



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1990

749

Mika Nieminen & Antti Pätälä

KARUJEN RÄMEIDEN LUOKITTELU PINTA-
KASVILLISUUDEN JA RAVINNETUNNUSTEN AVULLA

Classification of oligotrophic pine mires on the basis
of ground vegetation and fertility parameters

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

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

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

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

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

FOLIA FORESTALIA 749

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1990

Mika Nieminen & Antti Pätälä

KARUJEN RÄMEIDEN LUOKITTELU PINTA-
KASVILLISUUDEN JA RAVINNETUNNUSTEN AVULLA

Classification of oligotrophic pine mires on the basis
of ground vegetation and fertility parameters

Approved on 18.5.1990

Nieminen, M. & Pätilä, A. 1990. Karujen rämeiden luokittelu pintakasvillisuuden ja ravinnetunnusten avulla. Summary: Classification of oligotrophic pine mires on the basis of ground vegetation and fertility parameters. *Folia Forestalia* 749. 29 p.

Tutkimuksessa tarkasteltiin valtakunnan metsien 8. inventoinnin pysyvien koealojen lohkoverkostosta valituilla luonnontilaisilla ja eri kuivatusvaiheita edustavilla karuilla rämeillä turpeen viljavuustunnusten ja pintakasvillisuuden välisiä suhteita. Lisäksi tutkimuksessa verrattiin mitattujen maaperämuuttujien perusteella tehtyä luokittelua pintakasvillisuuteen perustuvaan luokitteluun.

Kasvillisuusaineiston numeerisissa analyyseissä käytettyjen DCA-ordinaation ja TWINSPAN-luokittelun tulosten ja pintaturpeen viljavuustunnusten välillä ei ollut selkeää yhteyttä. Tämä johtui todennäköisesti koealojen vähäisistä trofiaeroista. Maaperämuuttujille tehty numeerinen luokittelu soveltui odotetusti hyvin koealojen ravinteisuusluokitteluun. Yhteydet maaperäluokittelun ja pintakasvillisuusluokittelujen välillä olivat selkeimmät kasvillisuudeltaan karuimmilla, ombrotrofisilla ja toisaalta rehevimmillä kasvupaikoilla. Sen sijaan karuilla minerotrofisilla rämeillä (PsR-taso) VMI:n kasvupaikkaluokitus kuvasi pintaturpeen ravinteisuutta epätarkasti.

The relationships between surface peat fertility parameters of virgin and drained oligotrophic pine mires and their vegetation were investigated using sample plots selected from the permanent plot network of the 8th National Forest Inventory (NFI). The aim of the study was also to compare classification based on soil parameters with that made on the basis of the vegetation.

There were no clear connections between the fertility parameters of the peat and numerical analysis of the vegetation material (DCA-ordination and TWINSPAN-analysis). This was most probably due to the small differences between the trophy of the plots. As expected, numerical classification made on the basis of the soil parameters was well suited for fertility classification of the sample plots. Agreement between this classification and the vegetation classifications was best in the case of the most ombrotrophic and the most mesotrophic sites. In contrast, the site type classification used by the NFI inaccurately depicted the fertility of the surface peat on poor minerotrophic sites (low-sedge pine mires).

Keywords: peatlands, vegetation, numerical analysis.
ODC 114.444 + 114.5 + 181.8

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Peatland Forestry, Box 18, SF-01301 Vantaa, Finland.

ISBN 951-40-1102-3
ISSN 0015-5543
Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
21. Tutkimusalue ja koealat	5
22. Maastotyöt	6
23. Aineiston käsittely	6
231. Turveanalyysit	6
232. Kasvillisuusaineiston numeerinen käsittely	7
233. Maaperäaineiston numeerinen käsittely	7
3. TULOKSET JA TARKASTELU	7
31. Kasvillisuusaineisto	7
311. Koealojen poistaminen	7
312. DCA-ordinaatio näytealoille ja kasvilajeille sekä lajien peittävydet koealoilla	7
313. TWINSPAN-luokittelu	10
32. Ympäristömuuttajat	11
321. Ympäristömuuttajat DCA-ordinaatiossa	11
322. Ympäristömuuttajat TWINSPAN-kasvillisuusryhmissä	12
33. TWINSPAN-luokittelu turpeen viljavuustunnusten perusteella	14
331. Maaperäryhmien muodostaminen	14
332. Koealojen kasvupaikkatyyppi TWINSPAN-maaperäryhmissä	15
34. Numeerisen kasvillisuusluokituksen ja numeerisen maaperäluokituksen tulosten vertaaminen	16
4. PÄÄTELMÄT	17
KIRJALLISUUS — REFERENCES	17
SUMMARY	19
LIITTEET — APPENDICES	21

KÄYTETYT LYHENTEET — SYMBOLS

Merkintä Merkitys
Symbol Explanation
(Huikari et
al. 1964)

Kuivatusvaihe — *Drainage stage:*

oj	Ojikko — <i>Recently drained peatland</i>
mu	Muuttuma — <i>Transitional drained peatland</i>
tk	Turvekangas — <i>Old peatland forest</i>

Turvekangastyypit — *Mire site types* *for old peatland forests:*

Mtk	Mustikkaturvekangas — <i>Vaccinium myrtillus-rich old peatland forest</i>	III
Vtk	Puolukkaturvekangas — <i>Vaccinium vitis-idaea-rich old peatland forest</i>	IV
Ctk	Varputurvekangas — <i>Dwarf-shrub-rich old peatland forest</i>	V

Ravinteisuusluokka
Fertility class
(Huikari et al.
1964):

Luonnontilaisten soiden, ojikoiden ja muuttumien kasvupaikkatyypit — *Mire site* *types for virgin, recently drained and* *transitional drained peatlands:*

SsR	Suursararäme — <i>Tall-sedge pine mire</i>	III
PsR	Piensararäme — <i>Low-sedge pine mire</i>	IV
IR	Isovarpuräme — <i>Dwarf-shrub pine bog</i>	V
TR	Tupasvillaräme — <i>Cottongrass pine bog</i>	V

Lisämääreet — *Additional criteria for the site* *type classification:*

Ot	Ohutturpeisuus — <i>Thin peat layer</i>
Mol	Siniheinäisyys — <i>A moderate occurrence of</i> <i>Molinia caerulea</i>
Kn	Korpisuus — <i>Spruce swamp character</i>
Nn	Nevaisuus — <i>Open fen character</i>
Ram	Rahkamättäisyys — <i>Sphagnum fuscum hummocks</i>

1. Johdanto

Suomalainen suotyypipioppi perustuu oleelliselta osaltaan Cajanderin (1913) teoriaan ja järjestelmään. Suotyypipioppia alettiin jo varhain soveltaa maa- ja metsätaloudessa, ja monet tutkijat jatkoivat järjestelmän kehittämistä (luokittelun kehitys esim. Eurola & Kaakinen 1977, Reinikainen 1988, Reinikainen & Hotanen 1988, Laine 1989). Suotyypipiopuokitus noudattaa tarkasti ns. site-type-periaatetta: ekologisesti samanlaisilla paikoilla on samanlainen kasvillisuus (Eurola ym. 1984). Tämä on mahdollistanut kasvupaikkojen viljavuuden määrittämisen välillisesti kasvien ja kasvillisuuden avulla.

Nykyään sovelletaan käyttötarkoituksen mukaan kolmea soiden luokittelun alajärjestelmää: (1) kasvitieteellistä luokittelua biologisten perustieteiden tarpeisiin (Eurola & Kaakinen 1978, Ruuhijärvi 1983, Eurola ym. 1984), (2) intensiivistä metsätieteellistä luokittelua (Lukkala & Kotilainen 1951, Heikurainen & Pakarinen 1982, Heikurainen 1986) ja (3) ekstensiivistä metsätaloudellista luokittelua (Huikari 1952, 1974, Huikari ym. 1964). Näitä luokitteluja voidaan myös rinnastaa toisiinsa (ks. Reinikainen & Päivänen 1983, Eurola ym. 1984). Ojitettujen soiden luokittelu perustuu pääosin Saraston (1957, 1961a, 1961b) tutkimuksiin.

Tällä hetkellä on voimakas tarve vanhojen ojitusaluiden luokittelujärjestelmän uudelleenarviointiin monestakin syystä (ks. Reinikainen 1983, 1984, 1988, Päivänen 1988, Laine 1989).

Suotyypien trofiasarjan ja pintaturpeen sekä suoveden ravinteisuuden ja happamuuden välisiä suhteita ovat tutkineet mm. Kivi-

nen (1933), Vahtera (1955), Havas (1963), Holmen (1964), Puustjärvi (1968) sekä Heikurainen (1979). Yksityiskohtaisia tutkimuksia lähekkäisten suotyypien tai kasvivyhdyskuntien turpeen kemiallisesta vaihtelusta on kuitenkin tehty vähän (esim. Heikurainen 1953, Westman 1981, Reinikainen ym. 1984, Schneider & Westman 1987). Myöskään ojituksenjälkeisen kuivatussukcession vaikutusta turpeen ravinnemääriin ei ole riittävästi tutkittu (ks. kuitenkin Kaunisto & Paavilainen 1988).

Uusia mahdollisuuksia suotyypijärjestelmän tutkimiseen on antanut numeeristen menetelmien kehittyminen. Yhteisöekologisia monimuuttujamenetelmiä ovat soveltaneet mm. Pakarinen (1976, 1979, 1982, 1985), Pakarinen & Ruuhijärvi (1978), Heikkilä (1987) sekä Schneider & Westman (1987) luonnontilaisten soiden kasvillisuustutkimuksissa. Ojitusalueutkimuksissa numeerisia menetelmiä ovat käyttäneet Mannerkoski (1979), Kuusipalo & Vuorinen (1981), Starr (1984), Vasander (1987), Hotanen (1988), Reinikainen (1988), Vasander ym. (1988) sekä Laine (1989). Westman (1987) käytti vastaavia menetelmiä koeala-aineiston luokittelemiseksi maaperätunnusten avulla.

Tämän työn tarkoituksena on (1) tutkia luonnontilaisilla ja eri kuivatusvaiheita edustavilla ojitetuilla karuilla rämeillä pintaturpeen viljavuustunnusten suhdetta kasvillisuuden perusteella tehtyyn numeeriseen kasvupaikkaluokitukseen, ja (2) verrata maaperämuuttujien perusteella tehtyä luokittelua kasvillisuuteen perustuvaan luokitteluun.

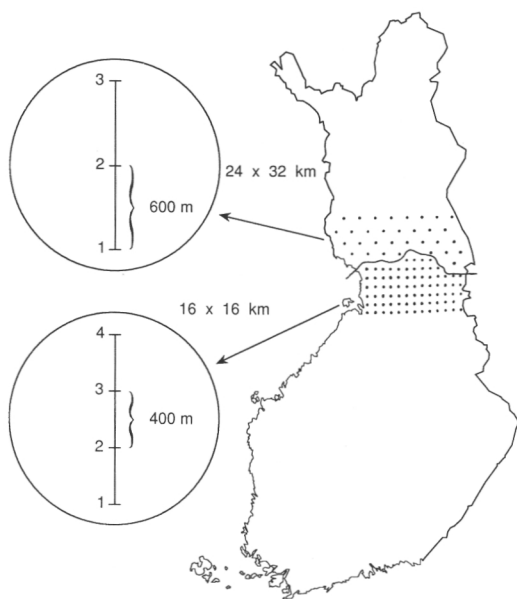
2. Aineisto ja menetelmät

21. Tutkimusalue ja koealat

Tutkitut 87 koealaa perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen ”Ilman epäpuhtauksien vaikutus metsiin” (ILME)-projektin yhteydessä. Kolmen aarin kokoiset ILME-koealat otostettiin systemaattisesti valtakunnan metsien 8. inventoinnin pysyvien koealojen lohkoverkosta (kuva 1). Otokseen hyväksytyt suot olivat puustoisia, luon-

nantilaisia tai ojitettuja rämeitä ja korpia, joissa turveysvyys oli pääosin yli 50 cm.

Kyseisestä otoksesta tämän tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin korvet sekä lettoiset ja ruohoiset rämeet. Lisäksi pyrittiin välttämään kahta tai useampaa suotyypin edustavia koealoja sekä kivennäis- ja turvemaan rajalle sijoittuneita koealoja. Kuvassa 2 on esitetty tutkittujen koealojen sijainti.



Kuva 1. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin pysyvien koealojen verkko (Yli-Kojola 1988).

Fig. 1. Permanent sample plot network of the 8th National Forest Inventory (Yli-Kojola 1988).

