

REIJO SOLANTIE

SUOYHDISTYMÄTYYPEISTÄ SUHTEESSA ILMASTOLLISIIN JA HYDROLOGISIIN VYÖHYKKEISIIN

THE ZONATION OF PEATLAND COMPLEX TYPES IN RELATION TO CLIMATIC AND HYDROLOGICAL ZONES

Solantie, R. 1986: Suoyhdistymätyypeistä suhteessa ilmastollisiin ja hydrologisiin vyöhykkeisiin. (The zonation of peatland complex types in relation to climatic and hydrological zones.) — Suo 37: 73—85, Helsinki.

The zonation of peatland complex types and prevalence of peatlands are examined in relation to climatic and hydrological zones in northern Eurasia, particularly in Finland. Mutual coincidences were found in most cases and are considered causal. Climatic and hydrological factor gradients were in many cases steeper about the boundaries than within zones.

Keywords: peatland complex types, climatic and hydrological zones, zonation.

R. Solantie, Meteorological Institute, P.O. Box 503, SF-00101 Helsinki, Finland.

JOHDANTO

Suomessa, joka on prekambriksen peruskallion päällä oleva, pääasiassa metsä- ja suokasvillisuuden peittämä, pohjois-eteläsuunnassa havumetsävyöhykkeen poikki ulottuva maa, voidaan ilmastoon vaikutusta suo- ja metsäkasvillisuuteen tutkia ilman, että ihmistoiminnan ja kallioperän vaikutus peittäisi liiaksi tätä riippuvuutta. Sekä ilmasto että kasvillisuus vaikuttavat veden kierto- ja kiertokulkuun luonnossa. Suo- ja metsäkasvillisuus vaikuttaa taas takaisin ilmastoon. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on valaista näitä riippuvuuksia ja erityisesti niiden muuttumista "portaittain" vyöhykkeiden rajoilla.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Päämenetelmä ja perusaineisto

Tekemällä synteesi Suomen ilmastoon, hydrologian, suoyhdistymätyyppien ja metsäkasvillisuuden aluejakoista, huomataan näiden aluejakojen yhtyvän pääosin toisiinsa kuvan 1 osoittamalla tavalla. Tässä tutkimuksessa käyn nämä yhteiset rajat läpi näiden neljän eri luonnonelementin välisten riippuvuuksien valossa. Rakensin näistä riippuvuuksista kokonaiskuvan täydentämällä ja syventämällä aikaisemmissa tutkimuksissani niistä tekemiäni laskelmia ja huomioita. Hydrologista puolta syven-

sin laatimalla ensin vyöhykkeittäiset valunnan tyyppikäyrät maan vesivarastojen vuodenaikavaihteluiden funktioina lähinnä vesihallituksen hydrologian toimiston pienten valuma-alueiden aineiston pohjalta (Mustonen 1965, Mustonen & Seuna 1969, Vesihallitus 1972, 1975, 1976). Testatakseni päätelmiäni laajensin tarkasteluani Suomen ulkopuolelle hydrologisen ja meteorologisen tilastoaineiston pohjalta. Koska ominaisuuksien vastinrajat poikkeavat hieman toisistaan, käytin vastinrajoista nimitystä "rajaryhmä". Tulokset annan myös rajaryhmittäin.

Rajat on saatu joko aikaisemmista julkaisuista tai selvitetty tässä tutkimuksessa¹⁾ seuraavasti:

Suoyhdistymätyyppeihin tai soiden yleisyyteen liittyvät rajat (a)

1a, 2a, 4a, 5a Suomessa: Ruuhijärvi & Hosiaislouma 1981 (pohdintoissa myös Eurola 1962)

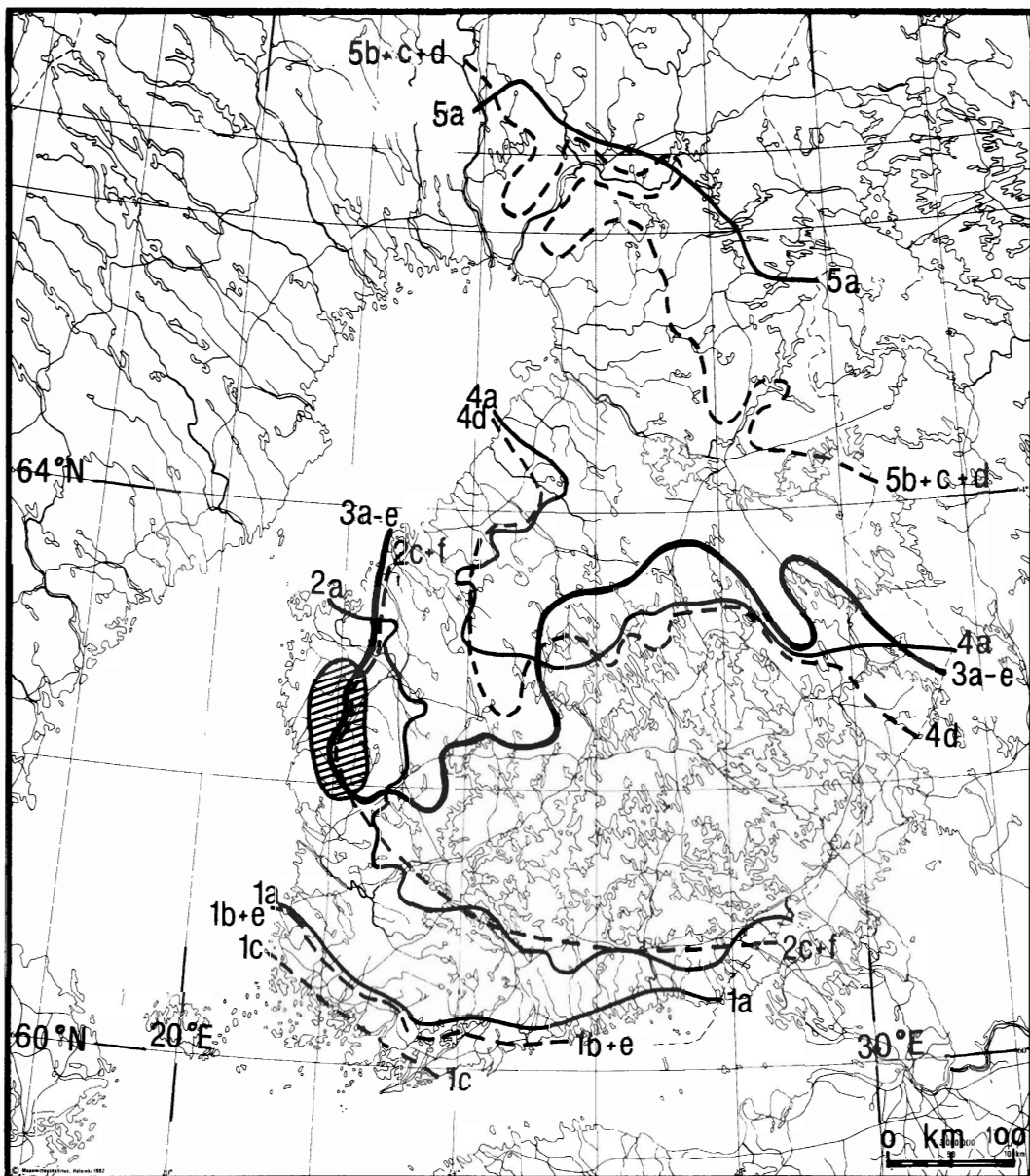
1a, 2a, 4a, 5a Neuvostoliitossa: Eurola (1960)

3a Suomessa: Solantie (1974) Ilvessalon (1960) kartan perusteella

1) Tämän tutkimuksen päätulokset olen esittänyt seuraavissa esitelmissäni:

"Lumimetsäalueen ilmasto ja muu ekologia". Lisensiaattiseminaari, Helsingin yliopisto, meteorologian laitos, 9. 2. 1984.

"Soistumisesta ilmatieteilijän kannalta". Esitelmä Suoseuran kokouksessa 13. 3. 1984.



