

Turvestratigrafisen tutkimuksen historiasta ja kvartaaritieteellisestä merkityksestä Pohjoismaissa

On the history and Quaternary scientific significance of peat stratigraphical research in the Nordic countries

Heikki Seppä

Heikki Seppä, Department of Geography, Laboratory of Physical Geography, P.O. Box 9, FIN-00014 University of Helsinki, Finland

The early development of peat stratigraphical research was concentrated in the Nordic countries. Although this field of science originated in Denmark at the beginning of the 19th century, the most important pioneer of palaeoecological peatland research was the Norwegian, Axel Blytt. His model, as modified by the Swedish scientist Rutger Sernander, spread throughout Europe and from there to other continents and has had a major impact on peat stratigraphy and Quaternary science. However, our present knowledge of the regional differences in postglacial vegetation and climate history speaks against the use of the Blytt-Sernander scheme outside southern Scandinavia. Especially, the compulsive application of the Blytt-Sernander scheme in the zoning of pollen diagrams has led to distortions and erroneous interpretations.

Keywords: Nordic countries, peat stratigraphy, postglacial climate history, pollen analysis

JOHDANTO

Turvestratigrafisella tutkimuksella on jo pitkä historia etenkin Pohjoismaissa. Turvekerrosten tarjoamat lähes ainutlaatuiset mahdollisuudet luonnonhistoriallisessa ja arkeologisessa tutkimuksessa on ymmärretty jo vuosisatojen ajan. Varsinainen tieteellinen läpimurto tässä mielessä tapahtui kuitenkin viime vuosisadan vaihteessa. Koska noista ajoista on kulunut sata vuotta, on aiheellista luoda katsaus turvestratigrafisen tutkimuksen alkuvaiheisiin ja seurata, kuinka nykyisin vallitsevat paradigmat ovat kehittyneet.

Soiden turvestratigrafisessa tutkimuksessa voidaan kautta historian erottaa kaksi erilaista

lähestymistapaa. Tutkimuksen tavoitteena voi olla itse suon ekologian ja kasvudynamiikan selvittäminen. Toisaalta suokerrostumia voi käyttää menneisyyden luonnonolojen, lähinnä ilmaston ja kasvillisuuden, rekonstruoimiseen. Varhaisin turvestratigrafinen tutkimus Pohjoismaissa oli nimenomaan jälkimmäisellä tavalla painottunutta. Niinpä ensimmäisissä tutkimuksissa pyrittiin selvittämään suokairauksilla postglasiaaliajan ilmastovaihteluita. Melko pian kuitenkin huomattiin, että turvekerrostumien käyttö paleoympäristön tutkimiseksi ei ole yksinkertaista, sillä soilla on oma, luonnonoloista lähes riippumaton kasvudynamiikkansa, joka tulee ottaa huomioon kaikessa turvestratigrafisessa tutkimuksessa. Tästä syystä tutkimuksen painopiste on alkuajoista



Kuva 1. Japetus Steenstrup (1813–1897). Tanskalainen Steenstrup aloitti soiden stratigrafisen tutkimuksen ja jakoi turvekerrostumien perusteella Tanskan luonnon jääkauden jälkeisen kehityksen neljään vaiheeseen.

Fig. 1. Japetus Steenstrup (1813–1897) initiated peat stratigraphical research and, on the basis of the peat layers, divided the postglacial development of Danish nature into four periods.

osittain siirtynyt ekologiselle puolelle. Myös tällä alalla pohjoismainen tutkimus on ollut avainasemassa.

Tämä artikkeli käsittelee turvestratigrafisen tutkimuksen ja sen ilmastollisten sovellutusten historiaa lähinnä pohjoismaisesta näkökulmasta käsin. Tarkoituksena on paitsi kuvata tutkimuksen edistymistä myös osoittaa, kuinka turvestratigrafisen tutkimuksen ongelmat ovat olleet pitkälti samat tutkimuksen alusta alkaen. Turvestratigrafisen tutkimuksen alkuaikoina turve-

kerrokset olivat yksi harvoista ilmastohistoriallisen tiedon lähteistä. Sittemmin on kehitetty monia uusia menetelmiä ja niillä on saatu runsaasti paleoklimatologista tietoa, johon turvestratigrafista aineistoa voidaan verrata. Artikkelissa tarkastellaankin myös varhaisimpia tutkimuksia ja niiden pohjalta laadittuja teorioita nykytiedon valossa.

TURVESTRATIGRAFISEN TUTKIMUKSEN ALKU

Pohjoismaisen turvestratigrafisen tutkimuksen peruslähtökohdat luotiin 1830-luvulla, jolloin sveitsiläinen Louis Agassiz osoitti Alpeilla vakuuttavaa todistusaineistoa jo aiemmin esitetyn jääkausiteorian tueksi (esim. Imbrie & Imbrie 1979). Jääkausiteoria levisi nopeasti Pohjoismaihin, missä se sopi hyvin selittämään monet geomorfologiset piirteet. Jääkausiteorian hyväksymisen jälkeen Pohjoismaissa oli kaikessa luonnonhistoriallisessa tutkimuksessa otettava huomioon se, että Skandinavia oli ollut geologisessa aika-asteikossa melko äskettäin jään peittämä, Grönlannin kaltainen alue. On selvää, että esimerkiksi kasvillisuuden kehityshistoriaa tutkittaessa tällä oli ratkaiseva vaikutus. Kasvillisuutta ei ole ollut täällä kauan, sillä se on voinut levitä vasta jääkauden väistyttyä. Myöskään soiden kehityshistoria ei voinut ulottua jääkauden loppuvaihetta kauemmas. Jääkausiteorian vakiinnuttua tutkijoita luonnollisesti kiinnosti, millaisia ympäristömuutoksia oli tapahtunut jääkauden lopun ja nykyajan välillä. Tähän kysymykseen turvekerrokset saattoivat antaa vastauksen.

Turvestratigrafisen ja yleensä koko keidassoihin liittyvän tutkimuksen juuret ovat Tanskassa, missä Heinrich Dau (1790–1831) jo 1800-luvun alussa erotti keidassuot omaksi luokakseen. Dau oli kiinnostunut myös soiden kerrosrakenteesta ja kuvasi useita turpeeseen hautautuneita puukerrok- sia. Varsinaisen kunnian Tanskassa alkaneesta turvestratigrafisesta tutkimuksesta sai Daun työn jatkaja, Japetus Steenstrup (1813–1897) (Kuva 1). Steenstrup tutki soiden kerrosrakennetta ja eri kerrosten turve- ja kasvinjäännekoostumuksen eroja. Vuonna 1841 hän julkaisi ensimmäisenä tutkimuksen, jossa suokerrostumien kattama aika oli jaettu jaksoihin. Jaksot, haapaperiodi, mäntyperiodi, tammiperiodi ja leppäperiodi, saivat ni-

mensä niitä vastaavien puukerrosten koostumuksen perusteella. Steenstrupin luokittelu sai laajaa huomiota osakseen, mutta ei myöhempien tutkimusten mukaan ollut erityisen onnistunut (Iversen 1973).

Steenstrup oli joka tapauksessa pannut alulle soiden turvestratigrafisen tutkimuksen. Innovaatio levisi Norjaan, jossa Axel Blytt päätti testata Steenstrupin tulosten soveltuvuutta Norjan soihin. Tämä päätös johti hänet yhä laajempiin tutkimuksiin ja loi samalla pohjan paitsi Blyttin myöhemmälle elämäntyölle myös koko nykyaikaiselle turvestratigrafiselle tutkimukselle. Ensimmäisen kerran Blytt julkaisi turvestratigrafisia tutkimuksiaan 1876 (Blytt 1909). Hänen peruslähtökohtansa oli sama kuin monilla nykyisilläkin tutkijoilla: erilaisten turvekerrosten synty oli parhaiten selitettävissä ilmastomuutosten avulla. Kairatessaan Norjan soita Blytt havaitsi, että suurimmalla osalla soista vajaa metri pinnimmaista turvetta oli hyvin maatonut ja sisälsi runsaasti puiden jäänteitä. Tällaiset suot olivat kasvilisuudeltaan metsäisiä, jäkäläisiä ja kanervavaltaisia. Turpeen kerrostuminen näytti pysähtyneen. Kaikki viittasi siihen, että suon pinta oli hyvin kuiva. Kairatessaan syvemmälle Blytt havaitsi kuitenkin, että kuiva, maatonut turve muuttui vaaleaksi, heikosti maatonneeksi rahkasammalturpeeksi, jossa puiden jäänteitä ei juurikaan ollut. Tällainen turvekerros puolestaan viittasi suon pinnan kosteusolojen olleen selvästi erilaiset nykyiseen verrattuna. Blytt teki johtopäätökset, jotka edelleen vaikuttavat kvartääritieteellisessä sanastossa. Hän liitti puiset, hyvin maatonneet kerrokset kuivaan, mantereiseen ilmastovaiheeseen ja heikosti maatonneet rahkakerrokset kosteaan, mereiseen ilmastovaiheeseen. Mantereista vaihetta hän kutsui boreaaliseksi ja mereistä atlanttiseksi (Blytt 1886, 1909).

Jo Blytt kiinnitti huomiota selitykseen, jolla edellä mainitun muutoksen yhteys ilmastoon olisi ollut kiistettävissä, nimittäin keidassoiden voimakkaaseen korkeuskasvuun, joka johtaa ainakin periaatteessa kohti kuivempia oloja suon pinnalla. Tätä selitystä yritettiin kuitenkin kumota sen tosiasian avulla, että Blytt havaitsi Norjan soissa samanlaisen monikerroksellisen rakenteen kuin Steenstrup Tanskassa. Vanhimmissa soissa hän löysi neljä vaaleaa rahkaturvekerrosta ja niiden

välillä kolme eri kantokerrosta (Blytt 1886). Suot eivät siis olleet kehittyneet progressiivisesti kohti kuivuutta, vaan stratigrafia oli monimutkaisempi.

