

Vol. 25

1974, No 3–4

16. 12. 1974

# S U O

Julkaisija – Publisher:

SUOSEURA – FINNISH PEATLAND SOCIETY

Toimituskunta – Editorial board:

Kalevi Raitasuo (puh. joht. – chairman), Erkki Ahti,  
Hannu Mannerkoski, Eino Lappalainen,  
Karl-Johan Ahlsved (päätoimittaja – editor)Toimitus – Office:  
Unionink. 40 B  
00170 Helsinki  
FinlandTilauhinta 15 mk  
Subscription price  
15 Finnish marks

Kirjoituksia lainattaessa pyydetään mainitsemaan lehden nimi

Kimmo Tolonen

Suo 25, 1974 (3–4) : 41–51

## SUOMEN KEIDASSUOVESIEN RAVINTEISTA

### ON THE NUTRIENT CONTENT OF SURFACE WATER IN OMBROTROPHIC MIRE COMPLEXES IN FINLAND

#### JOHDANTO

Jo viime vuosisadalta oli Pohjois-Euroopassa tullut yleiseen käyttöön soiden jako kasvillisuuden perusteella kahteen päätyyppiin: rahkasuot (ruots. *mosse*) ja mutasuot (ruots. *kärr*). Toisaalta soita luokiteltiin niiden morfologian mukaan erotellen esim. kohosuot, peittosuot, soligeeniset ja topogeeniset suot jne.

1940-luvun alussa otettiin käyttöön käsite ”Mineralbodenwasserzeigergrenze” (mineraaliveden osoittajaraja) ruotsalaisen Sven Thunmarin mikrokasvisto- ja eläimistötutkimuksien yhteydessä, vaikkakin monet suontutkijat jo aikaisemmin olivat sen enemmän tai vähemmän selvästi tiedostaneet.

Kullakin ilmastollisella alueella on omat ombrotrofisen eli sadevesisuon (meillä: koho- eli keidassuon) kasvilajinsa (ks. Aletsee 1967). Putkilokasvien ja sammalten osalta niitä on Suomessa noin 20 lajia.

Esitelmä Suoseurassa 29. 1. 1974.

Paper read at the meeting of the Finnish Peatland society on January 29, 1974.

Kirjoittajan osoite – Author's address: Yliopiston Kasvitieteen laitos, Ekologian laboratorio, Töölönkatu 12 A, 00100 Helsinki 10.

Tämä lajilista on voitu laatia luotettavaksi siten että on luetteloitu ne kasvit jotka voivat kasvaa sadeveden (=ombrogeenisen veden) varassa kasvavassa keidassuon keskustassa, joka usein on samalla kohosuo, ja johon mineraaliin vesi ei voi päästä.

Ombrotrofisen eli sadevesisuon rajankäynti minerotrofista suota vastaan joudutaan siis tekemään sadevesisuolla vieraan lajiston puuttumisen nojalla. Tällaisia äärimmäisen karun minerogeenisen veden osoittajia meillä ovat esim. rahkasara (*Carex pauciflora*), pullosara (*C. rostrata*), riippasara (*C. magellanica*), jousisara (*C. lasiocarpa*), monitähkävillä (*Eriophorum angustifolium*), raate (*Menyanthes*), *Sphagnum papillosum*, *S. fallax* ja *Calliargon stramineum* (ks. Ruuhijärvi 1960). Levästössä on erikoisen hyviä erotuslajeja.

Ombrotrofia/minerotrofia vaihtelusuunnan huomioonottaminen ja korostaminen sai aikaan vallankumouksen suokasvillisuuden luokituksessa ainakin meillä Suomessa, missä Cajanderin, Auerin ja Aarion ym. kehittämä suokompleksityyppien systeemi oleellisesti romutettiin. Eurola, Ruuhijärvi sekä Havas likvidoidivat 1960-luvun alussa karjalaisen ja rannesoiden suoyhdistymätyypit.

Ombrotrofisen ja minerotrofisen kasvillisuuden maagiseen rajaan liittyvää kemiallista taustaa oli innokkaasti selvitetty jo 1950-luvulla ja 1960-luvun alussa Ruotsissa, Tanskassa, Saksassa ja lännempänä (kirjallisuuden suhteen ks. Aletsee 1967), mutta meillä varsin vähän sitten Kivisen tutkimuksen vuodelta 1933. Siksi aloitin kesällä 1972 tutkimuksen tästä asiasta yhteistyössä FL V. O. Hosiaisuusluoman ja MML Paavo Seppäsen kanssa.

#### AINEISTO JA MENETELMÄT

Analysoitu näyteaineisto on kerätty suolevästötutkimuksiin liittyen, tai niitä silmälläpitäen, ja käsittää mm. siitä syystä pääasiassa vesinäytteitä tähän mennessä yhteensä 32 eri suolta Etelä- ja Keski-Suomesta. Syksyn 1972 aineisto käsittää 138 näytettä ja vuoden 1973 aineisto 91 näytettä, joista 30 on molempina vuosina otettu tarkalleen samoista vesipainanteista.

Suurimman osan kemiallisista analyyseistä on tehnyt Viljavuuspalvelu Oy. Näytteiden keruu-, käsittely- ja tutkimusmenetelmiin kiinnitettiin erikoista huomiota, mutta niitä ei selosteta tässä alustavassa raportissa. Mainittakoon kuitenkin, että pH- ja johtokyky mittaukset tehtiin välittömästi näytteenoton yhteydessä kentällä, ja että edellisessä käytettiin Beckman pH-mittaria, tyyppiä N.

Vesinäytteet suodatettiin maastossa lasivillan ja laboratoriossa paperisuodattimen läpi. Suodoksesta määritettiin suoraan mm. fosfori,  $\text{KMnO}_4$ -kulutus (=OM, orgaaninen aines) ja tyyppi ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$  ja totaali-N). Kaikki "metallit" määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrisesti vesinäytteistä, joiden orgaaninen aines sitä ennen tuhottiin.

Biotestianalyysit ovat leväkasvatuskokeita vakioituissa olosuhteissa viherlevällä *Ankistrodesmus falcatus* steriloiduissa näytevesissä. Ne tehtiin käyttäen mikroskooppilaskentaa lis. P. Seppäsen johdolla hänen laboratoriossaan. Leväperustuotanto mitattiin laboratoriossa  $^{14}\text{C}$ -menetelmällä useiden näytteiden keskiarvona vain 36 tarkoitukseen sopivasta vesipainanteesta, joista 8 on minerotrofisia ja loput ombrotrofisia avokuljuja. Tämä kirjoitus perustuu pääasiassa vuoden 1972 aineiston tilastolliseen käsittelyyn (n = 138).

Ombrotrofiset näytteet pyrittiin keräämään "taatusti" sadeveden varassa kasvavilta suonosilta ja mieluiten ennestään stratigrafiansa ja levästönsäkin puolesta tunnetuilta paikoilta. Käytettiin, jos suinkin mahdollista, pysyviä vesipainanteita. Minerogeenisen veden näytteet otettiin samoilta soilta ombrotrofisen ja mine-

rotrofisen kasvillisuuden väliseltä rajalta, monet ns. "minerotrofisista ikkunoista". Näytealakuvaukset julkaistaan myöhemmin.