Kuva 1. Suoyhdistymätyyppien vyöhykerajoja (1a—5a) vastaavat hydrologiset, kasvistolliset ja ilmastolliset rajat (rajojen väliset vyöhykkeet taulukossa 2):

Fig. 1. Boundaries between peatland complex type zones (1a to 5a) and various corresponding hydrological, vegetation and climatic boundaries (for the zones see Table 2):

- a = soiden morfologiaan tai runsauteen liittyvä raja, boundary of peatland types or discontinuity in the amount of peatlands (Eurola 1962, Ruuhijärvi & Hosiaislouma 1982, Solantie 1974)
 - b = kasvillisuusraja, vegetation boundary (Ahti et al. 1968, Hämet-Ahti 1981)
 - c = hydrologinen raja, hydrologic boundary (Solantie 1978, Tollan 1975, this study)
 - d = ilmaston humidisuusraja, humidity boundary of climate (Solantie 1974, 1980a, this study)
 - e = kasvukauden lämpöoloihin liittyvä raja, thermic boundary about the vegetational period (Solantie 1976, 1980a, 1980b, this study)
 - f = talvi-ilmastollinen raja, the winter climate boundary (Solantie 1985)
- vivoitettu alue = runsaan orografisen sateen alue länsituulilla,
 hatched area = the region of abundant orographical precipitation during westerly winds

Kasvillisuusvyöhykkeiden rajat (b)

1b-5b Pohjoismaissa: Ahti ym. (1968)

1b-5b Neuvostoliitossa: Hämet-Ahti (1981)

Hydrologiset rajat (c)

1c-5c Suomessa: Solantie (1978)

1c-5c Skandinaviassa: Tollan (1975)

1c-5c Neuvostoliitossa: tässä tutkimuksessa hydrologisiin tilastoihin perustuen (Unesco 1971)

Ilmaston humidisuusrajat (d)

1d-5d Suomessa: Solantie (1974, 1980a), tarkemmin tässä tutkimuksessa

1d-5d Neuvostoliitossa ja Skandinaviassa: tässä tutkimuksessa ilmastotilastojen pohjalta (Bruun 1967, Det Norske Meteorologiske Institutt 1949, Lydolph 1977, WMO 1971) sekä Solantie (1974) haihtumiskaavaa käyttäen

Kasvukauden lämpöoloihin liittyvät rajat (e)

1e-5e Suomessa: Solantie (1976, 1980a, 1980b)

1e-5e Neuvostoliitossa ja Skandinaviassa: tässä tutkimuksessa ilmastotilaston pohjalta (Bruun 1967, Det Norske Meteorologiske Institutt 1949, Lydolph 1977)

Talvi-ilmastoon liittyvä raja (f)

2f Suomessa: Solantie (1985)

Ilmastoparametrien laskeminen Suomen ulkopuolella

Ilmaston humidisuuden (H) laskin muuallakin Euraasiassa kuten Suomessa eli sademäärän ja haihdunnan keskimääräisenä erotuksena tarkastelevasta rajasta riippuvana alkukesän kautena. Solantien (1974) vuosihaihdunta-kaavassa keskeisimmän parametrin, tehoisan lämpötilan summan, laskin interpoloimalla ensin kasvukauden alkamis- ja loppumispäivämäärät lähdemateriaalin sisältämistä paikkakuntakohtaisista kuukausien keskilämpötiloista, ja integroimalla sitten keskilämpötilaa näiden päivämäärien välisen ajan yli. Haihdunta-kaavan toisen parametrin, puuston määrän, painokerroin on siksi pieni (10 m³/ha puuta vastaa touko-heinäkuun haihdunnassa n. 7 mm:ä), että katsoin voivani soveltaa kullakin vyöhykerajalla Suomessa keskimääräisiä puustomääriä (Maanmittaushallitus ja Suomen maantieteellinen seura 1976) ilman olennaista virhettä.

Humidisuutta samoin kuin muitakin ilmastoparametrejä (kasvukauden pituutta, tehoisan lämpötilan summaa, sademääriä sekä kalenterikauden minimilämpötiloja) tarkastelin havaintoasemakohtaisesti. Sitten tarkastelin ar-

voja asema asemalta ekologisiin vyöhykerajoihin nähden, ja totesin asemien ”jäävän” säännönmukaisesti samalle puolen rajoja kuin Suomessa.

Hydrologisten tyyppikäyrien laatiminen

Hydrologisten tyyppikäyrien laatimisessa käytin hydrologisen vyöhykejakotyön (Solantie 1978) aineiston keskimääräisiä kuukausivalun- toja pienille valuma-alueille, sekä näiden valuma-alueiden kohdilta lukemiani kuukausi- sademääriä ja vuosihaihduntoja (Solantie 1976). Vuosihaihdunnat jain kuukausien kes- ken kertomalla ne vakioprosenttein (Solantie 1976), joihin olin tehnyt vähäisiä aluekohtaisia modifikaatioita mm. maiden lumestapaljastu- misajankohtien alueelliset erot huomioiden. Maan vesivaraston muutoksen laskin integroi- malla sitä ajan yli lähtien maaliskuun alusta, jolloin sen arvoksi pantiin nolla. Positiivisina termeinä huomioin sademäärän ja lumipeit- teen vesiarvon vähenemisen, negatiivisina taas lumipeitteen vesiarvon kasvun, haihdunnan ja valunnan. Tyyppikäyrät ovat kuvassa 2 ja vesi- tasekomponentit taulukossa 1.

TULOKSET JA TARKASTELU**Rajaryhmä 1**

Rajaryhmään kuuluu konsentristen keidas- soiden eteläraja Suomessa (Ruuhijärvi & Hosi- aisuoma 1981) sekä vähän sen eteläpuolella kulkeva eteläboreaalisien kasvillisuusvyöhyk- keen pohjoisraja. Vm. raja yhtyy etelä- ja lou- naisrannikon ilmastoalueen etelärajaan, raja- na kasvukauden pituuden 173 vrk:n isoviiva. Hydrologinen vastinraja, jonka lounaispuolel- la valunnan kesäminimi on selvästi talvimini- miä pitkäaikaisempi ja voimakkaampi, kulkee ulompana lounaassa kuin muut rajat. Kon- sentristen keidassoiden muuttuminen laakio- soiksi lienee yhteydessä nimenomaan hydrolo- giseen rajaan: sulavettä jää jään ja lumen kah- litsemaksi suolle kuten konsentrisilla soilla, mutta pitkän ja kuivan alkukesän aikana pai- naumien vedet kuivuvat, ja rahkasammal pää- see kasvamaan niiden pohjilla toisin kuin kon- sentristen kohosoiden alueilla. Täten talvella syntyneet painumat pyrkivät täyttymään ke- sällä. Tämä edellyttää kuitenkin melko viileää ja sateista loppukesää, niin että alkukesäinen kuivuminen pysähtyy ja suon pinta pysyy riit- tävän kosteana rahkasammalille.

Taulukko 1. Vesitaseen pääkomponenttien kuukausittaiset tyyppiarvot (mm keskim. kautena 1931—1960) suoyhdistymä-tyyppien vyöhykkeille (1a-2a) jne. Vastaavat hydrologiset alueet on annettu sanallisesti (katso myös kuvaa 1 ja taulukkoa 2).

R = sademäärä, E = haihdunta, q = valunta, $-\Delta V$ = lumipeitteen vesiarvon väheneminen, ΔM_0 = maanalaisen vesivaraston väheneminen, $-M_0$ = maanalainen vesivarasto kuukauden päättyessä verrattuna tilanteeseen 1.3.¹⁾, $-M$ = maanalainen vesivarasto tarkasteltavana kuukautena keskim. verrattuna tilanteeseen 1.3.¹⁾

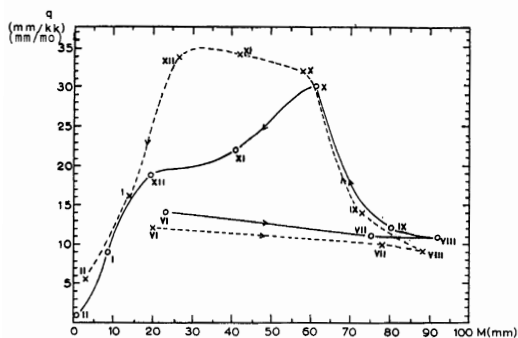
¹⁾mukaanluettuna myös maa—alueiden pintavedet

Table 1. The monthly mean components of water balance (mm) in various Finnish zones of peatland complex types (see Fig. 1 and Table 2).

