

ODC 114.2:  
237.2

# FOLIA FORESTALIA 405

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

---

---

PENTTI SEPPONEN JA  
HEIKKI HAAPALA

---

OJITUKSEN VAIKUTUKSESTA  
TURPEEN KEMIALLIISIIN  
OMINAISUUKSIIN

---

ON THE EFFECT OF  
DRAINAGE ON THE  
CHEMICAL PROPERTIES  
OF PEAT

---

- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa.  
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi.  
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Väliavarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.  
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan.  
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.  
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.  
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi.  
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.  
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.  
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great sallow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätilastollinen vuosikirja 1976.  
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.  
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaamahdollisuudet.  
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).  
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae)
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.  
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus.  
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.  
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.  
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.  
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.  
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.  
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.  
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.  
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keski- ja pohjois-Suomen metsäalueiden talvilaidunten inventointi.  
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.  
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.  
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.

FOLIA FORESTALIA 405

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Pentti Sepponen ja Heikki Haapala

OJITUKSEN VAIKUTUKSESTA TURPEEN KEMIALLISTIIN  
OMINAISUUKSIIN

On the effect of drainage on the chemical properties of peat

ODC 114.2:237.2  
ISBN 951-40-0409-4  
ISSN 0015-5543

SEPPONEN, P. & HAAPALA, H. 1979. Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Summary: On the effect of drainage on the chemical properties of peat. *Folia For.* 405:1—16.

Tutkimuksessa analysoitiin P:n, K:n, Ca:n, Mg:n, Fe:n ja typpiyhdisteiden uuttuvuutta turpeessa. Samalla tutkittiin mainittujen ravinteiden pitoisuudessa, turpeen pH-arvossa ja vesipitoisuudessa ojituksen seurauksena tapahtuvia muutoksia Ylikiimingissä, Pohjois-Pohjanmaalla.

Turpeiden vesipitoisuuden todettiin noudattavan ilmaston muutoksia ja vuonna 1970 ojitettujen soiden turve oli selvästi muita kuivempaa. Turpeissa ilmeni tutkimusajanjaksona happamoitumista sekä ojitetuilla että ojittamattomilla koaloilla. Turpeen kalsiumpitoisuuden vaihtelu selitti 33 % pH-arvon vaihtelusta. Ammoniumtypen määrä oli selvästi suurin vuonna 1970 ojitetuilla ja nitraattityppi lisääntyi tilastollisesti merkitsevästi vuonna 1973 ojitetuilla koaloilla. Ammoniumtypellä todettiin negatiivinen korrelaatio vesipitoisuuteen.

Turpeen kalsium ja magnesium uutuivat lähes täydellisesti happamaan ammoniasetaattiin, eikä niiden määrässä havaittu ojituksesta johtuvia muutoksia. Niiden välillä vallitsee erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio. Kaliumin uuttuvuus vaihteli 40—100 prosenttiin. Selvää ojituksen vaikutusta uuttuvan kaliumin määrään ei todettu.

Fosforin ja raudan uuttuvuus on huomattavasti heikompi kuin edellä mainittujen ravinteiden. Niiden välillä on merkitsevä positiivinen korrelaatio. Fosforin määrässä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia tutkimusajanjaksona, uuttuvan raudan määrä lisääntyi ojittamattomilla koaloilla.

---

The extractability of nitrogen compounds and P, K, Ca, Mg, and Fe in peat was analyzed. Simultaneously, after-drainage changes in the above-mentioned nutrients, the pH and water content of peat were investigated in Ylikiimingi, northern Bothnia.

The peat water content correlated with climatic conditions. The peat in swamps drained in 1970 was distinctly drier than the others. The peat on both undrained and drained plots became more acid during the investigation period. The changes in the calcium content of peat were responsible for 33 % of the pH variation. The amount of ammonium was clearly at its highest on the plots drained in 1970. Nitrate nitrogen increased statistically significantly on the plots drained in 1973. A negative correlation was found between ammonium nitrogen and the water content.

Peat calcium and magnesium were almost completely extracted by acid ammonium acetate, and their amounts remained unchanged after drainage. There was a very significant, positive correlation between these two nutrients. The extractability of potassium varied from 40 to 100 per cent. Drainage seemed to play no clear role in the amount of extractable potassium.

The extractability of phosphorus and iron was considerably poorer than that of the other included nutrients. There was a significant, positive correlation between them. No significant changes occurred in the phosphorus rates during the investigation; whereas the amounts of extractable iron increased on undrained plots.

## ALKUSANAT

Tämä julkaisu on osa laajempaa tutkimusta, jota on tehty Ylikiimingissä Nuorittajoen varressa tapahtuvien suo-ojitusten ekologisten vaikutusten selvittämiseksi. Tutkimus on aloitettu v. 1971 ja sen on rahoittanut Suomen Akatemia. Kenttäkokeet on suunnitellut pääasiallisesti FT Heikki Haapala. Maasto- ja laboratoriotutkimuksissa ovat allekirjoittaneita avustaneet LuK Ritva Hiltunen ja FL Juhani Häggman. FK Pentti Sepponen on kirjoittanut liseniaattitutkielman Oulun yliopiston kasvitieteen laitokselle aineistosta, josta osa on otettu tähän tutkimukseen. Tätä työtä varten aineisto on käsitelty uudelleen pääasiallisesti Sepposen toimesta hänen siirryttyään Metsäntutkimuslai-

toksen palvelukseen. Tekijät ovat yhdessä viimeistelleet käsikirjoituksen. Haapala on ohjannut ja johtanut tutkimusryhmää alusta asti.

Aineiston laskennassa ovat tekijöitä avustaneet tutkimusapulainen Lea Rapakko ja laboratorioapulainen Raija Kiimalainen. Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professorit Olavi Huikari ja Erkki Lähte. Englanninkielisen osan on kääntänyt FK Leena Kaunisto. Kaikille edellä mainituilla lausumme parhaat kiitokset.

Rovaniemellä ja Oulussa huhtikuussa 1979

*Pentti Sepponen*

*Heikki Haapala*

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	6
21. Tutkimusalue .....	6
22. Mittaukset ja aineiston käsittely .....	8
3. TUTKIMUSTULOKSET .....	8
31. Turpeen vesipitoisuuden happamuuden vaihtelu .....	8
32. Turpeen ravinteiden uuttuvuus ja pitoisuuden vaihtelu .....	9
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	12
5. KIRJALLISUUSLUETTELO .....	14
6. SUMMARY .....	15

## 1. JOHDANTO

Turpeen pH-arvoa on pidetty eräänä sen merkittävimmistä kasviekologisista indikaattoreista ja sitä on myös paljon tutkittu (esim. Kotilainen 1928, Lukkala 1929, Puustjärvi 1960 ja 1968 sekä Vahtera 1955). Lukkala ja Vahtera ovat todenneet turpeen kuivuessa tapahtuvan happamoitumista. Vahteran (emt., s. 30) mukaan pH-arvon aleneminen on nopeinta heti ojituksen jälkeen ja tapahtuu hitaammin kuivumisen ehdittyä pitemmälle. Se on myös erilaista eri suotyypeillä ja eri turvelajeilla siten, että luonnostaan neutraalimmat turpeet happamoituvat suhteellisesti enemmän kuin happamat.

Turpeen kuivuessa aerobisuusraja alenee, biologinen toiminta aktivoituu ja turpeen hajoaminen nopeutuu (ks. Vahtera emt., Lähde 1969 ja 1971). Tällöin voi orgaaniseen ainekseen sitoutuneita ravinteita vapautua. Luonnontilaisissa turpeissa eräistä ioneista vain pieni osa uuttuu happamaan (pH 4,65) ammoniumasetaatin ja etikkahapon seokseen (ks. Viro 1965, s. 5—7). Suurin osa on sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin tai esiintyy vaikealiukoisina epäorgaanisina saostumina. Turpeen maatuessa ainakin osa yhdisteistä hajoaa, jolloin liukoisten ravinteiden määrä kasvaa. Myös edellä mainittu happamoituminen saattaa vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen.

Turpeen liukoisten ravinteiden määrään vaikuttavat toisilleen vastakkaiset tekijät: turpeen hajotessa niitä toisaalta vapautuu orgaanisista yhdisteistä, mutta samanaikaisesti niitä voi poistua huuhtoutumalla, sitoutua rehevöityvään kasvillisuuteen tai mikrobitooneen (esim. Vahtera emt.). Ojituksen seurauksena monien kasvien, kuten kseromorfisten varpujen, biomassaa kasvaa (ks. Mannerkoski 1970 ja Sarasto 1961).