Myös turvekerrostumiin hautautuneet puukerrokset askarruttivat Blyttä. Hän kiinnitti huomiota siihen, että puukerrosten lajikoostumus vaihteli. Tätä Blytt ei selittänyt pelkästään erilaisilla ilmasto-oloilla eri kerrosten syntyaikoina, vaan myös puiden erilaisilla leviämisenopeuksilla postglasiaaliaikana: vanhimmat puukerrokset koostuivat nopeimmin vaeltaneista puulajeista ja nuorimmat hitaimmin levinneistä (Blytt 1886). Tämä näkemys on edelleen täysin perusteltavissa ja on itse asiassa monien uusimpien käsitysten mukainen (esim. Birks 1986).

Tutkimustensa perusteella Blytt päätyi kuvaamaan turvekerrosten jääkauden jälkeistä sukkessiota seuraavanlaisella mallilla, jossa turvekerrokset on numeroitu ja nimetty pohjasta pintaa kohti

- 9) nykyinen kuiva turve
- 8) subatlanttinen turve
- 7) subboreaalinen kantokerros
- 6) atlanttinen turve
- 5) boreaalinen kantokerros
- 4) infraboreaalinen turve
- 3) subarktinen kantokerros
- 2) subglasiaalinen turve
- 1) arktinen dryassavi moreeni

Blyttin tutkimuksellinen lähestymistapa oli hyvin moderni. Hän perusti tulkintansa pitkälti Norjan nykyisen kasvilisuuden alueellisiin piirteisiin (Blytt 1886). Hän siis vertasi turvekerroksista rekonstruoituja kasviyhteisöjä nykyisiin kasviyhteisöihin ja liitti sen jälkeen kunkin kasviyhteisön ilmastoon. Tämä modernien analogioiden käyttö on edelleen keskeinen lähtökohta paleoekologisessa ja -klimatologisessa tutkimuksessa. Nykyaikaisen tietämyksen valossa huomion arvoista on myös, että Blytt selitti kuvaamansa periodisen ilmastokehityksen mitä moderneimmalla tavalla liittäen yhteen astronomiset tekijät ja maapallon merivirta- sekä tuulisysteemit (Blytt 1886). Hänen ilmastollinen perusolettamuksensa oli, että vain Pohjois-Atlantin merivirtojen muutokset kykenevät selittämään nopeat ja voimakkaat ilmastovaihtelut

Atlantin luoteisrannikolla.

Myös muualla Pohjois-Euroopassa turvestratigrafinen tutkimus eteni 1800-luvun lopulla. Blyttin kanssa samaan aikaan, mutta hänestä tietämättä, julkaisi skotlantilainen James Geikie Skotlannista vastaavanlaisen tutkimuksen, jossa hän päätyi hyvin samankaltaisiin tuloksiin kuin Blytt (Sernander 1908). Myöhemminkin Skotlannin soiden turvestratigrafiaa käytettiin vertailuaineistona yritettäessä todistaa Pohjoismaiden turvekerroksista tulkittujen ilmastovaiheiden alueellista laajuutta. Myös ensimmäiset Irlannissa tehdyt turvestratigrafiset tutkimukset vahvistivat Blyttin käsityksiä. Siellä havaittiin soilla olleen kaksi nopeamman turpeen kasvun vaihetta, toinen tammimetsävaiheen, toinen havumetsävaiheen jälkeen (Kinahan 1878). Blytt (1909) yhdisti Irlannin tammimetsävaiheen omaan boreaaliinsa ja havumetsävaiheen subboreaaliinsa.

BLYTTIN-SERNANDERIN MALLIN MUOTOUMINEN

Blytt eteni malliaan kehittäessään hyvin loogisesti eikä hänen mallinsa teoreettisia perusteita ole koskaan voitu kokonaan kumota. Täysin johdonmukainen hän ei kuitenkaan koko tieteellisen uransa aikana ollut. Sata vuotta myöhemmin on mielenkiintoista havaita, kuinka Blyttin käsitykset Norjan soiden turvekerroksista olivat jossain määrin ristiriitaisia. Vuonna 1886 hän kirjoitti seuraavasti kuvatessaan nykyistä kuivaa ilmastovaihetta:

In the forest and mountain districts of Norway there are innumerable marshes. In the forest districts most of them are now comparatively dry, the heather and wood covering parts of the bog, and on the surface of the latter tiny mossy knolls are often found in the middle of which stands the old stump of a tree.

Tämän nykyisen kuivan vaiheen Blytt katsoo jatkuneen koko historiallisen ajan. Kuitenkin jo 1880-luvulla Blytt kehitti mallinsa, jossa turvestratigrafian perusteella nykyisin oli menossa melko kostea subatlanttinen vaihe (Andersson 1898). Tätä näkemystä hän edusti loppuun saak-

ka, mikä käy ilmi postuumina julkaistusta, mutta ennen Blyttin 1898 tapahtunutta äkillistä kuolemaa valmistuneesta tutkimuksesta (Blytt 1909). Onkin todennäköistä, että muualta tulleet tiedot olivat vaikuttaneet merkittävästi Blyttiin ja aiheuttaneet tämän mielipiteen muutoksen.

Vaikutteet tulivat todennäköisesti suurimmalta osin Etelä-Ruotsista, jossa Rutger Sernander teki tutkimuksiaan. Vaikka ajoitusmenetelmät olivatkin 1800-luvun lopulla vielä lähes täysin kehittämättömiä ja kronologia perustui paljolti arkeologisten löytöjen perusteella tehtyihin kerrostumisnopeuden arviointeihin, alkoi vahvistua tendenssi liittää erityisen selvä ilmastollinen muutos subboreaalin ja subatlanttisen kauden vaihteeseen. Etenkin Sernander alkoi edustaa tätä näkemystä (Sernander 1929). Hän yhdisti vesipähkinän (*Trapa natans*) ja pähkinäpensaana (*Corylus avellana*) häviämisen laajoilla alueilla tarkasti em. kausien vaihteessa tapahtuneeseen ilmaston muuttumiseen paitsi kosteammaksi myös viileämmäksi. Vaikka olikin Blyttin ajatusten voimakas kannattaja, Sernander päätyi lopulta näkemykseen, joka edusti kompromissia Blyttin ja tätä kritisoineiden tutkijoiden tulosten välillä. Hän säilytti periodisen ilmastokehitysmallin, mutta otti sen rinnalle mukaan käsitteen postglasiaalisesta lämpökäudesta, joka ei ollut sidottu yhteenkään Blyttin periodeista (Sernander 1890).

Blyttin tapaan Sernander tutki myös vanhoja kantokerroksia, joita hän löysi mm. suureunaisten järvien pohjasta ja teki tästä Blyttin teorian mukaisen päätelmän — puut olivat kasvaneet suolla pohjaveden ollessa alhaalla kontinentaalisen ilmaston aikana, kunnes ilmasto oli muuttunut mereisemmäksi ja puut olivat jääneet nousevan vedenpinnan alle (Sernander 1890). Nykyisin menossa olevasta kuivasta ilmastovaiheesta hän ei löytänyt merkkejä, vaan myös soiden ylin turvekerros koostui useimmiten heikosti maatumasta rahkaturpeesta, mikä viittasi melko kosteaan ilmastovaihteeseen. Näin Sernander kumosi Blyttin alkuperäisen turvestratigrafisen ja ilmastohistoriallisen mallin viimeisimmän vaiheen ilmastollisen sisällön päinvastaiseksi.

Onkin edellä mainitusta syystä hieman yllättävää, että Blyttin ja Sernanderin tutkimustuloksia on pidetty niin samansuuntaisina, että kvartääritieteessä on vuosikymmeniä puhuttu Blyttin-

Sernanderin mallista. Tällöin mallin sisältö on useimmiten vastannut Sernanderin käsitystä jääkauden jälkeisestä ilmaston kehityksestä.

Kokonaisuudessaan Blyttin-Sernanderin malli muodostui vuosisadan vaihteessa seuraavanlaiseksi. Nykyisin oli menossa kosteahko mereisen ilmaston subatlanttinen vaihe, jota turvestratigrafiassa ilmensi heikosti maatunut rahkaturve. Rahkaturpeen alapuolinen kantonkerros osoitti subatlanttista vaihetta edeltäneen mantereisen ilmaston subboreaalisen ajan. Sitä ennen oli vallinnut kostea ja lämmin atlanttinen vaihe, joka sitä vastaavan turvekerroksen paksuuden ja laajan esiintymisen perusteella vaikutti kestäneen kauan. Atlanttisten turvekerrostumien alapuolinen toinen kantonkerros oli peräisin boreaaliselta kaudelta. Sen alapuolella oli vielä preboreaalinen kerros. Turvekerrosten alapuolella oli savea, josta monin paikoin löydettiin arktisten kasvien jäänteitä.