R = precipitation, E = evaporation, q = runoff, $-\Delta V$ = the decrease of the water equivalent of the snow cover, ΔM_0 = the decrease of the subsurface water storage¹⁾, $-M_0$ = the subsurface water storage at the end of the month, compared to the stage on March 1¹⁾, $-M$ = the mean subsurface water storage during the month, compared to the stage on March 1¹⁾

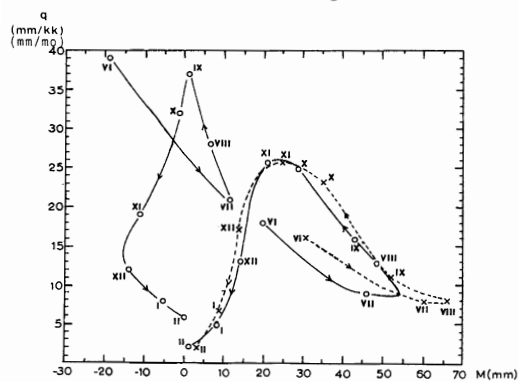
¹⁾including also surface waters on land areas.

Konsentriset kohosuot (1a-2a) Concentric raised bogs (1a-2a)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
R	67	47	42	47	42	50	78	81	69	73	72	70	738
-E	-2	-3	-4	-18	-67	-116	-98	-62	-40	-27	-4	-3	-445
-q	-16	-6	-10	-76	-40	-12	-10	-9	-14	-32	-34	-34	-293
$-\Delta V$	-32	-31	+4	+85	+13	—	—	—	—	—	—	-14	-25 ± 0
$-\Delta M_0$	+16	+7	+32	+38	-52	-78	-30	+10	+15	+14	+20	+8	± 0
M_0	+23	+7	± 0	-32	-70	-18	+60	+90	+80	+65	+51	+31	+23
M	+15	+3	—	—	-50	+20	+78	+88	+73	+58	+42	+27	+24
Eksentriset kohosuot (2a-3a) Eccentric raised bogs (2a-3a)													
	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
R	59	44	37	41	45	60	76	79	69	69	60	59	698
-E	-2	-3	-4	-13	-65	-112	-99	-65	-39	-22	-4	-3	-431
-q	-9	-1	-1	-69	-67	-14	-11	-11	-12	-30	-22	-19	-267
$-\Delta V$	-35	-38	-10	+87	+28	—	—	—	—	—	-10	-23	± 0
$-\Delta M_0$	+13	+2	+22	+46	-59	-66	-34	+3	+18	+17	+24	+14	± 0
M_0	+15	+2	± 0	-22	-68	-9	+57	+91	+88	+70	+53	+29	+15
M	+8	+1	—	—	-45	+23	+75	+92	+80	+61	+41	+21	+25
Epämääräiset kohosuot (3a-4a) Indefinite raised bogs (3a-4a)													
	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
R	41	32	26	36	35	57	75	72	64	53	51	45	587
-E	-2	-2	-3	-14	-53	-81	-85	-57	-32	-18	-3	-3	-353
-q	-7	-2	-3	-58	-54	-16	-8	-8	-11	-23	-26	-17	-234
$-\Delta V$	-26	-21	-4	+75	+7	—	—	—	—	-3	-9	-19	± 0
$-\Delta M_0$	+6	+6	+16	+39	-65	-40	-18	+7	+21	+9	+13	+6	± 0
M_0	+12	+6	± 0	-16	-55	+10	+50	+68	+61	+40	+31	+18	+12
M	+9	+3	—	—	-28	+31	+61	+66	+52	+35	+25	+14	+19
Pohjanmaan aapasuot (4a-5a) Southern aapa fens (4a-5a)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
R	45	35	32	37	41	61	79	72	60	54	50	50	616
-E	-2	-2	-3	-7	-47	-85	-81	-58	-30	-17	-3	-3	-338
-q	-5	-2	-1	-64	-87	-18	-9	-13	-16	-25	-26	-13	-278
$-\Delta V$	-31	-28	-12	+79	+36	—	—	—	—	-3	-13	-28	± 0
$-\Delta M_0$	+7	+4	+16	+45	-57	-42	-11	+1	+14	+9	+8	+6	± 0
M_0	+11	+4	± 0	-16	-61	-4	+38	+49	+48	+34	+25	+17	+11
M	+8	+2	—	—	-39	+20	+46	+49	+43	+29	+21	+14	+12
Perä-Pohjolan aapasuot (5a-68°N) Main aapa fens (5a to 68°N)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
R	40	38	31	39	41	65	75	83	62	60	51	44	629
-E	-1	-2	-3	-5	-26	-75	-60	-44	-26	-13	-3	-2	-259
-q	-8	-6	-5	-24	-142	-39	-21	-28	-36	-32	-17	-12	-370
$-\Delta V$	-42	-29	-23	+66	+94	—	—	—	—	-9	-21	-36	± 0
$-\Delta M_0$	-11	+2	± 0	+76	-33	-49	-6	+11	± 0	+6	+10	-6	± 0
M_0	-9	+2	± 0	± 0	-76	-43	+6	+12	+1	+1	-5	-19	-9
M	-5	± 0	± 0	—	—	-19	+12	+7	+1	+1	-1	-9	-10



Kuva 2a. - - - - - Konsentriset kohosuot (1a-2a)
 — Eksentriset kohosuot (2a-3a)

Fig. 2a. - - - - - Concentric raised bogs (1a-2a)
 — Eccentric raised bogs (2a-3a)



Kuva 2b. - - - - - Epämääräiset kohosuot (3a-4a)
 — (oikealla) Pohjanmaan aapasuot (4a-5a)
 — (vasemmalla) Perä-Pohjolan aapasuot
 (5a → 68°N)

Fig. 2b. - - - - - Indefinite raised bogs (3a-4a)
 — (right) Southern aapa fens (4a-5a)
 — (left) Main aapa fens (5a to 68°N)

Kuva 2. Valunnan (q) muuttuminen kuukausittain maanalaisen vesivaraston vajuksen (M) funktiona suoyhdistymätyyppien vyöhykkeille (1a-2a) jne.; vastaavat hydrologiset alueet on annettu taulukossa 2 (kevättulvan aika jätetty pois, ja M :n asteikolla 0-kohta vastaa tilannetta 1.3.). Katso myös kuvia 1 ja 2.

Fig. 2. Mean monthly runoff (q) as a function of the sub-surface water storage (M) in the peatland complex type zones; the corresponding hydrological regions are given in Table 2 (Spring flood is excluded. The scale of M is calibrated so that $M = 0$ on March 1). See also Figures 1 and 2.

Rajaryhmä 2

Meteorologinen ja hydrologinen raja yhtyvät. Rajasta etelään se keskilämpötila-alue, jossa lämpötilat ovat enimmäkseen pakkasen puolella, mutta voimakkaita suojailmoja esiintyy silloin tällöin, on huomattavan pitkä toisin kuin rajaryhmän pohjoispuolella. Tämä näkyy siitä, että rajaryhmän 2 eteläpuolella va-

lunta nousee syystalvella maan vesivarastoihinkin nähden paljon pitempään kuin sen pohjoispuolella (kuva 2a), ja useina talvina huomattavia vesimääriä virtaa lumen alla jo roudantuneen maan päällä (kuva 2a, taulukko 1). Tämä hydrologis-klimatologinen raja (Tollan 1975, Solantie 1978, 1980a ja 1985) seuraa siksi hyvin konsentristen soiden pohjoisrajaa, että syy-yhteys on ilmeinen ja syntymekanismi tutkimisen arvoinen. Ilmeisesti lumi ja routa patoavat alkutalvella soille valuneita vettä kuljuihin, ja kuljuihin muodostuva jääpeitekin edistää työnnöllään kermien syntymistä. Kesällä kuljut "ruokkivat" kermien välipintojen rahkasammalta kiihdyttäen sen kasvua. Sama toistuu vuosi vuodelta, jolloin kuviointi vähitellen korostuu.