Fosfori on turvemaissa pääasiassa vaikealiukoisina orgaanisina yhdisteinä ja vain pieni osa siitä uuttuu heikkoihin luottimiin tai ioninvaihtajiin (Kaila 1956a ja b, 1958, 1959, 1963a ja b sekä Kaila ja Missilä 1956, Malmer 1962a, s. 20, Valmari

1971 ja Viro 1965, s. 5—7). Hapan ammoniasetaatti uuttaa maasta Auran (1978) mukaan vähän enemmän fosforia kuin mitä kasvit pystyvät käyttämään hyväkseen. Kuitenkin siihen uuttuva osuus on vain pieni osa fosforin kokonaismäärästä maassa. Näin ollen pitäisi uuttuvan fosforin määrän lisääntyä turpeen maatuessa.

Fosforin mobilisoituminen riippuu todennäköisesti myös siitä, miten se on sitoutunut muihin ioneihin, kuten rautaan ja alumiiniin (ks. Kaila 1963b, Puustjärvi 1952 ja Valmari 1970). Ammoniumasetaattiin eivät näinollen uutu välttämättä kaikki epäorgaaniset fosforyyhdisteet. Vahteran (1955, s.71) mukaan maatumisen yhteydessä mikrobitoiminta lisää jonkin verran vesiliukoisen orgaanisen fosforin kokonaismäärää, mutta fosforin mineralisoituminen on erittäin hidasta. Ammoniumasetaattiin uuttuu näinollen myös orgaanisia fosforyyhdisteitä.

Kaliumin määrä turpeessa on Valmarin (1971) mukaan vähäinen ja se on myös huomattavasti helppoliukoisempi kuin fosfori. Kaikki turpeessa oleva kalium ei kuitenkaan uutu  $\text{NH}_4$ -asetaattiin (ks. Elveland 1976, taulukot 37—44). Kaliumin uuttuvan määrän voi siis olettaa ainakin aluksi lisääntyvän turpeen maatumisen nopeuduttua. Myöhemmin kalium saattaa helposti huuhtoutuvana ravinteena jopa vähentyä. Vahtera (emt., s. 76) toteaa omassa aineistossaan esiintyvän muutoksia molempiin suuntiin. Typeä on turpeessa runsaasti, mutta se on vaikealiukoisessa muodossa. Sen mobilisoitumistuotteita ovat  $\text{NH}_4$ - ja  $\text{NO}_3$ -typpi (Malmer 1962a).

Eräät tärkeät ravinteet kuten kalsium ja magnesium uuttuvat melko täydellisesti  $\text{NH}_4$ -asetaattiin (Elveland emt. ja Valmari emt.). Näinollen niiden uuttuvassa määrässä ei voine tapahtua selviä muutoksia ellei myös kokonaismäärä muutu. Vahtera (emt., s. 62) toteaa kalsiummäärän vähenevän ojituksen jälkeen. Muutos on kuitenkin yksittäisissä tapauksissa hyvin eri suuruinen ja joskus on tapahtunut pitoisuuden kasvuakin.

Oma vaikutuksensa soiden ravinteisuuteen on sääolosuhteilla, jotka vaihtelevat vuosittain (ks. Yefimov ja Yefimova 1973, s. 645—647). Myös eri vuodenaikoina voi ravinteisuudessa olla selviä eroja, jotka johtuvat erilaisista sääoloista ja kasvillisuuden toiminnasta sekä mahdollisesti valunnassa tapahtuneista muutoksista. Yefimov ja Yefimova (emt.) ovat todenneet, että rautamäärä suovedessä vaihtelee melko paljon; magnesium- ja kalsiummäärä taas vähän sulan maan aikana (myös Löttschert ja Gies 1973).

Aikaisemmin on nyt tutkituista soista julkaistu perusaineistoa turpeen ravinteista

(Sepponen ym. 1978). Myös valuntavesien, sadeveden ja lumen sulamisveden kemiallisia ominaisuuksia sekä niiden välisiä riippuvuuksia alueella on analysoitu (Hapala ym. 1976 ja 1977). Tässä työssä ovat tutkimuskohteina ensimmäisten ohitusta seuranneiden vuosien aikana tapahtuvat muutokset turpeen pH-arvossa, uuttuvan kalsiumin, magnesiumin, kaliumin ja fosforin määrässä, vesipitoisuudessa sekä  $\text{NO}_3^-$  ja  $\text{NH}_4^-$  tyyppien määrässä. Tavoitteena on myös selvittää mainittujen kemiallisten kasvupaikkatekijöiden keskinäisyyksiä ja arvioida uuttamismenetelmän soveltuvuutta ravinteiden mobilisoitumisen tutkimiseen.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Tutkimusalue

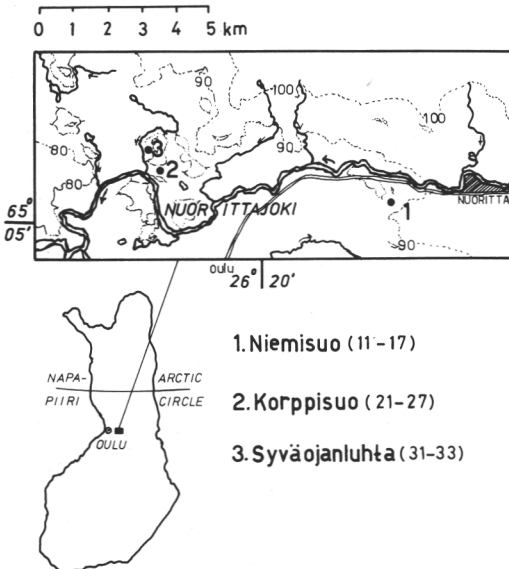
Tutkitut suot sijaitsevat Ylikiimingissä Nuorittajoen varressa. Alueen koordinaatit ovat  $65^{\circ}06'N$ ,  $26^{\circ}20'E$  (kuva 1). Alue on Pohjois-Pohjanmaan liuskevyöhykettä, jolle on tyypillistä stauroliittiliske (Enkovaara, Härme ja Väyrynen 1953, s. 108—113). Maapeite on pääasiassa moreenia (Korppisuon ja Syväojanluhdan alueet) ja hiekkaa (Niemisuo ES-reuna). Boniteiltaan parhaita soita alueella edustavat ruoho- ja heinäkorvet, eutrofisemmat suot puuttuvat. Maapinta-alasta on soita yli 60% (Ilvessalo 1960) ja se kuuluu Pohjanmaan aapasuoalueeseen. Alueen korkeus meren-

pinnasta on 80—100 m, se kuuluu ns. lakeusalueeseen, jossa suot ovat enimmäkseen verrat ohutturpeisia.

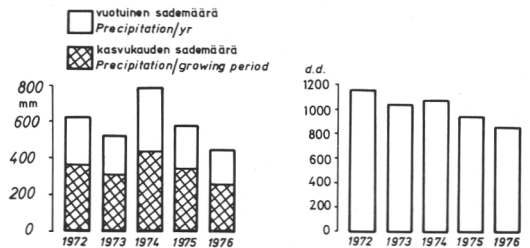
Tutkimusalue sijoittuu melko tarkoin Pelson (Vaala) ja Pudasjärven säähavaintoasemien puolivälillä. Tässä työssä käytetään asemilta saatujen mittaustulosten keskiarvoja (kuva 2).

Kasvukauden lämpösomma on selvästi laskenut tutkimuskauten aikana (kuva 2). Vuosi 1974 oli hyvin saateinen sekä kasvukauden että koko vuoden osalta. Kaikkein vähäisin on sademäärä ollut viimeisen tutkimusvuoden 1976 kasvukautena. Ilmaston humidisuutta kuvaava luku (kuva 3) on laskettu Aaltosen (1933) esittämällä menetelmällä. Humidisuudella katsotaan olevan vaikutusta veden liikkeisiin maassa. Vuosi 1974 eroaa selvästi muista myös humidisuudeltaan, sen sijaan vuosien 1975 ja 1976 välillä ei ole sanottavaa eroa erilaisesta sademäärästä huolimatta, mikä johtunee vuoden 1976 poikkeuksellisen alhaisesta keskilämpötilasta.

Taulukossa 1 esitetään koealojen suotyyppi ja eräitä turpeen ominaisuuksia. Koealat pyrittiin valitsemaan ojitettavalta alueelta siten, että ne edustaisivat mahdollisimman hyvin vallitsevaa suotyyppijakaumaa. Niiden lopullinen rajaaminen tapahtui maastossa ja niiden koko



Kuva 1. Koealojen sijainti.  
Fig. 1. Location of plots.



Kuva 2. Sademäärä ja tehoisan lämpötilan summa tutkimusajanjaksona. Lähde: Kuukausikatsaus... 1972—1976.

Fig. 2. Precipitation and effective temperature sum during the investigation. Source: Kuukausikatsaus... 1972—1976.



on 5 × 5 m. Maatuneisuusaste määritettiin 10–20 cm:n syvyydeltä elävän sammalkerroksen alapuolelta. Vähäisinä esiintyvät, mutta selvästi tunnistettavat turpeen lisätekijät on merkitty turvelajin nimeen sulkumerkeillä varustettuna.

