). A-profiilin A 2 -vaiheessa kuusen siitepölyjen osuus on kuitenkin keskimäärin hieman suurempi kuin useimmissa muissa Pohjois-Suomesta laadituissa siitepölydiagrammeissa. Esimerkiksi Hicks (1986) havaitsi Kuusamon alueella kuusimetsien nykyisessä siitepölykertymässä kuusen osuuden olevan 7–12 % ja tuskin kohoavan enimmilläänkään yli 20 %:n. Hicksin tutkimuspaikoilla koivun osuus oli kuitenkin suurempi. Paikallisessa siitepölytöissä on odotettavissa raskaampien, lyhyempiä matkoja lentävien siitepölyjen, esimerkiksi juuri kuusen siitepölyjen, suurempi osuus (Andersen 1975; Prentice 1985).

Kuusen ja koivun siitepölyosuuksien vaihtelut ovat suuria, sillä A-profiilin siitepölystö edustaa tavallista paikallisempaa siitepölystöä. Ympäröivän metsän puulajisuhteiden muuttuessa on odotettavissa selvempiä muutoksia siitepölystratigrafiassa, koska kerrostuvassa siitepölytöissä kauempaa kulkeutuvan, useampia kasvillisuustyyppijä edustavan siitepölystön osuus ja sen paikallisia vaihteluita tasoittava vaikutus on pieni. Leppän suhteellisen osuuden pieneneminen ei ole kovin selvä, kuitenkin se noudattaa myös muualta Pohjois-Suomesta esitettyä kehitystä. Hicks (1986) havaitsi leppän siitepölyjä esiintyvän kuusimetsän siitepölytöissä 0–3 %, vaikka leppää ei lähiympäristössä kasva-

nutkaan.

Niin sanottujen eksoottisten puulajien siitepölyjen esiintyminen on koko stratigrafiassa vähäistä, myös verrattaessa käsillä olevia tuloksia muihin Peräpohjolan alueelta esitettyihin tuloksiin. Tämä onkin odotettavissa pyrittäessä näytteentottoaikan valinnalla kaukana kyseisten puulajien levinneisyysrajalta korostamaan paikallista siitepölystöä.

A-profiilin iäksi saadaan ajoitustuloksen Hel-2059 perusteella hieman yli 7000 B.P., mikäli kerrostumisnopeus oletetaan profiilin alaosaan vakioksi. Ignatiuksen ym. (1980) mukaan Rovaniemen seudun deglasiatio eli jäädä vapautuminen sijoittuu noin 9200 B.P. tienoille, joten ajoitustuloksen mukaan profiilin turpeen kasvu on alkanut noin 2000 vuoden kuluttua jään vetäytymisestä alueelta. Turpeen kerrostumisnopeus on ollut keskimäärin hyvin pieni (0,094 mm/v) verrattuna esimerkiksi Tolosen (1973) esittämiin lukuihin (keskimäärin 0,5 mm/v), mutta Tolonen toteakin turpeen korkeuskasvun vaihtelevan huomattavasti suosta, suotyyppistä ja kasvuajankohdasta riippuen. Suurin kerrostumisnopeus on laskettu pintaosan (ylin 20 cm) turpeelle, mikä on ymmärrettävää turpeen keskeneräisen maatumisprosessin ja heikon kokoonpuristuneisuuden vuoksi (ks. Tolonen 1973). Pienimmillään kerrostumisnopeus on alle 0,05 mm/v 29–37 cm:n välillä, missä turve on määritetty erittäin hyvin maatuneeksi.

Siitepölyjen kokonaiskertymän vaihtelu A 1 -vyöhykkeessä on noin 4000–12000 siitepöly/cm²/v kertymäkeskiarvon ollessa 6204 siitepöly/cm²/v koko vaiheen ajalle. Arvoon sisältyy kuitenkin myös A 1b -vaihe, jossa kertymä putoaa jo kuusen leviämisen myötä, joten varsinaisen kuusen tuloa edeltävän vaiheen kertymä on ollut samaa luokkaa kuin Hicksin (1975) esittämät kertymäarvot Kuusamosta.

Siitepölyjen kokonaiskertymän kasvu kauden aikana on selvä ja se merkinnee metsän tihentymistä tutkimuskohteen ympäristössä. Esimerkiksi Vasari (1978) mainitsee Pohjois-Suomen metsien tihentyneen ilmaston lämmetessä ja saavuttaneen maksimitiheydensä noin 6500–6400 B.P. Toisaalta suon pintakasvillisuuden kehitys voi vaikuttaa siitepölykertymääroihin suodatusvaikutuksen kautta (ks. Tauber 1965; Hicks 1975). A-profiilin alaosaan puuaineksen osuus turpeessa on runsain, mikä voi merkitä runsaspuisempaa vaihetta suolla, tosin pienialaisen suon

turpeen puuaines voi olla peräisin myös suon reunoilta (esim. Birks 1982). Kasvillisuudesta riippumattoman vaikutuksen määritettyihin siitepölykertymäarvoihin voivat aiheuttaa selvät muutuneisuusasteen erot turvejaksolla, joilla kerrostumisnopeus on oletettu vakioksi. 53 cm:n tienoilla maatumisuus kasvaa ylöspäin mentäessä, mikä on voinut vaikuttaa hieman saatuihin kertymäarvoihin. Siitepölykertymän kasvu aiheutuu kuitenkin miltei yksinomaan koivun ja männyn siitepölyjen kertymien kasvusta, tämä viittaisi siihen, että kokonaiskertymän kasvu olisi pääosin todellinen.

Hicks (1975) määrittä Kuusamosta pienen suon turveprofiilista mänty-koivu -vaiheen vuotuiseksi siitepölykertymäksi 6500—9000 siitepölyä/cm²/v, joten A-profiilista määritetty vastaavan vaiheen vaihtelu on suurempi. Koivun vuotuinen siitepölykertymä on kohteessa A ollut enimmillään 7000—8000 siitepölyä/cm²/v, kun se on Kuusamossa (Hicks 1975) ollut alle 6000. Männyn siitepölykertymä on kohteessa A ollut kuten Kuusamossakin enimmillään 4000—5000 siitepölyä/cm²/v. Lepän siitepölykertymä on ollut mänty-koivu -vaiheen aikana 200—250, mikä on samaa luokkaa kuin se on ollut Kuusamossakin (ks. Hicks 1975). Myös absoluuttisen siitepölystratigrafian perusteella A 1 -vyöhykkeen edustama aika on ollut koivu-mänty-sekametsien hallitsema.