On erikoisesti tähdennettävä sitä, että suokasvien käyttämistä ravinteista vain muutaman tiedetään suurelta osin olevan liuenneena veteen. Sellaisia ovat natrium ja kloori. Pääosan oleellisista ravinteista kasvit kiskovat juurikarvojen ioninvaihtomekanismin avulla turvehiukkasten pinnoilta. Ombrotrofisen ja minerotrofisen suoveden mahdolliset kemialliset erot koskevat siis ravinnetaloudellisesti välittömästi leviä ja muutamia vesisammalia, mutta vain joitakin harvoja putkilokasveja. Turveanalyysiin, jotka vielä ovat kesken, ei tässä ensinkään puututa.

Kun sekä ombrogeeniset että minerogeeniset vesinäytteet kerättiin paksuturpeisilta soilta ja mahdollisimman lähellä toisiaan olevilta paikoilta, voidaan ajatella, että normaalitapauksissa korkeammankin kasvillisuuden käytössä olevat ravinnevarastot täydentyisivät suurin piirtein samassa suhteessa kuin niiden pitoisuudet ovat vastaavissa vesissä. Veden määrä pitäisi tietysti myös ottaa huomioon, mutta tulokset näyttäisivät osoittavan, että pitoisuuserot melkein aina ovat puheena olevan kahden suovesityypin välillä niin suuret, että tämä ratkaisee.

Keidassuovesinäytteet on kerätty kolmesta eri kuljutyypistä: avokuljut = allikot, sammalculjut ja ruoppakuljut. Jaottehu on meillä vanhastaan yleisesti käytetty. Kuljutyypien suhteen ks. Aartolahti 1965 (s. 55–63 ja siinä sit. kirjall.). Allikoiden syvyys vaihtelee 0.1–3 m ja niiden koko n.  $5 \text{ m}^2$  –  $500 \text{ m}^2$ . Minerotrofisen veden näytteet ovat joko rimmistä tai "minerotrofisista ikkunoista" tai joissakin tapauksissa ns. välikköpinnasta "polkaistua" suovettä. Kuivemmat suotyypit eivät siis ole aineistossa edustettuina, koska mitään vedenkeräyskuoppia ei kaivettu.

#### OMBROTROFISEN JA MINEROTROFISEN SUON EROT

Kaikkein karuimpienkin minerotrofisten soiden vedet eroavat keskiarvoissa merkittävästi keidassuovesistä kolmentoista eri mitatun ominaisuuden puolesta (taulukko 1). Metallikyllästyssadannes (Me %) on laskettu ekvivalenttipohjalla seuraavasti:

$$\text{Me \%} = \frac{100 \cdot (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Fe})}{\text{H}^+ + (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Fe})}$$

Tämä jossakin määrin epärealistinen ja varsin teoreettinen suure näyttää olevan alhaisella pH-

Taulukko 1. Vuoden 1972 suovesien kemiallisten ja eräitten biologisten mittaustulosten keskiarvot eri hydrologisissa tyypeissä sekä niiden erojen t-testi. O = Ombrotrofiset vedet (n = 89) : A = allikot (eli avokuljut) (n = 34), S = sammalkuljut (n = 39) ja R = ruoppakuljut (n = 16). M = Minerotrofiset vedet (n = 49).

Table 1. Certain properties of mire water collected in 1972. Ombrotrophic samples: O = total ombrotrophic material (n = 89), A = water pools (n = 34), S = Sphagnum hollows (n = 39) and R = mud-bottom hollows (n = 16). Minerotrophic material: M (n = 49).

	Keskiarvot tyypeittäin					t-arvot				
	Means for different types					t values				
	O	M	A	S	R	O/M	R/M	A/S	A/R	S/R
Me%	43.14	70.60	48.52	39.87	39.54	8.29 ***	5.16 ***	2.37 *	1.95 *	0.07
pH	3.83	4.34	3.98	3.73	3.74	7.03 ***	3.88 ***	5.10 ***	4.03 ***	0.17
conductivity ( $\Sigma_{20}$ ) $\mu S^{-1}$	3.70	26.2	5.6	1.4	5.1	6.00 ***	3.03 **	0.99	0.13	0.56
Ca mg/l	1.84	4.39	1.39	1.99	2.48	5.93 ***	1.91	2.93 **	4.22 ***	1.54
Mg mg/l	0.63	1.47	0.45	0.75	0.74	5.05 ***	2.20 *	1.86 *	3.63 ***	0.01
Fe mg/l	0.42	1.83	0.33	0.42	0.60	5.02 ***	1.85	1.61	2.10	1.49
Na mg/l	1.69	3.16	1.52	1.72	2.04	5.03 ***	1.84	0.66	1.24	0.66
Bioassay mg/l	0.20	2.58	0.24	0.19	0.09	4.56 ***	1.49	0.85	1.39	0.91
Bioassay cells/ml	5921	64800	5519	6667	4000	4.07 ***	1.27	1.67	1.64	2.20 *
K mg/l	0.52	0.89	0.45	0.53	0.64	3.81 ***	1.31	0.75	1.54	0.87
Cl mg/l	1.51	4.80	1.55	1.44	1.64	3.90 ***	1.46	0.33	0.19	0.50
Mn $\mu g/l$	15.51	31.92	15.79	12.72	22.54	3.51 ***	0.85	1.15	1.45	2.99 **
B $\mu g/l$	39.9	31.6	38.2	41.5	39.9	3.18 **	1.59	1.12	0.43	0.38
OM (KMnO <sub>4</sub> ) mg/l	241.8	338.9	265.6	226.8	223.0	2.40 *	1.50	0.83	0.48	0.22
P-tot mg/l	0.127	0.147	0.122	0.128	0.149	1.79	0.09	0.54	1.66	1.26
NH <sub>4</sub> mg/l	0.42	0.65	0.41	0.44	0.38	1.94	0.80	0.81	0.36	1.05
Mo $\mu g/l$	0.58	0.92	0.64	0.60	0.37	1.77	1.16	0.25	1.49	1.58
Cu $\mu g/l$	11.36	10.01	8.66	12.52	14.4	0.90	1.93	1.97	2.46 *	0.64
NO <sub>3</sub> mg/l	1.83	1.78	1.84	1.87	1.71	0.88	0.46	0.34	1.26	1.27
SO <sub>4</sub> mg/l	4.43	4.72	4.11	4.86	4.07	0.57	0.78	1.15	0.60	0.82
Color (as Pt) mg/l	334.1	351.4	284.7	366.8	354.7	0.42	0.05	1.52	0.99	0.19
Zn $\mu g/l$	33.07	32.89	30.24	33.82	37.55	0.05	0.77	0.88	1.37	0.71
N-tot mg/l	8.17	8.24	8.72	7.78	7.66	0.04	0.18	0.39	0.35	0.03
Prim. prod. mgC/m <sup>3</sup> /day	90.0	90.6	90.0	—	—	0.01	—	—	—	—