Tutkittujen soiden ravinnevarat määritettiin (kg/ha) koealoilta saatujen mittausten keskiarvoina. Tulos on samansuuntainen aikaisemmin esitettyjen kanssa (S e p p o n e n ym. 1978):

	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Na	Tuhkaa
Niemisuo	216	106	92	418	1569	4	40	10 600
Korppisuo	228	100	166	622	2105	10	48	13 000
Syväojarluhta	284	160	320	1116	2190	6	66	21 400

Soiden sijainti esitetään kuvassa 1. Kuvaan on merkitty kunkin suon nimen jälkeen sulkuihin numerot niistä koealoista, jotka sijaitsevat kyseisellä suolla. Koealat jaoteltiin seuraaviin ryhmiin niiden hydrologian mukaisesti:

1. Ojittamattomat avosuokoealat (13, 14 ja 15)
2. Vuonna 1970 ojitetut, metsää kasvavat koealat (11, 12, 16 ja 17)
3. Vuonna 1973 ojitetut, metsää kasvavat koealat (22, 27, 31 ja 33)
4. Vuonna 1973 ojitetut avosuokoealat (21, 24, 25 ja 32)

Taulukko 1. Koealojen suotyypit R u u h i j ä r v e n (1960) mukaan.  
Table 1. Swamp types of the plots according to R u u h i j ä r v i (1960).

Koeala n:o Sample plot	Suotyyppi Swamp type	Ojitusvuosi Year of ditching	Turpeen paksuus (m) Peat depth (m)	Turvelaji ja maat.aste Peat type and degree of humification		Turpeen tuhkapitoisuus (%) Ash content of peat (%)
11	<i>Sphagnum fuscum</i> -räme <i>Sphagnum fuscum</i> pine bog	1970	0,8	CS-t	H <sub>6</sub>	3,8
12	Minerotrofinen lyhytkorsineva <i>Minerotrophic short-sedge fen</i>	1970	1,7	(N)CS-t	H <sub>6</sub>	4,9
13	<i>Sphagnum majus</i> -rimpineva <i>Sphagnum majus-flark fen</i>	ei oj. not ditched	1,9	CS-t	H <sub>4</sub>	5,3
14	<i>Empetrum-Sph. fuscum</i> -räme <i>Empetrum-Sph. fuscum</i> pine bog	ei oj. not ditched	1,4	(N)S-t	H <sub>1</sub>	2,7
15	Rimpimäinen <i>Sph. balticum</i> -neva <i>Short-sedge fen with Sph. balticum flarks</i>	ei oj. not ditched	1,4	CS-t	H <sub>2</sub>	3,0
16	Lyhytkortinen nevaräme <i>Short-sedge pine fen</i>	1970	0,8	(N)CS-t	H <sub>5</sub>	5,7
17	Lyhytkortinen nevaräme <i>Short-sedge pine fen</i>	1970	0,3	CNS-t	H <sub>6</sub>	4,5
21	Varsinainen suursaraneva, luht. <i>True tall-sedge fen with swamp influence</i>	1973	1,4	(NS)C-t	H <sub>3</sub>	9,1
22	Sararäme <i>Tall-sedge pine fen</i>	1973	1,5	(N)SC-t	H <sub>3</sub>	5,9
24	Varsinainen suursaraneva <i>True tall-sedge fen</i>	1973	2,6	(NC)S-t	H <sub>2</sub>	4,5
25	Varsinainen suursaraneva <i>True tall-sedge fen</i>	1973	>5	(NC)S-t	H <sub>2</sub>	6,2
27	Varsinainen nevakorpi <i>True birch fen</i>	1973	1,2	C-t	H <sub>4</sub>	6,6
31	Luhtainen nevakorpi <i>Poor swampy birch fen</i>	1973	0,8	(N)SC-t	H <sub>4</sub>	17,2
32	Varsinainen suursaraneva, luht. <i>True tall-sedge fen with swamp influence</i>	1973	1,8	(N)SC-t	H <sub>3</sub>	6,5
33	Varsinainen ruoho- ja heinäkorpi <i>True grass and herb-rich spure mire</i>	1973	1,1	(LN)SC-t	H <sub>4</sub>	7,2

## 22. Mittaukset ja aineiston käsittely

Tutkitut turvenäytteet otettiin vuosina 1972—1976 kesä-elokuun aikana. Kultakin koelalalta otettiin satunnaisista kohdista näytteenottokerralla kaksi näytettä: toinen elävän kasvikerroksen alapuolelta 0—10 cm:n ja toinen 10—20 cm:n syvyydeltä. Yhteensä analysoitiin 308 turvenäytettä.

Näytteiden pH-arvot määritettiin käyttäen vesiuuttoa (1 osa turvetta, 2 osaa vettä) ja pH-mittareita Radiometer PHM 24e ja 29b. Vesipitoisuus määritettiin punnitsemalla tuore ja yön yli +105° C:n lämpötilassa kuivattu turvenäyte sekä laskemalla erotus prosentteina turpeen kuivapainosta.

Vaihtuvien kationien (K, Mg, Fe, Ca ja Mn) ja fosforin uuttamiseen käytettiin hapanta ammoniumasetaattia (pH 4,65) ja ammoniakkin ja nitraatin uuttamiseen IN-kaliumkloridia (Jackson 1958, s. 82—110). Kokonaisravinnemäärät uutettiin kuivatusta, jauhetusta ja homogenisoidusta turpeesta polttamalla siitä orgaaninen aines

muhveliunissa +450—500° C:n lämpötilassa (4—6 tuntia) ja liuottamalla jäljelle jäänyt tuhka 20-prosenttiseen HCl:oon. Tuhkapitoisuus saatiin punnitsemalla poltossa jäljelle jäänyt tuhka.

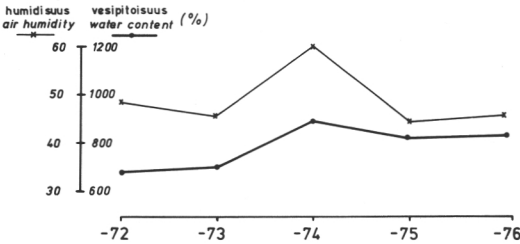
Saaduista uutteista määritettiin kationit atomiabsorptiospektrofotometrillä (Perkin Elmer AAS M300), jolloin Ca ja Mg mitattiin LaCl<sub>3</sub>-liuoksesta (väkevyys 5%). Ammoniakki- ja nitraattimääritykset tehtiin Vesianalyysitoimikunnan mietinnön (1968) ja fosfori Koroleffin (1968) esittämin menetelmin.

Uuttuvat ravinnemäärät ilmoitetaan mg/l luonnontilaista turvetta ja kokonaisravinnemäärät mg/100 g kuivaa turvetta. Ravinteiden kokonaismäärät kg/ha:lle laskettiin 2 dm:n paksuisessa turpeen pintakerroksessa käyttäen hyväksi tietoja turpeen luonnontilaisesta tilavuuspainosta ja vesipitoisuudesta. Samoin arvioitiin (5 %:n tarkkuudella) uuttuvien ravinteiden osuus kokonaismäärästä. Keskiarvojen laskentaa ja tilastollista testausta varten muutettiin pH-arvot cH-arvoiksi ennen laskujen suorittamista (esim. Lähde 1969, s. 22—23).

## 3. TUTKIMUSTULOKSET

### 31. Turpeen vesipitoisuuden ja happamuuden vaihtelu

Tarkasteltaessa turpeen vesipitoisuutta koelaryhmittäin, ei voida havaita sen vähenemistä ojituksen jälkeisenä aikana, vaan kehitys on ollut jopa päinvastainen (ks. tauluk-



Kuva 3. Ilmaston humidisuusindeksin ja tutkittujen turvenäytteiden vesipitoisuuden keskiarvon vaihtelu.

Fig. 3. Variation in the humidity index of air and in the water content means of peat samples.

Taulukko 2. Turpeen vesipitoisuuden muutos eri tarkasteluryhmissä (vesipitoisuus prosentteina kuivapainosta). Tarkasteluryhmit: I = koelalat 13—15, II = koelalat 11, 12, 16 ja 17, III = koelalat 22, 27, 31 ja 33, IV = koelalat 21, 24, 25 ja 32.