Pohjanmaan ja Satakunnan rajamailla konsentristen kohosoiden koillisraja poikkeaa melkoisesti vastaavasta meteorologis-hydrologisesta rajasta. Eräs selitysmahdollisuus on seuraava: Kohosoiden kehittymisen alkuvaiheessa polaaririntamaan liittyvä länsivirtaus on saattanut olla huomattavasti nykyistä voimakkaampi samoin kuin siihen liittyvät alkutalven sateet. Alkutalven runsaat lumisateet lisäävät alkutalven suojailmoilla sulassa pintavaluntaa. Voimakkaisiin länsivirtauksiin liittyy myös "kriittistä" aikaa pidentävä talventulon hidastuminen.

Nimenomaan Selkämeren pohjoisosan itäpuolella ns. orografisen sademäärän lisäys on länsituulilla erityisen suuri. Maa nousee siellä jyrkästi (n. 25-40 m/10 km) itään päin, mikä yhdessä rannikon törmäysvaikutuksen kanssa pakottaa ilman nousemaan ja siinä olevan kosteuden tiivistymään. Näin syntyy länsituulilla orografinen sademaksimi (kuva 1). Juuri tällä alueella onkin morfologisesti erittäin voimakkaasti kehittyneitä konsentrisia kohosuita (Eurola 1962); tällaiset suot ulottuvat vielä n. 30 km nykyisen sademaksimin itäpuolelle.

Selkämeren pohjoisosan itäpuolisten kohosoiden "kivetynyt" morfologia samoin kuin niiden ulottuminen varsin kauas sisämaahan viittaa myös siihen, että niiden morfologia on peräisin varhaisemmalta, nykyistä lauhatalvisemmältä ja länsivirtausten luonnehtimalta ilmastokaudelta. Aivan samaan viittaa se, että vähän etelämpänä konsentristen kohosoiden alue käy kapeammaksi ja että Etelä-Suomen konsentristen kohosoiden morfologia ei ole yleensä kovin hyvin kehittynyt. Kun ilmasto oli Etelä-Pohjanmaalla ja Satakunnassa sopiva konsentristen kohosoiden kehittymiselle, oli se Etelä-Suomessa siihen liian lauha. Etelä-

Suomessa kehittyminen pääsi siten vauhtiin ilmaston viilennettyä. Ilmaston lauhimmissa vaiheissa konsentristen soiden syntyedellytykset lienevät ulottuneet lyhytaikaisesti jopa Perämeren itäpuolelle, mihin viittaa Eurolan (1962) luokitus. Vaikutuksen lyhytaikaisuuteen taas viittaa Ruuhijärven & Hosiasluoman (1981) luokitus.

Nämä kohosoiden syntyä Suomessa koskevat hypoteesini esitin jo Ann. Bot. Fenniciin v. 1977 jättämässäni, korjattavaksi palautetussa käsikirjoituksessa, joka korjausten suuritöisyyden vuoksi jäi kesken.

Ilmaston lisäksi maastomuodoilla on tietysti oma vaikutuksensa suoyhdistymätyyppeihin — onhan esim. eksentristen kohosoiden alue yleensä epätasaisempaa kuin sen länsipuolella oleva konsentristen kohosoiden alueen pohjoisosa, eikä edellisellä alueella esim. sarkalevydellä ole sitä vaikutusta ojituksen tulokseen kuin jälkimmäisellä (Seppälä 1972). Ilmaston keskeistä merkitystä ei voi kuitenkaan tällä sivuuttaa, sillä onhan rajaryhmä 2 pääosiltaan sentään melko selväpiirteinen. On myös huomattava, että esim. Suomenselkä rajaryhmän 2 koillispuolella on varsin tasaista, mutta Varsinais-Suomi ja Uusimaa sen lounaispuolella varsin epätasaista.

Rajaryhmä 3

Tätä rajaryhmää pidän erittäin merkityksellisenä. Ilmastollisesti se on merkittävä keskikesän lämpö- ja kosteusolojen kannalta. Euraasian havumetsävyöhykkeessä hallariski on pienin heinä- ja elokuussa. Kesäkuussa se on suurempi Jäämereltä etelään suuntautuvien kylmänpurkausten vuoksi. Yleensä kesällä vuorokauden maksimilämpötila pienenee pohjoiseen päin yön lyhenemisen myötä nopeammin kuin vuorokauden minimilämpötila (Solantie 1980b). Huolimatta vuorokauden minimilämpötilan melko vähäisestä pienenemisnopeudesta pohjoiseen, tullaan lopulta sellaiselle vyöhykkeelle, josta lähtien heinä- ja elokuussakin sattuu kovia halloja useampina vuosina. Koska lämpötilan vuodenaikaiskulku on sinimuotoinen, vastaa heinä- ja elokuun muuttuminen hallaisiksi varsin vähäistä muutosta keskilämpötilassa ja pohjoiseen päin siirtymisessä. Kasvillisuudelle välttämättömyys sopeutua koviin keskikesän pakkasiin on alueellista epäjatkuvuutta aiheuttava tekijä. Ilmastorajan hallaisuuskriteerinä voidaan pitää sitä, että lukuunottamatta vähähallaisimmilla paikoilla sijaitsevia asemia heinäkuun alin lämpötila n.

15 vuoden havaintosarjoissa jää säähavainto-asteella 2 m:n korkeudella alemmaksi kuin $+1,0^{\circ}\text{C}$. Hallaisuuden muuttumista nimenomaan tällä rajalla korostaa se, että Suomessa heinäkuun alin lämpötila 2 m:n korkeudella oli kautena 1961—1975 vähäjärvillä sisämaaseuduilla rajojen 1 ja 3 välissä $+1,3^{\circ}\text{C}$, rajojen 3 ja 5 välissä $-0,6^{\circ}\text{C}$, rajan 5 ja 68:nneen leveysasteen välillä $-0,7^{\circ}\text{C}$ ja pohjoisempaan $+0,7^{\circ}\text{C}$ (Solantie 1980b).

Tämän "hallaisuusportaan" ilmastollista merkitystä korostaa myös se, että ilmaston humidisuuskin muuttuu tällä rajalla olennaisesti. Polaaririntama siihen liittyvine matalapaineineen kulkee kesällä suurinpiirtein tämän "hallarajan" vaiheilla. Siten sademäärä on melko runsas etenkin lyhyeen ja viileään kesään nähden. Kesällä sademäärä on suunnilleen sama melko leveällä vyöhykkeellä, kun taas haihdunta vähenee pohjoiseen päin melko nopeasti sekä keskilämpötilan laskun että puuston vähenemisen myötä. Kun heinäkuun haihdunta vähenee lähelle sen sademäärää, lisääntyy soiden osuus merkittävästi (Solantie 1974). Soiden runsauden kannalta lienee ehkä vielä parempi ottaa heinäkuun sijasta koko alkukesä tarkasteltavaksi. Suomen aineiston perusteella sademäärän ja haihdunnan erotuksen 0-arvo heinäkuussa vastaa sen arvoa -50 mm toukoheinäkuussa.

Soiden osuuden kasvu ilmaston kosteuden lisääntymisen myötä vaikuttaa terävöittävästi hallaisuuden epäjatkuvuuteen. Ilmasto ei ole näillä seuduilla vielä niin kostea kuin kauempana pohjoisessa. Suot eivät ole erityisen rimpisiä, ja kuivina jaksoina pintaturve pääsee kuivumaan. Kuivan turpeen erittäin huonon lämmönjohtokyvyn ansiosta ilma sen päällä jäähtyy kovasti iltaisin.

Toiseksi kosteuden epäjatkuvuus pyrkii terävöitymään. Soiden osuuden kasvun aiheuttama puuston väheneminen ja keskilämpötilan lasku merkitsevät myös haihdunnan vähenemistä (kun otetaan myös huomioon soiden vähärimpisyys).

Edelleen ilmaston kosteuden lisääntyminen merkitsee myös lisääntyvää ravinteiden huuhtoutumista, mikä vuorostaan vähentää haihduntaa ja lisää jälleen maaperän kosteutta. (Solantie 1974).