A 1b -vaiheessa, kuusen siitepölymäärän alkaessa kasvaa sekä suhteellisesti että absoluuttisesti, siitepölyjen kokonaiskertymä pienenee nopeasti noin 4000 siitepölyn tasolle/cm²/v. Myös Hicks (1975) totesi siitepölykertymän alenevan tuntuvasti kuusen leviämisen yhteydessä, kuitenkin vasta mänty-koivukuusi -vaiheen alussa. Kokonaiskertymän romahtaminen kuusen leviämisen yhteydessä johtuu kuusen heikosta siitepölytuotannosta (mm. Hicks 1975).

Radiohiiliajoitusten perusteella laaditun aikastratigrafian mukaan ensimmäiset merkit kuusesta tavataan noin 4000 B.P. Suhteellisen siitepölystratigrafian perusteella kuusi olisi yleistynyt alueella vasta noin 2800—3000 B.P., riippuen siitä kuinka suurta suhteellista osuutta pidetään paikallisen leviämisen osoittajana. Moen (1970) havaintojen mukaan vasta 15 %:n kuusen osuus alueellisessa siitepölytystössä edustaa kuusen yhtenäistä levinneisyyttä.

Kuusamon alueella taas kuusen osuus nykyisessä paikallisessa siitepölytystössä on 7—

12 % (Hicks 1986). Tolosen (1983a) mukaan jo noin 5 %:n kuusen siitepölyosuus todistaa kuusen kasvaneen alueella.

Koska kuusen siitepölyjen vuotuinen kertymä vakiintuu myöhemmin säilyvälle tasolle jo hieman ennen suhteellisen osuuden kasvun perusteella määrättyä rajaa, voidaan kuusen yleistymistä alueella pitää hieman aikaisempänä kuin suhteellisen stratigrafian perusteella voitaisiin päätellä (ks. myös Hicks 1975). Aartolahden (1966), Reynaudin (1974) ja Tolosen (1983b) mukaan kuusi on levinnyt alueelle 4500—4000 B.P. eli pian Kuusamon alueella yleistymisensä jälkeen (ks. kuva 10). Saarniston (1981) mukaan kuusi yleistyi Rovaniemen alueella vasta 3500—3400 B.P. Reynaudin (1974) ajoitus kuusen yleistymisestä Liistimäs-Suuas-vaaran laella (327 m mpy, noin 50 km Kivaloilta koilliseen) antoi tulokseksi vain 3200±260 B.P., Reynaud pitää mahdollisena, että kuusen leviäminen olisi viivästynyt korkealla vaaralla.

Kivalon alueella kuusen yleistymistä voitaneen pitää myös jonkin verran aikaisempänä kuin tehtyjen radiohiiliajoitusten tulosten perusteella voidaan päätellä. Todennäköisesti ajoitustuloksiin sisältyy jonkinasteinen juuristoeffektin (esim. Olsson 1979) aiheuttama nuorentava ajoitusvirhe, mikä on tyypillistä matalille turveprofileille. Kuusen vuotuinen siitepölykertymä saavuttaa ajoitustulostenkin mukaan jo yli 3500 B.P. arvoja, joihin se myöhemmin kuusimetsien vallitessa tilapäisesti laskee, mikä osoittaisi kuusta esiintyneen alueella jo tuolloin jonkin verran. A 1b -vaihe voikin edustaa miltei kokonaisuudessaan kuusen invaasiovaihetta ja varsinainen ekspansiovaihe olisi näin A 2 -vaiheen alussa (ks. Watts 1973). Edellä esitetyn perusteella voitaneen olettaa kuusen muodostaneen alueella metsiä viimeistään 3500—3200 B.P. lähtien. Ajoitustuloksiin ja kerrostumisnopeuden määrittämiseen sisältyvien epätarkkuuksien vuoksi kuusen paikallisen yleistymisen tarkkaa ajankohtaa on kuitenkin vaikea määrittää.

Absoluuttisen siitepölystratigrafian mukaan kuusi on yleistynyt alueella ennen kaikkea koivun kustannuksella, mänty on väistynyt kuusen tieltä hieman hitaammin. Lepän siitepölykertymän selvä pieneneminen osoittaa myös lepän väistyneen kuusen tieltä, kuten muun muassa Vasari (1962, 1978), Reynaud (1974) ja Saarnisto (1981) ovat todenneet. Kuusen muita puulajeja myöhäisempi

jääkauden jälkeinen yleistyminen on yleensä yhdistetty ilmaston viilenemiseen, vaikkakin sitä on myös pidetty pelkäästä viivästyneen migraation aiheuttamana ilmiönä (esim. Birks 1981). Kuusen yleistymisen jälkeen ilmaston kosteuden lisääntyminen ja kuusi itse kasvualustaansa muuttavana ovat nopeuttaneet mm. maaperän huuhtoutumista, mikä on edelleen parantanut kuusen kilpailuasemaa etenkin lehtipuihin nähden.

A 2 -vyöhykkeen aikainen vuotuinen kokonaissiitepölykertymän keskiarvo on 1855 siitepölyä/cm², mikä on hieman suurempi kuin Hicksin (1975) esittämät kertymäarvot vastaavasta vaiheesta. Kuusamon alueen kuusivaltaisen metsän nykyinen siitepölykertymä on Hicksin (1986) mukaan keskimäärin noin 2800 siitepölyä/cm²/v. Kuusen vuotuinen siitepölykertymä on Kivalon kuusimet-sävaiheen aikana ollut keskimäärin 297 siitepölyä/cm²/v, mikä on vain hieman suurempi kuin Hicksin (1986) esittämä keskimääräinen kertymäarvo Kuusamon nykyisestä siitepölykertymästä. Männyn siitepölykertymän keskiarvo on Kivaloilla ollut 626 siitepölyä/cm²/v (Hicksillä 760), mikä osoittaa, ettei Kumpukivalon metsässä ole kuusimetsien aikana kasvanut sanottavasti mäntyä. Absoluuttisena kuusimaana ei tutkimuskohteen ympäristöä kuitenkaan voitane pitää, onhan mäntyä esiintynyt paikalla ennen kuusen leviämistä aikana jolloin kuusen kaltaisia vahvoja kilpailijoita ei alueella ollut. Koivun kertymäkeskiarvo, 907 siitepölyä/cm²/v, osoittaa myös koivua kasvaneen kuusimetsävaiheessa vähän (vrt. Hicks 1986). Lepän vähäinen siitepölykertymä osoittaa ettei tutkimuskohteen ympäristössä ole leppää enää kuusimetsien aikana juuri kasvanut.