Merkitsevyytasot:

Significance levels:

\*\*\* P < 0.001

\*\* P < 0.01

\* P < 0.05

1) pH corrected

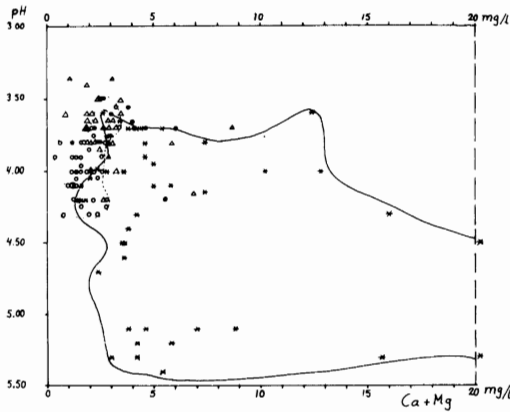
alueella, jota aineisto edustaa, varsin hyvä eroteltaja. Keidassuovesissä se on keskimäärin 43 % ja karummissa minerogeenisissä vesissä 70 %.

Sen jälkeen ovat erot merkitsevimpiä seuraavassa järjestyksessä (t-testi): pH, johtokyky (=  $\Sigma_{red}$ , mikä on korjattu vetyionin suhteen ja laskettu + 20°C), kalsium, magnesium, rauta, natrium, leväntuottokyky Ankistrodesmus-biotestillä paimoyksikössä (=BTg), sama solumäärinä, kalium, kloridi, mangaani, boori ja orgaanisen aineksen määrä. Fosforin pitoisuus-erot jäävät v. 1972 aineistossa juuri ja juuri 95 % todennäköisyystason alapuolelle (v. 1973 aineistossa merkitsevä). Kaikkien muiden ominaisuuksien osalta määrät ovat keidassuovesissä pienemmät kuin minerogeenisissä (keskiarvo)

paitsi boorin suhteen. Se onkin selvästi hyvin suurelta osin suovesiin tullut sateen mukana meristä (ks. Gast & Thompson 1959), jossa sen pitoisuus on suuri. Asiasta enemmän tuonempana.

Regressioanalyysillä etsittiin ombrotrofia/minerotrofia vaihtelusuunnan itsenäisiä kemiallisia selittäjiä. Mukaan otettiin silloin yhteensä 19 muuttujaa, kun varsin epäsenäiset, redusoitu johtokyky ja metallikyllästysaste (Me %) jätettiin pois.

Valikoivassa regressioanalyysissä saatiin tärkeimmiksi selittäjiksi ombro/minerotrofialle seuraavat muuttujat (lisäyksen jälkeinen selityksaste suluissa %:eina): pH (23.6 %), Cl (33.5 %), Fe (39.0 %), P (43.5 %), Mo (45.2 %). Viiden



Kuva 1. Vuoden 1972 suovesinäytteiden ryhmittymisen niiden happamuuden ja Ca + Mg -pitoisuuden mukaan.

Fig. 1. The mire waters from 1972 grouped according to their pH and Ca + Mg content. Ombrotrophic sampling sites: open circle = water pool, full circle = mud-bottom hollow, triangle = Sphagnum hollow. Minerotrophic samples are indicated with asterisks. The solid line borders the samples of minerotrophic mire waters, the broken line those from ombrotrophic water pools.

”askelen” jälkeen lisäykset olivat verrattain pieniä, kaikki 19 kemiallista muuttujaa selittivät yhteensä 48.6 % kasvillisuuden perusteella tehdystä trofijaosta (=oligotrofian jako ombro- ja minerotrofiaan). Tärkeimmän selittäjän, pH:n korrelaatio moniin metallikationeihin (Ca, Mg Na, K,) on niin vahva, että ne putoavat regressiomallista pois; tämä seikka selittää eron pelkällä t-testillä suoritettuun vertailuun (taulukko 1).

Mikä sitten selittää jäännösvaihtelun regressiomallissa?

Kun analyysit edustavat vain yhtä näytteenottokertaa, ja vuodenaikaisvaihtelut ovat eräiden tärkeiden ravinteiden (esim. fosforin, kaliumin ja raudan) osalta monestakin syystä hyvin suuret (vrt. Malmer 1962, s. 28), on aivan ilmeistä, että siinä on yksi tekijä. Toinen on eri ravinteiden liikkuvuus-, kiertoaika- jne. erot eri suotyypeillä, esimerkkinä siitä mahdollisesti aivan eri suuruusluokkaa oleva typen mobilisaatio minerotrofisessa rimmessä kuin happamassa keidassuokuljussa. Myös erällä orgaanisilla yhdisteillä voi olla minerotrofisten kasvien esiintymistä rajoittava vaikutus (alleopatia, Odum 1971, s. 226).

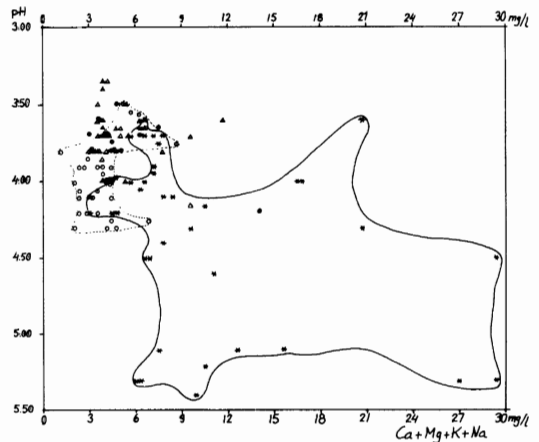
Tätä koetettiin selvittää tarkemmin järjestämällä alkuperäiset havainnot koordinaatistoon muutamien ”parhaiden” indikaattorimuuttujien suhteen ja edelleen tiettyjen faktoripistemäärien suhteen (Kuvat 1–5). Summa Ca + Mg

vastaan pH (kuva 1) ryhmittelee havaintopisteet siten, että minerotrofinen ja ombrotrofinen aineisto osittain peittävät toisiaan pH-alueella n. 3.7–4.3 ja Ca-Mg alueella n. 2–4 mg/l. Kuvioon, kuten kaikkiin jäljempänäkin esitettäviin, on rajattu minerotrofinen alue (yhtenäinen viiva) ja ombrogeenisten suo- eli allikkovesien alue (katkoviiva). Eri kuljutyypien eroista tuonnempana, mutta päätyyppien välisten raja-arvojen määrittäminen näiden muuttujien suhteen näyttää Suomessa olevan vaikeaa tehdä yksillä luvuilla (vertaa Witting (1949), jossa raja-arvot Ruotsissa pH:lle 4.0 ja Ca:lle 1 mg/l). Muille kuljutyypeille kuin allikoille pH-arvo 4.0 näyttää kuitenkin melko hyvältä rajalta.