Ilmaston kosteuden ja yölämpötilojen kiinteästä keskinäisestä riippuvuudesta seuraa, että ne pyrkivät "hakeutumaan" yhteen. Ilmaston kosteus on tässä suhteessa voimakkaampi, "liikkeellepaneva" tekijä. Hallaisuuden epäjatkuvuus pyrkii sikäli herkästi yhtymään kosteu-

den epäjatkuvuuteen, että yölämpötilojen pieneminen pohjoiseen päin on, kuten edellä mainitsin, varsin hidasta.

Soiden osuuden kasvu pohjoiseen rajaryhmän 3 vaiheilla sekä soiden suhteellisen kuiva luonne rajojen 3 ja 5 välillä näkyy myös selvästi hydrologisissa tyyppikäyrissä (kuvat 2a ja 2b) ja kuukausivalunnoissa. Soita on niin runsaasti, että suurin osa vesistä joutuu niille, mutta toisaalta suot ovat niin kuivia, että pidättävät kesäisin yleensä lähes kaiken niille tulevan veden. Valunta reagoi kuitenkin herkästi maan vesivarastojen kasvuun; tulvat keskittyvät siten melko rajaina syksyyn ja kevääseen; maan kosteusvajaus on heinäkuussakin keskimäärin siksi pieni, että normaalia sateisimpina ja kylmempinä kesinä valunta saattaa äkisti nousta, mistä seuraa suuri valunnan variaatio-kerroin (Solantie 1978). Kesä-syyskuussa keskimääräisetkin kuukausivalunnat reagoivat rajan 3 pohjoispuolella (kuva 2b, oikeanpuoleiset käyrät) voimakkaammiin vähäisempiin vesivaraston muutoksiin kuin sen eteläpuolella (kuva 2a). Edellä mainituista seikoista johtuu, että tässä tapauksessa voidaan rajaryhmän sijasta puhua yhdestä rajasta, jolla sekä ilmasto, hydrologia, soiden määrä ja kasvillisuuskin muuttuvat.

Rajaryhmä 4

Aapasoiden eteläraja (Ruuhijärvi 1960, Ruuhijärvi & Hosiaisuoma 1981) on tämän rajaryhmän pääraja. Aapasoiden edellytyksenä on ilmeisesti se, että haihdunta jää alkukesällä sademäärään nähden niin pieneksi, etteivät soiden vesipinnat pääse kuivumaan. Kesäkuussakin, jolloin ilmaston humidisuus on sademäärän ja haihdunnan erotuksena pienin, ylittää haihdunta aapasuovyöhykkeen eteläosan puuttomilla maa-alueilla sademäärän vain niukasti, aapasuovyöhykkeen eteläreunalla kauteina 1931-1960 n. 13 mm:llä (Solantie 1974 — vastaava humidisuussuure on siis n. -13 mm. Aapasuovyöhykkeen eteläosassa, missä tämä humidisuussuure on siis vielä hieman negatiivinen, syntyy aapasoita vain paikkoihin, joilla valumavesiä kerääntyy riittävän laajalta alueelta. Siksi tällä alueella (rajaryhmien 4 ja 5 välissä) aapasoiden synnyn edellytyksenä on, että suon valuma-alueen ja suon pinta-alan suhde ylittää tietyn minimiarvon (Solantie & Ekholm 1984), joka on lisäksi riippuvainen lumipeitteen vesiarvon maksimista. Aapasuovyöhykkeen nevoilla on niin runsaasti rimpipintoja, että runsaslumisina ja märkäkesäisi-

nä jaksoina vuosihaidunta on vm. tutkimuksen mukaan jopa n. 160 mm suurempi kuin rimmittömillä soilla. Vaikka aapasoiden vaikutus näkyy rajaryhmän 4 ja 5 välissä vähäisenä haihdunnan lisäyksenä (Solantie & Ekholm 1984), dominoivat kuivahkot suot etenkin rajaryhmän 4 läheisyydessä — onhan kesäkuun humidisuus rajaryhmien 4 ja 5 välissäkin vielä negatiivinen. Tämä näkyy erinomaisesti siitä, että kuvan 2b oikeanpuoleiset käyrät (toinen rajaryhmän 4 etelä- ja toinen pohjoispuolella) ovat jokseenkin samanlaiset.

Rajaryhmä 5

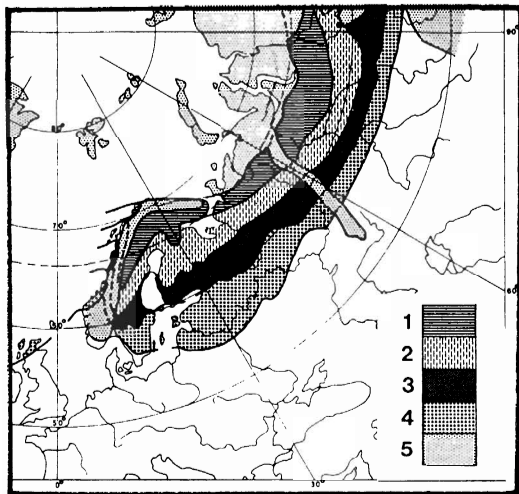
Perä-Pohjolan aapasuot alkavat jokseenkin tarkoin kesäkuun humidisuuden 0-viivalta (1931-1960) sekä pohjoisboreaalin kasvillisuusvyöhykkeen ja Perä-Pohjolan ilmastoalue sen -5 mm:n isoviivalta (Solantie 1974). Rajat ovat ilmastollisesti melkein samat, mutta humidisuusgradientti on itärajan läheisyydessä niin pieni, että rajat ovat jonkin verran erillään toisistaan. Suurinpiirtein voidaan sanoa, että rajaryhmästä 5 pohjoiseen haihdunta ei keskimäärin minään kuukautena ylitä sademäärää. Ilmasto- ja kasvillisuusraja vastaavat myös hydrologista rajaa. Rajasta pohjoiseen maavesivarastot pysyvät koko kesän lähes keväisen täysinä ja siksi valunta on kesällä rajan pohjoispuolella suurempi kuin sen eteläpuolella (kuva 2b). Vähänkin suuremmat kesäsaateet saavat maan pintaan asti kyllästyneeksi ja nopean pintavalunnan kasvamaan. Tämä näkyy siitä, että valunta kasvaa heinäkuusta syyskuuhun 2-3 kertaa niin nopeasti kuin maan vesivarastot (kuva 2b, vasemmanpuoleinen käyrä). Siten alaville maille on syntynyt aapasoita lähes riippumatta suon valuma-alueen ja suon pinta-alan suhteesta. Myös talvella valunta mineraalimailta alaville paikoille pysyy jonkinmoisena (taulukko 1), mikä näkyy myös paanejään esiintymisenä. Hydrologisen rajan eteläpuolella (aivan etelärannikolle asti) haihdunta on kesällä kuluttanut maavesivarastoja; syksyllä maan vesivarastot kasvavat nopeasti, mutta pinnalta käsin; ylimpien ja kosteimpien maakerrosten routaantuessa talvella ja välikerrosten vettyessä vasta pohjaveden täyttymisvaiheessa keväällä, pääsee valunta putoamaan usein aivan "nollille". Rajan pohjoispuolella sen sijaan kesänkin jäljiltä märät välikerrokset tuottavat vettä valuntaan talvellakin (taulukko 1), jolloin maan vesivarastot vähenevät toisin kuin muilla alueilla (kuva 2b, vasemmanpuoleinen käyrä).

Huomioita rajaryhmistä muualla Euraasiassa

Tarkastelen vielä lyhyesti, miten hyvin suoja kasvillisuusvyöhykkeiden hydrologiset ja meteorologiset kriteerit toimivat muualla Euraasiassa (kuva 3). Laskiessani rajaryhmää 3 varten humidisuusindikaattorina käyttämäni touko-heinäkuun sademäärän ja haihdunnan erotuksia (arvo vyöhykerajalla -50 mm), arvioin haihduntaa varten puuston 70 m³/ha (mikä vastaa n. 50 mm:n lisäystä touko-heinäkuun haihduntaan puuttomaan maa-alueeseen verrattuna).