A 2 -vyöhykkeessä esiintyy selvä kertymäarvojen poikkeama 20—21 cm:n syvyydellä, tällöin lasketut kertymäarvot ovat miltei poikkeuksetta huomattavasti suuremmat kuin normaalisti. Männyn ja koivun kertymäarvot eivät ylitä varhaisempia maksimi-arvoja, mutta kuusen siitepölykertymä kohoaa jopa 2—3-kertaiseksi normaaliin nähden. Poikkeama johtunee pintaturpeen suhteellisen suurista maatuneisuus- ja tiivistyneisyseroista turvejaksolla, jolla kerrostuminen on jouduttu olettamaan tasaiseksi.

53. B-profiilin siitepölystratigrafia

B-profiilin siitepölystratografiassa alaosa (B 1) on selvästi koivun dominoima, Hicksin (1977) mukaan tulkittuna se edustaa vahvasti koivun dominoimaa metsävaihetta. Siitepölykonsentraatio on turpeen ja mineraalimaan kontaktin yläpuolella hyvin suuri, joten kokonaisuudessaan voidaan vaiheen olettaa olleen suhteellisen pitkän (ks. myös Auer 1923). Männyn siitepölyn suhteellinen osuus on vyöhykkeessä pieni, mikä johtunee koivumetsän suuremmasta siitepölytuotannosta (vrt. profiili A). Männyn osuus puustossa on tuskin ollut nykyistä suurempi.

Koivun runsaus tutkimuskohteen ympäristössä on selvästi eroava piirre A-profiilin vastaavaan ajankohtaan verrattuna, mutta se vastaa taas paremmin muun muassa Auerin (1923), Vasarin (1962), Sorsan (1965) ja Reynaudin (1974) käsityksiä itäisen ja eteläisen Peräpohjolan metsien koostumuksesta tuona ajankohtana. Sorsan (1965) mukaan lämpökaudella, ennen kuusen leviämistä, Sallan ja Peräpohjolan alueilla tuntureiden koivumetsävyöhyke laajeni männyn kustannuksella. Havumetsäraja oli tuolloin jopa 100 m nykyistä alempana (Sorsa 1965), ja mahdollisesti se oli tuolloin Kivaloillakin korkeimpien lakimaiden alapuolella.

Kuusi on yleistynyt myös tutkimuskohteessa B ennen kaikkea koivun kustannuksella (ks. myös Auer 1923). Männyn suhteellisen osuuden keskimääräinen kasvu kuusen yleistymisen jälkeen johtunee koivun vähenemisen ja viilenneestä ilmastosta johtuneen metsän harvenemisen (ks. esim. Auer 1923 ja Hicks 1974) aiheuttamasta kokonaissiitepölykertymän pienenemisestä

Merkillepantava piirre B-profiilin siitepölystratografiassa on runsas sanikkaisten (*Filicales*) ja liekojen (*Lycopodium*) itiöiden esiintyminen pohjaosassa. Kerrostumisen alkuvaiheessa notkelman kasvillisuus on ollut rehevämpää mm. liikkuvien pintavesien vaikutuksesta. Itiöt ovat myös kestävämpiä, minkä vuoksi niitä usein rikastuu mineraalimaan (ks. esim. Hicks 1974). Heinäkasvien suhteellinen runsastuminen 20—12 cm:n syvyydellä jopa yli 60 %:iin osoittaa heinien paikallista runsautta. Koko profiilin heinäkasvien siitepölyosuuden perustaso, noin 10 %, lienee peräisin osittain myös suon pinnalla kasvaneista heinistä. Suuri maksimi lienee aiheutunut heinien täysin paikallisesta runsaasta esiintymisestä, esimerkiksi nykyisin suon itäpääs-

sä kasvaa laikuittain runsaasti siniheinää (*Molinia coerulea*). Turpeesta ei kuitenkaan tunnistettu selvästi heinäkavien solukkoja, mutta esimerkiksi juuri siniheinä tunnetaan nopeasti maatuvana kasvilajina.

54. Metsäpalojen esiintyminen

Turvekerrostumien makroskooppisen hiilen kerrokset etenkin soiden laitaosissa ovat suoria todisteita paikallisista metsäpaloista (Tolonen 1983b). Lisäksi mikroskooppisten hiilipartikkeleiden maksimeja voidaan pitää myös turvekerrostumassa todisteina metsäpaloista kerrostumispaikan ympäristössä samoin kuin järvisedimenteissä (ks. mm. Swain 1973; Cwynar 1977; Tolonen 1978; Tolonen 1983b ja Wein ym. 1987).

Mikroskooppisen ja makroskooppisen hiilen esiintymisen perusteella ennen varsinaista kuusimetsävaihetta (A 2) havaitaan A-profiilista (kuvat 5 ja 7) selviä merkkejä vain neljästä metsäpalosta (horisontit 1, 2, 3 ja 4), lisäksi jotkut mikroskooppisen hiilen pienet maksimit voivat olla palon merkkejä. Todennäköisesti neljä metsäpaloa on vain pieni osa koivu-mänty -vaiheen metsäpaloista, sillä näyteväli tällä jaksolla on ollut suhteellisen suuri. Lisäksi näytteiden edustama kerrostumisaika on ollut pitkä, kerrostumisnopeuden perusteella noin 100 v/näyte, jolloin yhden metsäpalon tuottama hiili on voinut taasoittua jakaantuessaan vuosittaisiksi kertymääröiksi koko näytteen kerrostumisajalle (ks. Swain 1978; Tolonen 1978 ja Wein et al. 1987). Kuusimetsävaiheen (A 2) aikana esiintyy A-profiilin stratigrafiassa neljä metsäpalohorisonttia (5, 6, 7 ja 8), joista palohorisontit 6, 7 ja 8 näkyvät selvästi myös mikroskooppisen hiilen maksimeina. Kuusimetsävaiheen (A 2) alusta ei ole näkyvissä merkkejä metsäpaloista, tämä voi johtua myös pidemmästä näytevälistä.

Kaikki neljä kuusimetsävaiheesta havaittua metsäpaloa sijoittuvat viimeisten noin 1700 vuoden ajalle käytettäessä radiohiiliajoitusten perusteella laadittua aika-asteikkoa. Turpeen kerrostumisnopeuden ja radiohiiliajoituksessa esiintyvän epävarmuuden vuoksi tarkkoja palovälejä ei aineiston avulla voida selvittää sillä tarkkuudella kuin esimerkiksi dendrokronologiaan perustuvassa metsäpalotutkimuksessa. Lisäksi, mikäli näytesarjaa ei analysoida yhtenäisenä, voi met-

säpalo, joka on jättänyt merkikseen ainoastaan mikroskooppisten hiilipartikkeleiden maksimin, jäädä havaitsematta. Näytevälit ovat kuitenkin tällä jaksolla lyhyitä, pääosin vain 0,5 cm, eikä esimerkiksi hiilipartikkeleiden esiintymisessä ole havaittavissa viitteitä useampien metsäpalojen esiintymisestä. Tällaisia merkkejä voisi aiheuttaa hiilen leviäminen useamman näytteen osalle, kuten esimerkiksi palohorisonttien 6 ja 7 yhteydessä havaitaan. Mikäli käytetään laadittua aika-asteikkoa ja absoluuttisen siitepölystratigrafian laadinnassa käytettyä ikäarviota viimeiselle metsäpalolle (minimi-ikä 350 B.P.), voidaan paloväliä arvioida. Aikavälillä noin 1700—350 B.P. tutkimuskohdetta ympäröivä kuusimetsä olisi palanut neljä kertaa, jolloin paloväli olisi ollut keskimäärin 450 vuotta.