Table 2. Changes in peat water content in various test groups (water content expressed as percentage of dry weight.). Test groups: I = plots 13—15, II = plots 11, 12, 16 and 17, III = plots 22, 27, 31 and 33, IV = plots 21, 24, 25 and 32

Ryhmä-Group	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
1972—1973	862	260	22	472	198	34	798	210	24	796	178	20
1974—1976	1180	327	24	572	249	37	856	260	42	941	382	43
Muutos-Change	+318			+100			+58			+145		
t-arvo-t-value	3,63***			1,86			0,93			2,06*		

ko 2). Selvintä vesipitoisuuden kasvu on ollut ojittamattomien koelajojen ryhmässä I, mutta tilastollisesti jokseenkin merkitsevää myös ryhmässä IV. Molemmista ryhmissä on kyseessä avosuota. Kaikkien koelajojen vesipitoisuuksien keskiarvo noudattaa jotensakin vuotuista sademäärää ja etenkin Martonnen humidisuusluvun vaihtelua (kuva 3). Havaintokesien vähydestä johtunee, ettei riippuvuudelle kuitenkaan saatu tilastollista merkitsevyyttä.

Edellä sanotun perusteella ei voida osoittaa ojituksen vaikutusta vuonna 1973 ojitettujen soiden turpeen vesipitoisuuteen. Se näyttää paremminkin noudattelevan sään vaihtelua: sademäärää ja humidisuuslukua. Sen sijaan vuonna 1970 ojitettujen soiden turve on muita selvästi kuivempaa ja myös aineiston maatumointa (taulukot 1 ja 2).

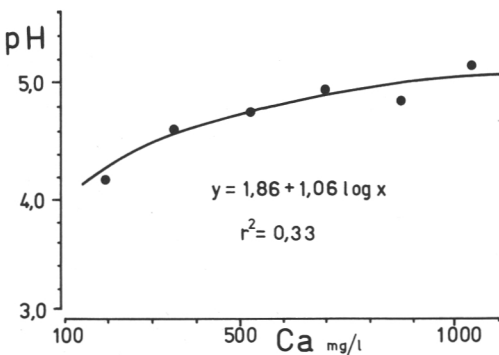
Turpeen cH-arvo on kasvanut (pH-arvo laskenut) kaikissa tutkituissa ryhmissä oji-

Taulukko 3. Turpeen vetyionikonsentraation muutos eri tarkasteluryhmissä. Tarkasteluryhmät: ks. taulukko 2.  
Table 3. Changes in hydrogen ion concentration of peat in various test groups. Test groups: see table 2.

Ryhmä—Group	1972—1973	1974—1976	Muutos—Change	t-arvo—t-value
I $\bar{x}$ s n	$57,4 \times 10^{-6}$ $32,3 \times 10^{-6}$ 34	$155,6 \times 10^{-6}$ $167,9 \times 10^{-6}$ 24	$+98,2 \times 10^{-6}$	2,83**
II $\bar{x}$ s n	$59,2 \times 10^{-6}$ $50,2 \times 10^{-6}$ 44	$133,5 \times 10^{-6}$ $162,3 \times 10^{-6}$ 38	$+74,3 \times 10^{-6}$	2,71*
III $\bar{x}$ s n	$16,4 \times 10^{-6}$ $14,7 \times 10^{-6}$ 33	$24,7 \times 10^{-6}$ $18,5 \times 10^{-6}$ 42	$+8,3 \times 10^{-6}$	2,11*
IV $\bar{x}$ s n	$16,7 \times 10^{-6}$ $12,4 \times 10^{-6}$ 32	$37,2 \times 10^{-6}$ $30,6 \times 10^{-6}$ 44	$+20,5 \times 10^{-6}$	4,01***

tusajankohdan jälkeen (taulukko 3). Kaikkein merkitsevintä lisäys on ollut vuonna 1973 ojitetuilla avosuokoealoilla. Myös ojitamattomilla avosuokoealoilla on happamoituminen ollut merkitsevämpää kuin ensimmäiseksi ojitetuilla ja v. 1973 ojitetuilla metsää kasvavilla koealoilla, joilla tosin niilläkin on tapahtunut selvää vetyionikonsentraation lisäystä.

Yksittäisistä muuttujista parhaiten pH:n vaihtelua selittää turpeen kalsiumpitoisuus. Riippuvuus on kuvan 4 esittämän mallin mukainen. Rautapitoisuuden ottaminen malliin mukaan selittäjäksi nosti selitysasteen 33:sta 41 prosenttiin ja vesipitoisuuden mukaanotto kohotti sitä enää yhdellä prosentilla. Muilla ekologisilla muuttujilla, jotka tässä tutkimuksessa on mitattu, ei ollut sanottavaa selitys-arvoa.



Kuva 4. Turpeen pH-arvon riippuvuus kalsiumpitoisuudesta. Pisteet esittävät ryhmäkeskiarvoja.

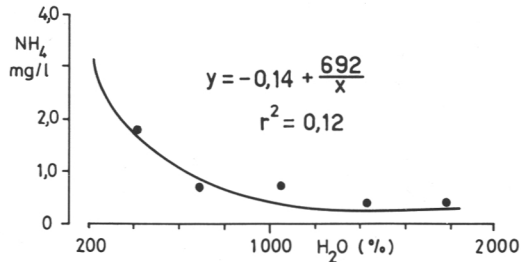
Fig. 4. Correlation between peat pH and calcium content. Points represent group means.

### 32. Turpeen ravinteiden uuttuvuus ja pitoisuuden vaihtelu

Vanhimpien ojikoiden ryhmässä II havaitaan lievää turpeen ammoniakkipitoisuuden laskua, joka ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää (taulukko 4). Nuorempien ojikoiden ryhmässä III (metsää kasvavilla koealoilla) on havaittavissa jokseenkin merkitsevää pitoisuuden lisääntymistä, ryhmissä I ja IV ei ole tapahtunut sanottavaa muutosta mihinkään suuntaan.

Ammoniakkipitoisuudella todettiin selvin korrelaatio turpeen vesipitoisuuden kanssa. Riippuvuudelle laskettu malli on esitetty kuvassa 5. Se varmentaa käsitystä kuivumisen vaikutuksesta ammoniakkipitoisuutta lisäävänä tekijänä.

Nitraattianalyysitulosten tarkastelu vahvistaa osaltaan edellä esitettyä olettamusta. Tarkastelua tosin häiritsee se, ettei ryhmien I ja II koealoilta ole tehty yhtä paljon nitraattipitoisuushavaintoja kuin ryhmien III ja IV



Kuva 5. Ammoniumtyyppipitoisuuden riippuvuus turpeen vesipitoisuudesta. Pisteet esittävät ryhmäkeskiarvoja.

Fig. 5. Correlation between ammonium nitrogen and the water content of peat. Points represent group means.

Taulukko 4. Turpeen ammonium- ja nitraattityypipitoisuuden muutos eri tarkasteluryhmissä (mg/l tuoretta turvetta). Tarkasteluryhmät: ks. taulukko 2.

Table 4. Changes in ammonium- and nitrate nitrogen content of peat in various test groups (mg/l fresh peat). Test groups: see table 2.

Ryhmä—Group	I			II			III			IV		
	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
Ammoniumtyyppi—Ammonium nitrogen												
1972—1973	4,2	2,5	23	20,0	20,2	32	3,3	1,5	23	5,6	11,4	24
1974—1976	4,3	4,7	24	17,3	16,9	37	5,2	5,0	40	5,7	4,5	41
Muutos Change	+0,1			—2,7			+1,9			—1,0		
t-arvo t-value		0,09			0,60			2,21*			0,41	
Nitraattityyppi—Nitrate nitrogen												
1972—1973	3,9	13,1	23	1,9	1,2	32	1,8	1,6	23	1,1	0,3	24
1974—1976	2,9	1,3	10	2,2	0,9	13	3,2	1,8	23	3,4	1,7	25
Muutos Change	—1,0			+0,3			+1,4			+2,3		
t-arvo t-value		0,36			0,81			2,79**			6,66***	

koealoilta, mutta tulokset lienevät silti vähintäänkin suuntaa-antavia. Ryhmissä III ja IV todetaan tilastollisesti erittäin merkitsevää nitraattimäärän kasvua vuoden 1973 ojituksen jälkeen (taulukko 4). Muissa tarkasteluryhmissä ei selvää muutosta ole havaittavissa. Nitraattimäärän vaihtelulle ei saatu selvää riippuvuutta mihinkään mitattuun ekologiseen muuttujaan.

Turpeen kaliumin kokonaismäärä vaihtelee

Taulukko 5. Uuttuvan kaliumin, fosforin ja raudan osuus kokonaismäärästä (%).

Table 5. Percentage of extractable potassium, phosphorus and iron from the total rate.

Koeala n:o Site no.	0—10		10—20		Syvyys (cm)—Depth (cm)			
	K	P	0—10	10—20	0—10	10—20	0—10	10—20
11	55	60	5	5	30	25		
12	100	40	15	5	35	30		
13	100	60	10	5	40	70		
14	100	90	55	20	60	80		
15	100	100	35	10	70	60		
16	100	100	20	10	30	25		
17	40	50	20	5	25	5		
21	100	65	20	<5	45	50		
22	90	100	20	10	35	25		
24	75	75	20	10	50	35		
25	85	100	5	5	65	55		
27	50	100	<5	5	20	25		
31	80	55	10	10	30	30		
32	50	100	15	5	35	45		
33	50	60	10	10	25	20		

11—146 mg/100 g kuivaa turvetta. Se näkyy uuttuneen monissa tapauksissa täydellisesti happamaan ammoniumasettaattiin (taulukko 5). Vaikealiukoisimmillaankin on uuttumisen ollut noin 40-prosenttista.