Vastaavasti laskiessani kesäkuun humidisuusarvoja rajaryhmän 5 ympäristössä, arvioin puuston määräksi haihduntaa varten 30-40 m³/ha (lisäys kesäkuun haihduntaan n. 10 mm).

Skandinavian sisämaassa samoin kuin idempänä heinä- ja elokuu jäähtyvät hieman idästä länteen. Koska Skandinavian niemimaan sisäosat ovat lisäksi melko korkealla,



Kuva 3. Boreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen osavyöhykkeet (Hämet-Ahti 1981). Vyöhykkeet ovat myös ilmastovyöhykkeitä (Solantie 1980a).

Fig. 3. Subzones of the boreal vegetation (Hämet-Ahti 1981) and climatological zones (Solantie 1980a).

- 1 = pohjoisboreaalinen vyöhyke, *the northern boreal zone*
- 2 = keskiboreaalinen vyöhyke, *the middle boreal zone*
- 3 = eteläboreaalinen vyöhyke, *the southern boreal zone*
- 4 = hemiboreaalinen vyöhyke, *the hemiboreal zone*
- 5 = arktinen tai osittain oroarktinen alue, *arctic or partly oroarctic region*

työntyvät heinä- ja elokuun kovat hallat täällä melko kauas etelään, mitä myös öiden piteneminen etelään päin edistää. Vaikka heinä- ja elokuun sademäärä on melko tasaisesti jakautunut Atlantin ja Uralin välillä, on sillä kuitenkin lievä maksimi Skandinavian niemimaan keskellä 60:nneen ja 62:nneen leveysasteen välillä. Siten rajaryhmää 3 vastaavat hallaisuus, humidisuus- ja kasvillisuusraja työntyvät niillä seuduin huomattavan kauas etelään. Toisaalta kasvukauden pituus kasvaa samoilla leveysasteilla ja korkeuksilla länteen päin. Siten rajaryhmän 1 ilmastoraja (kasvukauden pituuden 173 vrk:n (1931—1960) isoviiva kuten Suomessakin) sekä sitä vastaava kasvillisuusraja työntyvät Hedmarkissa ja Värmlannissa varsin lähelle rajaryhmää 3.

Baltiassa laakiosoiden alue käsittää rannikkoseudut (Eurola 1962) eli alkukesän kuivuuden ja syystalven hydrologian puolesta etelärannikon kaltaisen alueen. Baltian sisämaa ja sen itäpuolella itäänpäin kapeneva kiilamainen alue *Keski-Venäjällä* (kärjen sijainti 57°N, 43°E) kuuluvat jo konsentristen kohosoiden alueeseen ilmeisesti siksi, että touko- ja kesäkuun sademäärät ovat täällä alueella n. 15 mm suuremmat kuin Baltian rannikolla. Raja la vastaa Baltiassa suurinpiirtein samanlaisia alkukesän kosteusoloja kuin Suomessa, koska Baltian ja Venäjän sateisempi touko- ja kesäkuu kompensoi alueen lämpimämmän kesän aikaansaaman suuremman haihdunnan. Kasvukauden pituuteen ja yleiseen kasvillisuuteen liittyvien rajojen 1b ja 1c sekundäärisuus näkyy siinä, että konsentristen kohosoiden alue Venäjällä kuuluu hemiboreaaliseen kasvillisuusvyöhykkeeseen (Hämet-Ahti 1981) toisin kuin Suomessa. Konsentristen kohosoiden itään työntyvän kiilan eteläreunalla konsentristet kohosuot vaihtuvat luhtasoiksi ilman laakiosoiden välivyöhykettä, koska kiilan eteläpuolella maa kuivuu lämpimän ja melko vähäsaateisen syyskesän aikana siinä määrin, että vain luhtasuot ovat mahdollisia. Myös syystalviset valumahuiput jäävät aivan vähäisiksi.

Pohjois-Venäjällä kohosoiden koillisrajalla 2a keskilämpötilat Venäjällä laskevat syystalvella nopeammin ja ovat talvella alempia kuin Suomessa. Koska samoja keskilämpötiloja vastaavina ajankohtina suojailmat ovat täällä rajalla Venäjällä voimakkaampia kuin Suomessa, ovat konsentristen kohosoiden kannalta keskeisten hydrologisten ja ilmastollisten olojen muutokset jokseenkin samat kuin Suomessa (kuva 2a, Solantie 1985). Sen sijaan Venäjällä, toisin kuin Suomessa, suojailmaton ydintalvi

on tämän rajan eteläpuolellakin pidempi kuin 2 kk samoin kuin se kausi, jona valuma on kesäminimiään pienempi.

Suomen ja Uralin välillä on pitkän havaintosarjan omaavia vähäjärvisiä valuma-alueita sopivasti eri vyöhykkeillä, niin että voidaan tarkistaa, onko soiden merkitys veden kierto-kululle samanlainen kuin Suomessa. Toisin sanoen, kesävaluntojen pitäisi pienetä rajan yli pohjoiseen (eteläboreaaliselta keskiboreaalisel le vyöhykkeelle) ja kasvaa rajan 5 yli pohjoiseen (keskiboreaaliselta pohjoisboreaalisel le vyöhykkeelle). Näin tosiaan onkin Unescon (1971) aineistossa. Pääosiltaan eteläboreaalisel la vyöhykkeellä sijaitsevilla Pohjois-Vienan, Vagan, Äänisjoen ja Aunusjoen valuma-alueilla pienin keskimääräisistä kalenterikuu-kausittaisista valunnoista on 13-17 mm, mutta kokonaan keskiboreaalisisessa vyöhykkeessä si-jaitsevalla Vytsegdan valuma-alueella (Malaja

Kushban yläpuolella) se on 10 mm. Pääosin pohjoisboreaalisisessa vyöhykkeessä sijaitsevalla Mezenin valuma-alueella (Malonisogorskajan yläp.) se on 20 mm ja kokonaan tällä vyöhykkeellä sijaitsevalla Petsoran valuma-alueella (Ust Stilman yläp.) 24 mm.

Länsi-Siperiassa rajaryhmät 3 ja 5, erityises-ti jälkimmäinen, työntyvät huomattavan kau-as etelään. Kasvillisuusvyöhykkeiden eteläistä sijaintia vastaa myös humidisuus- ja hallai-suusrajojen vastaava sijainti. Humidisuus on suuri sen vuoksi, että touko- ja kesäkuu ovat sekä kylmempiä että sateisempia kuin muualla Euraasiassa samoilla leveysasteilla. Kylmyys johtuu siitä, että Pohjoinen Jäämeri on Länsi-Siperian pohjoispuolella huomattavan pitkään jäässä, niin että sieltä alkukesällä purkautuva ilma on hyvin kylmää. Toisaalta korostunut lämpötilaero Jäämeren ja mantereen välillä kasvattaa jo olevaa ilmanpaine-eroa polaari-

Taulukko 2. Suoyhdistymävyöhykkeet ja muiden luonnonelementtien vastinvyöhykkeet
Table 2. Zonation of peatland complex types, hydrology and vegetation-climate

Vyöhykkeet rajojensa mukaan (68:nnele leveysasteelle) ¹⁾	Suoyhdistymätyyppi	Soita (% maa-alasta)	Hydrologinen vyöhyke (kuva 2)	Kasvillisuus- ja ilmasto-vyöhyke
<i>Zones according to their boundaries (upto the 68th latitude)¹⁾</i>	<i>Peatland complex type²⁾</i>	<i>Peatlands % of land area³⁾</i>	<i>Hydrological zone⁴⁾</i>	<i>Vegetation and climate zone⁵⁾</i>
I:n eteläpuolella <i>South of 1</i>	laakiokeitaat <i>plateau bogs</i>	alle 30 <i>less than 30</i>	Itämeren vyöhyke <i>Baltic zone</i>	hemiboreaalinen <i>hemiboreal</i>
1—2 <i>1—2</i>	konsentriset suot <i>concentric raised bogs</i>	alle 30 <i>less than 30</i>	Siirtymävyöhyke <i>Transition zone</i>	eteläboreaalinen <i>southern boreal</i>
2—3 <i>2—3</i>	eksentriset kohosuot <i>eccentric raised bogs</i>	alle 30 <i>less than 30</i>	Järvi-Suomi <i>Lakeland-Finland</i>	eteläboreaalinen <i>southern boreal</i>
3—4 <i>3—4</i>	epämääräisiä kohosoita <i>indefinite raised bogs</i>	yli 30 <i>more than 30</i>	Pohjanmaa <i>Eastern Bothnia</i>	keskiboreaalinen <i>middle boreal</i>
4—5	Pohjanmaan aapasuot	yli 30	Pohjanmaa (pohjoisosa) ja Maanselkä	keskiboreaalinen
4—5	<i>southern aapa fens</i>	<i>more than 30</i>	<i>Eastern Bothnia (northern part) and Maanselkä</i>	<i>middle boreal</i>
5:n pohjoispuolella <i>North of 5</i>	Perä-Pohjolan aapasuot <i>main aapa fens</i>	yli 30 <i>more than 30</i>	Perä-Pohjola <i>Northern Bothnia</i>	pohjoisboreaalinen <i>northern boreal</i>

1) Katso kuvaa 1, See Fig. 1.