Summa Ca + Mg + K + Na vastaan pH (kuva 2) ryhmittää aineiston jonkin verran kauniimmin kuin edellinen. Peittoalueita on selvästi kaksi. Toinen on pH-alueella 3.65 emäskationisumman ollessa noin 6–9 mg/l (ruoppa- ja sammalkuljuja), ja toinen alueella pH 4.1–4.3 ja Ca + Mg + K + Na 3–6 mg/l (allikoita).

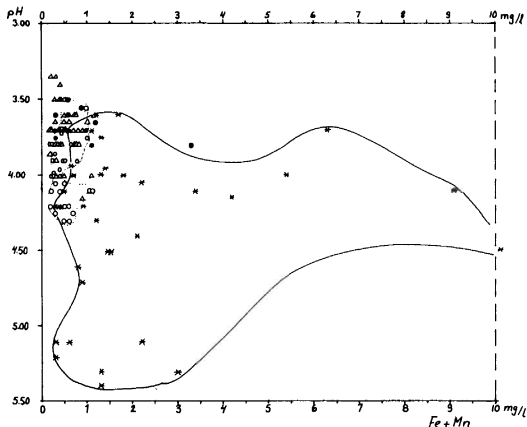
Summa Fe + Mn vastaan pH (kuva 3) näyttäisi ottavan noin puolet ombrotrofisesta aineistosta peittovyöhykkeeseen pH-alueella 3.6–4.3, ja on siis edellisiä huonompi erottelusyhteemi.

Summa Ca + Mg + K + Na vastaan log biotestibiomassa (*Ankistrodesmus falcatus*) (kuva 4) erottelee aineiston niin hyvin, että muutamia sammalkuljunäytteitä lukuunottamatta ombrotrofinen ja minerotrofinen ryhmä varsin vähän peittävät toisiaan. Yhden erillisen mine-



Kuva 2. Vuoden 1972 suovesiaineisto eräiden metallikationien ja pH:n mukaan ryhmitettynä. Selitykset kuten kuvassa 1.

Fig. 2. The material of mire waters from 1972 grouped according to certain cations and pH. For explanation, see Fig. 1.

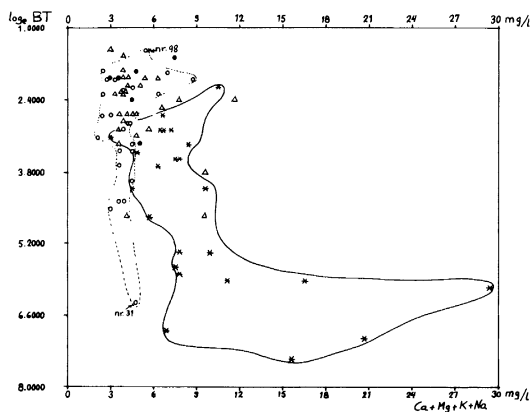


Kuva 3. Vuoden 1972 suovesiaineisto happamuuden ja Fe + Mn -pitoisuuden mukaan ryhmitettynä. Lähemmin kuvan 1 selityksissä.

Fig. 3. The material of mire waters from 1972 grouped according to the sum of Fe and Mn content and pH. Further explanations in Fig. 1.

rotrofisen pisteen kuvan yläreunassa muodostaa "näyte 98" Perniön Punassuon äärimmäisen kapean ylälaiteen ojaimaisesta painanteesta. Se on jotenkin epätyypillinen ja otettiin mukaan vain siksi, ettei vettä muualla ollut silloin saatavissa. — Diffuusi rajavyöhyke tässäkin kuviossa kuitenkin tulee havainnollisesti esille.

pH vastaan log leväbiotestibiomassa (kuva 5) osoittaa lähinnä, ettei pH:n ja biotestin perusteella allikoita voida luotettavasti erottaa minerogeenisistä vesistä ja että muidenkin kulju-



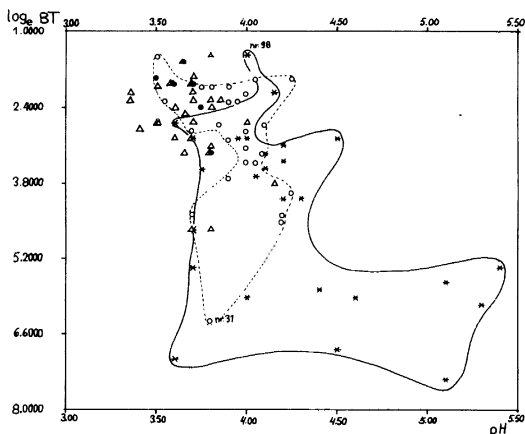
Kuva 4. Vuoden 1972 suovesiaineisto leväbiotestin biotestibiomassan ja eräiden kationien pitoisuuden mukaan ryhmiteltynä. Lähemmin tekstissä. Merkkien selitys kuten kuvassa 1.

Fig. 4. The data on mire waters from 1972 grouped according to the biomass values of bioassay analyses with *Ankistrodesmus falcatus* (log scale) and the sum of certain metal cations. Explanation of symbols as in Fig. 1.

tyyppien piirissä on näytteitä, jotka "sumen-tavat" rajaa.

#### ERI KULJUTYYPPIEN VESIKEMIAALLISET EROT

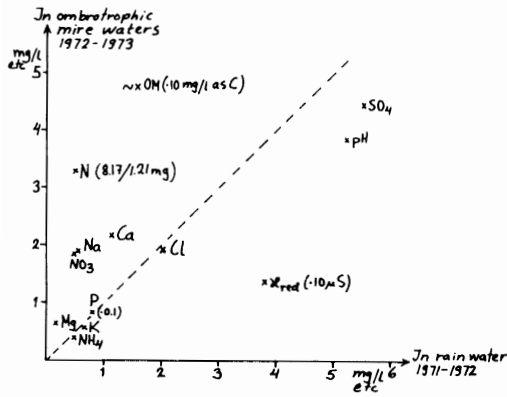
Edellisessä on jo useastikin tullut esille selviä eroja allikoiden, sammalkuljujen ja ruoppakuljujen vesikemiassa. Allikoiden pH on korkeampi kuin muiden kuljutyypin, keskiarvo on 3.98 niissä ja 3.73 muissa (taulukko 1). Tilastollisesti ero on erittäin merkitsevä. Johtokyvyyssä allikot jäävät muita kuljuja hieman, ja kalkin määrässä merkitsevästi huonommiksi. Allikoiden ja sammalkuljujen vesianalyysien keskiarvoissa ei ole mainittujen lisäksi muita tilastollisesti merkitseviä eroja. Eräissä korrelatioanalyyseissä (esim. etäisyys merestä vastaan boori) niiden välille löytyy lisää selviä eroja, jotka voidaan selittää vain allikkovesien "pysyvämmyyden" avulla. Ne edustavat useissa tapauksissa useiden vuosien aikuista sadevesisaalista ja ovat siitä syystä varmaankin "edustavamman" ombrotrofisen suoveden keräyspaikkoja kuin muut kuljut.