22. Maastotyöt

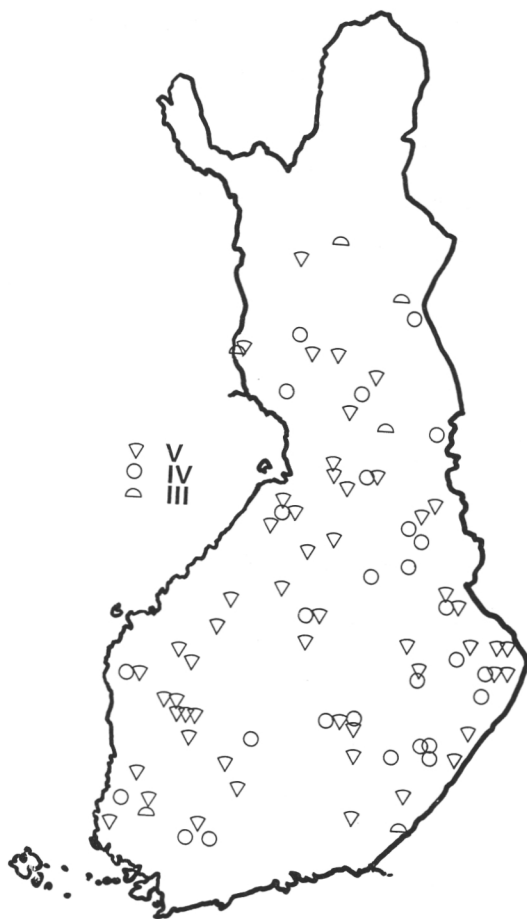
ILME-projektissa kerätyn turvenäyteaineiston ohella tutkimuksessa käytettiin VMI 8:n inventointiryhmän biologin tekemää kasvillisuuden kuvausta ja kasvupaikkaluokittelua.

Koealojen kasvupaikkaluokittelu perustui nk. Huikarin menetelmällä (Huikari 1952) tehtyyn luokitteluun. Lisämääreiden käytöllä pyrittiin varmistamaan tuloksen rinnastettavuus kasvitieteellisesti tarkempiin luokitteluihin. Kasvupaikkatyypit lisämääreineen nimettiin käyttäen Huikarin ym. (1964) esittämiä lyhenteitä.

Kasvillisuuden kuvauksessa peittävyudet arvioitiin kenttä- ja pohjakerroslajeittain 3—4(6):lta systemaattisesti sijoitetulta 2 m²:n kasvillisuusruudulta käyttäen asteikkoa 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 3, 5, 7, 10... 5 yksikön välein... 90, 93, 97, 98, 99, 100. Aineiston alustavassa tarkastelussa poistettiin ruudut, jotka olivat sattuneet ojamille. Jos kasvillisuusruutujen määrä tällöin jäi alle kolmen, koeala hylättiin.

Putkilokasvit noudattavat Hämet-Ahdin ym. (1986), sammalet Koposen ym. (1977) ja jäkälät Ahdin (1981) nimityksiä.

Tilavuustarkat turvenäytteet otettiin laatikkomallisella näytteenottimella (5 cm*5 cm) 10 pisteestä 1 m:n etäisyydeltä ympyräkoelan kehästä koealan ulkopuolelta tasaisin välimatkoin. Näyte otettiin suon tasapinnasta kerroksittain seuraavasti: 0—5 cm, 5—10 cm,



Kuva 2. Koealojen sijainti. Kuvaan on merkitty ravinteisuusluokkia (Huikari ym. 1964) kuvaavat symbolit.

Fig. 2. Location of the plots used in this study. The plots are marked with symbols indicating their fertility class (Huikari et al. 1964).

10—20 cm, 20—30 cm, 30—40 cm ja 40—50 cm. Pinnassa oleva raakahumuskerros poistettiin ennen näytteenottoa. Osanäytteet yhdistettiin kerroksittain kokoomanäytteeksi.

Koealakuvioiden käsittelyhistoria (ojitusvuosi, lannoitusvuosi, lannoittelajit) selvitetiin lähettämällä kyselylomake metsänomistajille.

23. Aineiston käsittely

231. Turveanalyysit

Kokonaisravinnepitoisuudet määritettiin kuivatusta (70°C) ja jauhetusta näytteestä kuivapolttomenetelmällä

(Halonen & Tulkki 1981) plasmaemissiospektrometrisesti (ARL, ICP 3580). Kokonaistyyppi määritettiin LECO CHN-600 -analysaattorilla.

Turpeen pH mitattiin vesiliuoksesta, joka oli saatu sekoittamalla 1 g kuivaa näytettä 25 ml:aan tislattua ionivaihdetta vettä.

Turvenäytteiden perusteella laskettiin lisäksi turpeen tiheys, tuhkaprosentti ja ravinteiden kokonaismäärät (kg/ha).

232. Kasvillisuusaineiston numeerinen käsittely

Kasvillisuusaineisto analysoitiin TWINSPAN-luokittelumenetelmällä (Hill 1979) ja DCA-ordinaatiolla (Hill & Gauch 1980, Gauch 1982).

DCA-ordinaatio esitettiin tässä tutkimuksessa havainnollisena kaksiulotteisena ratkaisuna. Ordinaatioakselien segmentointi tehtiin CANOCO-tietokoneohjelmaan (Ter Braak 1987) liittyvällä polynomisegmentoinnilla. DCA-ordinaatiota tulkittiin paitsi kasvilajien ekologisten vaatimusten perusteella myös koealojen akselipisteiden ja turpeen viljavuustunnusten välisten korrelaatioiden avulla.

TWINSPANia sovellettiin oletusparametrein (ks. Mikkola & Jukola-Sulonen 1984). Luokittelutuloksessa tarkasteltiin indikaattorilajien (myös muiden lajien) kasvupaikkavaatimuksia ja koealojen suotyyppisiä kasvillisuusryhmissä. Ympäristömuuttujien arvot laskettiin erikseen jokaisessa kasvillisuusryhmässä, ja ryhmien välisiä eroja testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä.

Alustavassa analyysissä todettiin, ettei aineisto ko-

konaisena soveltunut kaksiulotteiseen DCA-ordinaatioon. Aineistosta poistettiin ensimmäisessä TWINSPAN-luokittelussa paljastuneet seitsemän koealaa, joita tarkasteltiin kasvillisuuden ja ympäristömuuttujien osiltaan omana ryhmänään. DCA-ordinaatiossa näitä koealoja ei poistamisen jälkeen tutkittu.

233. Maaperäaineiston numeerinen käsittely

Viljavuustunnusten arvot muutettiin ensin siten, että ne soveltuivat numeeristen menetelmien lähtötiedostoksi (Westman 1987). Volumetrisesti (kg/ha) ilmaistut maaperämuuttujat standardoitiin seuraavasti:

$$((X_i - X_{\min}) / 2 * (\bar{X} - X_{\min})) * 100$$

Näin jokaisen muuttujan keskiarvoksi tuli 50 ja vaihteluväliksi 0—100.

Käyttämällä standardoituja maaperämuuttujia aineisto luokiteltiin TWINSPAN-analyysillä. Pseudolajimuodostuksen kynnsarvot olivat 10, 30, 50, 70 ja 90.

Muodostuneissa maaperäryhmissä viljavuustunnusten arvoja verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Jokaisella jakotasolla luokittelua jatkettiin vain siinä tapauksessa, että tärkeimpien ravinteiden pitoisuuksissa oli selviä eroja tulostetuissa ryhmissä. Jos eroja ei ollut, luokittelu pysäytettiin jo edelliselle jakotasolle. Lopuksi tarkasteltiin maaperäryhmittäin koealojen jakaantumista Huikarin kasvupaikkatyyppeihin ja TWINSPAN-kasvillisuusryhmiin.

3. Tulokset ja tarkastelu

31. Kasvillisuusaineisto

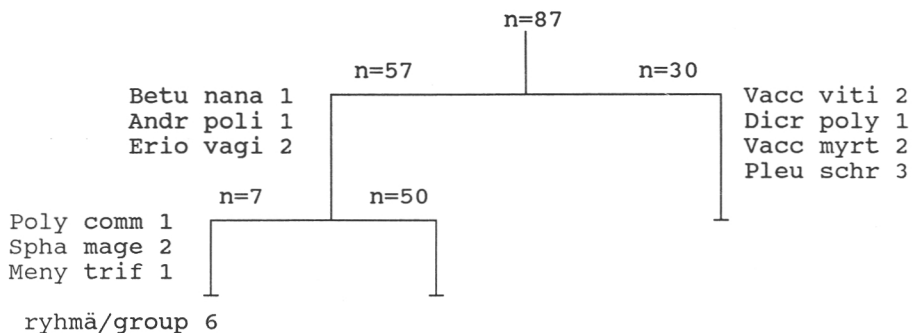
311. Koealojen poistaminen

Kasvillisuusaineiston ominaisuudet vaikuttavat selkeästi DCA- ja TWINSPAN-analyysien tulostuksiin. Esimerkiksi yhteisten lajien puuttuminen vertailtavilta koealoilta aiheuttaa sen, ettei mitattu numeerinen etäisyys vastaa todellista ekologista etäisyyttä (Gauch 1973). TWINSPAN-analyysissä koealojen jakaantuminen kahdeksi ryhmäksi saattaa tällöin tapahtua lähellä RA-ordinaatiolla järjestetyn koeala-aineiston päävaihtelusuunnan toista päätä (Kuusipalo 1985), vaikka pääjaon tulisi tapahtua lähellä gradientin keskustaa (Gauch 1982).

Tästä syystä alkuperäisestä aineistosta poistettiin ensimmäisessä TWINSPAN-analyysissä paljastuneet seitsemän koealaa, joilla esiintyi useita kasvillisuusaineistossa harvinaisia lajeja (kuva 3 ja liite 1).

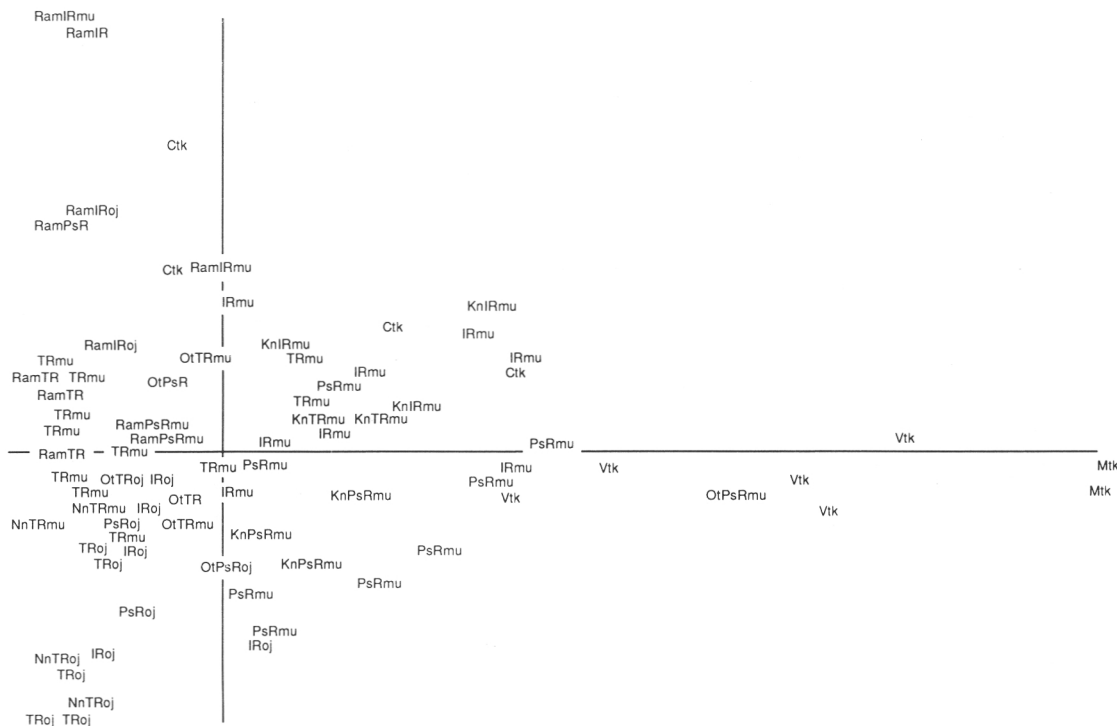
312. DCA-ordinaatio näytealoille ja kasvilajeille sekä lajien peittävytydet koealoilla

Koealaordinaation 1. akselilla (ominaisarvo = 0,460) suurimpia pistemääriä saivat mustikka- ja puolukkaturvekankaat, joilla peittävimpinä esiintyivät *Vaccinium myrtillus*,



Kuva 3. TWINSpan-dendrogrammi kaikille koaloille. Haarautumiskohtiin on merkitty indikaattorilajit runsauskynnysarvoineen. Ryhmä 6 on poistettu kasvillisuusaineiston jatkoanalyyseistä (kuvat 4–6).