Kaliumarvoissa ei ole havaittavissa tilastollisesti merkitsevää muutosta vuoden 1973 ojituksen jälkeisenä aikana, muualla kuin ryhmässä I, jonka koealat sijaitsevat kaikki ojitamattomalla alueella (taulukko 6). Tämäkään muutos ei ole kovin suuri ja jää tässä yhteydessä vaille selitystä.

Kaliumilla ei todettu selvää korrelaatiota mihinkään mitattuun ekologiseen tekijään.

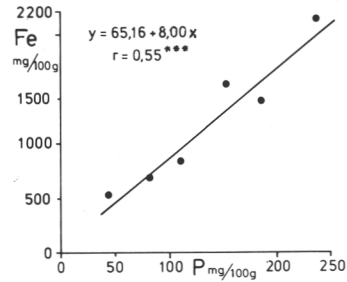
Fosforin kokonaismäärä vaihtelee n. 50—200 mg 100 g:ssa kuivaa turvetta. Sen heikko uuttuvuus happamaan ammoniumasettaattiin näkyy selvästi tutkimuksen tuloksissa (taulukko 5). Useissa tapauksissa oli uuttuvuus vain 5-prosenttista tai sitäkin heikompaa.

Rauta uuttui paremmin kuin fosfori, mutta selvästi heikommin kuin kalium (taulukko 5). Raudan kokonaismäärä vaihtelee n. 370—2550 mg:aan 100 g:ssa kuivaa turvetta, sitä on siis runsaammin kuin muita mitattuja ravinteita.

Fosfori- ja rautapitoisuuden välillä vallitsee erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio. Riippuvuutta kuvaava lineaarinen malli esitetään kuvassa 6. Paitsi eliöstötoimintaan, voi mobilisoituvaa fosforia siis sitoutua myös epäorgaanisiin yhdisteisiin. Koska fosforin uuttu-

vuus happamaan ammoniumasetaattiin on heikko ja vaihtelee koaloittain, fosforin ja raudan kokonaismäärien välinen korrelaatio (kuva 6) on voimakkaampi kuin uuttuvien määrien välinen korrelaatio ( $r = 0,36$ ).

Fosforin mittaustuloksissa (taulukko 6) ei esiinny selvää eroa ojitusta edeltäneissä ja sen jälkeisissä keskiarvoissa. Tosin ryhmissä III ja IV (vuonna 1973 ojitetut alat) on tapahtunut lievää liukoisen fosforin lisäystä mutta sekään ei ole tilastollisesti merkitsevää. Raudan mittaustulosten keskiarvoissa (taulukko 6) on tapahtunut erittäin merkitsevää kasvua ryhmässä I (ojittamattomat koalat). Muuten ei selviä muutoksia esiinny.



Kuva 6. Turpeen kokonaisrautapitoisuuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välinen riippuvuus. Pisteet esittävät ryhmäkeskiarvoja.

Fig. 6. Correlation between the total iron and the total phosphorus contents of peat. Points represent group means.

Taulukko 6. Turpeen uuttuvan K-, P-, Fe-, Ca- ja Mg-määrän muutos eri tarkasteluryhmissä (mg/l tuoretta turvetta). Tarkasteluryhmät: ks. taulukko 2.

Table 6. Changes in the extractable K-, P-, Fe-, Ca- and Mg-amount of peat in various test groups (mg/l fresh peat). Test groups: see table 2.

Ryhmä — Group	I			II			III			IV		
	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n
Kalium—Potassium												
1972—1973	33	31	29	41	26	40	47	37	30	33	20	30
1974—1976	18	8	24	50	63	38	60	55	40	51	55	40
Muutos Change	-15			+9			+13			+18		
t-arvo												
t-value	2,51*			0,82			1,18			1,91		
Fosfori—Phosphorus												
1972—1973	9,9	10,6	27	13,5	12,6	38	14,8	11,9	29	16,2	16,0	25
1974—1976	8,9	6,3	24	13,2	7,9	38	18,5	19,9	39	18,3	18,4	38
Muutos Change	-1,0			-0,3			+3,7			+2,1		
t-arvo												
t-value	0,41			0,12			0,41			0,47		
Rauta—Iron												
1972—1973	324	189	28	211	164	39	278	220	30	564	429	30
1974—1976	529	185	23	240	140	38	336	247	40	531	500	40
Muutos Change	+205			+29			+60			-33		
t-arvo												
t-value	3,90***			0,19			1,05			0,29		
Kalsium—Calcium												
1972—1973	230	68	29	217	95	40	679	255	30	372	123	30
1974—1976	191	58	24	235	116	38	564	209	39	346	124	40
muutos Change	-39			+18			-115			-26		
t-arvo												
t-value	2,22*			0,75			2,06*			0,87		
Magnesium—Magnesium												
1972—1973	47	15	29	44	17	39	169	75	30	88	35	30
1974—1976	42	9	24	55	65	38	150	62	40	91	34	40
Muutos Change	-5			+11			-19			+3		
t-arvo												
t-value	1,43			1,01			1,16			0,35		

Sekä kalsium että magnesium uuttuivat tässä tutkimuksessa täydellisesti happamaan ammoniumasetaattiin. Vain muutamissa tapauksissa saatiin kalsiumin uuttumisprosentiksi 90, magnesiumin osalta prosenttiluku oli aina 100.

Kalsiumin kokonaismäärä vaihtelee tutkimuksessa 55—766 mg:aan ja magnesiumin kokonaismäärä 16—241 mg:aan 100 g:ssa kuivaa turvetta. Aineistossa vallitsee erittäin selvä lineaarinen riippuvuus kalsiumin ja magnesiumin välillä (kuva 7).

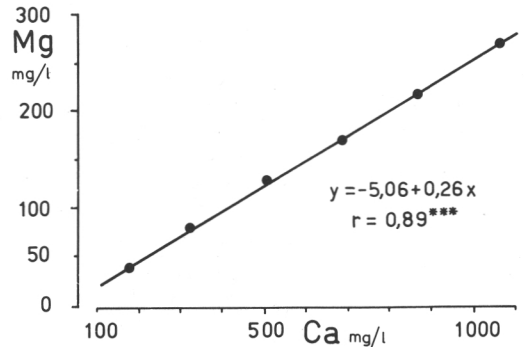
Mittaustulosten keskiarvot osoittavat pientä kalsiumin vähentymistä tarkasteluryhmissä I ja III (taulukko 6), muissa ryhmissä ei esiinny selvää muutosta. Magnesiumin mittaustuloksissa ei esiinny tilastollisesti merkitseviä muutoksia missään tarkasteluryhmissä.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimusta rajoittaa lyhyt seuranta-ajanjakso. Lisäksi suhteellisen vähäinen havaintojen lukumäärä kullakin koelalla saattaa aiheuttaa tarkasteluun epätasällisyyttä etenkin, kun otetaan huomioon ekologisten tekijöiden kasvukaudenaikainen vaihtelu. Tätä on tosin pyritty vähentämään ottamalla näytteitä kasvukauden eri aikoina. Ravinteiden uuttuvuus on laskettu melko karkeasti (5 prosentin tarkkuudella), mutta uuttuvuuserot ravinteiden välillä ovat niin selvät, ettei tulkintavaikeuksia tästä huolimatta synny.

Suon pohjavesipinnan korkeus on merkitävä pintaturpeen vesipitoisuutta säätelevä tekijä. Se vaikuttaa myös suon aerobisuusrajaan ja on siten biologisen toiminnan säätelijä (L ä h d e 1969, s. 32—37). Ojitus aiheuttaa muutoksia suon valuntasuhteisiin, sekä pinta- että pohjavesivaluntaan (A h t i 1977). Tässä tutkimuksessa ei pohjavesipinnan vaihtelua ole mitattu, sen sijaan tehtiin havaintoja turpeen vesipitoisuuden vaihtelusta.

Vuonna 1973 ojitetuilla soilla ei kuivumista ole havaittavissa, mutta vuonna 1970 ojitetujen soiden turve on merkitsevästi muita kuivempaa. Tämä on havaittu jo aikaisemmin alueelta tehdyssä tutkimuksessa (S e p p o n e n ym. 1978). Koelajien turve on myös aineiston maatumineinta. P ä i v ä n e n (1973) on todennut, että turpeen maatumine-



Kuva 7. Turpeen magnesiumpitoisuuden ja kalsiumpitoisuuden välinen riippuvuus. Pisteet esittävät ryhmäkeskiarvoja.