KRITIIKKI

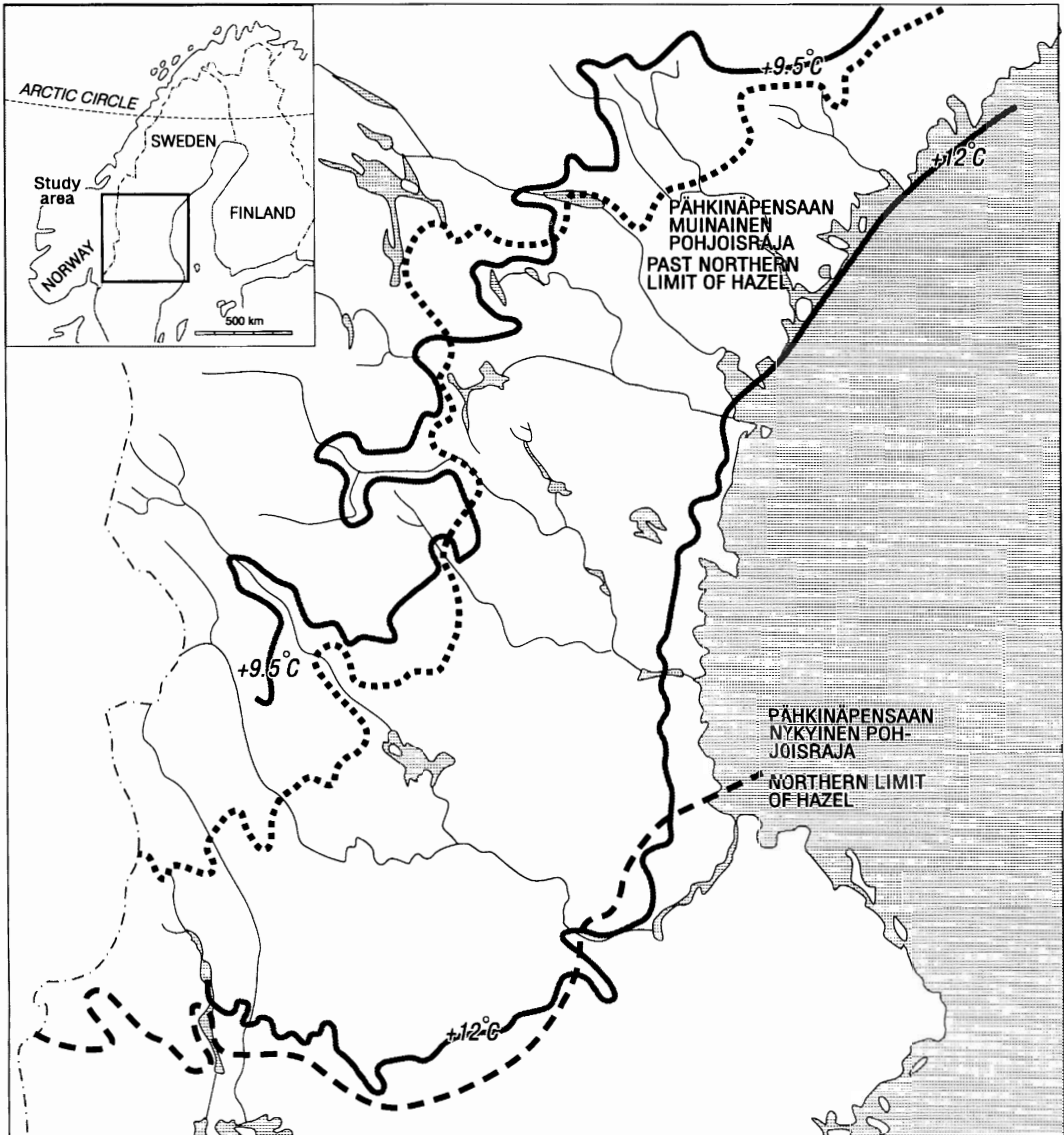
Uusi teoria ilmaston periodimaisista vaihteluista postglasiaaliaikana joutui heti kritiikin kohteeksi. Blyttin-Sernanderin mallia arvosteltiin sekä virheellisiin tutkimusmenetelmiin että väärin tulkintoihin perustuvaksi. Erityisen voimakkaasti mallia arvosteli ruotsalainen geologi Gunnar Andersson. Myös Andersson oli turvetutkija ja maineikas kasvinjäänteiden tuntija. Anderssonkin luonnollisesti hyväksyi sen, että ilmasto oli vaihdellut jääkauden jälkeisenä aikana, mutta hänen mukaansa jääkauden loppua oli seurannut nykyistä lämpimämpi vaihe, josta ilmasto oli vähitellen jäähtynyt nykyiselleen (Andersson 1903). Andersson perusti teoriansa lämpöoptimista muutaman termofiilisen kasvin makrofossiilien esiintymiseen selvästi kasvien nykyisen levinneisyysalueen pohjoispuolella: Kuvassa 2 on elegantti esimerkki siitä, kuinka Andersson (1903) pystyi pähkinäpensaan makrosubfossiilien avulla tekemään kvantitatiivisia arvioita lämpöoptimin aikaisista keskilämpötiloista. Blyttin-Sernanderin mallin perustana ollutta turvekerrosten ja niiden välisten kantonkerrosten tulkintaa Andersson kritisoi pitkään ja perusteellisesti. Aineiston laajuudessa tuskin oli huo-

mautettavaa, sillä Blytt oli perustanut mallinsa peräti 136 norjalaisen keidassuon tutkimustuloksiin. Sen sijaan Andersson suhtautui skeptisesti Blyttin aineistostaan tekemiin tulkintoihin ja epäili, ettei Blytt ollut tutkinut soitaan riittäväällä tarkkuudella.

Soiden kantokerrokset olivat joka tapauksessa sellainen turvestratigrafinen piirre, joka tuli ilmi vähemmän tarkassa turvetutkimuksessakin. Anderssonkin myönsi sen kiistämättömän tosiseikan, että kantonkerros oli syntynyt suon pinnalle aikana, jolloin suon pinta oli kuiva. Kun kosteus suon pinnalla oli lisääntynyt, olivat puut kuolleet ja suolla oli alkanut kerrostua vaaleaa rahkaturvetta. Tämä ei kuitenkaan Anderssonin mukaan antanut aihetta tehdä päätelmiä laajoista ilmastomuutoksista, vaan puiden kuolema saattoi johtua täysin paikallisista tekijöistä. Anderssonin mukaan "muutaman kantonkerroksen perusteella ei voi tehdä päätelmiä kuivista ilmastovaiheista" (Blytt 1893). Andersson edusti näin ollen yhtenä ensimmäisistä edelleen vakavasti otettavaa teoriaa, jonka mukaan suon oma kehityshistoria ja muut paikalliset tekijät ohjaavat suon pitkäaikaista kehitystä.

Tämän väitteensä tueksi Andersson tutki tarkoin Blyttin 136 suolta keräämän aineiston. Tarkastelu osoitti, ettei turve- ja kantonkerroksia suinkaan esiintynyt säännöllisesti niin kuin teorian mukaan olisi kuulunut (Andersson 1892). Blytt oli teoriaansa luodessaan ottanut huomioon soiden iän jakamalla suot eri luokkiin sen mukaan, millä korkeudella ne sijaisivat meren pinnan tasoon nähden. Vanhimmilla soilla oli mahdollisuus löytää kaikki kanto- ja rahkaturvekerrokset, nuoremmilla soilla vain viimeisimmät. Anderssonin mukaan aineisto oli kuitenkin hajanaista eikä olisi antanut aihetta Blyttin-Sernanderin mallin luomiseen. Mikäli Anderssonin tarkastelu on virheetön, menettää Blyttin teoria näin perusteensa.

Seuranneessa tieteellisessä keskustelussa tulivat esille myös suomalaisen maantieteilijän Ragnar Hultin tutkimukset (Hult 1886) Suomen Lapissa. Sammalten nykyisen levinneisyyden perusteella Hult oli Blyttin (1893) mukaan tullut Blyttin teorian mukaisiin tuloksiin. Mielenkiintoista on, että Andersson taas tulkitsi Hultia toisin, omaa käsitystään tukevalla tavalla.



Kuva 2. Ruotsalaisen Gunnar Anderssonin arvio jääkauden jälkeisen lämpöoptimin aikaisesta loppukesän keskilämpötilasta. Andersson osoitti, että pähkinäpensaana (*Corylus avellana*) pohjoisraja noudattelee $+12^{\circ}\text{C}$:n isotermiä. Kun pähkinäpensaana pohjoisraja lämpöoptimin aikana vastasi nykyistä $+9,5^{\circ}\text{C}$:n isotermiä, arvioi Andersson lämpömaksimin aikaisen keskilämpötilan olleen $2,5^{\circ}\text{C}$ nykyistä korkeamman.

Fig. 2. Gunnar Andersson's estimates of the late-summer temperatures of the postglacial temperature optimum. Andersson showed that the northern limit of hazel (*Corylus avellana*) runs along the $+12^{\circ}\text{C}$:n isotherm. Since the same limit during the temperature optimum corresponded to the present $+9,5^{\circ}\text{C}$:n isotherm, Andersson estimated that the mean temperature at that time was $2,5^{\circ}\text{C}$ higher.

Andersson teki runsaasti turvestratigrafisia tutkimuksia Suomessa. Hän kairasi erilaisia Etelä-Suomen soita (Andersson 1898). Hänen

tutkimuksistaan voi selvästi havaita, ettei soiden ekologinen luokittelu ollut vielä kehittynyt nykyisen kaltaiseksi: turvestratigrafisia profiileja ei

A		B		C	
RAHKATURVE	SPHAGNUM PEAT	RAHKATURVE	SPHAGNUM PEAT	RUOKO- JA KORTETURVE	PHRAGMITES AND EQUISETUM PEAT
SARATURVE	CAREX - PEAT				
LIEJU	GYTTJA	SARATURVE	CAREX PEAT	LIEJU	GYTTJA
SAVI	CLAY	SAVI	CLAY	SAVI	CLAY

Kuva 3. Ensimmäisiä turveprofileja Suomesta? Profiilit on piirretty Anderssonin (1898) vuonna 1894 tekemien kenttätöiden pohjalta. A = Fredriksbergs mosse, Helsinki, B = Kenraalinsuo, Pyhäjärvi, C = Sylväjärvensuo, Nastola. Fredriksbergs mosse eli Pasilansuo on sittemmin tuhottu.