2) Eurola 1962, Ruuhjärvi & Hosaisluoma 1982, Solantie 1974

3) Solantie 1974

4) Solantie 1978, Fig. 2.

5) Ahti et al., Hämet-Ahti 1981, Solantie 1974, 1976, 1980a, 1980b, *this study*

rintaman pohjoisreunalla, ja voimistaa näitä kylmänpurkauksia, samoin kuin Uralin itäpuolella vuoriston vaikutuksesta syntyvä sola. Tähän ilmanpainejakautumaan liittyvä korostunut sykloninen pyörteisyys ”lypsää” tehokkaasti polaaririntaman matalapaineita.

Rajaryhmä 4 *Pohjois-Venäjällä* (Eurola 1962) seuraa kiinteästi rajaryhmää 3 kuten keski- ja itä-Suomessakin, mitä voi alkukesän lämpö- ja kosteusolojen perusteella odottaa.

Pohjois-Venäjällä ja Länsi-Siperiassa osoittautuivat hallaisuuskriteereinä käytetyt heinäkuun minimilämpötilat putoavan keskiboreaalisen vyöhykkeen yli pohjoiseen siirryttäessä hyvin tarkoin samoihin lukemiin kuin Suomessa, ja olevan jokseenkin samoja kautta keski- ja pohjoisboreaalisen vyöhykkeen. Minimien keskiarvo \pm keskihajonta näiden vyöhykkeiden Pohjois-Venäjällä ja Länsi-Siperiassa Suomen rajan ja 100. pituusasteen välillä olevilla asemilla oli $-0,6 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$.

Norjan länsirannikko ja Itä-Siperia ovat erityisalueita, joilla luonto ”toimii” osin edellä esitetystä poikkeavalla tavalla. *Norjan länsirannikolla* valtameri pitää hallat poissa viileäkesäiseltä ja kosteailmastoiselta rannikkoalueelta. Koska valtameren läheisyydessä ravinteitakin saadaan sadeveden mukana huomattavasti enemmän kuin sisämaassa ja koska kasvukau-

si on pitkä, ei kosteus täällä vaikutakaan kasvillisuuden vyöhykerajoihin kuten mantereella.

Itä-Siperiassa kesän sademäärät ovat pienempiä kuin lännempänä, koska läntisemmät manneralueet ovat ”lypsäneet” polaaririntaman sykloneita. Alueen kovat talvet ja pintaosastaan kesällä sulava ikirouta vaikuttavat tietysti sinällään kasvillisuuteen. Toisaalta ikirouta, estäessään lumen sulamis- sekä sadevesien suotautumisen syvemmälle, pitää maan kosteana vähäisistä sademääristä huolimatta.

PÄÄTELMÄT

Tutkimus osoittaa, että Pohjois-Euroopan ja Länsi-Siperian havumetsävyöhykkeessä soiden runsaus ja suoyhdistymätyypit ovat kiinteässä riippuvuudessa kasvillisuuteen, ilmastoon ja hydrologiaan. Tutkimus suoritettiin kiinnittämällä huomiota nimenomaan vyöhykerajoihin ja eri elementtien välisiin riippuvuuksiin niiden yhteisillä vyöhykerajoilla. Löydettyjen keskinäisten riippuvuuksien perusteella on ymmärrettävissä se seikka, että eri elementtien keskeiset vyöhykerajat varsin usein yhtyvät toisiinsa. Siten niiden vyöhykejako voidaan kytkeä muuhunkin luonnontieteelliseen vyöhykejakoon (taulukko 2).

KIRJALLISUUS

- Ahti, T., Hämet-Ahti, J. & Jalas, J. 1968: Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. — *Ann. Bot. Fennici* 5: 169—211.
- Bruun, I. 1967: Standard normals 1931—1960 of the air temperature in Norway. — *Det Norske meteorologiske institutt*.
- Det Norske meteorologiske institutt 1949: *Nedbören i Norge II 1895—1943*. Oslo.
- Eurola, S. 1962: Über die regionale Einteilung der südfinnischen Moore. — *Ann. Bot.Soc. "Vanamo"* 33 (2): 1—243.
- Hämet—Ahti, L. 1981: The boreal zone and its biotic subdivision. — *Fennia* 159: 69—75.
- Ilvessalo, Y. 1960: Suomen metsät kartakkaiden valossa. (Summary: The forests of Finland in the light of maps.) — *Comm. Inst. For. Fenniae* 52.2.
- Lydolph, P. 1977: Climate of the Soviet Union. — *World survey of climates*, 7. Elsevier Scientific Publication Company. Amsterdam—Oxford—New York.
- Maanmittaushallitus ja Suomen maantieteellinen seura (National Board of Survey and Geographical Society in Finland) 1976: *Metsämaan osuus koko maa-alasta ja puuston keskikuutiomäärä metsämaalla*. Valtakunnan metsien 6. inventointi 1964—1970. (Proportion of forest land in the total area and mean volume on forest land. Sixth national forest inventory 1964—1970). — *Suomen kartasto (Atlas of Finland)* 234 (3c, 4b).
- Mustonen, S. E. 1965: Hydrologic investigations by the board of agriculture during the years 1957 to 1964. — *Soil and hydrotechnical investigations* 11.
- Mustonen, S. E. & Seuna, P. 1969: Hydrologic investigations by the board of agriculture during the years 1965 to 1968. — *Soil and hydrotechnical investigations* 14.
- Ruuhijärvi, R. 1960: Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore — *Ann. Bot. Soc. "Vanamo"* 31 (1): 1—360.
- Ruuhijärvi, R. & Hosiaislouma, V. 1981: Suoluonto pohjoisesta etelään. — *Suomen Luonto* 3 (Suot): 124.
- Seppälä, K. 1972: Sarkaleveys korpi- ja rämemetsiköiden ojituksen jälkeisen kehityksen säätelijänä. (Summary: Ditch Spacing as a Regulator of Post-Drainage Stand Development in Spruce and Pine Swamps). — *Acta Forestalia Fennica* 125: 1—25.
- Solantie, R. 1974: Kesän vesitaseen vaikutus metsä- ja suokasvillisuuteen ja linnustoon, sekä lämpöolojen välityksellä maatalouden toimintaedellytyksiin Suomessa.