Fig. 7. Correlation between the magnesium and calcium contents of peat. Points represent group means.

usaste selittää peräti 63 % vedenläpäisevyyden vaihtelusta.

Turpeen kuivuessa ja maatuessa vesipitoisuus vähenee ja turve ”painuu kokoon”. Tällöin humushapot konsentroituvat ja pH-arvo alenee (L u k k a l a 1929, P u u s t j ä r v i 1960 ja 1968 sekä V a h t e r a 1955). Tässä tutkimuksessa pH-arvon aleneminen oli tilastollisesti merkitsevintä v. 1973 ojitetuilla avosuokoealoilla, mutta sitä tapahtui myös kaikissa muissakin tarkasteluryhmissä, joten ojituksen vaikutuksesta on vaikea tehdä johtopäätöksiä (taulukko 3). Vuonna 1970 ojitetuilta koelajoilta ei ole käytettävissä happamuustietoja ojitusta edeltäneeltä ajalta, joten ojituksen vaikutus ryhmän II koelajien pH-arvoihin jää selvittämättä.

Tarkasteluajanjakso on niin lyhyt, ettei ojituksen vaikutus v. 1973 ojitetuilla soilla vielä voinekaan näkyä kovin selvänä. Tätä käsitystä tukee sekin, ettei ojituksen kuivattava vaikutus vielä näkynyt myöskään turpeen vesipitoisuudessa. V a h t e r a n (emt., s. 30)aineistossa pH-arvo laskee ojituksen vaikutuksesta keskiarvona vain 0,19 yksikköä. Muutosta pienentää se, että joissakin yksittäistapauksissa muutos on tapahtunut myös neutraaliin suuntaan. Happamoitumista tapahtui 71 prosentissa aineistoa.

Aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. K a i l a 1956b) on tässä tarkasteltavien turvelajien

typpipitoisuudeksi todettu n. 1,5—2,5 % kuivapainosta. Typpi on turpeessa kuitenkin vaikealiukoisina orgaanisina yhdisteinä (Valmari 1971) ja vaatii mobilisoitukseen voimistunutta biologista hajotustoimintaa. Turpeen kuivussa ja hajotus- ja pelkistysolosuhteiden muuttuessa ojituksen vaikutuksesta biologinen toiminta vilkastuu ja typen mobilisoituminen lisääntyy.

Kasvillisuuden lisääntyminen näkyy joillakin räme- ja nevakoealoilla vaivaiskoivun (*Betula nana* L.) biomassan lisäyksenä (julkaisematon aineisto). Tällainen biomassan lisäys saattaa sitoa turpeesta mobilisoituvia typpi-yhdisteitä. Joitakin soilta taas putkilokasvien ja jopa sammalten kuoleminen saattaa vapauttaa lisää liukoisia ravinteita kierto. Suot saavat typpiravinnetäydennystä jatkuvasti myös sadevedestä.

Jo aikaisemmin (Sepponen ym. emt.) on mitattu vanhimmilta ojikoilta (koealat 11, 12 ja 16) poikkeuksellisen suuri ammoniakkipitoisuus (13,5—40,5 mg/l). Samalla todettiin ojituksen vaikutus typpitalouteen turpeen kuivussa happamissa olosuhteissa: happamat olosuhteet estävät nitrifikaation tai tekevät sen erittäin hitaaksi. Malmer (1962b, taulukot B1 ja B2) esittää tutkimissaan luonnon-tilaisissa turpeissa olevan NH<sub>4</sub>-tyyppiä keskimäärin 17,9 mg/l turvetta. Nitraattitypen määrä luonnon-tilaisilla soilla on yleensä vielä pienempi (ks. Persson 1962, s. 56).

Viimeisinä seurantavuosina on koealojen 11, 12 ja 16 ammoniakkipitoisuuksissa esiintynyt selvää laskua. Ammoniakin väheneminen voi olla seurausta huuhtoutumisen lisääntymisestä ja kasvillisuuden rehevöitymisestä. Soiden valuntavedessä on havaittavissa ammoniakin lisäystä ojituksen jälkeen. Niemi-suon laskuajassa on jo aikaisemmin (Sepponen ym. emt.) mainittu olevan poikkeuksellisen ammoniakkipitoista vettä, mutta myös Korppisuon ojassa on ammoniakin määrä kasvanut ojituksen jälkeen (julkaisematon aineisto). Tämä vahvistaa käsitystä ojituksen tyyppiä mobilisoivasta vaikutuksesta. Samaan oletukseen antaa ehkä aihetta vuonna 1973 ojitetuilla koealoilla tapahtunut nitraattitypen lisäys.

Kaliumin määrä turpeessa on Valmarin (1971) mukaan melko pieni ja se tulee myös nopeasti käytetyksi hyväksi soiden viljelyn yhteydessä. Moore & Bellamy (1974, s. 110) toteavat tässä tutkituista ravinteista — tyyppiä lukuunottamatta — kaliumin mobili-

soituvan nopeimmin. Kalium on siis varsin nopealiukoinen, mikä näkyy myös tämän tutkimuksen tuloksista (taulukko 5).

Se, ettei selviä kaliumipitoisuuden muutoksia tässä tutkimuksessa havaittu, johtuu ehkä tarkastelujakson lyhyydestä tai siitä, että mobilisoitua kalium joko huuhtoutuu pois tai sitoutuu biologisiin toimintoihin. Kaliumin määrällä ei todettu olevan riippuvuutta muista ekologisista tekijöistä tässä tai eräissä aikaisemmissakaan tutkimuksissa (Puustjärvi 1968 ja 1971 sekä Sepponen ym. 1978). Kaliumin mittaustulokset eivät siis indikoineet turpeen muuta ravinnetilannetta. Myöskään Vahtera (1955, s. 76) ei todennut turpeen kaliumarvoissa selväsuuntaisia muutoksia ojituksen seurauksena.

Fosforia on turpeessa sekä orgaanisina että epäorgaanisina yhdisteinä (Kaila 1956a ja b). Sen määrä on melko suuri, mutta se esiintyy enimmäkseen vaikealiukoisina orgaanisina yhdisteinä, joita hajoo turpeen maatuessa (Valmari 1971). Moore & Bellamy (1974, s. 110) arvioivat fosforin mobilisointijärjestyksessä seuraavaksi kaliumin jälkeen. Kivisen (1933) aineistossa on 1-prosenttiseen sitruunahappoon liukenevaa fosforia 8,5—17,0 prosenttia ja Kailan (1956b) aineistossa etikkahappoon liukenevaa fosforia 4,1—5,5 prosenttia kokonaismäärästä. Ero tähän tutkimukseen selittyy mm. sillä, että uuttamismenetelmät ovat erilaiset. Myös Starr & Westman (1978) ovat saaneet tämän tutkimuksen tuloksista poikkeavia uuttumisarvoja käyttämällä 0,05-normaalista rikkihappoa. Tässä tutkimuksessa ei todettu merkitsevää muutosta fosforin määrässä ojituksen jälkeisenä aikana. Mikäli fosforin mobilisointimista tutkittavissa turpeissa tapahtuu, se joko ajoittuu myöhempään vaiheeseen ojituksen kuivattavan vaikutuksen ehdittyä pidemmälle, tai kuluu kasvien ja mikrobien elintoimintoihin. Vahteran (emt., s. 72) aineistossa pintaturpeen tuhasta suolahapolla uuttamalla saadun fosforin todettiin vähenevän vanhoilla ojikoilla. Tämä väheneminen ajoittui ennenkaikkea siihen kehitysvaiheeseen, jossa ojituksen jälkeen syntyvä kasvillisuus alkoi muodostaa turvetta. Vahteran aineistossa on kyseessä lähinnä kokonaisfosforipitoisuus, kun taas tässä työssä tarkastellaan uuttuvaa fosforia, jonka määrässä tapahtuvat muutokset voivat olla erilaiset.

Puustjärven (1952 ja 1953) mukaan raudan saostuminen soissa riippuu useista te-

kijöistä, joista tärkeimpiä ovat suoveden happipitoisuus, suoveden reaktio, hapetus-pelkistys-potentiaali ja pieneliöstötoiminta. Muutokset mainituissa tekijöissä voivat aiheuttaa raudan muuttumisen liukenevampaan muotoon. Näin voisi olettaa raudan uuttuvan osuuden lisääntyvän ojituksen jälkeen turpeen hajotessa. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitsevää muutosta uuttuvan raudan määrässä ojiteuilla koealoilla. Ojittamattomien koealojen ryhmässä esiintyvä uuttuvan raudan merkitsevä lisäys voi aiheutua edellä mainituissa tekijöissä tapahtuneista muutoksista (taulukko 6), jotka siis tässä tapauksessa olisivat ojituksesta riippumattomia.