Fig. 3. The first peat profiles from Finland? The profiles were created on the basis of the field work done by Andersson (1898) in the summer of 1894. A = The Fredriksbergs mosse mire, B = The Kenraalinsuo mire, C = The Sylväjärvensuo mire. The Fredriksbergs mosse mire was later destroyed.

luokiteltu suotyypin tai suoyhdistymätyypin mukaan. Joka tapauksessa Anderssonin Suomesta saama aineisto sopi huonosti Blyttin malliin. Suomen soissa ei voinut havaita sellaista kerrosjärjestystä, jonka olisi loogisesti voinut tulkita ilmentävän kuivien ja kosteiden vaiheiden vaihtelua jääkauden jälkeisenä aikana. Kuvassa 3 on esitetty muutamia Anderssonin kesällä 1894 laatimia profileja (ensimmäiset turveprofiilit Suomesta?), joista kahdessa ilmenee nykyajan suotutkijalle luonnolliselta tuntuva sukkessio minerotrofisten vaiheiden kautta ombrotrofiaan, yksi suo taas on edelleen minerotrofisessa vaiheessa.

UUDEN VUOSISADAN ALKU JA SIITEPÖLYANALYYSIN KEHITTYMINEN

Tämän vuosisadan alkuvuosikymmeninä mahdollisuudet saada ilmastohistoriallista tietoa parainivat merkittävästi. Uudet innovaatiot koskivat sekä malleja että metodeja. Erityisen tärkeä metodinen uutuus oli siitepölyanalyysi. Ensimmäisen kerran sen kvantitatiivinen sovellus tuli julkisuuteen vuonna 1916 ruotsalaisen Lennart von Postin Oslossa pitämässä esitelmässä (Faegri & Iversen 1964). Siitepölyanalyysi teki mahdolliseksi paitsi tutkia soiden ja niiden lähimetsien postglasiaalia kehitystä myös rinnastaa soiden stratigrafisia kerroksia — sovellus, jolla oli tulevaisuudessa suuri merkitys.

Ennen siitepölyanalyysiä Ruotsin turvestratigrafinen tutkimus oli jakautunut kahteen koulukuntaan, jotka osittain tukivat toinen toisiaan.

Lundin yliopistossa oli jo Steenstrupin ajoista vallinnut tapa tutkia soiden stratigrafiaa lähinnä makrosubfossiilien avulla. Tällöin kuitenkin makrosubfossiililöydöt edustivat lähinnä suon omaa kehitystä, eikä luotettavaa tietoa metsähistoriasta ollut näin ollen saatavilla (von Post 1926). Toinen koulukunta, jonka perustajana voidaan pitää Sernanderia, keskittyi enemmän tutkimaan soiden stratigrafiaa kokonaisuutena, jolloin stratigrafisesta rakenteesta pyrittiin saamaan tietoa ympäristöoloista eri vaiheissa. Tätä lähestymistapaa, jota von Post (1926) kutsui paleososiologiseksi, edisti Uppsalassa Gösta Lundqvist. Paleoekologisena lähestymistapana tämä menetelmä oli suoraa jatkoa Blyttin ja Sernanderin työlle ja on nykyisin vallitsevassa asemassa.

Von Postin pioneeritutkimusten jälkeen Ruotsissa syntyi pian vahva siitepölyanalyysiin erikoistunut koulukunta ja menetelmää käytettiin runsaasti. Siitepölyanalyysin voi katsoa antaneen sisällön Blyttin ilmastoperiodeille. Ennen tätä uutta menetelmää turvestratigrafinen tutkimus oli pystynyt lähinnä kuvaamaan erilaisia muutoskohtia ja hyvin yleistävästi esittämään jonkinlaisia ilmastollisia taustoja kullekin kerrokselle. Siitepölyanalyysin avulla oli viimeinkin mahdollisuus saada tietoa ympäristön luonteesta kunkin kerroksen tai ilmastoperiodin aikana. Varsinkin von Post (1930) pyrki siitepölytutkimuksillaan selvittämään, voitaisiinko Pohjoismaiden kasvillisuuden jääkaudenjälkeisessä kehityksessä erottaa synkronisia siitepölykoostumusvyöhykkeitä. Hän laati muutamilta alueilta siitepölydiagrammeja ja hahmotti sen jälkeen kullekin alueelle ominaisen jaon

siitepölykoostumusvyöhykkeisiin. Von Postin siitepölykoostumusvyöhykkeet olivat eri alueiden välillä samanlaisia eli ko. alueiden välillä vallitsi alueellinen parallelismi. Myöhemmin von Post laajensi alueellista parallelismiaan kauas tutkimusalueensa ulkopuolelle, jopa koskemaan koko maapalloa (von Post 1946).

Alkuperäisen Blyttin-Sernanderin mallin ilmastollinen sisältö ei kuitenkaan vastannut von Postin siitepölystratigrafian perusteella tekemää ilmastollista tulkintaa ja von Post kirjoitti jo 1930, että "ko. malli tulisi siirtää tieteen historiaan" (Mangerud ym. 1974). Näin ei kuitenkaan käynyt, sillä Blyttin-Sernanderin malli sai tukea Tanskasta, jossa K. Jessen (1935) von Postin tapaan korreloi siitepölykoostumusvyöhykkeitä eri alueiden välillä ja tulkitsi niiden perusteella ilmaston kehittyneen Blyttin-Sernanderin mallin mukaisesti.

Siitepölyanalyysin tarkoituksena oli selvittää ennen kaikkea metsähistoriaa, joten suot tarjosivat siitepölylle lähinnä sopivan kerrostumisympäristön. Itse turvestratigrafian kannalta siitepölyanalyysin merkitys oli alussa melko vähäinen. Kuitenkin von Post tutki myös soita. Merkittävä oli suon pinnan kasvutapaa käsittelevä tutkimus (von Post & Sernander 1910), jonka tuloksella oli suuri vaikutus käsityksiin soiden stratigrafisesta kehityksestä. Tällöin luotiin ns. regeneraatiomalli, jolla tarkoitettiin suon pinnan kermien ja kuljujen vertikaalista vaihtelua. Vaikka tällä mallilla ei ollutkaan suoranaista yhteyttä Blyttin alkuperäiseen ajatukseen tutkia ympäristöoloja turvestratigrafian avulla, olisi tällaisella kasvutavalla ollut kuitenkin suuri vaikutus itse soiden turvestratigrafiseen rakenteeseen.

Lähempänä alkuperäistä ideaa oli saksalaisen C. A. Weberin (1910) tekemä havainto, jonka mukaan Pohjois-Saksan keidassoiden turvepatjat koostuivat yleensä kahdesta erilaisesta kerroksesta, joista alempi oli tumma, hyvin maaton ja ylempi vaalea, heikosti maaton. Näitä kahta kerrosta erotti useimmiten 2–3 m:n syvyydessä oleva rajahorisontti, Grenzhorizont. Vallitsevan käsityksen huomioon ottaen oli luonnollista, että kerrokset liitettiin postglasiaalilmaston kehitykseen. Erityisesti Weberin tulosten voi katsoa tukeneen Sernanderin tuloksia, sillä turvekerrosten jyrkkä kontrastiero viittasi ilmaston äkilliseen muutokseen kohti kosteampia oloja. Toisaalta

Grenzhorizontin yläpuolinen heikosti maaton turve ei täysin sopinut yhteen Blyttin alkuperäisen mallin kanssa, johon sisältyi käsitys nykyisestä melko kuivasta vaiheesta. Ajallisesti Grenzhorizont liitettiin subboreaalisena ja subatlanttisen kauden vaihteeseen, jossa se on pysynyt nykypäiviin saakka (esim. Barber 1981).

Vuosisadan alussa lähes täysin Ruotsiin keskittynyt turvestratigrafinen tutkimus levisi vähitellen laajemmallekin. Vaikutteet tulivat silti vielä Ruotsista, jossa edelleen kehitettiin mm. regeneraatioteoriaa. Suomalaisen kvartaaritutkimuksen kannalta oli tärkeää siitepölyanalyysin omaksuminen Ruotsista. Ensimmäisen kerran sitä käytti täällä Väinö Auer (1927). Sillä oli tärkeä osuus kahdessa vuonna 1932 ilmestyneessä, sittemmin klassisen aseman saavuttaneessa turvestratigrafian painottuneessa suotutkimuksessa. Niistä toinen oli Leo Aarion (1932) väitöskirja "Pflanzentopographische und paläogeographische Mooruntersuchungen in N-Satakunta".