Fig. 3. The TWINSpan dendrogramme for all the plots. The indicator species and pseudo-attribute cut points have been marked at each division level. Group 6 has been removed in the further analysis of the vegetation material (Figs. 4–6).

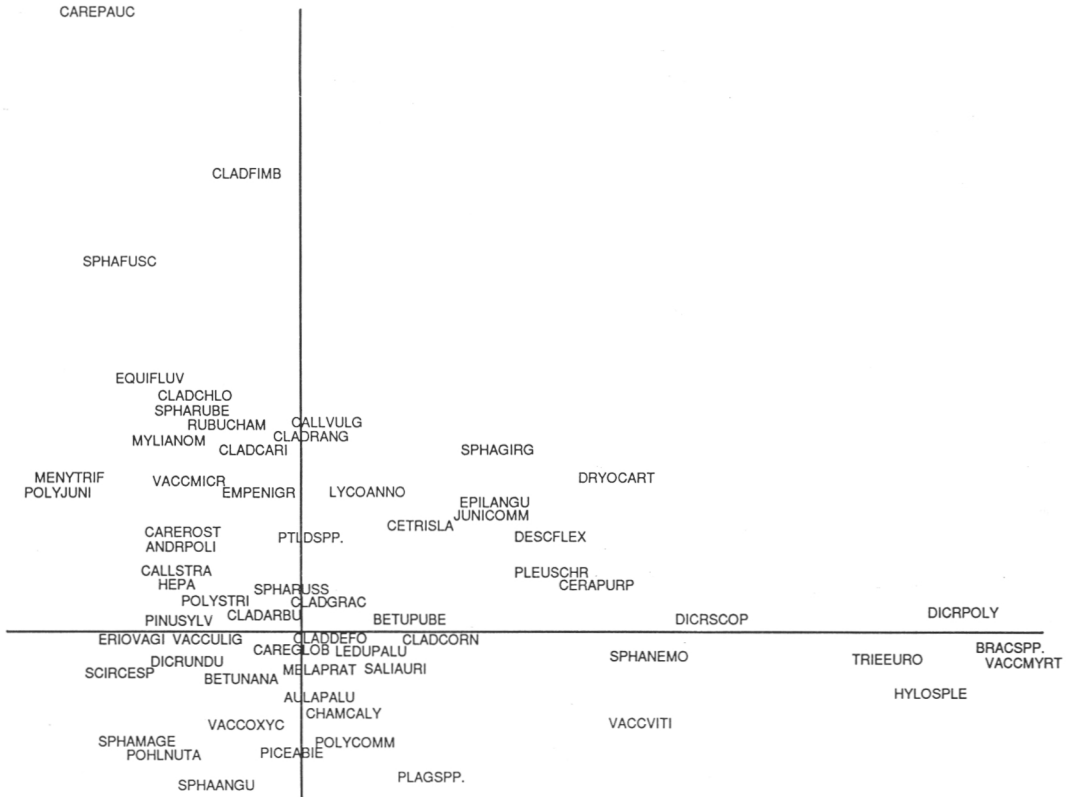


Kuva 4. Koalojen DCA-ordinaatiodiagrammi (7 koalaa poistettu). Koalojen kasvupaikkatyyppi (Huikari ym. 1964) ja kuivatusaste (oj, mu, tk) on merkitty kuvaan.

Fig. 4. DCA ordination of the plots (7 plots removed). The site type (Huikari et al. 1964) and drainage status (oj, mu, tk) are marked in the figure.

Vaccinium vitis-idaea, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* ja *Dicranum polysetum* (kuva 4, liite 1). Näiden lajien lisäksi lajior-dinaation 1. akselilla suurimpia pistemääriä saivat mm. *Dicranum scoparium* ja *Sphagnum nemoreum* (ks. kuva 5).

Koalaordinaatiossa oikealle ylös sijoittui pääasiassa isovarpurämemuuttumia ja oikealle alas piensararämemuuttumia. IR-muuttumilla peittävimpinä kasvoivat *Pleurozium schreberi*, *Vaccinium uliginosum* ja *Betula nana*, PsR-muuttumilla *Sphagnum angusti-*



Kuva 5. Kasvilajien DCA-ordinaatiodiagrammi. Alle kolmella koealalla esiintyneet lajit on poistettu ordinaatiosta.
 Fig. 5. DCA ordination of the plant species. Plant species recorded on only one or two plots were removed from the ordination.

folium, *Pleurozium schreberi* ja *Vaccinium vitis-idaea*.

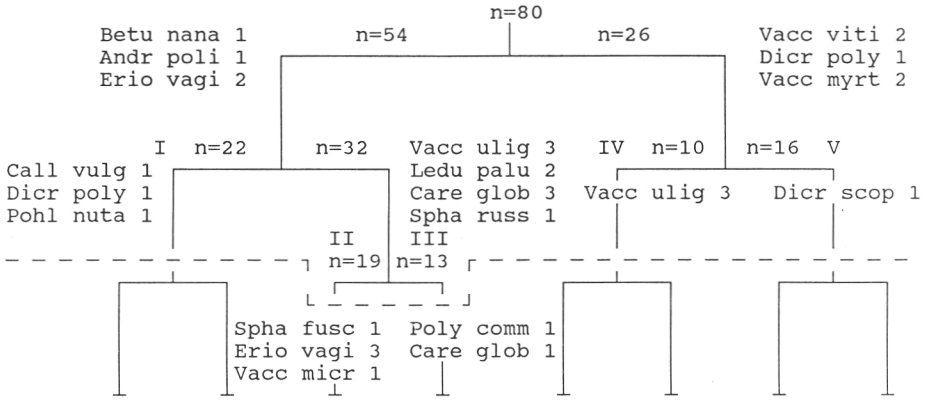
Lajiordinaation 1. akselin keskivaiheille sijoittui joitakin tavallisimpia korpisuuden ilmentäjiä, esim. *Polytrichum commune* ja *Sphagnum girgensohnii* sekä edellisiä harvinaisempina esiintyneet *Dryopteris carthusiana*, *Deschampsia flexuosa* ja *Juniperus communis*.

Lajiordinaation 1. akselilla pienimpiä pistemääriä saivat ombro-oligotrofiset nevaisuuden tai rämeisyyden ilmentäjät, esim. *Andromeda polifolia*, *Vaccinium oxycoccos*, *Sphagnum angustifolium*, *Calluna vulgaris* ja *Empetrum nigrum*. Myös joitakin yksittäisillä koealoilla esiintyneitä minerotrofisia lajeja sijoittui pääakselin alkupäähän ombro-oligotrofisten lajien sekaan, esim. *Carex rostrata*, *Equisetum fluviatile* ja *Menyanthes trifoliata*. Nämä lajit kasvoivat useimmiten rahkamätäisillä koealoilla, joilla ombro- ja minerotrofinen suokasvillisuus sekoittuvat.

Ensimmäisen akselin alkuosassa koealojen sijainti vaihteli voimakkaasti 2. akselin (omi-

naisarvo = 0,234) suhteen. Ordinaatiokuvassa vasemmalle alas sijoittui TR-, IR- ja PsR-ojikoita, joissa pohjakerros oli pääosin *Sphagnum angustifoliumin* muodostamaa tasapintaa. Tupasvillaisilla koealoilla erot mätäs- ja painannepintojen kasvillisuudessa suurenevät 2. akselin keskivaiheilla, johon sijoittuivatkin erityisesti TR-muuttumat ja rahkamättäiset tupasvillarämeet. Lajiordinaation 2. akselilla suuria pistemääriä saanut *Sphagnum fuscum* oli peittävin vasemmalle ylös sijoittuneilla isovarpurämeillä.

Kasvilajien ekologiset vaatimukset ja koealojen sijoittuminen viittaavat siihen, että sekundaarisuoknessiossaan jo edenneet ja myös ravinteisimmat koealat saivat suuria arvoja ja vähiten viljavat luonnontilaiset suot ja nuoret ojitusaluet pieniä arvoja 1. akselilla. DCA-ordinaation päägradientti tulkittiinkin trofia- ja kuivatusakseliksi. Koealojen ja kasvilajien sijoittuminen trofia- ja kuivatusgradientille ei kuitenkaan ollut täysin yksiselitteistä, mikä saattaa johtua useita vaihtelu-



Kuva 6. TWINSpan-luokittelun dendrogrammi koealoille (seitsemän koealaa poistettu). Haarautumiskohtiin on merkitty indikaattorilajit runsauskynnysarvoineen. Katkoviiva rajaa tulkitut jakotasot.

Fig. 6. TWINSpan classification of the plots (7 plots removed). The indicator species and pseudo-attribute cut points have been marked at each division level. The dashed line indicates the depicted division levels.

suuntia sisältävän aineiston esittämisestä kahden akselin ordinaatiossa (ks. esim. Hotanen 1988). Toiselle akselille lajit ja koealat näyttivät sijoittuvan melko epämääräisesti, eikä selvää ympäristögradienttia voitu tulkit-
ta.

313. TWINSpan-luokittelu

TWINSpan-luokittelussa kolmen jakotason ratkaisulla saatiin kahdeksan ryhmää, joista kaksi vasemmanpuoleista ja neljä oikeanpuoleista yhdistettiin siten, että lopullisesti tulkit-
tavien ryhmien määrä oli viisi (kuva 6). Huikarin kasvupaikkaluokkien ja TWINSpan-luokkien yhteensopivuuden tarkastelu ei näin homogeenisessa aineistossa edellyttänyt yksityiskohtaisempaa analyysiä, edustaahan viisi ryhmää jo viittä potentiaalista kasvupaikkatyyppiä. Myös kasvillisuusinformaation väheneminen alemmilla jakotasolla ja tästä aiheutuvat luokitteluvirheet puoltavat luokkien yhdistämistä (esim. Kuusipalo 1985, Mikkola & Sepponen 1986, Hotanen 1988).

Aineiston pääjakoa osoittivat dendrogrammin vasemmalla puolella nevaisuutta tai rämeisyyttä luonnehtivat *Betula nana*, *Andromeda polifolia* ja *Eriophorum vaginatum*, oikealla puolella *Vaccinium myrtillus* sekä *Dicranum polysetum* ja *Vaccinium vitis-idaea*.

Kangasmetsälajien esiintyminen pääjaon oikealla puolella viittaa siihen, että sekundaarisuoknessa edenneet koealat sijoittuivat oikealle puolelle. Koealojen kuivatusaste erosi jonkin verran pääjaon erottamis-
ryhmissä — ravinteisemmalla oikealla puolella ei ollut luonnontilaisia soita eikä ojikoita (taulukko 1).

Oikea puoli jakaantui edelleen *Vaccinium uliginosum* ja *Dicranum scoparium* indikoimiin ryhmiin 4 ja 5, joiden pääasiallinen ero kasvillisuudessa oli rämevarpujen kohtalaisen runsas esiintyminen ryhmässä 4.

Pääjaon vasemmalla puolella erottui toisella jakotasolla lähinnä TR-ojikoista ja -muuttumista muodostunut ryhmä 1 (n = 22). Loput 32 koealaa jakaantuivat kolmannella jakotasolla lähinnä IR- ja PsR-
ojikoista ja -muuttumista muodostuneeseen ryhmään 3 (n = 13) sekä karumpaan ryhmään 2 (n = 19), jossa yleisiä olivat rahkamättäiset 5. ravinteisuusluokan koealat. Jakoa luonnehtivat ryhmässä 2 keskustavaikutteiset *Sphagnum fuscum*, *Eriophorum vaginatum* ja *Vaccinium microcarpum* sekä ryhmässä 3 reunavaikutteiset *Polytrichum commune* ja *Carex globularis*.

Huikarin järjestelmällä luokiteltuihin ravinteisuusluokkien IV ja V rämeisiin voidaan sisällyttää 13 kasvitieteellistä suotyyppiä (ks. Eurola & Kaakinen 1978). Siten samaan kasvupaikkatyyppiin on VMI:ssä luokiteltu kasvillisuudeltaan hyvinkin erilaisia koealoja.

Taulukko 1. Koealojen lukumäärä, kasvupaikkatyyppi (Huikari ym. 1964) ja ravinteisuusluokka TWINSPAN-kasvillisuusryhmissä.
Table 1. Number of plots, peatland site type (Huikari et al. 1964) and fertility class in the TWINSPAN vegetation groups.