Kuva 5. Vuoden 1972 suovesiaineisto biotestibiomassan (log BT) ja pH:n mukaan ryhmitettynä. Merkkien selitys kuten kuvassa 1.

Fig. 5. The material of mire waters from 1972 grouped according to the algal bioassay values as in Fig. 4 and the pH of water. For symbols see Fig. 1.

Ruoppakuljut ansaitsisivat oman lukunsa. Ne lähentelevät molempien tutkimusvuosien aineistojen perusteella vesikemiallisesti eräissä suhteissa aineiston karuinta minerogeenista suovettä (taulukko 1). Seuraavien muuttujien osalta ne eivät tilastollisesti siitä keskimäärin poikkea: Ca, Cl, Mn, K, Na ja leväbiotetit sekä ilmeisesti myös magnesium. Boorin suhteen ne poikkeavat siitä vähemmän kuin muut kuljutyypit. Kuitenkin ne eroavat minerogeenis-



Kuva 6. Eräiden keidassuovesien kemiallisten ominaisuuksien vertailu sadevesien vastaaviin. Lähemmin tekstissä.

Fig. 6. Comparison between some chemical properties of ombrotrophic mire waters in 1972 and 1973 and those of rain water in the corresponding area in Finland during the period 1971–1972.

ta suovesistä merkitsevästi mm. seuraavien suhteen: pH, Me % ja johtokyky.

Ruoppakuljut näyttävät eroavan muista kuljutyypeistä seuraavissa suhteissa: niissä on suuremmat Mg, Ca, Fe, Mn ja Cu pitoisuudet kuin allikoissa tai sammalkuljuissa ja v. 1973 aineistossa myös suurempi kokonaisfosforipitoisuus kuin molemmissa muissa kuljutyypeissä.

Avoimeksi jää kysymys, selittykö ruoppakuljuvesien väkevyys pelkästään sillä, että niissä useimmiten on pienempi vesivolyyymi ja siis pienempi laimennus kuin muissa kuljuissa (useissa näytteissä osa niiden vedestä on lievästi turpeesta puristettua ”interstitiaalivettä”), vai johtuko se osaksi myös siitä, että ravinteet ovat vähäisemmän elävän kasvillisuuden vuoksi konsentroituneempia kuin esim. voimakkaasti kasvimaassa tuottavissa sammalkuljuissa.

#### KEIDASSUOVESIEN JA SADEVESIEN VERTAILU

Samalta alueelta, josta aineistoni on peräisin sain käyttööni Vesihallituksesta lis. Kirsti Haapalan sadevesikemiallisia analyysejä vuosilta 1971–72 (ks. myös Haapala 1972). Vertailu niihin (kuva 6) osoittaa, että eräiden tutkittujen aineiden pitoisuudet ovat sadevesisoiden vesissä pienemmät kuin sadevedessä. Sellaisia ovat pH, johtokyky, kalium, kloori, ammonium ja sulfaatti. Keidassuovesistä sensijaan löytyi suuremmat pitoisuudet kalsiumia, magnesiumia, natriumia ja totaalityppeä kuin sadevedestä. Fosforin ja orgaanisen aineksen osalta ei ole suuria eroja (vuosien 1972 ja 1973 aineistojen keskiarvoissa).

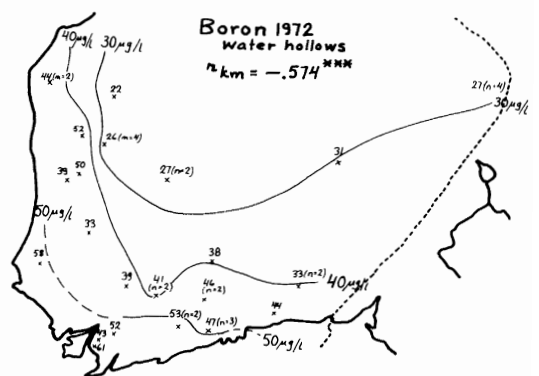
Syyt ovat useissa tapauksissa helpohkosti löydettävissä, mutta ne jäävät kuitenkin tässä yhteydessä käsittelemättä. Todettakoon vain, että kasvillisuuden valikoiva ravinnonotto, mahdolliset lintuyhdyskunnat yms. ovat sellaisia.

Vertailu lännemmäksi Malmer'in (1962) Etelä-Ruotsissa suorittamaan tutkimukseen osoitti, että siellä Na-, K- ja Cl-pitoisuudet 1950-luvun lopulla olivat vastaavissa ombrogeenisissa suovesissä suuremmat kuin tässä aineistossa, pH, johtokyky, Mg, Fe ja kokonais-P suurin piirtein samansuuruiset, ja kalkki ja rikki vain noin puolet omista arvoistani.

Rikin määrä on sadevedessä 1950-luvun jälkeen tunnetusti noussut, ja kun suovesien pitoisuus sen suhteen jää vielä nykyistä sateen pitoisuutta pienemmäksi, on tulos luonnollinen. Huomionarvoinen on seikka, että meillä ombrogeenisien suoveden kalsiumpitoisuus on lähes 2 mg/l kun se sadevesissämme on vain n. 1.13 mg/l, ja etelämpänä tähänastisten tietojen mukaan keidassuovesissä yleensä alle 1 mg/l (ks. Aletsee, 1967 ja siinä sit. kirjall.).

#### RAVINTEISUUDEN JA MEREISYYDEN SUHDE

Tutkimuksen eräänä tarkoituksena oli selvittää keidassuovesien ravinnepitoisuuden suhdetta mereisyyteen. Havaintopaikan ja lähimmän Suomen rannikon välimatka otettiin yhdeksi muuttujaksi korrelaatio- ja regressioanalyysiin, johon myös liitettiin edellä selostetut sade-arvot. Koko aineistossa (ombrotrofiset + miretrofiset näytteet) kemiallisista muuttujista vain boori, johtokyky, väri ja kupari olivat



Kuva 7. Keidassuoallikoiden booripitoisuus vuoden 1972 aineiston perusteella ja sen suhde etäisyyteen merestä. Lähemmin tekstissä.

Fig. 7. Boron content of the ombrotrophic water pools in the material from 1972, and its correlation with the distance from the coastline.

Taulukko 2. Vuoden 1972 suovesien eräiden ominaisuuksien korrelaatio etäisyyteen lähimmästä merenrannasta. Merkitsevyytasot kuten taulukossa 1.

Table 2. Correlation between the distance of the sampling sites from the nearest coast line and some properties of mire waters in 1972. For significance levels, see Table 1.

Aineisto Material	B	$\mathcal{K}$ red	color	Cu	Mo	Cl	Na
Ombrotr. + minerotr.	-.302***	-.274**	-.272**	-.171*	.106	-.045	-.158
Ombrotr.	-.300**	-.395***	-.228*	-.257*	.412***	-.381***	-.294**

merkitsevässä riippuvuussuhteessa etäisyyteen merestä (taulukko 2).

Ombrotrofisessa aineistossa sen sijaan korrelaatiot odotetusti olivat lukuisampia ja vahvempia.