Aikaisemmin on tältä alueelta julkaistu aineistoa fosforin ja raudan suhteista valuntavesien humuksessa (H a p a l a ym. 1977). Myös turpeessa saattaa sen maatuessa tapahtua reaktioita raudan ja muiden ionien välillä, mikä mahdollisesti estää uuttuvan raudan lisääntymisen maatumisen edistytessä. Tähän viittaa myös tutkimuksessa havaittu raudan ja fosforin selvä positiivinen korrelaatio (myös V a l m a r i 1970 ja 1971).

Kalsiumin ja magnesiumin hyvä uuttuvuus happamaan ammoniumasetaattiin on todettu eräissä aikaisemmissakin töissä (S o n e s s o n 1970 ja V a l m a r i 1971). Sen sijaan tässä tutkimuksessa saatua ionien välistä voimakasta korrelaatiota ei voitane varauksetta yleistää. Aikaisemmin on esitetty, että turpeiden kalsium on peräisin pääasiassa maaperästä ja magnesium taas sadevedestä (ks. T o l o n e n 1966, s. 3). Näin ollen ravinteiden väliset suhteet turpeessa riippuvat tutkimusalueen maantieteellisestä sijainnista. V a h t e r a n (emt.) tutkimuksessa kalsiumin ja magnesiumin määrä korreloi täysin eri tavoin suon boniteetin kanssa.

Mikäli ravinteiden mobilisoituminen turpeen kuivussa voimistuu, on ainakin teoriasa mahdollista, että se ilmenee määrättyissä olosuhteissa uuttuvan fosforin, raudan ja kaliumin sekä typen mobilisoitumistuotteiden lisäyksenä. Kalsium ja magnesium sen sijaan uuttuvat ammoniumasetaattiin niin täydellisesti, ettei niiden uuttuva osuus voi lisääntyä, vaikka liukoisuusolosuhteet muuttuisivatkin edullisemmiksi.

## 5. KIRJALLISUUSLUETTELO

- AALTONEN, V.T. 1933. Über die postglazialen natürlichen Veränderungen des Waldbodens in Finnland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 18 (4):1—20.
- AHTI, E. 1977. Runoff from open peatlands as influenced by ditching. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(3): 1—16.
- AURA, E. 1978. Determination of available soil phosphorus by chemical methods. *Maatal. tiet. Aikak.* 50:305—316.
- ELVELAND, J. 1976. Myrar på Storön vid Norrbottenkusten. *Wahlenbergia* 3:1—274.
- ENKOVAARA, E., HÄRME, M. & VÄRYNEN, H. 1953. Kivilajikartan selitys, lehdet C5 ja B5. Suomen Geologinen yleiskartta. 153 s. Helsinki. Geologinen Tutkimuslaitos.
- HAAPALA, H., SEPPONEN, P. & MESKUS, E. 1976. Effect of spring floods on water acidity in the Kii-minkijoki area, Finland. *Oikos* 26:26—31.
- , HYNNINEN, P., HILTUNEN, R., SEPPONEN, P. & NIEMELÄ, K. 1977. The influence upon the river Kii-minkijoki of water from its tributary Nuorittajoki. *Aquilo Ser. Bot.* 14:32—45.
- ILVESSALO, Y. 1960. Soiden esiintyminen Suomessa. Summary: The occurrence of swamps in Finland. *Suo* 11:55—62.
- JACKSON, M.L. 1958. Soil chemical analysis. 498 s. London Constable & Co.
- KAILA, A. 1956a. Phosphorus in various depths of some virgin peat lands. *Maatal. tiet. Aikak.* 28:90—104.
- 1956b. Phosphorus in virgin peat soils. *Maatal. tiet. Aikak.* 28:142—167.
- 1958. Availability for plants of phosphorus in some virgin peat samples. *Maatal. tiet. Aikak.* 30:133—142.
- 1959. Retention of phosphate by peat samples. *Maatal. tiet. Aikak.* 31:215—224.
- 1963a. Total content of phosphorus in some Finnish soils. *Maatal. tiet. Aikak.* 35:19—26.
- 1963b. Dependence of the phosphate sorption capacity on the aluminium and iron in Finnish soils. *Maatal. tiet. Aikak.* 35:165—177.
- & MISSILÄ, H. 1956. Accumulation of fertilizer phosphorus in peat soils. *Maatal. tiet. Aikak.* 28: 168—177.
- KIVINEN, E. 1933. Suokasvien ja niiden kasvualustan kasvinravintoainesuhteista. Referat: Untersuchungen über den Gehalt an Pflanzennährstoffen in Moorpflanzen und an ihren Standorten. *Acta Agr. Fenn.* 27:1—140.
- KOTILAINEN, M.J. 1928. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Moore und Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. *Wiss. Veröff. Finn. Moorkulturver.* 7:1—219.
- KOROLEFF, E. 1968. Determination of total phosphorus in natural waters by means of persulphate oxida-



- tion. — ICES paper C.M. 1968/C:33.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. 1972—1976. Vuosien 1972—76 yhteenvedot. Ilmatieteen laitos. Helsinki.
- LUKKALA, O.J. 1929. Über den Aziditätsgrad der Moore und die Wirkung der Entwässerung auf denselben. *Commun. Inst. For. Fenn.* 13(11):1—22.
- LÄHDE, E. 1969. Biological activity in some natural and drained peat soils with special reference to oxidation — reduction conditions. *Acta For. Fenn.* 94:1—69.
- 1971. Anaerobisten olosuhteiden ja aerobisuusrajan esiintymisestä erilaisilla luonnontilaisilla turvemailla ja merkityksestä suotyypin kuvaajana. Summary: On anaerobic conditions in various virgin peat soils and the significance of the aerobic limit as an indicator of site quality. *Silva Fenn.* 5:36—48.
- LÖTSCHERT, V. von & GIES, T. 1973. Untersuchungen über den Kationengehalt im Hochmoore. *Flora* 162:215—268.
- MALMER, N. 1962a. Studies on mire vegetation in the archean area of Southwestern Götaland (South Sweden). I Vegetation and habitat conditions on the Äkkult mere. *Opera Botanica* 7(1):1—322.
- 1962b. Studies on mire vegetation in the archean area of Southwestern Götaland (South Sweden). II Distribution and seasonal variation in elementary constituents on some mire sites. *Opera Botanica* 7(2):1—67.
- MOORE, P.D. & BELLAMY, D.J. 1974. *Peatlands*. 221 s. London. Elek Science.
- MANNERKOSKI, H. 1970. Ojituksen vaikutus kasvilajien runsauden kehitykseen turvealustalla. *Suo* 6:99—103.
- PERSSON, Å. 1962. Mire and spring vegetation in an area North of lake Torneträsk. Torne Lappmark, Sweden. II Habitat conditions. *Opera Botanica* 6(3):1—100.
- PUUSTJÄRVI, V. 1952. The precipitation of iron in peat soils. *Acta Agr. Fenn.* 78:1—72.
- 1953. Raudan saostuminen soissa. *Suo* 4:5—12.
- 1960. The luxuriance of bog in its natural state as an index to the quality of its peat. *Maatal. tiet. Aikak.* 32:17—26.
- 1968. Suotyypin muodostumiseen vaikuttavista tekijöistä. *Suo* 19:43—50.
- 1971. The activities of calcium and potassium in water and peat cultures. *Acta Agr. Fenn.* 123:70—73.
- PÄIVÄNEN, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. *Acta For. Fenn.* 129:1—70.
- RUUHJÄRVI, R. 1960. Über die regionalen Einteilung der nordfinnischen Moore. *Ann. Bot. Soc. 'Vanamo'* 31(1):1—360.
- SARASTO, J. 1962. Über die Klassifizierung der zur Walderziehung entwässerten Moore. *Acta For. Fenn.* 74(5):1—47.
- SEPPONEN, P., HAAPALA, H., HILTUNEN, R. & HÄGGMAN, J. 1978. The nutrient ecology of certain mires in the parish of Ylikiiminki. *Aquilo Ser. Bot.* 16:1—15.
- SONESSON, M. 1970. Studies on mire vegetation in the Torneträsk area, Northern Sweden. IV Some habitat conditions of the poor mires. *Bot. Not.* 123:67—111.
- STARR, M. & WESTMAN, C. J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. Seloste: Helppoliukoiset kasvavinteeet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa. *Silva Fenn.* 12(2): 65—78.
- TOLONEN, K. 1966. Soiden kehityshistorian tutkimusmenetelmistä. Summary: On methods used in studies of the peatland development. *Suo* 6:1—9.
- VAHTERA, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Deutsches Referat: Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. *Commun. Inst. For. Fenn.* 45(4):1—108.
- VALMARI, A. 1970. On relationship between iron and available phosphorus in peat soil. *Aquilo Ser. Bot.* 10:1—7.
- 1971. On chemical growth factors in peat soils. *Acta Agr. Fenn.* 123:39—53.
- Vesianalysitoimikunnan mietintö 1968. Komiteanmietintö B 19. Helsinki.
- VIRO, P.J. 1965. Metsämaan viljavuuden määrittämisestä. Summary: On the estimation for forest soil fertility. *Commun. Inst. For. Fenn.* 60(3):1—22.
- YEFIMOV, V.N. & YEFIMOVA, Z.S. 1973. Chemical composition of bog water in the northwestern part of the European USSR. *Soviet Soil Science* 5(6):641—650.