Tässä työssään Aario vakiinnutti soiden topografian muodostumista koskevia käsityksiä ja loi samalla uutta nimitystä. Hänen havaintonsa eivät sopineet regeneraatioteoriaan. Tärkeä siitepölyanalyysin sovellutus liittyi soiden kerrosrakenteeseen. Käyttäen hyväkseen siitepölydiagrammiensa synkronisia muutoskohtia hän pystyi osoittamaan, etteivät eri soiden eri turvekerrosten rajat yleensä olleet synkronisia eikä näitä horisontteja siis voinut yksinkertaisesti selittää laajojen ilmastomuutosten avulla. Tämä oli ristiriidassa etenkin Osvaldin (1923) tulosten kanssa. Yleisesti ottaen Aarion tutkimuksessa on havaittavissa pyrkimys painottaa keidassoiden oman luonnollisen kehityksen, soiden vanhenemisen, merkitystä ympäristöolojen muutoksen kustannuksella. Tällöin myös turvestratigrafian kvartaaritieteellinen arvo pieneni.

Toinen merkittävä vuoden 1932 alan tutkimus oli Erik Granlundin "Svenska högmossarnas geologi". Se oli lähes yksinomaan stratigrafinen. Erityisen tarkastelun kohteeksi Granlund otti makroskooppisesti havaitsemansa vertikaaliset turvepatjan muutoskohdat, jotka hän nimesi rekurrenssipinnoiksi ja liitti niiden synnyn ilmastomuutoksiin (Granlund 1932: s. 73). Näin ilmasto olisi voimakkaasti kontrolloinut turpeen kerrostumista ja ilmastomuutokset näkyisivät

turvestratigrafisina muutoskohtina. Suomessa Granlundin mallia ja menetelmiä sovellettiin Pohjanmaan rannikkoalueen soilla 1940-luvulla (Brandt 1948). Soiden kehitys liitettiin täällä täysin ilmastoon ja kaikki stratigrafiset muutokset yhdistettiin ilmastomuutoksiin. Rekurrenssipintoja kuvattiin peräti 8, joista 7 oli kuusen tulon jälkeisiä ja siten melko nuoria. Tuloksena oli radikaali ilmastovaihteluteoria. Äärimmäisenä esimerkkinä esitettiin soiden olleen kehityshistoriansa aikana välillä aapasoita, välillä keidassoita, vallitsevan ilmastotyypin mukaan (Brandt 1948: 133). Suurempaa kannatusta eivät tällaiset tutkimukset Suomessa koskaan saavuttaneet (ks. kuitenkin Donner 1978).

Jälkeen päin tarkasteltuna on mielenkiintoista, että Aario ja Granlund päätyivät lähes vastakkaisiin käsityksiin soiden kehityshistoriasta. Molempien töillä on ollut omassa maassaan suuri vaikutus myöhempään tutkimukseen, eikä kummankaan tutkimustuloksia ole pystytty ehdottomasti kumoamaan tai vahvistamaan. Tälle näennäisen ristiriitaiselle tilanteelle saattaa kuitenkin olla luonnollinen selitys. Suomessa keidassoilla on selvästi mantereisia piirteitä ja usein keidassoiden turvekerros muodostuu paksusta ruskorahkasammalpatjasta. Monesti laajatkin keidassuot ovat mäntymetsää kasvavia. Läntisessä Euroopassa keidassoilla märkäpintaa on enemmän ja vallitsevat rahkasammallajit ovat toisia. Siellä pohjaveden pinnan vaihteluiden voi olettaa vaikuttavan voimakkaammin ja näkyvän turvestratigrafiassa selvemmin kuin esim. Suomessa (Barber ym. 1994). Vielä nykyisinkin läntisessä Euroopassa keidassoiden stratigrafisessa tutkimuksessa painotetaan enemmän ilmastotekijöitä stratigrafisten muutosten selittäjinä, kun taas Suomessa kiinnitetään enemmän huomiota soiden luonnolliseen, ilmastomuutoksista riippumattomaan kehitykseen.

Toisen maailmansodan jälkeen edellä esitellyn kaltaisten tutkimusten määrä hetkeksi väheni. Tämä johtui varmaankin siitä, että siitepölyanalyysi tarjosi paremman menetelmän tutkia post-glasiaaliaikaa. Siitepölyanalyysi osoitti vääräksi myös ennen melko yleisen taipumuksen nähdä paleoympäristö mahdollisimman synkronisena kokonaisuutena. Todellisuus oli tätä monimutkaisempi. Tämän tiedon saavuttamisessa oli tärkeä osuus myös kokonaan uudella menetelmällä, ^{14}C -

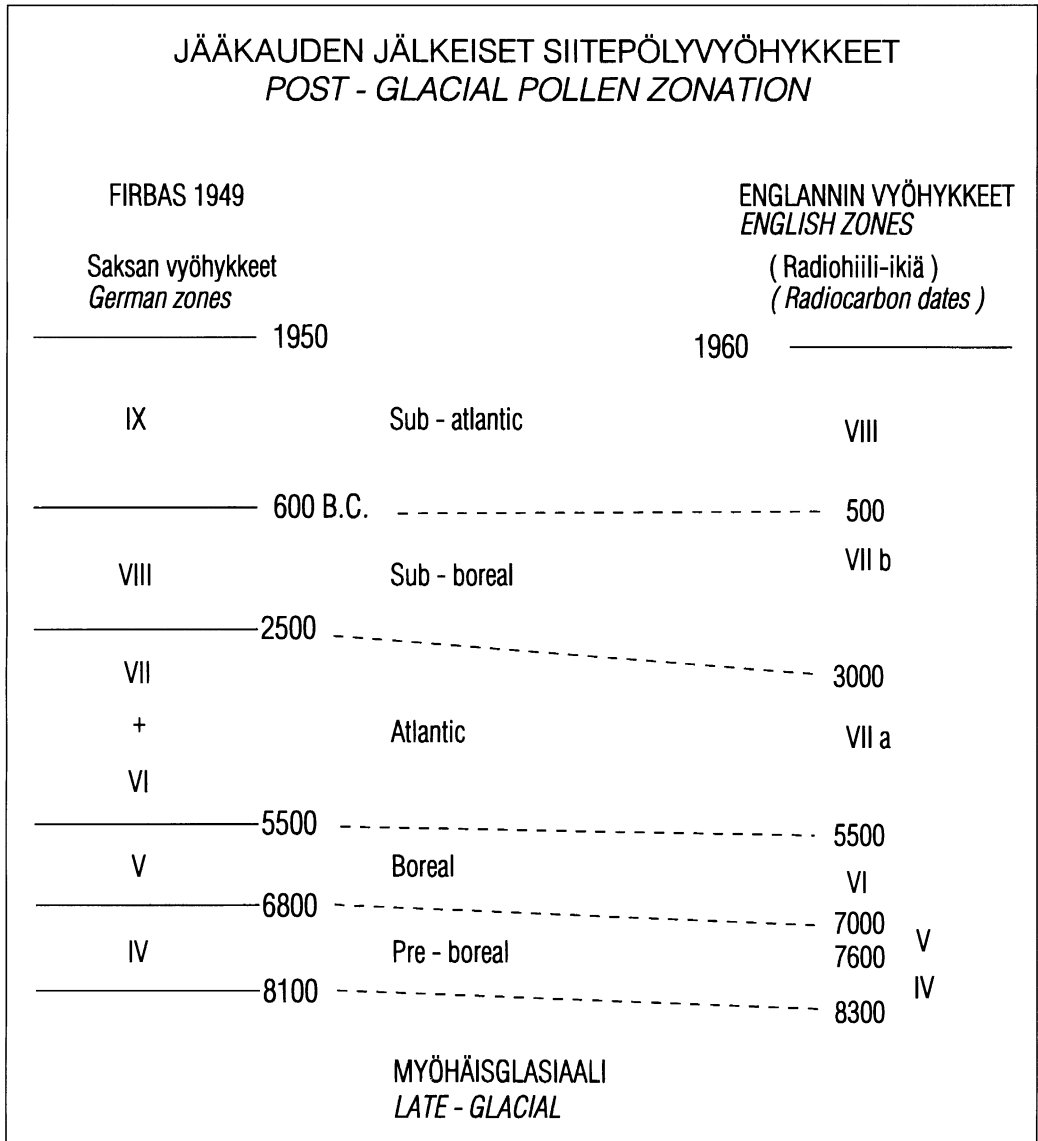
ajoituksella. Paljolti sen ansiota oli myös se, että 1960-luvulla kiinnostus turvestratigrafisiin tutkimuksiin heräsi uudelleen.

BLYTTIN-SERNANDERIN MALLI NYKYTIEDON VALOSSA

Radiohiiliajoitusten ansiosta viime vuosikymmeninä eri turvekerrosten ikiä on pystytty sitomaan radiohiili- ja kalenterivuosiin. Tällöin kuva turvestratigrafiasta on luonnollisesti tarkentunut merkittävästi. Toisaalta tarkka kronologinen tieto on osoittanut turvestratigrafian monimutkaisuuden ja tuonut siten esiin uusia kysymyksiä. Nykyisin ollaan jotakuinkin yksimielisiä siitä, että heikosti ja voimakkaasti maatuneet turvekerrokset liittyvät suon pohjaveden tason vaihteluihin. On kuitenkin edelleen kiistanalaista, mikä on kunkin turvekerroksen alueellinen kattavuus. Etelä-Ruotsissa tekemiensä laajojen tutkimusten perusteella Svensson (1988) on sitä mieltä, että turvekerrokset kuvastavat ilmastovaihteluita. Hänen kuvaamiensa rekurrenssipintojen iät eivät kuitenkaan vastaa esim. Granlundin klassisten rekurrenssipintojen ikiä. Koska rekurrenssipinnat ovat eriaikaisia, on edelleen kiistanalaista, kuvastavatko ne ja muut turvekerrokset alueellisesti laajoja ilmastovaihteluita vai syntyvätkö ne soiden pohjaveden tason paikallisten vaihteluiden tuloksena.