Ryhmä Group	n	Kasvupaikkatyyppi Peatland site type	Ravinteisuusluokka Fertility class
1	22	NnTRoj, 3*TRoj, OtTRoj, NnTRmu, 9*TRmu, KnTRmu, 3*IRmu, 3*Ctk	22*V
2	19	3*RamTR, OtTR, RamIR, NnTRoj, 3*TRoj, 2*RamIRoj, IRoj, TRmu, 2*OtTRmu, RamIRmu, IRmu, RamPsR, RamPsRmu	17*V, 2*IV
3	13	4*IRoj, TRmu, 2*IRmu, OtPsR, 2*PsRoj, OtPsRoj, RamPsRmu, KnPsRmu	7*V, 6*IV
4	10	IRmu, 3*KnIRmu, Ctk, 4*PsRmu, KnPsRmu	5*V, 5*IV
5	16	2*IRmu, 4*PsRmu, 2*KnPsRmu, OtPsRmu, 5*Vtk, 2*Mtk	2*V, 12*IV, 2*III

Koeala-aineiston laajasta maantieteellisestä jakautumisesta (ks. kuva 2) johtuen kasvupaikkatyyppikohtaista kasvillisuuden heterogeenisyyttä on todennäköisesti aiheuttanut myös kasvilajien levinneisyys. Lisäksi erot ojituksenjälkeisessä kasvillisuussukessiivaiheessa lisäävät kasvillisuuseroja samaan kasvupaikkatyyppiin kuuluvilla koealoilla. Edellä mainittu pintakasvillisuuden suuri vaihtelu saman kasvupaikkatyyppin sisällä sekä käytetyn monimuuttujamenetelmän dikotominen luonne ja pääasiassa kolme kasvupaikkatyyppiä olevien koealojen jakaminen viiteen ryhmään ovat kaikki osaltaan vaikuttaneet siihen, että maastossa määritetyt kasvupaikkatyyppit ja TWINSPAN-kasvillisuusluokat eivät kovinkaan tarkasti vastanneet toisiaan.

DCA-ordinaatiossa ja TWINSPAN-tuloksessa koealojen kasvupaikkatyyppit muodostivat kuitenkin jokseenkin selkeän jatkuosarjan karuista tupasvillaisista isovarpuisiin ja rehevämpiin piensaraisiin sekä puolukkaisiin tyyppeihin. Tämä vastasi yleistä käsitystä suotyypeistä ilman jyrkkiä rajoja olevina kiinnekohtina (Eurola & Kaakinen 1978) suokasvillisuuden moniulotteisessa avaruudessa.

32. Ympäristömuuttajat

321. Ympäristömuuttajat DCA-ordinaatiossa

Turpeen tiheyden ja päägradientin välillä oli melko voimakas korrelaatio (0.50***) (taulukko 2). Pääravinteiden pitoisuudet kalsiumia lukuunottamatta eivät korreloineet merkittävästi päägradientin kanssa. Ravinmäärät ja 1. akseli korreloivat positiivisesti ja selvästi voimakkaammin kuin ravinnepitoisuudet ja 1. akseli. Myös hivenravinteiden ja 1. akselin välillä oli melko voimakas positiivinen korrelaatio.

Toisen akselin sekä typpi- ja fosforipitoisuuden, tuhkaprosentin ja turpeen tiheyden välillä oli heikko negatiivinen korrelaatio. Ravinmäärien ja 2. akselin väliset riippuvuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin ravinnepitoisuuksilla lasketut korrelaatiot.

Suotyyppien trofiasarjan on todettu korreloivan positiivisesti pintaturpeen ja suveden kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksien samoin kuin pH:n sekä turpeen typpipitoisuuden kanssa (mm. Kivinen 1933, Vahtera 1955, Havas 1963, Holmen 1964, Heikurainen 1979, Westman 1981). Kaliumilla ja fosforilla tämä riippuvuus on vähemmän selvä.

Ainakin tyyppien ja fosforin määrät sekä turpeen tiheys lisääntyvät ojituksen ikääntyessä (Kaunisto & Paavilainen 1988). Sen sijaan kaliumin pitoisuudet ja määrät ovat vanhoil-

Taulukko 2. Turpeen ravinnepitoisuuksien (mg/g) ja -määrien (kg/ha), pH(H₂O)- ja tiheysarvojen (g/cm³) sekä tuhkaprosenttien (% kuivapainosta) ja DCA-ordinaation koalojen pistelukujen välinen Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin.

Table 2. Spearman rank correlation coefficients between pH (H₂O), ash content (% of dry weight), bulk density (g/cm³), nutrient concentrations (mg/g), amounts of nutrients (kg/ha) and the sample plot DCA-ordination scores.

	Akseli 1 Ax 1		Akseli 2 Ax 2	
Tiheys	0.50***		-0.23*	
Bulk dens.				
pH	-0.10		-0.22	
Tuhka	0.14		-0.23*	
Ash cont.				
Pitoisuus	Määrä	Pitoisuus	Määrä	
Concentrations	Amounts	Concentrations	Amounts	
N	0.18	0.30**	-0.29**	-0.27*
P	0.03	0.29*	-0.32**	-0.32**
K	-0.05	0.39***	-0.04	-0.16
Ca	0.24*	0.37***	0.10	-0.01
Mg	-0.11	0.26*	0.27*	0.12
Mn	0.28*	0.41***	0.23*	0.11
Cu	0.43***	0.44***	-0.09	-0.13
Zn	0.25*	0.48***	0.40***	0.33**

la ojitusalueilla huomattavasti pienempiä kuin vastaaville suotyypeille luonnontilaisille suoloille esitetyt arvot.

Turpeen tiheyden ja päägradientin välinen korrelaatio lienee seurausta koalojen välisistä eroista ojituksen jälkeisessä turpeen painumisessa ja maatumisessa. Siten 1. akseli oli tulkittavissa lähinnä kuivatusgradientiksi. Turpeen painumisen ja maatumisen merkitys tuli selkeästi esiin muutettaessa massapohjaiset ravinnepitoisuudet tilavuusperusteisiksi ravinnemääriksi. Tällöin kaikki ravinteet korreloivat positiivisesti ja merkitsevästi päägradientin kanssa.

Ravinnemäärien ja 1. akselin välisten korrelaatioiden perusteella kasvillisuuden päävaihtelusuunnassa oli myös trofiavaihtelun piirteitä. Ravinnepitoisuuksilla lasketut korrelaatiot tai turpeen pH eivät tätä kuitenkaan osoittaneet.

Toisen akselin ja ravinnetunnusten väliset korrelaatiot viittasivat vähäisiin kuivatussuksista ja mahdollisesti myös ravinteisuudesta johtuviin eroihin gradientin alku- ja loppupään sijoittuneiden koalojen välillä.

Koalojen ravinnepitoisuuksiin ja -määriin vaikuttavat sekä niiden luontainen viljavuus että ojituksen aiheuttama suon ekologian

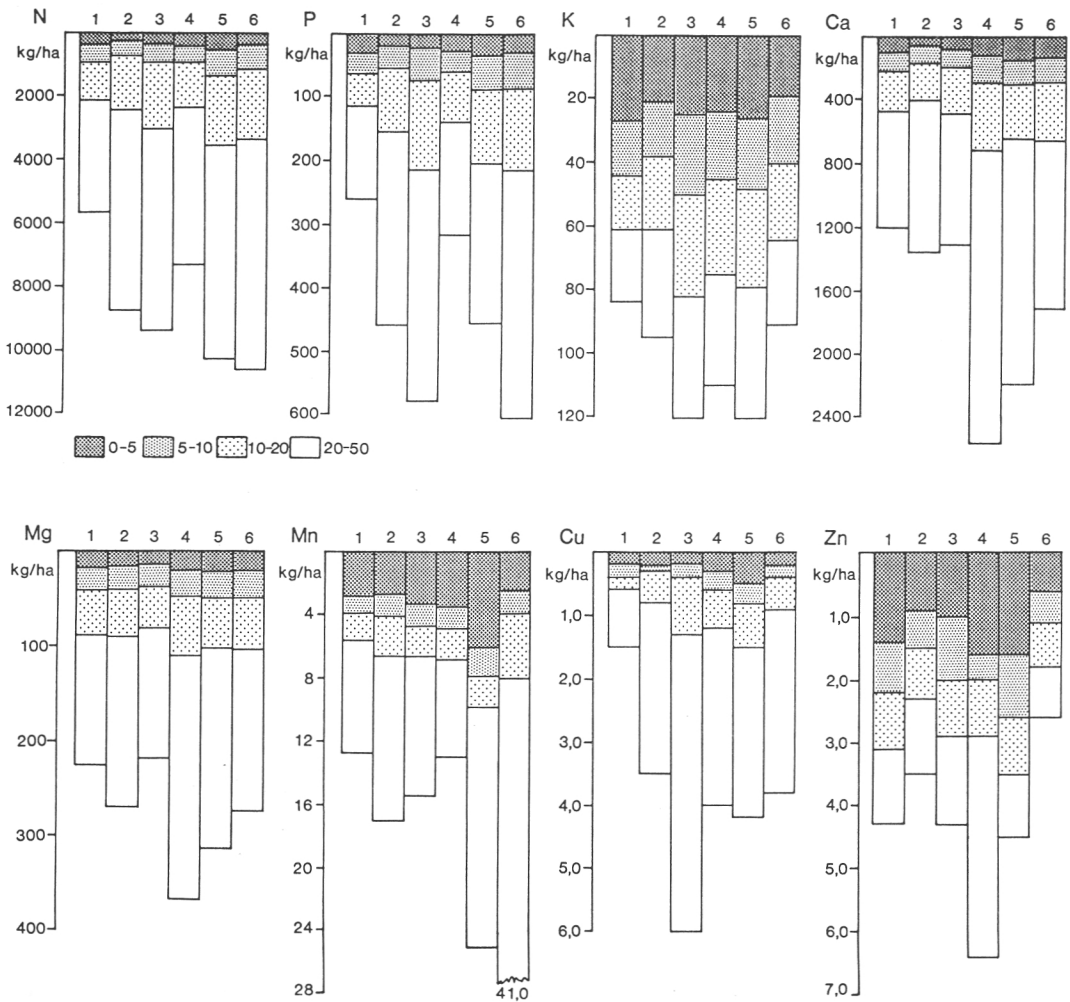
muuttuminen. Siten kasvupaikkatyyppien viljavuussarjan ja ravinnetunnusten riippuvuuden analyysiä vaikeuttaa tässä aineistossa ravinnetunnusten ja koalojen kuivatustilan välinen yhteys.

DCA-akseleiden näytealapeiteiden ja ympäristömuuttujien väliset korrelaatiot olivat tässä työssä kuitenkin selvästi heikommät kuin aiemmissa vastaavalla tavalla tehdyissä tutkimuksissa (esim. Mikkola & Sepponen 1986, Heikkilä 1987, Schneider & Westman 1987, Hotanen 1988). Mahdollisen trofia-akselin lyhyys (koalat pääosin ravinteisuusluokkia IV ja V) on todennäköisin syy tämän tutkimuksen pieniin korrelaatiokertoimen arvoihin.

322. Ympäristömuuttujat TWINSKAN-kasvillisuusryhmissä

Esianalysissä poistettu ryhmä 6 ja ryhmä 5 erosivat selvimmin muista kasvillisuusluokista (kuva 7 ja liitteet 2—4). Typpi-, fosfori-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet sekä tuhkan määrä ja turpeen pH olivat ryhmässä 6 hieman muita ryhmiä suuremmat. Ryhmässä 5 oli eniten jo turvekangasvaiheen saavuttaneita koaloja, mikä ilmeni myös turpeen viljavuustunnuksissa. Varsinkin turpeen tiheys ja ravinnemäärät olivat ryhmässä 5 jonkin verran esimerkiksi luokkien 1 ja 2 arvoja korkeammat. Ryhmissä 1—4 ei ollut merkitseviä eroja 0—5 tai 5—10 cm:n turvekerroksissa yhdenkään pääravinteiden pitoisuuksissa tai määrissä.