## 6. SUMMARY

The aim of this investigation was to test the extractability of P, K, Ca, Mg and Fe by acid ammonium acetate (pH 4.65) and the suitability of 1N KCl solution for studying nitrogen mobilization. Simultaneously, changes in these nutrients as well as in the pH and water content of peat were analyzed during the first few growing seasons after drainage. The investigation was carried out in three swamps along the river Nuoritta in Ylikiiminki, northern Bothnia. Fifteen experimental plots were set up and 308 peat samples were analyzed during 1972—1976. Some plots were situated in a swamp drained in 1970, some in a swamp drained in 1973 and some on an undrained swamp. The location of the area is a 65°06'N and 26°20'E (see Fig. 1).

The climate of the experimental area was characterized by a decreasing temperature sum and lowering precipitation after 1974. Variation in the water content of peat seemed to correlate with the variation in air humidity. The 1970-drainage area proved drier than the other areas.

The pH of peat decreased in all swamps during the investigation. It is difficult to evaluate accurately, on the basis of this investigation, to what extent drainage, as compared to other factors, contribute to acidification. Acidification was statistically significant when comparing the figures obtained prior to and after drainage. However, the pH decreased also on undrained plots, which indicates the influence of factors not included in this

study and perhaps also changing weather conditions. Variation in the amount of calcium explained 33 % of the pH variation in peat.

The nitrogen mobilization products,  $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$ , were extracted from peat by 1N KCl solution. The ammonium content was at its highest on plots drained in 1970. It seems, however, that the peak has been passed and the ammonium nitrogen content is presently declining on these plots. On tree-growing swamps drained in 1973 a slight, but statistically significant, increase in ammonium nitrogen was detected after drainage. The decline occurring on older drainage areas is presumably a result from the fixation of ammonium to the biomass of vegetation or from leaching. There is a distinctly negative correlation between ammonium nitrogen and the water content of peat.

Some plots showed a very significant increase of nitrate nitrogen after drainage. Scanty material dealing with nitrate analyses hampers the interpretation of the results. However, it is obvious that drainage increases the forming of nitrate.

Calcium and magnesium of peat were almost completely extractable by acid ammonium acetate. If drainage has longlasting effects on these nutrients, it can only be seen as their decrease, provided that there is enough leaching. The rates showed no clear changes during the investigation. A very significant, positive correlation

( $r = 0.89$ ) was between calcium and magnesium.

Potassium cannot be as completely extracted as the others. Its extractability percentage varied between 40 and 100. Thus the decomposition of peat could, at first, be seen in the increase of extractable potassium. Yet, no marked changes were detected in the drained areas; while there was quite a significant decrease of extractable potassium on undrained plots. The investigation period was perhaps too brief to bring about any larger changes in drained swamps.

Phosphorus and iron were much more poorly extractable than the above-mentioned nutrients. In some cases the extractability percentage dropped even below five. The decomposition of peat organic compounds may cause an increase in the soluble phosphorus in peat during the drying process of drainage. No significant changes were detected in this investigation. It was probably due to the fact that observations were carried on for only the first few growing seasons after drainage. A very significant, positive correlation ( $r = 0.55$ ) was between phosphorus and iron.

Entirely unambiguous conclusions cannot be drawn on the basis of this investigation about the effect of drainage on the physicochemical properties of peat. Yet, certain regularities in the results provide data for further research, as well as more background for developing methods and for the interpretation of analyses.

ODC 114.2:237.2  
ISBN 951-40-0409-4  
ISSN 0015-5543

SEPPONEN, P. & HAAPALA, H. 1979. Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Summary: On the effect of drainage on the chemical properties of peat. *Folia For.* 405:1—16.

The investigation deals with the extractability of some nutrients in peat (N, P, K, Ca, Mg, Fe) and after-drainage changes in them, and the water content and acidity. The plots were situated in Ylikiminki, northern Bothnia. The investigation confirms that drainage, besides its drying effect, also improves nitrogen mobilization. Certain chemical site factors, such as the pH value and calcium, magnesium and calcium, as well as phosphorus and iron are clearly correlated. Due to the briefness of the investigation period (five years), the effect of drainage on the mobilization of nutrients has only partly been revealed.

Authors' addresses: *Haapala*: Hanhitie 8 C 5, SF-90150 Oulu 15, *Sepponen*: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30.

ODC 114.2:237.2  
ISBN 951-40-0409-4  
ISSN 0015-5543

SEPPONEN, P. & HAAPALA, H. 1979. Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Summary: On the effect of drainage on the chemical properties of peat. *Folia For.* 405:1—16.

The investigation deals with the extractability of some nutrients in peat (N, P, K, Ca, Mg, Fe) and after-drainage changes in them, and the water content and acidity. The plots were situated in Ylikiminki, northern Bothnia. The investigation confirms that drainage, besides its drying effect, also improves nitrogen mobilization. Certain chemical site factors, such as the pH value and calcium, magnesium and calcium, as well as phosphorus and iron are clearly correlated. Due to the briefness of the investigation period (five years), the effect of drainage on the mobilization of nutrients has only partly been revealed.

Authors' addresses: *Haapala*: Hanhitie 8 C 5, SF-90150 Oulu 15, *Sepponen*: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30.

ODC 114.2:237.2  
ISBN 951-40-0409-4  
ISSN 0015-5543

SEPPONEN, P. & HAAPALA, H. 1979. Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Summary: On the effect of drainage on the chemical properties of peat. *Folia For.* 405:1—16.

The investigation deals with the extractability of some nutrients in peat (N, P, K, Ca, Mg, Fe) and after-drainage changes in them, and the water content and acidity. The plots were situated in Ylikiminki, northern Bothnia. The investigation confirms that drainage, besides its drying effect, also improves nitrogen mobilization. Certain chemical site factors, such as the pH value and calcium, magnesium and calcium, as well as phosphorus and iron are clearly correlated. Due to the briefness of the investigation period (five years), the effect of drainage on the mobilization of nutrients has only partly been revealed.

Authors' addresses: *Haapala*: Hanhitie 8 C 5, SF-90150 Oulu 15, *Sepponen*: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30.

ODC 114.2:237.2  
ISBN 951-40-0409-4  
ISSN 0015-5543

SEPPONEN, P. & HAAPALA, H. 1979. Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Summary: On the effect of drainage on the chemical properties of peat. *Folia For.* 405:1—16.

The investigation deals with the extractability of some nutrients in peat (N, P, K, Ca, Mg, Fe) and after-drainage changes in them, and the water content and acidity. The plots were situated in Ylikiminki, northern Bothnia. The investigation confirms that drainage, besides its drying effect, also improves nitrogen mobilization. Certain chemical site factors, such as the pH value and calcium, magnesium and calcium, as well as phosphorus and iron are clearly correlated. Due to the briefness of the investigation period (five years), the effect of drainage on the mobilization of nutrients has only partly been revealed.

Authors' addresses: *Haapala*: Hanhitie 8 C 5, SF-90150 Oulu 15, *Sepponen*: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Eteläranta 55, SF-96300 Rovaniemi 30.



- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.  
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuskerrosten puiden kasvuun mustikka-tyypin kuusikossa.  
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.  
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja simensadon määrän mittauksista metsäpuilla.  
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.  
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryytänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärityksestä.  
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.  
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta.  
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalyysillä.  
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.  
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.  
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.  
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phlebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa.  
*Phlebia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakurilla.  
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978.  
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.  
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.  
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.  
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.  
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.  
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.  
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.  
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhoista.  
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.  
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.  
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.

- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsite-  
tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76  
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the  
years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-  
myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv.  
1973—76 Suomessa.  
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.),  
in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio  
Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.  
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit-  
tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.  
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots  
pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.  
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.  
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn-  
karisteen yhteydessä.  
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic  
on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen  
taimien kehittymiseen taimitarhalla.  
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce  
transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests  
in forests of the Nordic Countries 1972—1976.  
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boo-  
rinpuutosalueella.  
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron  
deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976  
(1964—1973).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973)  
by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.  
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa  
männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.  
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce  
stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlan-  
noitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.  
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest  
Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.  
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan  
fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.  
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in  
Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaus ja  
ominaisuudet.  
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsi-  
tyksestä.  
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin  
ominaisuuksiin.  
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allappysyvyys 1969—1977.  
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiuhonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston  
perusteella.  
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.