Suomessakaan ei ole löydetty kiistatta synkronisia rekurrenssipintoja, eivätkä turvekerrosten maatumiserot yleensäkään ole yhtä selviä kuin esim. Etelä-Ruotsissa. Monilla Suomen keidassoilla turvepatja voidaan kuitenkin jakaa tummaan pohjaturpeeseen ja vaaleaan pintaturpeeseen. Tällainen kerrosrakenne muistuttaa Weberin kuvauksia Pohjois-Saksan keidassoiden turvestratigrafiasta ja tuo mieleen klassisen Grenzhorizont-käsitteen. Suomessa radiohiiliajoitukset ovat kuitenkin antaneet em. kerrosten rajahorisontille hyvin erilaisia ikiä: esim. Lammin Laaviosuolla rajahorisontti on muodostunut n. 3 900 BP (Tolonen 1987) ja Hollolan Varrassuolla peräti n. 6 000 BP (Tolonen & Ruuhijärvi 1976). Iät ovat siten paljon vanhempia kuin subboreaalisen ja subatlanttisen kauden vaihteeseen sijoittuvan Grenzhorizontin ikä.

Lopullista totuutta Blyttin-Sernanderin mallin

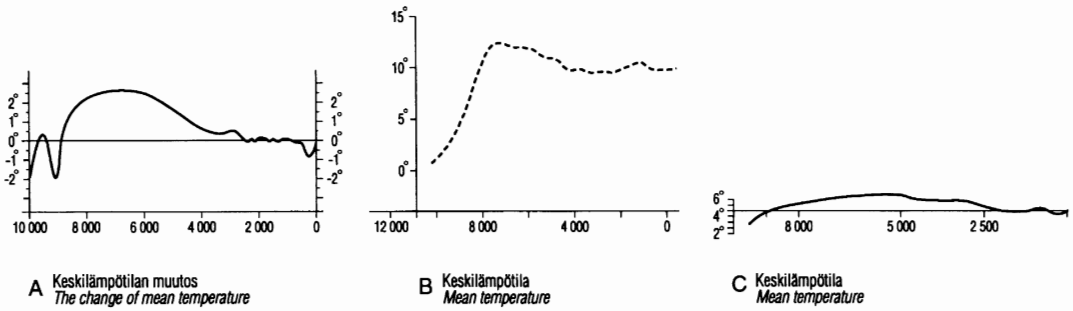


Kuva 4. Askel väärään suuntaan. Blyttin-Sernanderin mallin siirtäminen siitepölystratigrafiaan johti mallin soveltamiseen alueilla, jossa jääkauden jälkeinen ilmastohistoria on ollut merkittävästi erilainen kuin eteläisessä Skandinaviassa (mukaeltu Godwinin 1960 mukaan).

Fig. 4. A step in a wrong direction. The adaptation of the Blytt-Sernander scheme for pollen stratigraphy led to the application of the scheme in areas where the postglacial climate history was very different from that of southern Scandinavia. Modified from Godwin (1960).

metodisesta perusolettamuksesta, erilaisten turvekerrosten yhdistämisestä laajoihin ilmastovaiheisiin, ei siten ole vielä kukaan sanottu. Sen sijaan käsitykset Blyttin-Sernanderin mallin

ilmastollisesta sisällöstä, varsinkin sen soveltamisesta Pohjoismaiden ulkopuolella, ovat merkittävästi muuttuneet viime vuosikymmeninä. Vaikka Blyttin-Sernanderin mallia



Kuva 5. Arvioita keskilämpötilan kehityksestä jääkauden jälkeen Norjassa (A), Englannissa (B) ja Suomessa (C). Jo viime vuosisadan puolella todettu pitkä jääkauden jälkeinen lämpöoptimi erottuu selvästi kussakin terrestriseen evidenssiin perustuvassa arvioissa (A = Nesje ym. 1991; B = Manley 1964; C = Eronen 1991).

Fig. 5. Estimates of the development of the mean temperatures during the postglacial period in Norway (A), England (B) and Finland (C). The postglacial temperature optimum, detected already in the last century, is evident in each curve, based on terrestrial data (A = Nesje et al. 1991; B = Manley 1964; C = Eronen 1991).

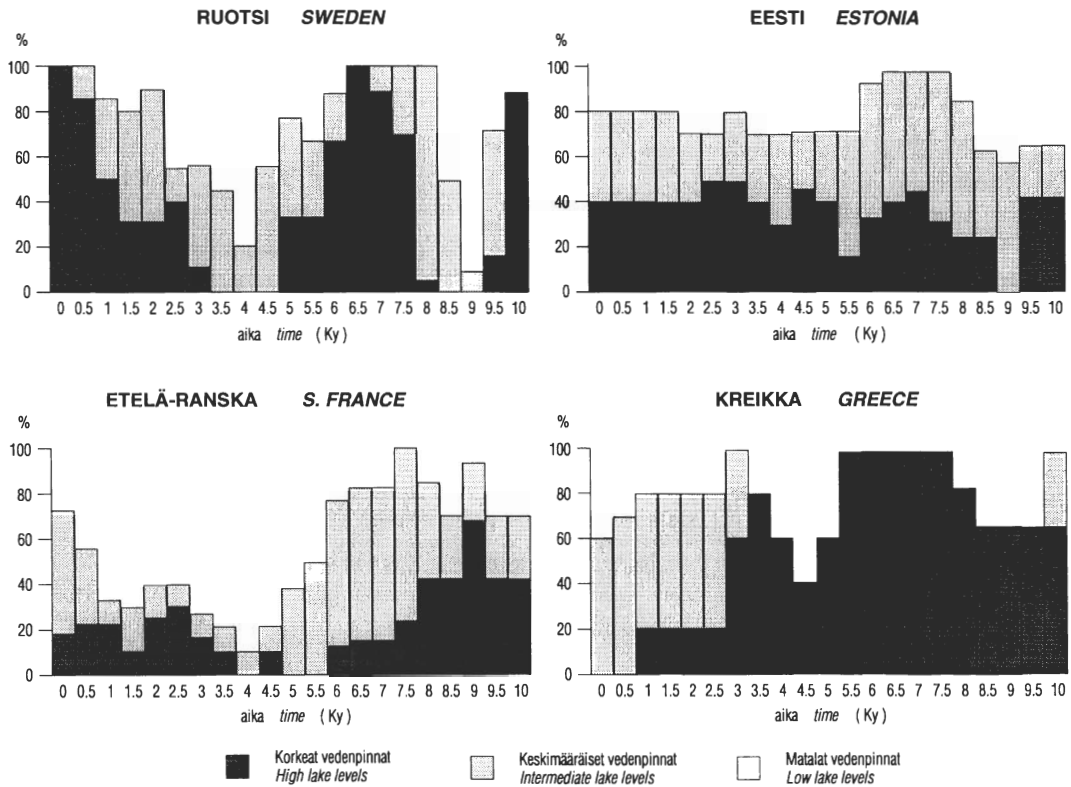
kritisoitiin ajoittain voimakkaastikin, sai se vuosisadan alkupuolella kuitenkin lähes paradigman aseman (Birks 1982). Sen aseman vakiintuminen ei johtunut niinkään uusista turvestratigrafisista tutkimuksista, vaan siitepölyanalyysin yleistymisestä. Siitepölyanalyysin leviessä levisi myös tapa jakaa siitepölydiagrammit Blyttin-Sernanderin mallia vastaaviin vyöhykkeisiin (Kuva 4). Näin tehtiin Pohjoismaiden lisäksi mm. Keski-Euroopassa (esim. Firbas 1949) ja Brittein saarilla (esim. Godwin 1940, West 1977). Koska Blyttin-Sernanderin mallin kullakin kaudella oli selvä ilmastollinen sisältö, liittyi tähän käytäntöön luonnollisesti se oletus, että jääkauden jälkeinen ilmastohistoria on ollut samankaltainen kaikilla niillä alueilla, missä Blyttin-Sernanderin mallia sovellettiin. Tällainen oletus on merkittävä koko kvartaaritieteen kannalta: mikäli se pitäisi paikkansa, tarjoaisivat Blyttin-Sernanderin malli ja sen siitepölystratigrafinen sovellutus mahdollisuuden jakaa jääkauden jälkeinen aika ilmastollisesti yhtenäisiin vaiheisiin ja luoda näin perusta jääkauden jälkeisen ajan kronostratigrafiselle jaottelulle.

On selvää, että kronostratigrafia tarvitsee luokittelua, joka perustuu mahdollisimman selkeästi määriteltävissä oleviin stratigrafisiin muutoksohtiin. Jotta muutokset olisivat yksiselitteisiä, tulee niiden täyttää kaksi ehtoa: 1) niiden

tulee olla riittävän voimakkaita ja 2) niiden tulee olla alueellisesti laajoja ja samanaikaisia (Mangerud ym. 1974). Kronostratigrafisen luokittelun rajakohdaksi sopii mahdollisimman huonosti sellainen muutos, joka on tapahtunut hitaasti ja eri alueilla eri aikaisesti. Tästä syystä on mielenkiintoista tarkastella kuinka Blyttin-Sernanderin malli täyttää nämä vaatimukset.