Kartalla esitettyinä Cl, Na, B ja  $\mathcal{K}$  red saavat pitoisuuskäyrät, jotka melkoisesti samaan tapaan kuin Haaralan (1972) sadevesille esittämät (vrt. myös Buch 1962) seurailevat Suomenniemen rannikkoviivan muotoa. Määrät pienevät sisämaahan päin mentäessä mikä selittyy siitä, että niiden alkuperä on suurelta osin merivedestä. Esimerkkinä tässä olkoon boori (kuva 7), jonka alueellisen levinneisyyden ja alkuperän

suhteen viitataan vain Ahlin ja Jönssonin (1972) sekä Kurjen (1972) tutkimuksiin.

Onko kysymyksessä jokin molybdeenin kemiallinen käyttäytyminen eri lämpötiloissa – kausivaihtelu vesien biologisen tilan mukaan ( $B^{12}$ -vitamiini?) – vai sen todellinen omalaatuinen laskeuma(tilanne) mahdollisen kaukukuljetuksen ansiosta v. 1972 Keski-Euroopasta Keski-Suomeen tai jokin muu syy, jää arvailujen varaan. Vuoden 1973 aineistossa molybdeenilla ei ollut mitään tilastollisesti merkitsevää yhteyttä etäisyyteen merestä.

Valikoiva regressioanalyysi ylläolevan aineiston (ombrotrofinen 1972) osalta osoittaa, että

Taulukko 3. Kemiallisten muuttujien selitysasteet valikoivassa regressioanalyysissä. Sarake 1 = askeleet 1–18 (kemiall.), sarake 2 = sademäärän ja sarake 3 = lämpötilan lisäykset selityksasteeseen (%).

Table 3. Effects of precipitation (col. 2) and water temperature (col. 3) on the coefficient of determination (in %) in a regression analysis of 19 chemical variables.

	Kemiall. muuttuja Chemical variables	Sademäärä Precipitation	Lämpötila Temperature	Yhteensä Total
	1	2	3	1–3
1 N-tot	30.2	0.5	0.2	30.9
2 NH <sub>4</sub>	18.0	2.5	9.1	29.6
3 NO <sub>3</sub>	26.0	1.2	6.0	33.2
4 P-tot	36.3	0.8	2.9	40.0
5 SO <sub>4</sub>	33.6	1.3	4.0	38.9
6 Cl	43.5	0.6	1.7	45.8
7 Cu	50.3	0.5	0.1	50.9
8 Zn	23.8	0.5	0.3	24.6
9 Mn	21.1	4.2	0.0	25.3
10 Mo	28.9	6.0	0.2	35.1
11 Fe	65.3	0.5	0.2	66.0
12 Ca	66.3	2.4	0.5	69.2
13 K	34.3	0.2	0.9	35.4
14 Mg	52.4	2.1	2.8	57.3
15 Na	61.4	0.8	0.1	62.3
16 OM (KMnO <sub>4</sub> )	28.5	0.8	0.2	29.5
17 Pt-color	25.3	1.0	0.0	26.3
18 B	45.4	4.2	0.2	50.0
19 pH	47.0	3.2	0.8	51.0

Taulukko 4. Vuosien 1972 ja 1973 yhteisten näytteenottoaikkojen (n = 30) eräiden vesianalyysitulosten eroavaisuuksien t-testi. Merkitsevyystasot kuin taulukossa 1.

Table 4. Analysis of variance on water analyses from 1972 and 1973 (n = 30). Significance levels as in Table 1.

	P-tot	Fe	cond.	B	Mg	Mn	Mo	Ca	NH <sub>4</sub>	K	pH	Cl
F	68.842***	14.087**	7.742**	4.977	3.329	1.980	1.250	0.664	0.660	0.660	0.469	0.360

mereisyyttä selittävät parhaiten molybdeeni, kloridi ja kupari ( $R^2=0.284$ ). Seuraavana olisi tullut natrium, mutta se ei olisi enää paljonkaan lisännyt kokonaisselitysosuutta, mikä jäi hie-man alle 30 %.

#### SADEMÄÄRÄN JA LÄMPÖTILAN VAIKUTUS TULOSSIIN

Koska näytteitä ei voitu tutkimusalueen suu-ruuden ja näytteenoton hitauden (<sup>14</sup>C-perus-tuotantomittaukset ym.) takia kerätä lyhyessä ajassa vaan se vei noin kuusi viikkoa (7. 9. – 10. 10. 1972) oli syytä tutkia kuinka paljon sääolot lisäsivät kemiallisten tekijöiden koko-naisvaihtelun selitysosuutta (taulukko 3). Tässä

esitetään tulos vain aineiston ombrotrofisten näytteiden osalta (taulukko 3). Taulukon toi-nen sarake ilmaisee edellisen päivän ja 30 edel-lisen päivän sateen yhteenlasketun vaikutuksen (selitysasteen nousun), kolmas sarake näyte-veden keräysaikaisen lämpötilan vaikutuksen ja viimeinen sarake 18 muun kuin po. kemial-lisen muuttujan yhteisvaikutuksen lisättyinä em. säättekijöiden osuudella.

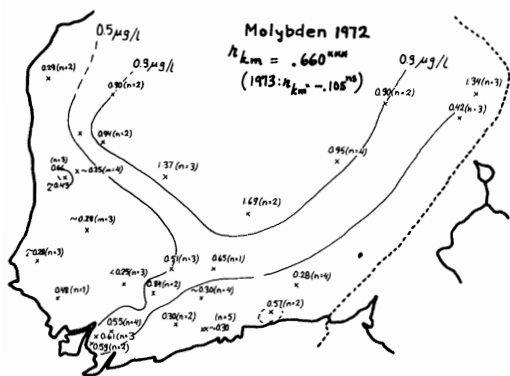
Kun vastaavan aineiston korrelaatiomatriisista useissa tapauksissa nähdään vaikutuksen suunta, voidaan todeta että sade on laimentavasti vai-kuttanut etenkin boori-, mangaani- ja vetyioni-pitoisuuteen, mutta pitoisuutta kohottavasti etenkin molybdeeniin ja ammoniumtyypeen

Taulukko 5. Vuoden 1972 suovesiaineiston kaikkien näytteiden (n = 138) rotatoitu faktorimatriisi (Varimax-ratkaisu).  $h^2$  = kommunaliteetti (neljän faktorin selityssaste). Saadut faktorit selittävät noin 35 % kaikkien muut-tujen yhteisvarianssista.

Table 5. Rotated factor matrix (Varimax solution) of the total material (n = 138) of mire waters from 1972.  $h^2$  = coefficient of determination for factors F1 – F4. The four factors explain about 35 % of the common variance of all variables taken into consideration.