Eri maaperätunnusten keskimääräiset arvot vaihtelivat eri tavoin sekä TWINSKAN-luokituksen että turpeen syvyyskerrosten suhteen. Turpeen happamuus oli ryhmässä 6 hieman muita ryhmiä pienempi. Tiheys vaihteli ryhmien välillä varsinkin turpeen pinnassa. Alemmissa turvekerroksissa vain ryhmät 1 (alhaisin tiheys) ja 5 (korkein tiheys) erosivat jokseenkin selkeästi muista ryhmistä. Tuhkapitoisuuksissa ei ollut suuria eroja ryhmissä 1—5. Pääravinteista tyypeä oli eniten ryhmissä 5 ja 6, fosforia ryhmissä 3 ja 6. Tosin erot ryhmien välillä olivat kummallakin ravinteella vähäiset. Kaliumin, kalsiumin tai magnesiumin pitoisuudet ja määrät eivät juurikaan eronneet TWINSKAN-ryhmien välillä. Hivenravinteista sinkin ja etenkin mangaanin pitoisuudet ja määrät laskivat näyt-



Kuva 7. Ravinnemäärät 0—50 cm:n turvekerroksessa TWINSpan-kasvillisuusryhmissä (ks. taulukko 1). Ryhmässä 6 ovat alustavassa TWINSpan-analysissä (ks. kuva 3) poistetut koealat.
 Fig. 7. Amounts of nutrients in the 0—50 cm peat layer in the TWINSpan vegetation groups (see Table 1). The sample plots separated in preliminary TWINSpan classification are in group 6. See Fig. 3 for explanation.

teenottosyvyyden lisääntyessä. Hivenravinteiden määrä oli 0—20 cm:n turvekerroksessa suurin ryhmässä 5.

Viljavuustunnusten keskimääräiset arvot eri kasvillisuusryhmissä olivat yleensä samaa suuruusluokkaa kuin suotyypeiltään vastaaville luonnontilaisille soille tai ojitusalueille aiemmin esitetyt arvot (esim. Holmen 1964, Westman 1981, Kaunisto & Paavilainen 1988). Turpeen tiheysarvot olivat kuitenkin suuret Westmanin (1981) ojitattomilla nevarämeillä saamiin arvoihin verrattuna. Samoin kaliumpitoisuudet olivat eri kasvillisuusryhmissä selvästi Kauniston & Paavilai-

sen (1988) vanhoille ojitusalueille esittämiä arvoja suuremmat.

Turpeen happamuutta lukuunottamatta oli luokkien sisäinen eri viljavuustunnusten vaihtelu huomattavan suuri. Ilmaston vaikutusta maaperämuuttujien arvojen hajontaan tarkasteltiin poistamalla kasvillisuusryhmistä lämpösommahavaintojen perusteella tietyt koealat (esim. dd < 1000). Tämä ei kuitenkaan näyttänyt pienentävän ravinnearvojen hajontaa. Westmanin (1981) mukaan ulkoisten tekijöiden vaikutus viljavuustunnusten arvojen vaihtelussa onkin vähäistä verrattuna suotyypin sisällä esiintyvään ravinnearvojen

hajontaan.

Viljavuustunnusten arvojen suureen hajontaan eri kasvillisuusryhmissä on ulkoisten tekijöiden lisäksi saattanut vaikuttaa vesitaloudeltaan hyvinkin erilaisten koealojen joutuminen samaan ryhmään.

TWINSPAN-dendrogrammissa ei myöskään alemmilla jakotasoilla (ks. kuva 6) ollut selkeitä eroja pintaturpeen viljavuustunnuksissa. Esimerkiksi ensimmäisellä jakotasolla yhdenkään pääravinteiden pitoisuudessa, turpeen happamuudessa tai tuhkan määrässä ei ollut merkitseviä eroja 0—20 cm:n turvekerroksessa muodostettujen ryhmien välillä (liite 5). Ainoastaan turpeen tiheys sekä kaliumin ja kalsiumin volumetriset määrät erosivat merkitsevästi. Kasvillisuuden perusteella tehdyssä TWINSPAN-dendrogrammissa ei siten muodostunut eri jakotasoilla ravinteisuudeltaan selvästi eroavia ryhmiä.

Vähäiset erot kasvupaikkojen viljavuudessa saattavat osaksi selittää ravinne-erojen puuttumisen. Kuitenkin esimerkiksi Vahteran (1955) tutkimuksessa erot hyvyysluokan V isovarpurämeiden ja hyvyysluokan IV huonohkojen sararämeiden (vastaa ehkä selvimmin piensararämeitä tässä tutkimuksessa) välillä olivat varsinkin pH:n, typen ja fosforin osalta huomattavasti suurempia kuin alhaisimman ja korkeimman keskiarvon välinen ero ryhmissä 1—6. Myös Heikuraisen (1953), Westmanin (1981) sekä Schneiderin & Westmanin (1987) tutkimuksissa lähekkäisten suotyyppien tai kasviyhdyskuntien väliset ravinne-erot olivat selkeämpiä kuin tämän työn ravinnekeskiarvojen erot eri ryhmissä. Saadut tulokset eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia edellä mainituissa tutkimuksissa esitettyjen tulosten kanssa. Koealojen otanta perustui tässä tutkimuksessa systemaattiseen otantaan (kuva 1). Siten suotyyppien välimuotojen osuus koealoista saattoi edellä mainittuihin trofiatutkimuksiin verrattuna olla huomattava. Niissähän koealat tai koekentät on valittu kasvupaikkatyypeiltään selkeästi erotettavista kohteista. Myös erot koealojen vesitaloudessa ja ilmastoloissa olivat tässä työssä suuret aiempiin trofiatutkimuksiin verrattuna (esim. Heikurainen 1953, Westman 1981, Schneider & Westman 1987).

Lannoitetut koealat eivät selkeästi kasaantuneet yhteenkään TWINSPAN-ryhmään tai erottuneet omaksi ryhmäkseen DCA-ordinaatiossa. Koska tässä tutkimuksessa ei ollut tietoa eri lajien peittävydestä tai pintatur-

peen ravinteisuudesta ennen lannoitusta, on vaikea osoittaa lannoituksen vaikutusta pintakasvillisuuteen tai turpeen ravinteisuuteen. Viimeisen 10—15 vuoden aikana lannoitettuja koealoja oli kuitenkin vähän ($n = 11$), joten lannoituksella ei liene suurta vaikutusta tutkimustuloksiin.

33. TWINSPAN-luokittelu turpeen viljavuustunnusten perusteella

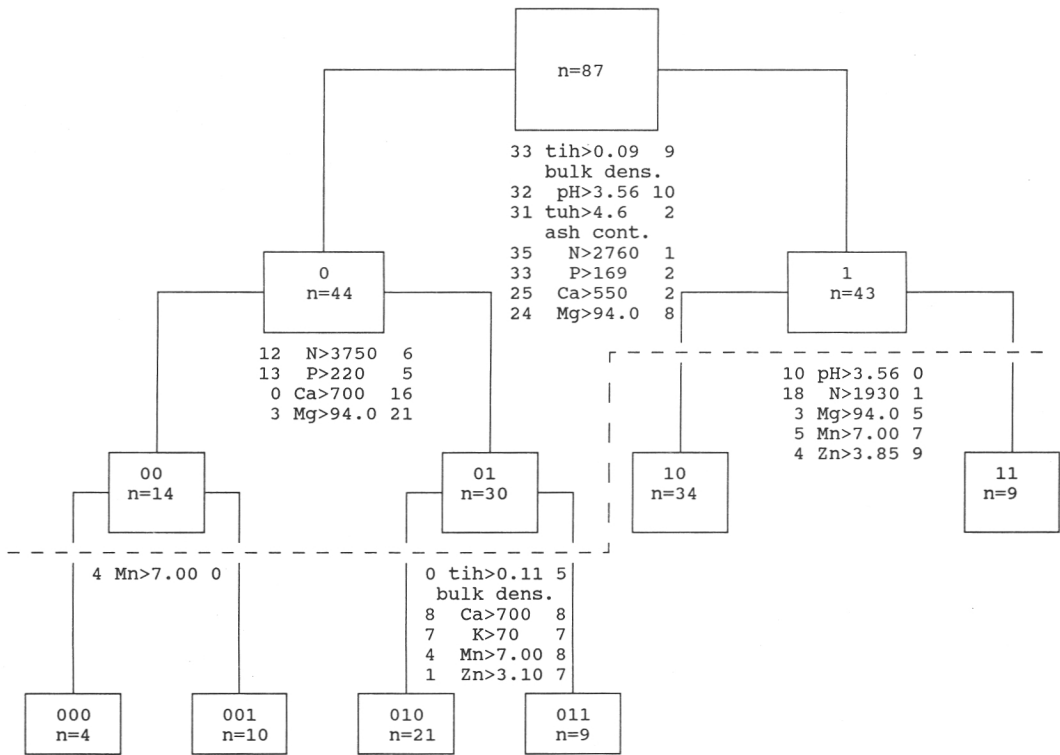
331. Maaperäryhmien muodostaminen

Aineiston pääjakoa indikoivat pH, tuhka, tyyppi, fosfori, kalsium, magnesium ja tiheys (kuva 8). Pääravinteiden pitoisuudet kaliumia ja magnesiumia lukuunottamatta sekä kaikkien pääravinteiden määrät olivat ryhmässä 0 merkitsevästi suurempia kuin ryhmässä 1 (liite 6). Myös turpeen keskimääräinen tiheys, pH ja tuhkan määrä olivat selkeässä yhteydessä luokitteluun ensimmäisellä jakotasolla. Pintaturpeen hivenravinnepitoisuudet olivat pääjaon kummallakin puolella samaa suuruusluokkaa lukuunottamatta sinkkiä, jota oli ryhmässä 1 merkitsevästi enemmän.

Toisella jakotasolla ryhmästä 0 erosivat koealat, joille oli ominaista korkea tyyppi- ja fosforipitoisuus sekä suuri tiheys, mutta alhaiset kalsium- ja magnesiumpitoisuudet sekä -määrät (ryhmä 00). Ryhmässä 01 kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet olivat huomattavan korkeita, mutta muiden viljavuustunnusten arvot aineiston keskitasoa. Kolmannella jakotasolla ryhmissä 010 ja 011 ainoastaan tiheys ja mangaanin sekä sinkin pitoisuudet erosivat merkitsevästi, joten ryhmä 01 katsottiin lopulliseksi TWINSPAN-maaperäryhmäksi.

Aineiston pääjaon karummalla puolella ryhmä 1 jakaantui pH:n, typen, magnesiumin, mangaanin ja sinkin indikoimina. Ryhmän 1 tarkastelu pysäytettiin kuitenkin jo ensimmäiselle jakotasolle, koska TWINSPAN-indikaattoreista ainoastaan magnesiumin, mangaanin ja sinkin pitoisuudet erosivat merkitsevästi ryhmissä 10 ja 11.

Lopullisissa TWINSPAN-maaperäryhmissä koealojen ravinteisuus kasvoi selkeästi ryhmien 1 ja 01 välillä. Turpeen tiheys, tuhkapitoisuus, pH ja pääravinteiden pitoisuudet sekä määrät kaliumia ja magnesiumia lu-



Kuva 8. Standardoituihin viljavuustunnusten arvoihin perustuva TWINSpan-luokittelun dendrogrammi. Haarautumiskohtiin on merkitty indikaattorimuuttujat (tiheys (g/cm³), pH(H₂O), tuhkaprosentti (% kuivapainosta) ja ravinnemäärät (kg/ha)) runsauskynnysarvoineen sekä muodostetuissa ryhmissä niiden koealojen lukumäärä, joissa kyseisen maaperämuuttujan arvo on suurempi kuin vastaava kynnysarvo. Katkoviiva rajaa tulkitut jakotasot.

Fig. 8. TWINSpan classification of the sample plots based on standardized soil data. Indicator parameters used at each level: bulk density (g/cm³), pH(H₂O), ash content (% of dry weight), amounts of nutrients (kg/ha), together with the number of observations fulfilling the respective criteria. The dashed line indicates the depicted division levels.

kuunottamatta olivat ryhmässä 01 merkitvästi suurempia kuin ryhmässä 1. TWINSpan-dendrogrammissa vasemmanpuoleisimmassa ryhmässä 00 turpeen tiheys, tuhkapitoisuus, typen ja fosforin pitoisuudet sekä määrät ja kaliumin määrä olivat suurempia kuin kahdessa muussa ryhmässä.