B-profiilissa esiintyy vain kolme metsäpalohorisonttia siitä huolimatta, että ylimmän metsäpalohorisontin alapuolisella osalla profiili on pyritty analysoimaan jatkuvana näytesarjana. Profiilin alaosassa turve on kuitenkin erittäin hyvin maatuunutta ja tiivistä, mikä yhdessä korkean siitepölykonsentraation kanssa osoittaa kerrostumisnopeuden olleen hyvin pienen. Pitkä näyteaikajakso on voinut aiheuttaa joissakin näytteissä hiilimaksimien peittymisen.

Tarkasteltavien tulosten perusteella metsäpalojen esiintymistiheys Kivalon alueen kuusimetsissä ei ole ollut kovin suuri muihin metsäpalojen esiintymistiheyttä koskeviin havaintoihin verrattuna. Yleensä sedimenteistä ja soiden turvekerroksista määritetyt metsäpalojen määrät ovat pienempiä kuin dendrokronologisissa tutkimuksissa havaitut palojen määrät (Tolonen 1983b). Dendrokronologiset metsäpalotutkimukset koskevat kuitenkin lähinnä mäntyvaltaisia metsätyyppisiä, sillä vain mänty kestää hyvin metsäpaloja. Haapanen & Siitonen (1978) määrittivät Ulvinsalon luonnonpuiston mäntyvaltaisella alueella keskimääräiseksi paloväliksi 120 vuotta koko alueelle, alueen palaneille kuvioille 80 v (vaihteluväli 18—219 v) ja nykyisen puuston aikana palamattomille kuvioille 190 v (vaihteluväli 109—372 v). Pohjois-Ruotsissa Zackrisson (1977) määrittä *Vaccinium myrtillus* -tyypin sekametsän paloväliksi 122±26 vuotta. Pohjois-Amerikassa Heinselmann (1973) totesi metsäpalon esiintyvän samalla paikalla 30—350 vuoden välein, Houstonin (1973) tulos keskimääräiseksi paloväliksi taas oli 53—96 vuotta. Vakurov (1975, ref Tolonen 1983b) määrittä samoin

dendrokronologisesti kuusivaltaisen metsän paloväliksi Neuvostoliiton luoteisosassa 130—200 vuotta, mutta mäntymetsän vain 40—68 vuotta.

Järvisedimenttianalyyysiin perustuvat metsäpalojen esiintymistiheysthavainnot rajoittuvat Suomessa maan eteläosiin. Tolonen (1978) havaitsi eteläsuomalaista järveä ympäröineen kuusimetsän paikalliseksi paloväliksi 238 ± 48 vuotta ennen ihmistoiminnan vaikutuksen alkamista ja sen jälkeen 158 ± 59 vuodeksi, edelleen Huttunen (1980) määrittä lampisedimentistä eteläsuomalaista lampea ympäröineen metsän kaskeamista edeltäneen ajan keskimääräiseksi paloväliksi 95 vuotta. Pohjois-Amerikassa lampisedimenteistä määritetyt keskimääräiset metsäpalovälit vaihtelevat Swainin (1973, 1978), Wrightin (1974), Cwynarin (1978) ja Terasmae & Weeksin (1979) tulosten perusteella 60—140 vuoden välillä.

Kuusimetsissä havaittu alhainen palotiheys on ymmärrettävissä muunmuassa Sarvaksen (1937a) esittämien eri metsätyyppien syttymis- ja palamisherkkyyttä kuvaavien lukujen valossa. Sarvaksen (1937a) mukaan HMT-kuusikot ovat eräitä vähiten syttymisherkkiä metsätyyppejä. Weinin ym. (1987) suurehkojen soiden turvekerrostumien siitepöly- ja hiili-partikkelianalyyseillä saamat tulokset Kanadasta kuusivaltaisilta alueilta ovat samansuuntaisia.

A-profiilin alaosassa ei ole pitkän näytävälän ja alhaisen kerrostumisnopeuden vuoksi näkyvissä yhteyksiä hiilen runsaan esiintymisen ja siitepölysuhteiden tai vuotuisten siitepölykertymien muutosten välillä. A-, B- ja etenkin C-profiilin yläosassa siitepölyanalyysin erotellukyky on kuitenkin lyhyen näytävälän ja suuren kerrostumisnopeuden vuoksi riittävä muutosten havaitsemiseen.

55. Metsäpalojen vaikutus kasvillisuuteen

Metsäpalojen vaikutus kuusimetsään tulee hyvin ilmi etenkin profiilien viimeisten hiilimaksimien yhteydessä. Tämän lisäksi A-profiilin kolmen viimeisen (6, 7 ja 8) ja B-profiilin kaikkien metsäpalohorisonttien yhteydessä kuusen siitepölyosuus pienenee. Selvimmin vaikutus näkyy C-profiilissa, missä kuusen siitepölyosuus putoaa aina alle 0,7 %:n, mutta A-profiilissakin osuus putoaa 6 ja B-

profiilissa 3,5 %:iin puiden siitepölyistä. Esimerkiksi Moen (1970) mukaan kuusen alle 5 %:n siitepölyosuus merkitsee jo kaukokulkeutunutta siitepölystä, paikallisessa siitepölytyössä ei samansuuruinen osuus merkinne aivan samaa, vaan kuusen siitepölyt ovat peräisin alueella varsinkin kosteammassa kasvupaikoissa tulelta säilyneistä puista. Kuusen absoluuttisen siitepölymäärän pieneneminen Kumpukivalon ylimmän palohorisontin yhteydessä osoittaa, ettei kyse ole suhteellisesta efektistä, vaan kuusen siitepölymäärän romahdus on todellinen.