Useimmiten kronostratigrafisten vaiheiden erottamiseen tarvitaan vaikutukseltaan alueellisesti merkittävä, mieluiten globaali muutos. Useimmiten tällainen on, ainakin kvartaarikauden aikaskaalassa, ilmaston muutos. Melko selvä esimerkki tästä on kvartaarikauden yläosassa tapahtunut ilmaston lämpeneminen ja sitä seurannut mannerjäätiköiden nopea sulaminen. Tämä muutoskohta erottaa toisistaan pleistoseenikauden ja holoseenikauden (esim. Mangerud ym. 1974). Blyttin-Sernanderin mallin mukaan myös postglasiaaliaikana olisi tapahtunut vastaavanlaisia globaaleja ilmastomuutoksia. Tämän oletuksen paikkaansa pitävyyttä voidaan tarkastella nykyisen monipuolisen paleoklimatologisen tiedon varassa.

Kuvassa 5 on esitetty jääkauden jälkeistä aikaa kuvaavia lämpötilaestimaatteja käyrinä. Arviot koskevat Länsi-Norjan (A), Englannin (B) ja Etelä-Suomen (C) keskilämpötiloja. On kiistämätöntä, että käyrät ovat melko lailla samankaltaisia: jo



Kuva 6. Järvien veden pinnan vaihtelut kuvastavat ilmaston kosteutta. Kuvasta voi havaita, että alueelliset vaihtelut ovat olleet Euroopassa suuria. Siten Blyttin-Sernanderin mallin kausien soveltaminen Pohjoismaiden eteläosien ulkopuolelle on perusteetonta (Harrison ym. 1993).

Fig. 6. The lake level data reflect the climatic humidity. The figure shows that the regional differences in Europe have been significant. Therefore, the application of the Blytt-Sernander scheme outside the Nordic countries is untenable (Harrison et al. 1993).

1800-luvulla todettu jääkauden jälkeinen lämpömaksimi on kaikissa käyryissä selvä. Lämpömaksimi on todettavissa myös eteläisellä pallonpuoliskolla. Siellä se on kuitenkin mahdollisesti ajoittunut heti holoseenikauden alkuun, n. 10 000 BP (Ciais ym. 1992). Pohjoisen pallonpuoliskon lämpöoptimin alkuajankohdasta on erilaisia käsityksiä. Useissa arvioissa sen esitetään alkaneen heti 10 000 BP tai vasta 8 000 BP. Lämpöoptimin maksimijankohtana pidetään yleensä 8 000–6 000 BP. Viime aikoina on erityisesti Pohjois-Amerikassa painotettu ajankohtaa 6 000 BP maksimilämpötilan aikana. Myöskään lämpömaksimin aika ei välttämättä ole ollut tasaisen lämmintä aikaa, vaan eri menetelmillä on saatu viitteitä ilmaston

väliaikaisesta jäähtymisestä. Esim. Pohjoismaissa on todettu holoseenin aikaisia jäätikön etenemisvaiheita, jotka ovat johtuneet joko lämpötilan laskusta, sademäärän kasvusta tai molemmista (Karlén 1988, Nesje 1992). Ilmaston viileneminen lämpöoptimin jälkeen näyttää alkaneen Blyttin-Sernanderin mallin kanssa yhtäpitävästi n. 5 000 BP. Tulkinnot ilmaston viilenemisen luonteesta ovat kuitenkin hyvin vaihtelevia ja riippuvat suuresti tutkimusmenetelmistä sekä -alueista

Alkuperäinen Blyttin-Sernanderin malli muodostui vaiheista, joissa lämpötilan ohella kosteus oli tärkein ilmastotekijä. Myös kosteusolojen jääkauden jälkeisistä vaihteluista on saatu sadassa vuodessa valtavasti uutta tietoa. Erityisesti on

tutkittu järvien veden pinnan vaihteluita, jotka turvekerrostumia luotettavammin kuvastanevat laajoja ilmastovaihteluita. Kuvassa 6 on pohjaveden tason vaihteluita kuvaavia käyriä Euroopan eri osista. Etelä-Ruotsissa pohjaveden pinnan taso on vaihdellut jotakuinkin Blyttin-Sernanderin mallin mukaisesti. Varsinkin subatlanttinen, subboreaalin ja atlanttinen vaihe ovat selvästi erotettavissa. Sen sijaan ainakaan Ranskan tai Kreikan pohjaveden tasojen kehitys ei tue Blyttin-Sernanderin mallin mukaista käsitystä, vaan osoittaa pikemminkin alueellisen vaihtelun merkitystä (Harrison ym. 1993). Selvästi Blyttin-Sernanderin mallista poikkeavaa pohjaveden vaihtelu on ollut myös Suomen Lapissa, missä pohjaveden tasot ovat olleet hyvin alhaalla atlantisella kaudella (Hyvärinen & Alhonen 1994). Pohjaveden pinnan vaihtelut ovat siten Euroopassa olleet eriaikaisia, eikä yhdellä yleistävällä käyrällä voi esittää pohjaveden pinnan vaihteluita edes Euroopan mittakaavassa.

Nykyinen tieto jääkauden jälkeisestä ilmaston kehityksestä Pohjoismaissa on siten edelleen melko lähellä Blyttin ja Sernanderin alkuperäistä tulkintaa. Muualla Euroopassa, muista maanosista puhumattakaan, mallin ilmastollinen sisältö ei kuitenkaan näytä olevan yhtäpitävä nykyisen tiedon kanssa eikä siitepölydiagrammien jakaminen Blyttin-Sernanderin mallin vyöhykkeisiin eteläisen Skandinavian ulkopuolella ole näin ollen perusteltua — etenkin, kun siitepölystratigrafian eroja lisää ilmastollisten erojen lisäksi kasvilajien leviämiseen luontaisesti kuuluva viive. Birksin (1982) mukaan pelkästään Brittein saarilla eri alueiden siitepölystratigrafiset erot ovat niin suuria, että yhden kronostratigrafisen mallin (= Blyttin-Sernanderin mallin) pakonomainen soveltaminen on edellyttänyt siitepölydiagrammin jaottelua vastoin biostratigrafisia määritelmiä ja on sen jälkeen johtanut aineiston virheelliseen ajalliseen, ekologiseen ja ilmastolliseen tulkintaan.

Kuten tässä artikkelissa esitetty aineisto osoittaa, ei itse malli, sovellettuna vain eteläiseen Skandinaviaan, ole välttämättä menettänyt ajan-kohtaisuuttaan. Suurin virhe on tapahtunut sovellettaessa mallia muualla Eurooppaan ja jopa muihin maanosiin. Koska Blyttin-Sernanderin mallin ilmastollinen sisältö ei kuitenkaan enää vastaa vallitsevaa tieteellistä käsitystä, herää kysymys,

onko koko mallin käyttäminen enää perusteltua: mitkä ovat ne perusteet, joilla esim. boreaalinen kausi (9 000–8 000 BP) eroaa sitä edeltävästä tai seuraavasta kaudesta? Millä perusteella rajana on 9 000 BP eikä esimerkiksi 9 200 tai 8 500 BP? Miksi tietystä jääkauden jälkeisestä ajanjaksosta puhuttaessa ei voida tyytyä käyttämään radiohiili- tai kalenterivuotia, vaan käytetään termejä, joihin sisältyy harhaanjohtavia ilmastollisia miellejhtymiä?

Blyttin-Sernanderin terminologia on kuitenkin vuosikymmenien aikana ehtinyt vakiintua paleoklimatologiseen terminologiaan. Tästä syystä on ehdotettu termien käyttöä puhtaasti kronostratigrafisessa merkityksessä. Tällöin vaiheet ja niiden muutoskohdat ovat vain kronologisia muutoskohtia vailla minkäänlaista ympäristöllistä sisältöä. Tätä käyttöä on painotettu erityisesti yhteispohjoismaisessa ehdotuksessa kvartaarin luokitteluksi (Mangerud ym. 1974). Siinä postglasiaaliaika on jaettu viiteen Blyttin-Sernanderin mallista nimensä saaneeseen kronovyöhykkeeseen (preboreaali, boreaali, atlantti, subboreaali, subatlantti). Kronovyöhykkeiden rajat on määritetty täsmällisesti mutta keinotekoisesti radiohiilivuotina. Varsinkin Euroopassa on Mangerudin ym. luokittelu sittemmin ollut hyvin vallitsevassa asemassa. Siten näyttää todennäköiseltä, että Axel Blyttin ja Rutger Sernanderin yli sata vuotta sitten turvestratigrafian perusteella luoma terminologia säilyy käytössä vielä seuraavallakin vuosisadalla.

KIITOKSET

Kiitän prof. Matti Erosta, dos. Atte Korholaa ja prof. Kimmo Tolosta, jotka lukivat käsikirjoituksen ja tekivät useita parannusehdotuksia.

KIRJALLISUUS

- Aario, L. 1932. Pflanzentopografische und paläogeographische Mooruntersuchungen in N-Satakunta. *Fennia* 55: 1–179.
- Andersson, G. 1892. Om de växtgeografiska och växtpaleontologiska stöden för antagandet af klimatväxlingar under kvartärtiden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* Bd 14 Häft 6: 509–538.
- Andersson, G. 1898. Studier öfver Finlands Torfmossar och fossila kvartärflora. *Bulletin de la Société de Géographie de Finlande* 15(3): 1–210.