332. Koealojen kasvupaikkatyyppi TWINSpan-maaperäryhmissä

Suursaraiset ja mustikkaiset koealat kasaantuivat lähinnä maaperäryhmään 01 (taulukko 3). Myös isovarpu- ja tupasvillarämeillä yhteys maaperäryhmiin oli kohtalaisen selkeä: yli puolet koealoista oli karuimmassa maape-

räryhmässä 1, vain 10–15 % ryhmässä 00. Sen sijaan piensararämeet jakaantuivat tasaisesti kaikkiin maaperäryhmiin. Verrattaessa Huikarin (1952, 1974) luokitusta muihin soiden luokittelun alajärjestelmiin (ks. Reinikainen & Päivänen 1983, Eurola ym. 1984) havaitaan, että varsinkin PsR-ryhmä on heterogeeninen sisältäen suotyyppisarjan melkein ombrotrofisista minerotrofisiin tyypeihin. Ei siis ole yllättävää, ettei piensararämeillä ollut selkeää yhteyttä maaperäluokitteluun.

Westmanin (1987) tutkimuksessa yhteys vastaavalla tavalla tehdyn maaperäluokituksen ja suotyyppiluokituksen välillä oli selvin lyhytkorsirämeillä. Muiden suotyyppien sijoittuminen maaperäryhmiin ei kuitenkaan ollut yhtä onnistunut. Samoin kuin tässä työssä edellä mainitussa tutkimuksessa joillakin suotyypeillä (esim. pallosararäme) oli

Taulukko 3. Koalojen kasvupaikkatyyppi (Huikari ym. 1964) TWINSPAN-maaperäryhmissä. Luvut osoittavat koalojen lukumäärän vastaavissa ryhmissä. Sulkeissa ovat mahdolliset koaloilla esiintyneet kasvupaikkatyyppin lisämääreet.

Table 3. Comparison between TWINSPAN edaphic grouping of the sample plots and peatland site-type groups (Huikari et al. 1964). The values indicate the number of sample plots in the respective groups. Additional criteria for the site type classification (prefixing the site type name) are given in brackets.

Kasvupaikkatyyppi Peatland site type	TWINSPAN-maaperäryhmät TWINSPAN edaphic groups		
	00	01	1
Mtk		2	
SsRoj		1(Mol)	
SsR		2	1
Vtk	2	1	2
PsRmu	3 (1*Kn, 1*Ot)	6 (1*Kn, 1*Ram)	6 (2*Kn, 1*Ram)
PsRoj	3 (1*Mol, 1*Ot)	2 (1*Nn)	1
PsR		2 (1*Ot, 1*Ram)	
Ctk		1	3
IRmu	1	4 (2*Kn)	8 (1*Kn, 1*Ram)
IRoj	1	2 (1*Ram)	4 (1*Ram)
IR			2 (2*Ram)
TRmu	2	4 (1*Ot)	9 (1*Ot)
TRoj	1 (1*Ot)	3	5 (1*Nn)
TR	1 (1*Ot)		2 (2*Ram)

huomattavaa vaihtelua ravinteisuudessa, joten niitä oli kaikissa maaperäryhmissä. Westmanin (1987) tutkimuksessa suotyyppi kuvasi tosin koko koekentän eikä yksittäisen koalan viljavuutta. Täten koekentällä kasvillisuuden heterogeenisyys aiheutti sen, että kasvupaikkaluokittelu oli epätarkka.

34. Numeerisen kasvillisuusluokituksen ja numeerisen maaperäluokituksen tulosten vertaaminen

Suotyyppien viljavuuden ja ravinnearvojen perusteella ravinteisimman kasvillisuusryhmän 6 koalat sijoittuivat pääasiassa maaperäryhmiin 01 ja 00 (taulukko 4). Karuimpia kasvupaikkatyyppisiä sisältävien kasvillisuusryhmien 1 ja 2 koaloista vähän yli puolet oli maaperäryhmässä 1. Kasvillisuusryhmien 3 ja 4 koalat jakaantuivat melko tasaisesti TWINSPAN-maaperäluokituksessa ensimmäisellä jakotasolla erotettuihin ryhmiin. Myöskään kasvillisuusryhmässä 5 olleet koe-

Taulukko 4. Koalojen TWINSPAN-kasvillisuusluokituksen ja TWINSPAN-maaperäluokituksen väliset yhteydet. Luvut osoittavat koalojen lukumäärän vastaavissa ryhmissä.

Table 4. Comparison between TWINSPAN edaphic groups and TWINSPAN vegetation groups. The values indicate the number of plots in the respective groups.

TWINSPAN-kasvillisuusryhmät TWINSPAN vegetation groups	TWINSPAN-maaperäryhmät TWINSPAN edaphic groups		
	00	01	1
1	2	6	14
2	1	7	11
3	4	4	5
4	1	4	6
5	4	5	6
6	2	4	1

alat eivät kasautuneet erityisesti yhteenkään maaperäryhmään.

Luokittelutulosten vertaaminen osoittaa, että tässä aineistossa kasvillisuudeltaan rehevimmillä ja toisaalta karuimmilla koaloilla yhteys pintakasvillisuusluokittelujen (Huikarin luokittelu tai kasvillisuuden numeerinen luokittelu) ja maaperäluokittelun välillä oli selkein.

4. Päätelmät

DCA-ordinaatio ja TWINSPAN-luokittelumenetelmä näyttivät soveltuvan kasvillisuusaineiston ekologisten vaihteluuntien esittämiseen. Moniulotteinen vaihtelu aiheuttaa kuitenkin vääristymiä tulkittaessa kasvilajeja ja niiden peittävyksiä kahden akselin DCA-ordinaatiossa. Havainnollisen kaksiulotteisen ratkaisun käyttäminen edellyttääkin aineiston mielekästä osittamista. Osittamisen perusteena voidaan käyttää esimerkiksi koko koeala-aineistolle tehtyä TWINSPAN-luokittelua, koska TWINSPAN soveltuu hyvin kasvillisuudeltaan poikkeavien havaintojen identifioimiseen (mm. Gauch & Whittaker 1981).

Numeeristen kasvillisuusanalyysien ja maastossa tehdyn kasvupaikkaluokituksen yhteydet eivät olleet kovinkaan selkeät. Luokittelukriteerit toisaalta Huikarin (1952, 1974) luokittelujärjestelmää ja toisaalta monimuuttuja-analyysijä käytettäessä ovat kuitenkin niin erilaiset, ettei selkeitä yhteyksiä voitu odottaakaan. Myös Huikarin luokittelujärjestelmän sisällöllisistä ja käytännöllisistä puutteista (esim. Reinikainen 1984) aiheutuvat luokitteluvirheet saattavat olla syynä maastoluokituksen ja numeeristen analyysien heikkoon yhtenevyyteen. Edelleen syynä voivat olla kuivatussuknessiossaan erilaisten soiden tutkiminen samassa analyysissä (vrt.

Hotanen 1988) tai koealojen laajasta maantieteellisestä jakautumisesta johtuvat erot kasvilajien levinneisyydessä.

Yhteys ravinnetunnusten ja numeeristen kasvillisuusanalyysien välillä oli jokseenkin selkeä ainoastaan kasvillisuudeltaan rehevimmillä koealoilla. Todennäköisin syy kasvivyhdyskuntien ja ravinnetunnusten heikkoon riippuvuuteen olivat vähäiset erot koealojen trofiassa. Ravinnetunnusten ja kuivatustilan väliset riippuvuudet saattavatkin tässä aineistossa olla merkittävämpiä kuin kasvupaikkojen viljavuuden ja ravinnetunnusten väliset yhteydet. Tämä luonnollisesti vaikeuttaa kasvupaikkojen viljavuussarjan ja ravinnetunnusten riippuvuuden analyysiä.

Koealojen ryhmittäminen standardoidulla viljavuustunnusaineistolla antoi odotetusti tarkan kuvan koealojen ravinteisuudesta. Maaperämuuttujiin perustuvaan luokitteluun verrattuna Huikarin kasvupaikkaluokitus näyttää olevan suhteellisen tarkka luokiteltaessa tässä aineistossa karuimpia (TR, IR) ja rehevimpia (SsR) kasvupaikkoja. Piensararämeet ovat Huikarin kasvupaikkaluokituksessa ilmeisesti siinä määrin heterogeeninen kasvupaikka sekä kasvillisuudeltaan, turpeen paksuuden että reuna-keskusta -vaikutuksen suhteen, että ravinteisuuden vaihtelu ryhmän sisällä on suuri.

Kirjallisuus — References

- Ahti, T. 1981. Jäkälien määräysopas. Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 72. 71 s.
- Cajander, A. K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta Forestalia Fennica 2(3). 208 s. (Myös Fennia 35(5): 1—208).
- Eurola, S., Hicks, S. & Kaakinen, E. 1984. Key to Finnish mire types. Teoksessa: Moore, P. D. (toim.). European mires. Academic Press. London. s. 11—117.
- & Kaakinen, E. 1977. Näkökohtia suotyypijärjestelmästäme. Summary: The Finnish mire classification. Suo 28: 25—32.
- & Kaakinen, E. 1978. Suotyypipiopas. WSOY. 87 s.
- Gauch, H. G. 1973. The relationship between sample similarity and ecological distance. Ecology 54: 618—622.
- 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press. 298 s.
- & Whittaker, R. H. 1981. Hierarchical classification of community data. Journal of Ecology 69: 537—557.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36. 23 s.
- Havas, P. 1963. Suovesien elektrolyyttien määrästä johdokyvyn mittausten perusteella. Summary: On the amount of electrolytes in bog water based on measurements of electrical conductivity. Aquilo Ser. Botanica 1: 1—11.
- Heikkilä, H. 1987. The vegetation and ecology of mesotrophic and eutrophic fens in western Finland.

- Annales Botanici Fennici 24: 155—175.
- Heikurainen, L. 1953. Die kiefernbewachsenen eutrophen Moore Nord-Finnlands. Eine Moortypenstudie aus dem Gebiet des Kivalo Höhenzuges. *Annales Botanici Societatis Vanamo* 26(2). 189 s.
- 1979. Peatland classification in Finland and its utilization for forestry. Teoksessa: Kivinen, E., Heikurainen, L. & Pakarinen, P. (toim.). Classification of peat and peatlands. International Peat Society. s. 135—146.
- 1986. Suo-opas. 4. uudistettu painos. Kirjayhtymä. Helsinki. 51 s.
- & Pakarinen, P. 1982. Mire vegetation and site types. Teoksessa: Laine, J. (toim.). Peatlands and their utilization in Finland. Finnish Peatland Society. s. 14—23.
- Hill, M. O. 1979. TWINSPAN — a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University. Ithaca, New York. 48 s.
- & Gauch, H. G. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47—58.
- Holmen, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Uppland, Sweden. Parts I-III. *Studia Forestalia Suecica* 16. 236 s.
- Hotanen, J-P. 1988. Tutkimuksia Ylä-Karjalan metsä- ja suotyyppien luokittelusta. Lisensiaattitutkielma. Joensuun yliopisto, biologian laitos. 191 s.
- Huikari, O. 1952. Suotyypin määrittäminen maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmällä pitäen. Summary: On the determination of mire types, especially considering their drainage value for agriculture and forestry. *Silva Fennica* 75. 22 s.
- 1974. Site quality estimation on forest land. Teoksessa: Heikurainen, L. (toim.). Proc. Int. Symp. Forest Drainage, Jyväskylä-Oulu, Finland, 2—6 September. 1974. s. 15—24.
- , Muotiala, S. & Wäre, M. 1964. Ojitusopas. Toinen painos. Helsinki. 244 s.
- Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T., Uotila, P. & Vuokko, S. (toim.). 1986. Retkeilykasvio. 3. uudistettu painos. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki. 598 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 145. 39 s.
- Kivinen, E. 1933. Suokasvien ja niiden kasvualustan kasvinravintoainesuhteista. Referat: Untersuchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. *Acta Agralia Fennica* 27. 140 s.
- Koponen, T., Isoviita, P. & Lammes, T. 1977. The bryophytes of Finland: An annotated checklist. *Flora Fennica* 6: 1—77.
- Kuusipalo, J. 1985. An ecological study of upland forest site classification in southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 192. 78 s.
- & Vuorinen, J. 1981. Pintakasvillisuuden sukkessiosita vanhalla ojitusalueella Itä-Suomessa. Summary: Vegetation succession on an old, drained peatland area in eastern Finland. *Suo* 32: 61—66.
- Laine, J. 1989. Metsäojitettujen soiden luokittelu. *Suo* 40(1): 37—51.
- Lukkala, O. & Kotilainen, M. 1951. Soiden ojituskelppoisuus. Helsinki. 56 s.
- Mannerkoski, H. 1979. Comparison of methods in classification of vegetation on a drained peatland area. Teoksessa: Kivinen, E., Heikurainen, L. & Pakarinen, P. (toim.). Classification of peat and peatlands. International Peat Society. s. 109—120.
- Mikkola, K. & Jukola-Sulonen, E-L. 1984. Yhteisöekologisten aineistojen käsittely ja analysointi VAX-tietokoneella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 168. 36 s.
- & Sepponen, P. 1986. Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturi-koivikossa. Summary: Relationship between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö. *Folia Forestalia* 674. 30 s.
- Pakarinen, P. 1976. Agglomerative clustering and factor analysis of south Finnish mire types. *Annales Botanici Fennici* 13: 35—41.
- 1979. Ecological indicators and species groups of bryophytes in boreal peatlands. Teoksessa: Kivinen, E., Heikurainen, L. & Pakarinen, P. (toim.). Classification of peat and peatlands. International Peat Society. s. 121—134.
- 1982. Etelä-Suomen suo- ja metsätyyppien numeerisesta luokittelusta. Summary: Numerical classification of south Finnish mire and forest types. *Suo* 33: 97—103.
- 1985. Numerical approaches to the classification of north Finnish mire vegetation. *Aquilo Ser. Botanica* 21: 111—116.
- & Ruuhijärvi, R. 1978. Ordination of northern Finnish peatland vegetation with factor analysis and reciprocal averaging. *Annales Botanici Fennici* 15: 147—157.
- Puustjärvi, V. 1968. Suotyypin muodostumiseen vaikuttavista tekijöistä. Summary: Factors determining bog type. *Suo* 19: 43—50.
- Päivänen, J. 1988. Suomensätieteellinen tutkimus ja sen suuntaaminen. *Suo* 38: 111—114.
- Reinikainen, A. 1983. Problems concerning the classification of drained peatlands in Finland. Proc. Int. Symp. on Forest Drainage, Tallin, USSR, 19—23 Sept. 1983. International Peat Society. s. 203—215.
- 1984. Soiden ja metsäojitettujen turvemaiden luokittelun perusteet ja nykyongelmat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 148: 65—78.
- 1988. Metsäojitettujen soiden kasvupaikkaluokituksen suunnanhaku. Summary: The need of improving the site classification of mires drained for forestry. *Suo* 39(3): 61—71.
- & Päivänen, J. 1983. Turvemaiden luokittelu. Moniste. Helsingin yliopisto, metsänparannuksen kenttäkurssi. 13 s.
- , Lindholm, T. & Vasander, H. 1984. Ecological variation of mire site types in the small kettle-hole mire, Heinisuo, Southern Finland. *Annales Botanici Fennici* 21: 79—101.
- & Hotanen, J-P. 1988. Soiden luokitus metsänkasvatusta varten. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 5—28.
- Ruuhijärvi, R. 1983. The Finnish mire types and their distribution. Teoksessa: Gore, A. J. P. (toim.). Ecosystems of the world. 4 B. Mires: swamp, bog, fen and moor. Regional studies. Elsevier. Amsterdam. s. 47—67.
- Sarasto, J. 1957. Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen eteläpuoliskossa. Referat: Über Struktur und Entwicklung der Bodenvegetation auf für Walderziehung entwässerten Mooren in der südlichen Hälfte Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 65(7). 108 s.
- 1961a. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. *Acta Forestalia Fen-*