Koivun metsäpalo jälkeinen invaasio (Sarvas 1937a; Sirén 1955) tulee tutkituissa profiileissa esiin etenkin C-profiilin hiilimaksimin jälkeen (vaihe C 2), jolloin koivun osuus koottaa aina liki 90 %:iin, A- ja B-profiileissa koivun invaasio ei ole selvä. Männyn siitepölyosuuksien muutoksilla ei ole selvää yhteyttä palohorisontteihin, tosin B-profiilissa ylemissä palohorisonteissa männyn osuus puiden siitepölytyöstä kasvaa hieman. C-profiilissa männyn osuus alenee selvästi, muutokset lienevät absoluuttisen siitepölykertymän muutoksista aiheutuvia. Kivaloilla koivun dominoiman vaiheen jälkeen tutkimuskohdeiden ympäristö on kehittynyt kuusimetsäksi. Männyn rooli on metsäsuksesiossa ollut siitepölyaineiston perusteella mitätön kuten se on ollut koko viimeisten vuosituhansien ajan.

C-profiilin C 3 ja C 4 -vaiheet edustanevat tiheydeltään erilaisia kuusimetsiä, niin selvä on kuusen ja männyn osuuskien muutos vaiheiden rajalla. C 3 -vaihe vastaisi Sirénin kuvaamaa palokoivikkoa (vaihe C 2) seuraavaa primääristä kuusivaihetta ja C 4 taas sekundääristä kuusivaihetta. Vaiheiden vaihtuessa kuusen siitepölyosuus pysyy 11—15 %:n suuruisena, joten kovin dramaattista romahdusta ei kuusikossa liene tapahtunut, ainakin kuusikko on säilyttänyt siitepölytuotantonsa kohtalaisena. Männyn suhteellisesti suurempi osuus C 4 -vaiheessa aiheutuu siitepölyjen kokonaiskertymän pienenemisestä primäärikuusikon harventuessa. Näin siitepölylaskeuman kaukokulkeutunut komponentti on päässyt suhteellisesti paremmin esille.

Möy ei-puumaisten kasvilajien siitepölyosuuskien muutoksissa on havaittavissa joitakin, joskaan ei selviä yhteyksiä metsäpalohorisontteihin. Heinien siitepölyosuus näyttäisi metsäpalohorisonttien yhteydessä kasvavan, vaikkakaan C-profiilin hiilimaksimiin ei liity heinien siitepölyosuuden selvää kas-

vua. A-profiilissa kasvu näkyy vain ylimmän palohorisonin yhteydessä, mutta B-profiilissa kaikkiin palohorizontteihin liittyy selvä heinien siitepölyosuuksien maksimi, tosin ainakin ylimmän horisonin yhteydessä maksimi on todennäköisesti pääosin edellä esite-

tystä, täysin paikallisesta vaikutuksesta aiheutuva. Ei-puumaisten kasvien siitepölytuotanto ja siitepölyjen levittämiskyky (ks. esim. Handel 1976) ovat niin vaatimattomat puiden rinnalla, että esiintulevilla suhteellisilla vaihteluilla ei useinkaan ole merkitystä.

6. YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli soveltaa siitepölyanalyysimenetelmää paikallisen metsähistorian tutkimiseen ja selvittää sen avulla vanhan *Hylocomium-Myrtillus*-tyyppisen kuusikon kehitysvaiheita. Valittujen kohteiden metsikköhistoriaa pyrittiin selvittämään niin pitkälle menneisyyteen kuin se menetelmän rajoissa on mahdollista. Siitepölylaskennan yhteydessä määritettiin mikroskooppisten hiilipartikkeleiden määrä. Yhdessä makroskooppisten hiilikerrosten esiintymisen kanssa mikroskooppisen hiilen esiintymisen huippuja käytettiin muinaisten metsäpalojen tunnistamiseen.

Profiilien A ja B siitepölystratigrafiat laadittiin pitkäaikaisen kasvillisuushistorian tarkastelua varten. Profiili C:n siitepölystratigrafia taas edustaa vain kerrostuman yläosaa ja toimii näin esimerkkinä lyhyen aikavälin (muutamia satoja vuosia) kasvillisuussukessiosta. Siitepölydiagrammit jaettiin paikallisiin siitepölyvyöhykkeisiin siitepölysuhteissa esiintyvien selvien erojen perusteella.

Kivalon alueen paikallinen metsähistoria, niiltä osin kuin se tässä tutkimuksessa on ajallisesti kyetty selvittämään, vastaa pääpiirteissään Peräpohjolan alueen metsähistoriaa. Radiohiilianalyysillä ajoitetun A-profiilin kerrostuminen on alkanut ajoitustulosten mukaan noin 2000 vuoden kuluttua mannerjään vetäytymisestä, eli hieman yli 7000 B.P. Tuolloin koivu-mänty-sekametsien vaihe oli jo alkanut Peräpohjolan alueella.

Ennen kuusen ekspansiota alueella on hallinnut koivu-mänty-sekametsä, jossa on esiintynyt jonkin verran myös leppää, kuusta ei Kivaloilla ole kasvanut lainkaan ennen puulajin runsastumista alueella. Absoluuttisen siitepölymäärän lisääntyminen vaiheen aikana osoittaa metsän tihentyneen jonkin verran ilmaston lämpenemisen myötä aina kuusen ilmestymiseen asti. Kuusi on levinnyt alueelle ajoitustulosten mukaan 4000—3200 B.P. Vi-

meistään noin 3200 B.P.lähtien se on muodostanut Kivaloilla kuusimetsiä. Kuusi yleisty alueella aluksi koivun ja leppän kustannuksella, mutta pian se syrjäytti myös männy. Erityisesti absoluuttisessa siitepölystratigrafiassa nämä muutokset tulevat hyvin ilmi.

Kuusimetsät ovat hallitsemansa ajan olleet vahvasti kuusivaltaisia, absoluuttinen siitepölystratigrafia osoittaa koivua ja mäntyä ja erityisesti leppää esiintyneen enää vain hyvin vähän. Lyhytaikaisia muutoksia metsien puulajisuhteissa ovat aiheuttaneet metsäpalot, kuuset ovat tuolloin tuhoutuneet suurelta osin ja aluksi koivu on tilapäisesti runsastunut, mutta väistynyt kuitenkin jälleen kuusen tieltä. Mänty ei ole kuulunut tutkittuja kohteita ympäröivien kuusikoiden viimeiseen metsäpalojälkeiseen sukkessioon.

Metsäpaloja alueella on esiintynyt verraten vähän, viimeisten noin 1700 vuoden aikana Kumpukivalon laella on metsä palanut vähintään neljä kertaa, ja on todennäköistä, ettei metsäpalojen todellinen määrä tänä aikana ole ollut juuri suurempi. Tehdyt havainnot alueen paikallisesta metsäpalojen esiintymistiheydestä viittaavat, samoin kuin eräät aikaisemmat tutkimukset, kuusimetsien selvästi alhaisempaan palotihetyteen mäntyvaltaisiin metsätyyppiin verrattuna.