- (Summary: The influence of water balance in summer on forest and peatland vegetation and bird fauna and through the temperature on agricultural conditions in Finland). — *Silva Fennica* 8: 160—184.
- Solantie, R. 1976: Suomen vesitaseen laskeminen kaudelle 1931—1960. — *Lisensiaattityö geofysiikassa*. Helsingin yliopisto, geofysiikan laitos. 393 s.
- Solantie, R. 1978: Characterization of the Finnish hydrological regime by hydrological zones. — *Teoksessa: Nordic hydrological conference and second Nordic IHP meeting*. Hanasaari Cultural Centre, July 31—August 3, 1978. Papers of sessions II: 100—109.
- Solantie, R. 1980a: Suomen ilmastoalueet. (Summary: The climatological regions in Finland). — *Terra* 92 (1): 29—33.
- Solantie, R. 1980b: Kesän yölämpötilojen ja hallojen alueellisuudesta Suomessa. (Summary: On the Regional Distribution of Night Temperatures and Frosts in Finland). — *Maataloushallinnon aikakauskirja* 4/1980: 18—23.
- Solantie, R. & Ekholm, M. 1984: Water balance in Finland during the period 1961—1975 as compared to 1931—1960. — *Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland* 59: 24—53.
- Solantie, R. 1985: Viljelykasvien ilmastollisten talvehtimisriskien alueellisuudesta Suomessa. (Summary: Climatological wintering regions of cultivated plants in Finland.) — *Maataloushallinnon aikakauskirja* 4/1985: 21—26.
- Tollan, A. 1975: Hydrologiska regioner i Norden 8/1975: 3—15.
- Unesco 1971: Discharge of selected rivers of the world II. Monthly and annual discharges recorded at various selected stations (from start of observations up to 1964). Paris.
- Vesihallitus 1972, 1975, 1976: Hydrologiset vuosikirjat 1969—1970, 1971 ja 1972—1973. — *Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja* 3, 10 ja 18.
- WMO (World Meteorological Organization) 1971: Climatological Normals for climate and climate ship stations for the period 1931—1960. — *WMO/OMM*. No 117. TP. 52.

SUMMARY

THE ZONATION OF PEATLAND COMPLEX TYPES IN RELATION TO CLIMATIC AND HYDROLOGICAL ZONES

In this study the zonation of peatland complex types is examined in relation to climatic and hydrological zones within the boreal vegetation zone, with particular reference to Finland. Further, the way in which steep climatic and hydrological factor gradients between zones cause zonation in peatland complex types and changes in the prevalence of peatlands is studied.

The boundaries defining the various zones are presented in Figures 1 and 3 and are taken from published sources or worked out in the present paper. A synthesis of zones is in Table 2. Monthly mean components of the water balance and the monthly course of runoff as a function of the subsurface water storage in various peatland complex type zones in Finland are given in Table 1 and Figure 2, respectively.

Boundary group 1 — The northern boundary of plateau bogs (1a) is related to the hydrological zone 1c, south of which the summer minimum runoff is smaller and lasts longer than the winter minimum. On both sides of this boundary much rain and snow melt water is trapped on bogs in early winter, but only south of this boundary is the dif-

ference between evaporation and precipitation in early summer sufficient to dry out the pools in depressions formed during winter. However, due to the cool and rainy late summer in the northwestern Europe, the depression bottoms remain wet allowing *Sphagnum* mosses to thrive, filling the depressions. Consequently, hummock and hollow formation is checked. In Finland, this northern boundary of plateau bogs closely corresponds to the northern boundary of the hemiboreal vegetation zone (boundary 1b) and the thermic boundary 1e, at which the vegetational period is 173 days.

In the Baltic countries plateau bogs occur only in coastal regions (Euroola 1962). Inland of the Baltic countries concentric raised bogs prevail although this region lies south of the boundaries 1b (vegetational) and 1e (summer-thermic). Inland of the Baltic countries and eastwards in Russia the monthly precipitation in May and June is about 10—20 mm greater than inland of the southernmost Finland. The same is valid for evaporation because summers are about 1 to 2°C warmer in the former regions. Consequently, boundary 1a corresponds to about the same humidity in early summer in Finland and in the Baltic countries.

South of raised bogs in Russia, early summers are so warm that pools dry out like on plateau bogs. Precipitation begins to decrease from July, and the summers are warm so that the soil continues to dry until autumn (unlike in northwestern Europe) and therefore bog vegetation does not thrive. Further, autumn floods are too small to form pools. Consequently, conditions for both concentric bogs and plateau bogs end southwards in about the same region. This agrees with the absence of plateau bogs between the zones of concentric bogs and marshes in central Russia (Eurola 1962).

Boundary group 2 — The boundary 2a forms the northern boundary of concentric raised bogs (Eurola 1962). This boundary is causally associated with the hydrological boundary 2c (Solantie 1978) and the winter-climatic boundary 2f (Solantie 1985). Only south of this hydrological boundary do heavy thaws occur after first strong frosts in late autumn and early winter so that much melt and rain water is flowing on frozen land onto bogs (see also Fig. 2a). Consequently, this effect, contributed by pushing of ice on pools, forms hummocks and hollows on bogs. Northwards from the boundary 1a early summers are so wet that water remains in hollows at least to the middle summer. This creates ideal growth conditions for *Sphagnum* moss at the edges of pools, which growth raises hummocks. Having once formed, hummocks thus tend to grow year after year. Consequently, concentric raised bogs form between the boundaries 1a and 2a.

In Finland, the northernmost part of the concentric raised bog zone according to Eurola (1962) is later classified by Ruuhijärvi and Hosiainluoma (1981) as eccentric. The reason for the weak and indefinite morphology of these bogs is because hydrological conditions promoting concentric formation have only occurred periodically. Nowadays this variously classified region is situated north of boundary 1c.

A short way southwards, the strongest concentric morphology is found inland near to coast between the 62nd and 63rd latitudes. However, the morphology is a more fossilized feature than farther south and extends somewhat further inland than the hydrological boundary 1c. This fossilized morphology may be the result of the warm Atlantic climatic period about 7000 years ago. The most advantageous hydrological-climatic con-

ditions for the development of concentric features on bogs may have prevailed in this region, whereas in southern Finland the climate may have been too mild for this development. Epochs and periods of mild and slowly deepening winters in Northern Europe are connected with strong westerly winds. During such winds, the regions in which the strongest concentric morphology is found receive the most orographic precipitation (Fig. 1, hatched area).

Following the northern boundary of concentric raised bogs (2a) eastwards into Russia (Eurola 1962), it gradually shifts to more southern latitudes but not as steeply as winter monthly mean temperatures do. Consequently, at the boundary 2a winters are colder and develop quicker in Russia than in Finland. However, at the same mean temperatures thaws are heavier in Russia. Consequently, late autumn flooding on bogs at the boundary 2a in both Finland and Russia is of the same magnitude, but occurs nevertheless about two weeks earlier in Russia.

Boundary group 3 — The prevalence of bogs increases abruptly from boundary 3a northwards (Solantie 1974). The main climatological reason for this is obviously that northwards from this line evaporation in July is near to — or smaller than — precipitation. Northwards from this line heavy night frosts occur in July and August (comparison between regional means by t-test). Further, the following relations between humidity, night frosts and vegetation can be found: (i) North of the humidity boundary (3d) a large proportion of peatlands reduces the growing forest stock. Nutrients are leached north of the boundary more than south of it, which reduces the growth of trees. For these two reasons evaporation is further reduced. (ii) The surface layer of peat dries out during dry spells. Due to the lower thermal conductivity of dry peat heat is only little conducted upwards from the soil. Therefore, nights get colder still, which again brings the frost and humidity boundaries towards each other. (iii) Nevertheless humidity of ground increases across this boundary northwards, minimum runoff decreases (Fig. 2, Table 1) because peat keeps moisture in summer.

Boundary group 4 — Aapa fens occur north of boundary 4a where the difference between evaporation and precipitation in June is small enough so that minerotrophic water still runs on to the peatland. Between the boundaries 4a

and 5a (southern aapa fen zone) fen formation is conditioned by a minimum size of mineral land supplying peatland with water. Northwards the threshold size of mineral land becomes smaller (Solantie & Ekholm, 1984). *Boundary group 5* — Northwards from this boundary long period means of precipitation exceed long period means of evaporation throughout the summer, and aapa fens are wet and extensive. North of boundary group 5 a dry soil layer is not produced by evaporation during summer. Therefore, runoff remains moderate both during summer and winter, and reacts quickly to small changes in the soil water storage.

Conclusion

Climate constitutes the main factor determining hydrological and vegetation zones and consequently, climatic, hydrological and vegetation zones — including peatland zones — coincide in many cases. A zonation of peatland complex types in Finland can be established using climatic and hydrological boundaries as well as vegetation boundaries (Figure 1 and Table 2). Most of this zonation was shown to be also valid in Scandinavia and the northwestern part of the Soviet Union (Figure 3).

Received 17. IV. 1986
Approved 11. VIII. 1986