- nica 74(5). 47 s.
- 1961b. Ojitettujen soiden luokittelusta. *Suo* 5: 75—77.
- Schneider, H. & Westman, C. J. 1987. Relation of peat nutrients to ground vegetation communities on sedge pine fens. *Suo* 38: 29—36.
- Starr, M. R. 1984. Nonmetric multidimensional scaling of a peatland vegetation data set. *Seloste: Erään monimuuttujamenetelmän käyttämisestä suotyypien välisten suhteiden tutkimisessa. Suo* 35: 57—61.
- Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO — a FORTRAN program for canonical community ordination by partial detrended canonical correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis. TNO Institute of Applied Computer Science. Wageningen. The Netherlands. 95 s.
- Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Referat: Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45(4). 108 s.
- Vasander, H. 1987. Diversity of understorey biomass in virgin and in drained and fertilized southern boreal mires in eastern Fennoscandia. *Annales Botanici Fennici* 24: 137—153.
- , Lindholm, T. & Kaipainen, H. 1988. Vegetation patterns on a drained and fertilized raised bog in southern Finland. *Proc. the 8th Int. Peat Congress, Leningrad, USSR, 14—21 August 1988. 1*: 177—184.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.
- 1987. Site classification in estimation of fertilization effects on drained mires. *Acta Forestalia Fennica* 198. 55 s.
- Yli-Kojola, H. 1988. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin pysyvien koealojen verkko. Teoksessa: Tutkimus metsävarojen kehittäjänä. *Metsäntutkimuslaitoksen 70-vuotisjuhlaletkeily 14.—15. kesäkuuta 1988. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki. s. 17.*

Total of 59 references

Summary

Classification of oligotrophic pine mires on the basis of ground vegetation and fertility parameters

Introduction

Finnish mire type classification (Cajander 1913) is based on the so-called site type principle: all sites having a more or less similar ground vegetation are also similar ecologically (e.g. Eurola et al. 1984). The term "trophy" has traditionally been used to describe the fertility of the soil as reflected by the ground vegetation. Numerous studies have been carried out on the relationships between the trophic series of mire types and the nutrient content of the surface peat or mire water (e.g. Kivinen 1933, Vahtera 1955, Havas 1963, Holmen 1964, Puustjärvi 1968, Heikurainen 1979). However, there have only been a few detailed studies on the chemical variation in the peat of adjacent mire sites of limited ecological and plant sociological range (e.g. Heikurainen 1953, Westman 1981, Reinikainen et al. 1984, Schneider & Westman 1987).

The possibilities of carrying out theoretical and practical studies on forest and mire site types have been considerably improved by the application of multivariate methods of community ecology.

The aim of this study is (1) to study the relationship between the fertility parameters of the surface peat of

virgin and drained oligotrophic pine mires and their vegetation, and (2) to compare the classification based on soil parameters with that made on the basis of the vegetation.

Material and methods

A total of 87 sample plots were selected from the 8th National Forest Inventory network on the basis of peatland site type, peat thickness, stand development and drainage status (Fig. 1). The location of the plots is shown in Fig. 2.

The site type classification was carried out using the so-called Huikari method (Huikari 1952, Huikari et al. 1964). In addition, the vegetation on the plots was surveyed, and volumetric peat samples taken for the determination of pH, bulk density, ash content, and the concentrations of macro and micronutrients.

The vegetation material was analysed using DCA ordination (Hill & Gauch 1980) and TWINSpan classification (Hill 1979). The relationships between the

fertility parameters and the output of the vegetation analyses were also investigated.

The sample plot material was also classified by TWINSpan analysis using soil data in order to obtain objective edaphic groups. Division of the plots into edaphic groups was compared to classification into Huikari site types and TWINSpan vegetation groups.

Results and discussion

The lack of common species in multivariate analysis results in disparities between the measured numerical distance and the real ecological distance (Gauch 1973). Seven sample plots with species that were relatively uncommon in the vegetation material were therefore removed in the preliminary TWINSpan analysis (Fig. 3, Appendix 1).

The first axis in the sample plot ordination (Fig. 4) and plant species ordination (Fig. 5) were interpreted as a trophic and drainage succession gradient on the basis of prior knowledge of the ecology of different species and mire sites. The plots and species on the second axis occurred irregularly, and hence no clear environmental gradient could be identified.

Five vegetation groups were formed in TWINSpan classification (Fig. 6). The mire site type classification of the plots and the TWINSpan vegetation groups did not correspond very well with each other (Table 1). However, the plots appeared to form a continuation gradient.

According to the correlations (Table 2) between the fertility parameters and the point scores of the plots in DCA ordination, the first axis was interpreted primarily as a drainage succession gradient. No groups with

clearly different fertility levels were formed in the TWINSpan dendrogramme (Fig. 7, App. 2—5). The different climatic conditions of the plots were not the most likely reason for the high variation in nutrient values in the vegetation groups.

The TWINSpan analysis done on the basis of the fertility parameters of the peat (Fig. 8) naturally very accurately depicted the fertility of the plots (Appendix 6). Agreement between this analysis and the vegetation classifications (Tables 3 and 4) was best in the case of the most ombrotrophic and the most mesotrophic sites.

Conclusions

The DCA ordination and TWINSpan classification method appeared to be suitable for analysing the variation in mire vegetation. Ordination of a multidimensional vegetation material presupposes, however, the removal of plots with uncommon plant species.

There were no clear connections between the fertility parameters of the peat and numerical analysis of the vegetation material (TWINSpan and DCA). This is most probably due to the small differences between the trophy of the plots.

TWINSpan classification based on soil properties is well suited for the fertility classification of sample plots. Compared to this classification, the Huikari site type classification fairly accurately depicted the fertility of the most ombrotrophic (cottongrass and dwarf-shrub pine bogs) and the most mesotrophic sites (tall-sedge pine mires). In contrast, there was high variation in the fertility parameters on the poor minerotrophic sites (low-sedge pine mires).

Liite 2. Turpeen tiheys (g/cm³), pH(H₂O) ja tuhka (% kuivapainosta) keskipoitkeamineen TWINSPAN-kasvillisuusryhmissä (ryhmä 6, ks. kuva 3) 0–50 cm:n turvekerroksessa. Varianssianalyysin testisuureen (F) arvot muutujille.

Appendix 2. Average bulk density (g/cm³), pH(H₂O) and ash content (% of dry weight) and standard deviations in the 0–50 cm peat layer in the TWINSPAN vegetation groups (group 6, see Fig. 3). F-values for the analysis of variance are also given.

		TWINSPAN-kasvillisuusryhmät TWINSPAN vegetation groups						
Kerros layer		1.	2.	3.	4.	5.	6.	F
tiheys bulk density	0–5 cm	0.068±0.015	0.053±0.012	0.061±0.016	0.072±0.016	0.080±0.016	0.058±0.021	6.43***
	5–10 cm	0.085±0.028	0.076±0.021	0.091±0.029	0.091±0.017	0.111±0.035	0.091±0.031	3.05*
	10–20 cm	0.092±0.033	0.106±0.027	0.120±0.031	0.112±0.033	0.141±0.033	0.111±0.028	4.80***
	20–50 cm	0.091±0.024	0.129±0.030	0.135±0.026	0.134±0.023	0.151±0.022	0.131±0.033	10.69***
pH	0–5 cm	3.49±0.22	3.52±0.23	3.52±0.26	3.45±0.11	3.53±0.24	3.81±0.26	2.64*
	5–10 cm	3.41±0.29	3.56±0.32	3.54±0.24	3.36±0.21	3.44±0.18	3.93±0.22	5.46***
	10–20 cm	3.51±0.38	3.74±0.34	3.79±0.31	3.51±0.28	3.58±0.24	4.05±0.14	4.51**
	20–50 cm	3.59±0.44	3.92±0.34	3.90±0.18	3.75±0.31	3.83±0.36	4.17±0.18	3.54**
tuhka ash content	0–5 cm	5.14±3.68	3.83±1.49	4.39±2.02	4.57±4.00	4.96±3.53	6.98±2.19	1.25
	5–10 cm	4.08±2.40	5.18±3.67	4.93±1.54	4.30±1.35	4.68±2.14	7.78±2.55	2.46*
	10–20 cm	3.08±1.57	4.57±2.87	4.87±1.72	3.99±1.34	4.61±2.40	5.36±1.07	2.28
	20–50 cm	2.34±1.20	3.45±1.80	3.88±1.09	2.83±0.97	3.63±1.60	4.08±1.03	3.00*

Liite 3. Turpeen pääravinnepitoisuudet keskipoikkeamieen TWINSPAN-kasvillisuusryhmissä (ryhmä 6, ks. kuva 3) 0—50 cm:n turvetterroksessa. Varianssianalyysin testisuureen (F) arvot muutujille.
 Appendix 3. Macronutrient concentrations and standard deviations in the 0—50 cm peat layer in the TWINSPAN vegetation groups (group 6, see Fig. 3). F-values for the analysis of variance are also given.