Kokonaisuudessaan tutkimus osoittaa, että heikosti maatuneessa ja vähän tiivistyneessä turpeessa siitepölyanalyysin erottelukyky riittää myös metsäpalosukessiioon liittyvien lyhytaikaisten kasvillisuusmuutosten tunnistamiseen. Tällöin voidaan myös seurata metsäpalojen vaikutusta puulajisuhteisiin sekä metsäpalojen jälkeistä puulajisukessiota karkeissa piirteissään. Turpeen epätasainen kerrostuminen vaikeuttaa kuitenkin siitepölyanalyysiä, tässä työssä vain C-profiilissa on nähtävissä selvä lyhytaikainen metsäpalojälkeinen sukkessio.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Aaby, B. 1983. Forest development, soil genesis and human activity illustrated by pollen and hypha analysis of two neighbouring podzols in Draved Forest, Denmark. *Danm. geol. Unders. II Raekke*, 114. 114 s.
- Aartolahti, T. 1966. Über die Einwanderung und die Verkölfung der Fichte in Finnland. *Ann. Bot. Fenn.* 3: 369—379.
- Andersen, S.-T. 1975. The Eemian freshwater deposits at Egersund, South Jylland, and Eemian landscape development in Denmark. *Danm. geol. Unders., Årbog* 1974: 49—70.
- 1978. Local and regional vegetation development in eastern Denmark in the Holocene. *Danm. geol. Unders., Årbog* 1976: 5—27.
- Auer, V. 1923. Suotutkimuksia Kuusamon ja Kuolajärven vaara-alueilta. *Comm. Inst. Quaest. For. Finl.* 6(1). 1—368 s.
- Birks, H.J.B. 1981. The use of pollen analysis in the reconstruction of past climates: a review. *Teoksessa: Wigley, T.M.L., Ingram, M.J. & Farmer, G. Climate and History. Cambridge Univ. Press, Cambridge.* s. 111—138.
- 1982. Mid-Flandrian forest history of Roudsea Wood National Nature Reserve, Cumbria. *New Phytol.* 90: 339—354.
- & Birks, H.H. 1980. Quaternary Palaeoecology. Edward Arnold, London 1980. 289 s.
- Cajander, A.K. 1916. Metsänhoidon perusteet I: Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. Porvoo. 735 s.
- Cwynar, C.C. 1978. Recent history of fire and vegetation from laminated sediment of Greenleaf Lake, Algonquin Park, Ontario. *Can. Journ. Bot.* 56: 10—21.
- Davis, R.B. 1967. Pollen studies of near-surface sediments in Maine lakes. *Teoksessa: Cushing, E.J. & Wright, H.E. (toim.): Quaternary Paleocology. Yale University Press, New Haven.* s. 143—173.
- Donner, J.J. 1971. Towards a stratigraphical division of the Finnish Quaternary. *Comm. Phys.-Math.* 41: 281—305.
- 1972. Pollen frequencies in the Flandrian sediments of Lake Vakojärvi, south Finland. *Soc. Sci. Fenn., Comm. Biol.* 53. 19 s.
- Engelmark, O. 1987. Forest fire history and successional patterns in Muddus National Park, northern Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, doctoral dissertation. Umeå. 14 s.
- Etholén, K. & Saarnio, R. 1977. Kivalon kokeilualueen retkeilykohteiden selostukset. Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueita 6, Kivalo. 82 s.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1964. Textbook of pollen analysis. Munksgaard, Copenhagen. 295 s.
- Haapanen, A. & Siitonen, P. 1978. Kulojen esiintymisen Ulvinsalon luonnonpuistossa. *Silva Fenn.* 12(3): 187—200.
- Handel, S.N. 1976. Restricted pollen flow of two woodland herbs determined by neutron-activation analysis. *Nature* 260: 422—423.
- Havas, P. 1977. Lapin kuusikot — esimerkki metsän ekologisista ulottuvuuksista. *Acad. Scient. Fenn., vuosikirja* 1977: 143—153.
- Heikkinen, O. & Kurimo, H. 1977. The postglacial history of Kitkajärvi, North-eastern Finland, as indicated by trendsurface analysis and radiocarbon dating. *Fennia* 153. 32 s.
- Heinselman, M.L. 1973. Fire in the Virgin Forest of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. *Quat. Res.* 3: 329—382.
- Hicks, S. 1974. A method of using modern pollen rain values to provide a time-scale for pollen diagrams from peat deposits. *Memor. soc. Fauna & Flora Fennica* 49: 21—33.
- 1975. Variations in pollen frequencies in a bog at Kangerjoki, N.E. Finland during the Flandrian. *Comm. Biol.* 80. 28 s.
- 1977. Modern pollen rain in Finnish Lapland investigated by analysis of surface moss samples. *New Phytol.* 78: 715—734.
- 1986. Modern pollen deposition records from Kuusamo, Finland. II. The establishment of pollen vegetation analogues. *Grana* 25: 183—204.
- Houston, D.B. 1973. Wildfires in northern Yellowstone National Park. *Ecology* 54(5): 1111—1117.
- Huttunen, P. 1980. Early land use, especially slash-and-burn cultivation in the commune of Lammi, southern Finland, interpreted mainly using pollen and charcoal analysis. *Acta Bot. Fenn.* 113. 45 s.
- Ignatius, H., Korpela, K. & Kujansuu, R. 1980. The deglaciation of Finland after 10 000 B.P. *Boreas* 9: 217—228.
- Iversen, J. 1958. Pollenanalytischer Nachweis des Reliktencharakters eines jüdischen Linden-Mischwaldes. *Veröff. Goebot. Inst. Rubel* 33: 137—144.
- 1960. Problems of the early post-glacial forest development in Denmark. *Danm. geol. Unders. IV*, 4(5). 32 s.
- Jacobson, G.L. Jr & Bradshaw, R.H.W. 1981. The selection of sites for paleovegetational studies. *Quat. Res.* 16: 80—96.
- Kalela, A. 1961. Waldvegetationszonen Finnlands und ihre klimatische Paralleltypen. *Arch. Soc. "Vanamo"* 16: 65—83.
- Keltikangas, V. 1959. Suomalaista seinäsammaltyypeistä ja niiden asemasta Cajanderin luokitusjärjestelmässä. *Acta For. Fenn.* 69(2): 1—266 s.
- Kurimo, H. 1979. Deglaciation and early post-glacial hydrography in northern Kainuu and Peräpohjola, North East Finland. A glacial morphological study. Joensuun korkeakoulun julkaisuja, Sarja B II(10). 65 s.
- Lappalainen, E. 1970. Ueber die spätquartäre Entwicklung der Flussufermoore Mittel-Lapplands. *Bull. Comm. geol. Finl.* 244. 79 s.
- Moe, D. 1970. The post-glacial immigration of *Picea abies* into Fennoscandia. *Bot. Not.* 123: 61—66.
- Moore, P.D. & Webb, J.A. 1978. An illustrated guide to pollen analysis. Hodder and Stoughton, London. 133 s.
- Norokorpi, Y. 1979. Old Norway spruce stands, amounts of decay and decay-causing microbes in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 97(6): 1—77.
- Olsson, I.U. 1979. Radiometric dating. *Teoksessa: Berglund, B.E. (toim.). Palaeohydrological changes in*