- Andersson, G. 1903. Klimatet i Sverige efter Istiden. *Nordisk Tidskrift*, s. 1–26.
- Auer, V. 1927. Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland. *Communications ex Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae* 12(4).
- Barber, K. 1981. Peat stratigraphy and climatic change. A palaeoecological test of the theory of cyclic peat bog regeneration. Balkema, Rotterdam. 219 s.
- Barber, K., Chambers, F. M., Maddy, D., Stoneman, R. & Brew, J. S. 1994. A sensitive high-resolution record of the late Holocene climatic change from a raised bog in northern England. *The Holocene* 4: 198–205.
- Birks, H. J. B. 1982. Holocene (Flandrian) chronostratigraphy of the British Isles: a review. *Striae* 16: 99–105.
- Birks, H. J. B. 1986. Late-Quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular reference to north-west Europe. *Teoksessa: Berglund, B. E. (toim.). Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, s. 3–66. John Wiley & Sons, Chichester.
- Blytt, A. 1886. On variations of climate in the course of time. *Christiania Videnskab-Selskabs Forhandlingar* 1886 6.
- Blytt, A. 1893. Om de fytogeograafiske og fytopalaeontoliske grunde forat antage under kvartaertiden. *Christiania Videnskab-Selskab Forhandlingar* 1893 5.
- Blytt, A. 1909. Theorien om den Norske floras invandring under vexlende törre och fugtige perioder. *Bergens museums aarog* 8.
- Brandt, A. 1948. Über die Entwicklung der Moore Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 2(3).
- Ciais, P., Petit, J. R., Jouzel, J., Lorius, C., Barkov N. I., Lipenkov, V. & Nicolaiev, V. 1992. Evidence for an early Holocene climatic optimum in the Antarctic deep ice-core record. *Climate Dynamics* 6: 169–177.
- Donner, J. 1978. Suomen kvartääri-geologia. *Helsingin yliopisto, Geologian laitos, Geologian ja paleontologian osasto, Moniste N:o 1*. Helsinki. 264 s.
- Eronen, M. 1991. *Jääkausien jäljillä*. Ursa, Helsinki. 271 s.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1964. *Textbook of pollen analysis*. Scandinavian University Books, Copenhagen. 237 s.
- Firbas, F. 1949. Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlicher der Alpen. Band 1. Jena.
- Godwin, H. 1940. Pollen analysis and forest history of England and Wales. *New Phytologist* 39: 370–400.
- Granlund, E. 1932: De Svenska högmossarnas geologi. *Sveriges Geologiska Undersökning C* 373. Årsbok 26(1): 1–193.
- Harrison, S. P., Prentice, I. C. & Guiot, J. 1993. Climatic control on Holocene lake-level changes in Europe. *Climate Dynamics* 8: 189–200.
- Hult, R. 1886. Mossfloran in trakterna mellan Aavasaksa och Pallastunturit. En studie öfver mossornas vandringsätt och dess inflytande på frågan om reliktfloren. *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 3: 1–110.
- Hyvärinen, H. & Alhonen, P. 1994. Holocene lake-level changes in the Fennoscandian tree-line region, western Finnish Lapland: diatom and cladoceran evidence. *The Holocene* 4: 251–258.
- Imbrie, J. & Imbrie, K. P. 1979. *Ice ages. Solving the mystery*. MacMillan Press, New York. 224 s.
- Iversen, Jhs. 1973. The development of Denmark's Nature since the Last Glacial Age. *Geological Survey of Denmark, V. Series. No. 7-c*.
- Jessen, K. 1935. Archaeological dating in the history of north Jutland's vegetation. *Acta Archaeol.* 5: 185–214.
- Karlén, W. 1988. Scandinavian glacial and climatic fluctuations during the Holocene. *Quaternary Science Reviews* 7: 199–209.
- Kinahan 1878: *Geology of Ireland*. (Reprint).
- Mangerud, J., Andersen, S.-T., Berglund, B. E., Donner, J. 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3: 109–126.
- Manley, G. 1964. The evolution of the climatic environment. *Teoksessa: Watson, W. & Sisson, J. B. (toim.), The British Isles: a systematic geography*. London.
- Nesje, A. 1992. Younger Dryas and Holocene glacier fluctuations and equilibrium line altitude variations in the Jostedal region, western Norway. *Climate Dynamics* 6: 221–227.
- Nesje, A., Kvamme, M., Rye N. & Løvlie, R. 1991. Holocene glacial and climate history of the Jostedal region, western Norway: evidence from lake sediments and terrestrial deposits. *Quaternary Science Reviews* 10: 87–114.
- Osvald, H. 1923. *Die Vegetation des Hochmoore Komosse*. Svenska Växtsociologiska Sällskapets Handlingar 1.
- von Post, L. 1926. *Medel och mål i Skånsk torvmossforsknig*. Meddelanden från Lunds Universitets geografiska institution. ser. C 15.
- von Post, L. 1930. Problems and working-lines in the post-arctic forest history of Europe. *Report int. Botanical Congress Cambridge. Section E: 1–6*.
- von Post, L. 1946. The prospect for pollen analysis in the study of the Earth's climatic history. *New Phytologist* 45: 193–214.
- von Post, L. & Sernander, R. 1910. *Pflanzenphycognomische Studien auf Torfmoore in Närke*. Excursion A 7.
- Sernander, R. 1890: Om förekomster af subfossila stubbar på svenska insjöans botten. *Afdrag ur Botaniska Notiser*.
- Sernander, R. 1908. The evidence of postglacial changes of climate furnished by the peat-mosses of northern Europe. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 39(7): 465–473.
- Sernander, R. 1929. The warm postglacial period and the postglacial climatic deterioration on Northern Europe. *Proceedings of the International Congress of Plant Sciences* 1: 663–666.
- Svensson, G. 1988. Bog development and environmental conditions as shown by the stratigraphy of Store Mosse mire in southern Sweden. *Boreas* 17: 89–111.
- Tolonen, K. 1987. Natural history of raised bogs and forest

vegetation in the Lammi area, southern Finland, studied by stratigraphical methods. *Annales Academiæ Scientiarum Fennicæ A* 3 144: 1–46.

Tolonen, K. & Ruuhijärvi, R. 1976. Standard pollen diagrams from the Salpausselkä region of Southern Finland. *Annales Botanici Fennici* 13: 155–196.

Weber, C. A. 1910. Was Lehrt der Aufbau der Moore Norddeutschlands über den Wechsel des Klimas in Postglazialer Zeit? *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 62: 143–162.

West, R. G. 1977. *Pleistocene Geology and Biology*. Longman, London. 440 s.

SUMMARY:

On the history and Quaternary scientific significance of peat stratigraphical research in the Nordic countries

Modern peat stratigraphical research has its origins in the Nordic countries. The first steps in peat stratigraphy, and peatland studies in general, were taken in Denmark at the beginning of the last century. Japetus Steenstrup (1813–1897) (Fig. 1) is regarded as the pioneer of palaeoecological peat studies. On the basis of the structure of the Danish peatlands he divided postglacial time into four periods, named according to the main tree species of the corresponding peat layers. Based on the Danish innovation Axel Blytt started an extensive project in peat stratigraphy in Norway. He discovered that the Norwegian peat bogs are composed of several different types of peat layers. His basic assumption was that the woody, highly decomposed peat layers represented continental climate periods, whereas wet, weakly decomposed peat layers indicated oceanic climate. Using this assumption he reconstructed the postglacial development of Norwegian flora and climate. The past continental periods he termed as *boreal*, and the past oceanic periods *atlantic*. The on-going use of the terms preboreal, boreal, atlantic, subboreal and subatlantic arose out of this tradition. In his inferences regarding past vegetation and past environmental conditions Blytt was very advanced. He searched for modern vegetation analogues, corresponding to the reconstructed past plant communities, and then based his interpretations on comparisons of the present and past communities.

The new theory became the subject of a good deal of controversy. In Sweden Gunnar Andersson

discarded Blytt's model and tried to show that Blytt had misinterpreted his extensive material. On the other hand, another Swede, Rutger Sernander, adopted Blytt's views and further refined them. It seems obvious that Sernander also had a strong impact on Blytt and caused him to re-evaluate his original model.

Perhaps the main value of Blytt's and Sernander's work was that it showed the potential of peat stratigraphy in palaeoenvironmental reconstruction. However, several studies have subsequently stressed the importance of the influence of the natural dynamics of a mire on its peat stratigraphy. In Finland this view was represented in Leo Aario's classic work, published in 1932. Erik Granlund's equally classic "Svenska högmossarnas geologi", published that same year, took a contrasting approach by using peat layers to infer past climates. Both studies have had a strong impact on later peat stratigraphical theory and research. It is probable, despite the apparent discrepancy, that both Aario and Granlund were at least partly correct, since the climatic signal may indeed be clearer in the stratigraphy of the peatlands in the more maritime areas of the Nordic countries.

During the 20th century it was made a practice to divide the pollen diagrams according to the periods of the Blytt-Sernander scheme. Consequently, as pollen analysis spread, the Blytt-Sernander scheme was also adopted outside the Nordic countries. The fact that each of the periods of the Blytt-Sernander scheme has a distinct climatic content would require that the

climatic history of those areas outside Scandinavia be similar to that of the Nordic countries. If this had been the case, it would have offered a basis for chronostratigraphical division of the postglacial period. However, it is now known that climate history is not uniform and that the regional differences have been significant. This has been demonstrated by e.g. a study of the past lake levels in Europe (Fig. 6). Therefore, the use of Blytt-Sernander scheme outside southern Scandinavia, the area where it was developed, has led to erroneous climatic interpretations and distorted zoning of the pollen diagrams.

The Blytt-Sernander scheme has been and is still widely used, and several variants to it have evolved through the years. The boundaries of the periods have been especially variable. Lately, they have been mainly used, at least in the Nordic countries, according to the recommendations made by Mangerud et al. (1974). At present Blytt-Sernander periods are used mainly as artificial geochronological units or chronozones without any climatic significance. Their boundaries are totally arbitrary; nevertheless they still resemble those of the original Blytt-Sernander scheme.

Received 15.6.1995, accepted 16.8.1995