		TWINSPAN-kasvillisuusryhmät TWINSPAN vegetation groups						F
kerros layer		1.	2.	3.	4.	5.	6.	
N %	0-5 cm	1.09±0.26	0.94±0.27	1.00±0.20	1.13±0.08	1.39±0.32	1.26±0.33	6.14***
	5-10 cm	1.12±0.47	1.17±0.42	1.29±0.38	1.13±0.22	1.41±0.38	1.65±0.33	2.80*
	10-20 cm	1.21±0.58	1.54±0.46	1.66±0.35	1.22±0.33	1.54±0.38	1.94±0.27	4.31**
	20-50 cm	1.17±0.50	1.58±0.45	1.57±0.24	1.20±0.25	1.48±0.42	1.85±0.32	4.16**
P mg/g	0-5 cm	0.89±0.22	0.77±0.34	0.81±0.19	0.76±0.13	0.88±0.22	1.09±0.42	1.98
	5-10 cm	0.73±0.28	0.86±0.31	1.02±0.30	0.74±0.22	0.91±0.33	1.17±0.26	3.50**
	10-20 cm	0.63±0.30	0.89±0.29	1.13±0.25	0.68±0.20	0.85±0.46	1.13±0.25	6.02***
	20-50 cm	0.48±0.24	0.77±0.36	0.94±0.28	0.44±0.11	0.56±0.27	0.97±0.27	7.57***
K mg/g	0-5 cm	0.79±0.44	0.82±0.20	0.82±0.12	0.69±0.17	0.65±0.14	0.73±0.28	1.00
	5-10 cm	0.43±0.31	0.47±0.11	0.57±0.09	0.45±0.09	0.41±0.12	0.49±0.19	1.27
	10-20 cm	0.19±0.13	0.22±0.08	0.28±0.10	0.29±0.15	0.23±0.09	0.22±0.10	1.79
	20-50 cm	0.08±0.03	0.09±0.04	0.10±0.03	0.09±0.03	0.09±0.02	0.07±0.04	0.82
Ca mg/g	0-5 cm	2.93±1.56	2.68±1.38	2.90±1.80	3.31±0.95	3.48±1.01	4.52±1.11	2.20
	5-10 cm	2.78±1.72	2.64±1.18	2.88±2.11	3.51±2.13	2.70±1.10	3.65±1.24	0.78
	10-20 cm	2.53±1.61	2.28±1.08	2.69±2.36	3.58±3.15	2.38±1.55	3.25±1.55	0.88
	20-50 cm	2.48±1.74	2.49±1.20	1.99±0.79	4.53±3.79	3.37±3.08	2.71±0.71	1.75
Mg mg/g	0-5 cm	0.59±0.13	0.69±0.25	0.59±0.16	0.58±0.13	0.58±0.14	0.88±0.53	2.59*
	5-10 cm	0.55±0.17	0.63±0.26	0.51±0.18	0.60±0.26	0.49±0.14	0.72±0.48	1.39
	10-20 cm	0.51±0.22	0.49±0.24	0.39±0.18	0.60±0.36	0.38±0.18	0.51±0.20	1.66
	20-50 cm	0.49±0.28	0.48±0.29	0.34±0.19	0.67±0.39	0.47±0.37	0.45±0.12	1.20

Lite 4. Turpeen hivenäinepitoisuudet (mg/g) keskipoikkeamiseen TWINSPAN-kasvillisuusryhmissä (ryhmä 6, ks. kuva 3) 0–50 cm:n turvekerroksessa. Varianssianalyysin testisuureen (F) arvot muutettujille.

Appendix 4. Micronutrient concentrations (mg/g) and standard deviations in the 0–50 cm peat layer in the TWINSPAN vegetation groups (group 6, see Fig 3).

F-values for the analysis of variance are also given.

kerros layer	TWINSPAN-kasvillisuusryhmät TWINSPAN vegetation groups						F
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Mn							
0–5 cm	0.08±0.06	0.11±0.07	0.11±0.09	0.10±0.09	0.16±0.13	0.09±0.06	1.44
5–10 cm	0.03±0.03	0.04±0.03	0.03±0.03	0.04±0.06	0.04±0.02	0.04±0.04	0.22
10–20 cm	0.02±0.02	0.02±0.02	0.02±0.01	0.03±0.04	0.01±0.01	0.03±0.04	1.08
20–50 cm	0.02±0.04	0.03±0.03	0.02±0.03	0.02±0.01	0.03±0.05	0.07±0.10	1.75
Cu							
0–5 cm	0.006±0.008	0.006±0.005	0.006±0.003	0.008±0.005	0.012±0.012	0.006±0.004	1.71
5–10 cm	0.003±0.001	0.004±0.002	0.005±0.002	0.007±0.007	0.006±0.003	0.004±0.002	3.42**
10–20 cm	0.003±0.001	0.004±0.003	0.007±0.004	0.006±0.002	0.005±0.002	0.005±0.002	5.01***
20–50 cm	0.003±0.002	0.006±0.006	0.011±0.007	0.006±0.005	0.006±0.003	0.007±0.004	4.28**
Zn							
0–5 cm	0.039±0.018	0.032±0.011	0.037±0.009	0.047±0.024	0.041±0.013	0.023±0.008	3.02*
5–10 cm	0.021±0.013	0.018±0.009	0.021±0.009	0.030±0.020	0.019±0.011	0.012±0.006	2.15
10–20 cm	0.012±0.009	0.008±0.004	0.008±0.004	0.019±0.019	0.007±0.004	0.006±0.003	3.44**
20–50 cm	0.005±0.003	0.003±0.002	0.004±0.002	0.005±0.004	0.002±0.002	0.002±0.001	3.07*

Liite 5. Koealojen lukumäärä, turpeen tiheys (g/cm³), pH(H₂O), tuhka (% kuivapainosta) sekä pääravinteiden pitoisuudet (mg/g) ja kokonaismäärät (kg/ha) keskipoikkeamien 0–20 cm:n turvekerroksessa TWINSPAN-dendrogrammissa ensimmäisellä jakotasolla erotetuissa ryhmissä (ks. kuva 6). Varianssianalyysin testisuureen (F) arvot muuttujille.

Appendix 5. Number of plots, bulk density (g/cm³), pH(H₂O), ash content (% of dry weight), nutrient concentrations (mg/g), amounts of nutrients (kg/ha) and standard deviations in the 0–20 cm peat layer of the first division level of the TWINSPAN dendrogramme (for explanation see Fig. 6). The values for the analysis of variance are also given.

TWINSPAN-ryhmä/group n =	'vasen' 'left' 54	'oikea' 'right' 26	
tiheys/ bulk density	0.08 ±0.02	0.11 ±0.02	F = 15.11***
pH	3.55 ±0.27	3.49 ±0.19	F = 1.21
tuhka/ ash content	4.41 ±2.18	4.57 ±1.87	F = 0.10
N %	1.21 ±0.37	1.34 ±0.31	F = 2.22
N kg/ha	2477 ±1394	3107 ±1245	F = 3.84
P mg/g	0.84 ±0.26	0.82 ±0.27	F = 0.09
P kg/ha	159 ±87	179 ±78	F = 1.01
K mg/g	0.50 ±0.20	0.45 ±0.10	F = 1.69
K kg/ha	66 ±25	78 ±18	F = 4.22*
Ca mg/g	2.69 ±1.54	3.09 ±1.50	F = 1.20
Ca kg/ha	453 ±303	669 ±474	F = 6.09*
Mg mg/g	0.56 ±0.20	0.52 ±0.19	F = 0.52
Mg kg/ha	88 ±36	106 ±46	F = 3.38

Liite 6. TWINSPAN-dendrogrammissa ensimmäisellä jakotasolla ja lopullisessa luokittelutuloksessa erotettujen maaperäryhmien keskimääräiset ravinnepitoisuudet, ravinnemäärät, turpeen tiheydet (g/cm^3), $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -arvot ja tuhkaprosentit (% kuivapainosta) keskipoikkeamineen 0–20 cm:n turvekerroksessa. Varianssianalyysin testisuureen (F) arvot muuttujille ryhmissä 0 ja 1 sekä 00, 01 ja 1. Yhtäläisyysmerkillä (=) merkityt ryhmät lukuunottamatta muuttujat eroavat vähintään 5 % riskillä.

Appendix 6. The mean nutrient concentrations, amounts of nutrients, bulk density (g/cm^3), $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, ash content (of dry weight) and standard deviations in the 0–20 cm peat layer of the TWINSPAN analysis made on the basis of standardized soil data. The F values for the analysis of variance are given for the first division level (between groups 0 and 1) and the final edaphic groups (00, 01 and 1). If the analysis of variance indicates no significant differences between the groups at the 5 % significance level for nutrients, an equal (=) sign is also given.

	00	0	01	1	F
				—"	
tiheys		0.105±0.024		0.075±0.015	44.83***
bulk density	0.121±0.021		0.097±0.022	—"	34.13***
pH	3.64±0.27 =	3.71±0.25	3.74±0.24 =	3.41±0.19	38.47***
				—"	20.53***
tuhka	6.53±1.74 =	5.96±2.03	5.69±2.13 =	3.31±1.13	56.21***
ash content				—"	29.86***
N %	1.74±0.30	1.52±0.29	1.42±0.22	1.03±0.23	76.71***
				—"	53.48***
N kg/ha	4714±1182	3700±1176	3227±834	1751±660	90.27***
				—"	76.86***
P mg/g	1.26±0.25	1.00±0.29	0.88±0.22	0.70±0.15	36.98***
				—"	44.77***
P kg/ha	313±61	225±80	184±49	112±39	69.82***
				—"	100.07***
K mg/g	0.49±0.12 =	0.46±0.13 =	0.45±0.14 =	0.51±0.21 =	1.43
				—"	0.97
K kg/ha	91±15	75±19	68±16 =	63±26	5.85*
				—"	8.96***
Ca mg/g	2.04±0.74 =	3.38±1.88	4.01±1.93	2.40±0.79	9.85**
				—"	17.11***
Ca kg/ha	443±108 =	708±445	831±489	356±137	24.47***
				—"	21.93***
	00	0	01	1	F
				—"	
Mg mg/g	0.39±0.11	0.57±0.27 =	0.66±0.28 =	0.55±0.14 =	0.30
				—"	9.32***
Mg kg/ha	84±28 =	110±45	122±47	79±24	15.67***
				—"	14.84***
Mn mg/g	0.040±0.025=	0.055±0.042=	0.062±0.046=	0.052±0.035=	0.13
				—"	1.57
Mn kg/ha	7.11±4.24 =	8.24±6.59 =	8.76±7.45 =	5.91±4.30 =	3.78
				—"	2.30
Cu mg/g	0.007±0.005=	0.006±0.003=	0.005±0.002=	0.005±0.004=	0.87
				—"	1.21
Cu kg/ha	1.53±0.83 =	1.27±0.69	1.15±0.58 =	0.74±0.52	16.59***
				—"	10.54***
Zn mg/g	0.014±0.007=	0.017±0.007	0.018±0.006=	0.028±0.012	28.65***
				—"	15.46***
Zn kg/ha	2.27±1.32 =	2.53±1.14	2.65±1.05 =	3.50±1.72	9.63**
				—"	5.12**

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

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

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

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

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

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

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

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

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



- No 743 Sirén, Matti: Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa.
Small multi-function machines in early thinning operations.
- No 744 Ferm, Ari: Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla.
Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland.
- No 745 Rikala, Risto & Huurinainen, Seppo: Lannoituksen vaikutus kaksivuotisten männyn paakkutaimien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen.
Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of two-year-old containerized Scots pine seedlings.
- No 746 Lämsä, Pertti, Kellomäki, Seppo & Väisänen, Hannu: Nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta.
Branchiness of young Scots pines as related to stand structure and site fertility.
- No 747 Karppinen, Heimo & Hänninen, Harri: Yksityistilojen hakkuumahdollisuuksien käyttö Etelä-Suomessa.
Actual and allowable cut in nonindustrial private woodlots in southern Finland.
- No 748 Aarnio, Jukka: Voimaperäistämisen vaikutus metsälön puuntuotannon yksityistaloudelliseen kannattavuuteen.
Intensive timber growing and profitability in private forestry.
- No 749 Nieminen, Mika & Pätilä, Antti: Karujen rämeiden luokittelu pintakasvillisuuden ja ravinnetunnusten avulla.
Classification of oligotrophic pine mires on the basis of ground vegetation and fertility parameters.
- No 750 Ihalainen, Ritva: Rakennemuutokset yksityismetsänomistuksessa: Katsaus Suomessa vuosina 1960—89 tehtyihin tutkimuksiin.
Structural changes in Finnish nonindustrial private forest ownership: A survey of the literature 1960—89
- No 751 Kilkki, Pekka & Kujala, Matti: Poistuman arviointi kahden peräkkäisen tilapäiskoealoihin perustuvan inventoinnin avulla.
Estimation of drain on the basis of two successive forest inventories with temporary sample plots.
- No 752 Salminen, Hannu & Varmola, Martti: Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen.
Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning.
- No 753 Saksa, Timo, Nerg, Jukka & Tuovinen, Jussi: Havupuutaimikoiden tila 3—8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa.
State of 3—8 years old Scots pine and Norway spruce plantations.