Muuttuja Variable	F 1.	F 2.	F 3.	F 4.	$h^2$
1. N	-.046	.034	.315	.078	.109
2. NH <sub>4</sub>	.140	.507	-.249	-.429	.523
3. NO <sub>3</sub>	-.077	-.057	-.189	-.416	.218
4. P-tot	.033	.059	.008	-.156	.029
5. SO <sub>4</sub>	.133	.048	.353	.106	.156
6. Cl	.158	.835	.016	-.148	.745
7. Cu	.038	.103	.559	.051	.327
8. Zn	-.030	.023	.203	.057	.046
9. Mn	.276	.578	.107	.042	.423
10. Mo	.237	.089	-.128	.037	.081
11. Fe	.763	.005	.064	.010	.586
12. Ca	.729	.373	.075	.013	.676
13. K	.423	.375	-.002	-.365	.453
14. Mg	.767	.237	-.055	.007	.648
15. Na	.509	.394	.247	.057	.478
16. KMnO <sub>4</sub> (OM)	.227	.301	.084	.175	.180
17. color (Pt)	.102	-.126	.310	-.108	.134
18. B	-.285	-.140	.414	-.232	.326
19. pH	.309	.380	-.070	.477	.472
20. BTg	.147	.802	-.082	.068	.676
21. <sup>14</sup> C	-.175	-.197	.090	-.252	.141
22. km	.038	-.015	-.521	.113	.286
Eigenvalue	2.638	2.760	1.343	.971	7.712

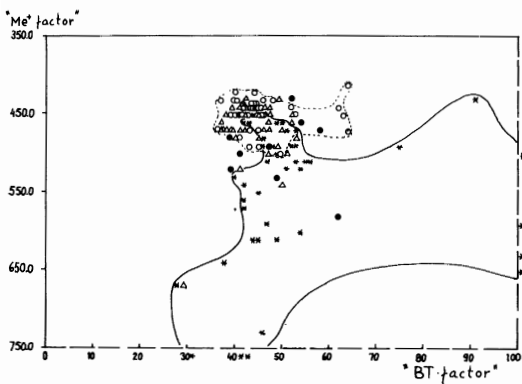




Kuva 8. Ombrotrofisten suovesinäytteiden (n=91) molybdeenipitoisuus vuoden 1972 aineistossa ja sen riippuvuusuhde etäisyyteen merestä. Suluissa sama vuoden 1973 aineiston perusteella.

Fig. 8. Molybden content of all ombrotrophic water samples from 1972, and its correlation with the distance from the sea. In parentheses the same for 1973.

sekä jonkin verran myös nitraattityypen, rikkiin ja magnesiumiin. Näytteenottohetken lämpötilalla on eniten vaikutusta ammonium- ja nitraattityypen, rikkiin ja fosforiin. Mainittakoon, että minerotrofisten vesien osalta lämpötilalla oli hyvin voimakas vaikutus mangaanipitoisuuteen (seikka ehkä yhteydessä hapetus/pelkistys asteen eroihin).

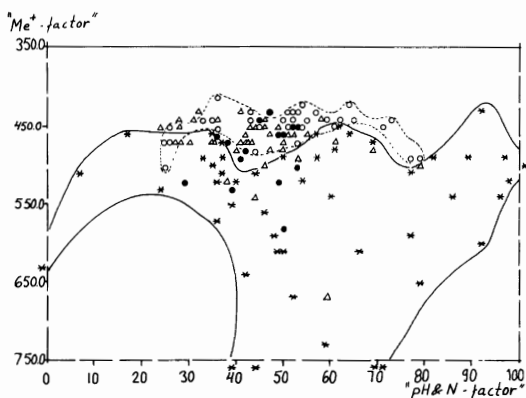


Kuva 9. Vuoden 1972 suovesiaineisto ryhmiteltyä faktoripistemääriensä perusteella taulukon 4 "metalliravinnefaktorin" = faktori 1:n ja "biotestifaktorin" = faktori 2:n mukaan. Merkit kuten kuvassa 1. Lähemmin tekstissä.

Fig. 9. The water samples from mires in 1972 plotted, according to the factor cores of factor 1 ("Me<sup>+</sup> factor") and factor 2 ("BT factor", i.e., "Bioassay factor") in the factor matrix in Table 4.

## VUOSIEN VÄLINEN VAIHELEU

Vuosien 1972 ja 1973 yhteisistä suovesipainanteista 18 on ombrotrofista ja 12 minerotrofista. Tähän mennessä niistä on tutkittu 12 ominaisuutta, joista vain fosfori ja rautapitoisuuksissa sekä johtokyvyssä huomataan olevan tilastollisesti merkitsevät erot (taulukko 4). Kaikki niistä ovat jälkimmäisenä kesänä korkeammat, mahdollisena selityksenä kahden kuivan kesän aiheuttama elektrolyyttien konsentroituminen ja toisaalta näytteenottoajankohdan eroista (vuonna 1973 aikaisemmin syksyllä) johtuvat eroavaisuudet mm. hapetus/pelkistys potentiaalissa. Samat muuttujat on



Kuva 10. Vuoden 1972 suovesiaineisto ryhmitettyä faktoripistemääriensä perusteella taulukon 4 "metalliravinnefaktorin" (F1) ja "pH ja typpi faktorin" (F4) mukaan.

Fig. 10. The water samples from mires in 1972 grouped, according to the factor cores of factor 1 ("Me<sup>+</sup> factor") and factor 4 ("pH & N factor") in table 4.

todettu vähimmin stabiileiksi aikaisemminkin suovesien ravinnepitoisuuksien kausivaihtelua käsittelevissä tutkimuksissa (esim. Malmer 1962). Sitä vastoin esim. kalsiumin ja magnesiumin konsentraatiot vaihtelevat vuodenaikasta ja vuodesta toiseen huomattavasti pienemmissä puitteissa.

## SUOVESIEN RAVINNEYRYHMÄT JA MUUT FAKTORIT SUOVEDEN ALKUPERÄN SELITTÄJÄNÄ

Tutkitut muuttujat korreloivat toistensa kanssa merkitsevästi niin monissa tapauksissa, että niitä pyrittiin ryhmittämään faktorianalyysin avulla. Eräissä ratkaisussa (taulukko 5) löydettiin neljä faktoria, jotka vaivatta voidaan nimetä seuraavasti:

- F 1 = Metalliravinnefaktori  
(Fe, Ca, K, Mg, Na)  
F 2 = Biotestifaktori  
(leväbiotestibiomassa, Cl, Mn, NH<sub>4</sub>)  
F 3 = Mereisyysfaktori  
(etäisyys merestä, Cu, B)  
F 4 = Happamuus-typifaktori  
(pH, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>)

Samat faktorit, varsinkin kaksi voimakkainta, löytyivät muissakin faktoriratkaisuissa ja myös ombrotrofisen aineiston osalta.

Faktorien 1 ja 2 keskiarvot minerotrofisessa ja ombrotrofisessa aineistossa ovat erittäin merkittävästi erisuuret, faktorin 4 vastaavasti yli 99.9 %:n ja faktorin 3 yli 95 % todennäköisyyss- tasolla.