- the temperate zone in the last 15 000 years, Vol II: Specific methods. IGCP-Project 158: 1—38.
- Prentice, I.C. 1985. Pollen representation, source area and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quart. Res.* 23: 76—86.
- Reynaud, Ch. 1974. Etude historique de la végétation durant le tardi-glaciaire et le post-glaciaire en Peräpohjola (Laponie méridionale en Finlande) par la méthode sporo-pollinique. Summary: The historical development of the vegetation of the southern Peräpohjola, Finland, as demonstrated by pollen analysis. *Fennia* 131. 55 s.
- Saari, E. 1923. Kuloista etupäässä Suomen valtionmetsiä silmälläpitäen. *Acta For. Fenn.* 26(5): 1—142 s.
- Saarnisto, M. 1981. Holocene emergence history and stratigraphy in the area north of the Gulf of Bothnia. *Ann. Acad. Sci. Fenn. A III* 130. 42 s.
- Salmi, M. 1959. Konnunsuo. Turvegeologinen tutkimus. *Suo* 37: 1—7.
- Sarvas, R. 1937a. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. *Acta For. Fenn.* 46. 1—147 s.
- 1937b. Havaintoja kasvillisuuden kehityksestä Pohjois-Suomen kuloaloilla. *Silva Fenn.* 44. 1—64 s.
- 1971. Mitä mieltä kuusenviljelystä Lapissa? Haastattelu. *Metsä ja puu* 1971(8): 15—16.
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in Northern Finland and its ecology. *Acta For. Fenn.* 62(4). 1—408 s.
- Sorsa, P. 1965. Pollenanalytische Untersuchungen zur spätquartären Vegetations- und Klimaentwicklung im Östlichen Nord-finnland. *Ann. Bot. Fenn.* 2: 301—413.
- Swain, A.M. 1973. A history of fire and vegetation in north-eastern Minnesota as recorded in lake sediments. *Quat. Res.* 3: 83—396.
- 1978. Environmental changes during the Past 2000 Years in North-Central Wisconsin: Analysis of Pollen, Charcoal and Seeds from varved Lake Sediments. *Quat. Res.* 10: 55—68.
- Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13: 615—621.
- Tauber, H. 1965. Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams. *Danm. geol. Unders. II* Raekke, 89. 69 s.
- Terasmae, J. & Weeks, N.C. 1979. Natural fires as an index of paleoclimate. *Can. Field-Naturalist* 93(2): 116—125.
- Tikkanen, E. 1986. Lapin paksusammalkuusikotkin uudistuvat. *Metsä ja puu* 1986(1): 22—25.
- Tolonen, K. 1967. Ueber die Entwicklung der Moore im finnischen Nord-Karelien. *Ann. Bot. Fenn.* 4: 219—416.
- 1973. Soiden kasvunopeuden ja kasvatuvan vaihteluista jääkauden jälkeisenä aikana. *Suo* 24(5): 83—88.
- 1983a. Kuusen levinneisyshistoriaa Suomessa. *Sorbifolia* 14(2): 53—60.
- 1983b. The post-glacial fire record. Teoksessa: Wein, R.W. & MacLean, D.A. (toim.). The role of fire in northern circumpolar ecosystems. John Wiley & Sons Ltd., Chichester. s. 21—44.
- & Ruuhijärvi, R. 1976. Standard pollen diagrams from the Salpausselkä region of southern Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 13: 155—196.
- Tolonen, M. 1978. Palaeoecology of Lake Ahvenainen, S. Finland. I. Pollen and charcoal analysis and their relation to human impact. *Ann. Bot. Fenn.* 15: 177—208.
- 1985. Palaeoecological record of local fire history from a peat deposit in SW Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 22: 15—29.
- Tsukada, M. & Deevey, E.S. 1967. Pollen analysis from four lakes in the southern Maya area of Guatemala and El Salvador. Teoksessa: Cushing, E.J. & Wright, H.E. (toim.). Quaternary Paleocology. Yale Press, New Haven. s. 303—331.
- Vakurov, A.D. 1975. Forest Fires in the North, Izdatjeistvo Nauka. Laboratorija Lesovedenija, Moskova (venäjänkielinen). 98 s.
- Vasari, Y. 1962. A study of the vegetational history of the Kuusamo district (North East Finland) during the late-quaternary period. *Ann. Bot. Soc. 'Vanamo'* 33(1): 140 s.
- 1965. Studies on the vegetational history of the Kuusamo district (North East Finland) during the late quaternary period. IV. The age and origin of some present-day vegetation types. *Ann. Bot. Fenn.* 2: 248—273.
- 1978. Kasvimaailman vaiheet Peräpohjolassa ja Metsä-Lapissa. Teoksessa: Kallio, P. (toim.). Lapin kasvivarat. *Acta Lapponica Fenniae* 10: 18—25.
- Waddington, J.C.B. 1969. A stratigraphical record of pollen influx to a lake in the Big Woods of Minnesota. *Geol. soc. of America, Special paper* 123: 263—282.
- Watts, W.A. 1973. Rates of change and stability in vegetation in the perspective of long periods of time. Teoksessa: Birks, H.J.B. & West, R.G. Quaternary Plant Ecology. Blackwell, Oxford. s. 195—206.
- Wein, R.W., Burzynski, M.P., Sreenivasa, B.A. & Tolonen, K. 1987. Bog profile evidence of fire and vegetation dynamics since 3000 years BP in the Acadian forest. *Can. Jour. Bot.* 65: 1180—1186.
- Wright, H.E. Jr. 1974. Landscape development, forest fires and wilderness management. *Science* 186(8): 487—495.
- Zackrisson, O. 1977. Influence of forest fires on the North Swedish boreal forest. *Oikos* 29(1): 22—32.

Total 72 references

SUMMARY

Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland

The research is concerned with the *Hylocomium-Myrtillus* type of spruce forest (HMT forest) common under the conditions prevailing in the Peräpohjola region of Northern Finland, a type which has been studied intensively in recent times on account of regeneration problems and its low rate of timber production. The research concentrates for the most part on the distribution, ecology and regeneration of the forest type, with less attention paid to the history of such forests.

Although fires form an inseparable part of the history of our forests, ecological methods offer a means for extending the description of these back in time no more than a few hundred years at most. Earlier forest fires can be studied, however, by means of pollen analysis and the linking of this with charcoal particle analysis.

Pollen analysis is customarily employed for the study of more extensive areas, as represented by the existing description of the forest history of the Peräpohjola region as a whole, rather than of the vegetational history of one given forest type. The aim here was to apply the method to the study of the local forest history and use it to work out phases in the development of one old *Hylocomium-Myrtillus* forest. The aim was to produce a spatial and temporal account of the vegetation with special reference to the proportions of the tree species and the occurrence of forest fires, an account which would extend back in time as far as the methods employed would permit.

The work was carried out in the Kivalo area in Northern Finland (Fig. 1), an area used by the Finnish Forest Research Institute for a variety of research purposes. A number of small peat deposits were identified which could be best expected to meet the requirements of yielding an impression of the local nature of the pollen contained in the peat. Three deposits were finally selected (sites A, B and C, see Figs. 1, 3 and 4).

The principal method employed was pollen analysis, as adapted for the study of local forest histories, together with a count of the surface areas of microscopic charcoal particles made in conjunction with the pollen counts (Fig. 2). Relative pollen diagrams were drawn for the three sites (Diagrams A I, B and C), in addition to which a pollen influx diagram was constructed for site A (Diagram A II). Relative charcoal particle counts are presented in connection with the pollen diagrams, and absolute counts for diagram A II. The pollen diagrams are divided into local pollen assemblage zones.

The pollen stratigraphies described for sites A and B enable examination of the vegetation history over longer periods of time, whereas the stratigraphy at site C represents only the upper part of the deposit and thus serves as an example of the short-term vegetation succession, covering just a few hundred years.

The local forest history of the Kivalo area, insofar as it has proved possible to date it here, corresponds in broad outline to that of the Peräpohjola region as a whole. Deposition is shown in the dated core A (Diagrams A I and A II) to have begun about 2000 years after the retreat of the ice sheet, i.e. just over 7000 years B.P., at a time when the birch-pine mixed forest phase had just begun in the Peräpohjola region.

Before the spread of spruce, the fell top of Kumpukivalo (Diagrams A I and A II) was dominated by a mixed birch-pine forest with some alder. The increase in pollen influx values during this phase indicates that the forest was assuming a somewhat denser character as a result of the warming of the climate, a trend which continued up to the time of the appearance of spruce in the area, dated to around 4000—3200 B.P. By the latter date at the latest the Kivalo area must have been covered by spruce forest. The species evidently spread to the area at the expense of birch and alder at first, but it was not long before it also displaced pine. The changes are clearly visible in the pollen influx diagram in particular (Diagram A II). At Hyypiökivalo (Diagram B) the phase which preceded the spruce forest may be said to have been birch-dominated in its final stages at least. Unfortunately only a small part of this phase is represented in the stratigraphy.

The proportions of the other tree species (pine, birch and particularly alder) in the forests during the period of spruce dominance were low, as seen best in the pollen influx diagram (A II). Temporary changes in this situation were caused by the various forest fires, however, in which most of the spruce was destroyed, with the consequence that birch increased markedly. These birch forests nevertheless gradually reverted to mixed birch-spruce forests and eventually spruce forests again (Diagram C). Pine did not form part of the succession following the last forest fire in the areas surrounding the present sites.

Forest fires have been fairly rare in this area, with only four such events distinguishable with certainty within the last 1700 years on the top of Kumpukivalo. These observations together with the results of certain other investigations suggest that the frequency of forest fires is very much lower in spruce forests than in pine-dominated forest types.

The results indicate that pollen analyses from poorly humified and compressed peat are sufficiently sensitive to detect short-term vegetational changes associated with the succession following forest fires, enabling the effects of such fires on the proportions of the tree species to be monitored and the broad outlines of the vegetational succession following a fire to be described. One problem associated with the analysis, however, is the uneven rate of peat accumulation, which means that it is only at site C in the present material that a clear short-term vegetation succession can be detected after a fire.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1511

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



- No 707 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuumahdollisuuksien käyttöön vaikuttavat tilakohtaiset tekijät maan länsi- ja itäosissa.
Factors affecting the use of the allowable cut in western and eastern parts of Finland.
- No 708 Rusanen, Mari & Velling, Pirkko: Satoindeksin vaihtelu ja korrelointi kasvu- ja laatuominaisuuksien kanssa nuorissa männyn jälkeläiskokeissa.
Harvest index in young Scots pine progeny tests, variation and correlation with growth and quality traits.
- No 709 Lipas, Erkki: Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä.
Timing of nitrogen fertilization on mineral soils.
- No 710 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1987.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1987.
- No 711 Pajuoja, Heikki: Suomen puunkäyttö ja poistuma 1985—1987.
Wood consumption and total drain in Finland, 1985—1987.
- No 712 Rikkonen, Pentti: Etelä-Suomen pikkutukkien tilavuuden määrittäminen latvaläpimitan perusteella.
Volume determination of small sized logs in southern Finland using top diameter.
- No 713 Mattila, Eero: Suomen poronhoitoalueen talvilaitumet.
The winter ranges of the Finnish reindeer management area.
- No 714 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Suomen suometsät vuosina 1951—1984.
Peatland forests in Finland in 1951—1984.
- No 715 Metsätilastollinen vuosikirja 1987.
Yearbook of Forest Statistics, 1987.
- No 716 Nevalainen, Seppo & Liukkonen, Kirsi M.H.: Ilman epäpuhtauksien vaikutus biotettiin metsätuhoihin. Kirjallisuuskatsaus.
The effects of air pollution on biotic forest diseases and pests. A literature review.
- No 717 Mäkinen, Pekka: Metsäkoneurakoitsija yrittäjänä.
Forest machine contractor as an entrepreneur.
- No 718 Valtanen, Jukka: Korkeiden maiden metsien uudistaminen Oulun läänissä.
Stand reforestation at elevated sites in Northern Finland.
- No 719 Lääperi, Ari & Löyttyniemi, Kari: Hirvituhot vuosina 1973—1982 perustetuissa männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan-Hämeen metsälautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in pine plantations established during 1973—1982 in the Uusimaa-Häme Forestry Board District.
- No 720 Hyvärinen, Vesa & Sepponen, Pentti: Kivalon alueen paksusammalkuusikoiden puulaji- ja metsäpalohistoriaa.
Tree species history and local forest fires in the Kivalo area of Northern Finland.