Jos alkuperäiset näytteet järjestetään faktori- pistemääriensä perusteella esim. faktoreiden 1 ja 2 suhteen koordinaatistoon (kuva 8), nähdään, että ombrotrofisen ja minerotrofisen aineisto keskittyvät omille alueilleen, jotka kuitenkin reunoiltaan menevät päällekkäin. Samoin käy, joskin selvästi pienemmällä pei- tolla, jos otetaan faktori 1 vastaan faktori 4 (kuva 10). Peittoalueen useimmat ombrotrofiset näytteet ovat siinä ruoppakuljuja, jotka jo aiem- minkin todettiin vesikemiallisesti muita ”mi- nerotrofisemmiksi”.

#### KIRJALLISUUTTA

- Aartolahti, T. 1965. Oberflächenformen von Hochmooren und ihre Entwicklung in Südwest- Håme und Nord-Satakunta. Fennia 93:1, 1–268.  
Ahl, T. ja Jönsson, E. 1972. Boron in Swedish and Norwegian fresh waters. Ambio 1, 66–70.

- Aletsee, L. 1967. Begriffliche und floristische Grundlagen zu einer pflanzengeographischen Analyse der europäischen Regenwassermoorstandorte (Mit einer Diskussion der floristischen Gradienten innerhalb der europäischen Hochmoor- vegetation). Beitr. Biol. Pflanzen 43, 117–160.  
Buch, K. 1960. Zusammensetzung des atmosphä- rischen Niederschlages in Finnland. Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys.-Math. 24:10, 1–26.  
Gast, J. A. ja Thompson, T. G. 1959. Evaporation of boric acid from sea water. Tellus 11, 344–347.  
Haapala, Kirsti, 1972. Sadeveden laatu Suomessa 1971. (Summary: The Quality of rainwater in Finland according to observations made during 1971). Vesihallitus-National Board of Waters, Finland, Tiedotus/Report 26, 1–49.  
Kivinen, E. 1933. Suokasvien ja niiden kasvu- alustan kasvinravintoainesuhteista. Referat: Unter- suchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. Acta Agr. Fenn. 27, 1–140.  
Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta. Referat: Ueber die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerboden auf Grund der in den Jahren 1955– 1970 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsunter- suchungen. Viljavuuspalvelu OY, Helsinki, (182 s.).  
Malmer, N. 1962. Studies on mire vegetation in the archean area of southwestern Götaland (South Sweden). I. Vegetation and habitat conditions on the Åkhult mire. II. Distribution and seasonal variation in elementary constituents on some mire sites. Op. Bot. 7, 1:1–322, 2:1–11.  
Odum, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. (3d ed.). Philadelphia: Saunders Company. – 574 pp.  
Ruuhijärvi, R. 1960. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. Ann. Bot. Soc. Vanamo 31:1, 1–360.  
Witting, M. 1949. Kalsiumhalten i några nord- svenska myrvatten. Sv. Bot. Tidskr. 43:2–3, 715– 739.

#### SUMMARY:

### ON THE NUTRIENT CONTENT OF SURFACE WATER IN OMBROTROPHIC

#### MIRE COMPLEXES IN FINLAND

The present author has commenced a research in Finland concerning the chemical background of the division of mires into minerotrophic and ombrotrophic ones on the basis of their vegetation (see, for example, Aletsee 1967). The preliminary report presented in this paper

is based on a sample material collected from superficial water in depressions in 32 mire complexes located in southern and central Finland. A total number of 229 samples were collected in the years 1972 and 1973, but most of the statistical treatments were made

only on data obtained in 1972 (138 samples).

The ombrotrophic water samples were taken from depressions the ombrotrophic properties of which were indisputable on the basis of their vegetation. In most cases the sampling points were also known from earlier times, even for their stratigraphy. The minerotrophic samples were collected from the same mires from the border between ombrotrophic and minerotrophic vegetation, many of them from so-called minerotrophic windows. Most of the minerotrophic sites were representative of extremely poor fen vegetation.

The material comes solely from extremely wet ombrotrophic mire complexes in which, if possible, all the three types of depressions studied were represented, i.e., open water pools, Sphagnum moss hollows and mud-bottom hollows (e.g. Aartolahti 1965).

Although the average pH and electrolyte content of minerotrophic mire water are significantly higher than those of ombrotrophic water (bog water), it is rarely possible in nature to draw a distinct border between these main types of mire soil water on the basis of their chemical properties. This is true even in those cases when there is a clear limit as judged from the vegetation. The width of the border area varies greatly depending on the parameter used. The discriminating variables are presented in Table 1 in order of their "quality" in this respect. Ombrotrophic and minerotrophic waters differ from each other significantly in the case of thirteen of the properties investigated in the present study (cf. also Figs. 1–5).

In the case of certain basic nutrients such as phosphorus and nitrogen the differences in contents between poor fen water and bog water are negligible. This seems to be true also for their algal primary production (AGP), which is of a magnitude of  $90 \text{ mg C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ , a value corresponding to that recorded for the poorest oligotrophic lakes.

Selective regression analysis gave the following factors as dependent variables for ombro-minerotrophy (the percentages indicate the cumulative degree of explanation): pH (23.6 %), Cl (33.5 %), Fe (39.0 %), P (43.5 %) and Mo (45.2 %). After these five steps the increases were rather small, and all the nineteen chemical variables studied explained 48.5 % of the afore-mentioned trophy division on the basis of the plant cover. The correlation between the most important dependent variable (the pH) and several metal cations (Ca, Mg, Na and

K) was so close that the latter had to be excluded from the regression model. This explains the difference to the comparison carried out using the t test alone (Table 1).

In certain respects there are significant differences between the different types of depressions studied; most of them can be seen from Table 1 and Figs. 1–5. It is deserving of notice that open water pools have a higher pH than the other types of depressions and that the chemical properties of the water in mud-bottom hollows come rather close to those of poor minerogenic water in many respects.

The chemical properties of ombrogenic mire water of course resembles that of rain water in many respects (Fig. 6). This is also true for the regional variations in the contents of certain elements in these types of water. As examples, let us mention chloride, boron, sodium and copper. On the basis of the 1972 material molybdenum forms a clear map figure which might be due to long-distance transportation from Central Europe.

Weather conditions at time of sampling and at least the precipitation of the preceding month also affected some of the variables studied. So, for example, rainfall seems to decrease the concentrations of boron, manganese and hydrogen ions, and increases at least those of molybdenum and ammonium. Temperature affects many chemical factors, particularly nitrogen and manganese.

Between the chemical properties of the materials collected in 1972 and 1973 significant differences were observed only in the case of phosphorus and iron contents and of conductivity, the values of which were higher in the latter summer. Although the material was rather small, the results obtained are in good conformity with those presented by other research workers. The greatest degree of stability with regard to variations with time seems to occur in the case of certain metal cations such as calcium and magnesium.

Factorial analysis turned the variables into four more or less reasonably interpretable factors in the case both of all mire waters and of bog waters. Grouping the observations on the basis of the factorial value of the strongest factors strengthened the conception that there is a certain zone of chemical overlapping at the border between ombrotrophy and minerotrophy. In the author's opinion this limit is more or less diffuse in the same climatic and mire zones with respect to the chemical properties of peat as well.