

Heikki Tanskanen

HIVENALKUAINIEN VERTIKAALISESTA ESIINTYMISESTÄ TURVEKERROSTUMASSA

ON THE VERTICAL DISTRIBUTION OF MICROELEMENTS IN PEAT SOILS

JOHDANTO

Kahden viimeisen vuosikymmenen aikana on turvegeokemiallista tutkimusta tehty verrattain paljon. Meillä Suomessa kyseiset tutkimukset alkoivat 1950-luvun alussa (Salmi 1950, 1955, 1956 a, 1956 b, 1957 ja 1958) ja seuraavan vuosikymmenen aikana osoittivat varsinkin neuvostoliittolaiset tutkijat suurta mielenkiintoa turvegeokemiaan (Kochenov ja Kreshchapova 1967, Kochenov et al. 1965, Manskaya et al. 1960).

Yllä mainituissa tutkimuksissa on selvinnyt tiettyjä sääntöjä, joiden mukaan hivenaineet esiintyvät turvekerrostoissa, mutta selittämättömiä ongelmia on silti paljon. Syynä lukuisiin poikkeuksiin edellä mainituista säännöistä lieene niiden tekijöiden suuri lukumäärä, joiden vaikutuksen alaisina hivenaineiden akkumuloituminen turvekerrosta tapahtuu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää eräiden fysikaalis-kemiallisten tekijöiden vaikutusta hivenaineiden vertikaaliseen esiintymiseen turvekerrostoissa. Seuraavat tekijät on otettu mukaan tarkasteluun: happamuus, maatuneisuus, tuhkapitoisuus ja turvelaji. Näiden lisäksi on otettu suhteellinen syvyys erääksi parametriksi, jolloin voidaan tarkastella eri ominaisuuksien suhtautumista sijaintiinsa turvekerrostoissa.

AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Aineisto on kerätty eri puolilta Pohjois-Suomea. Näytteet on otettu pääasiassa mäntä-kairalla, osittain myös Hiller-kairalla. Kustakin näytepisteestä on otettu pystyprofiili siten, että näyte edustaa siitä puoli metriä. Kentällä on määritetty turvelaji ja maatumisaste noudattaen v Post'n menetelmää. Happamuus on mitattu käyttäen Beckman pH-mittaria. Tuhkapitoisuus on laskettu polttojäännöksestä. Polton maksimilämpötila on ollut 900°C. Hivenainepitoisuudet on määritetty turvetuhkasta spektrograafisesti.

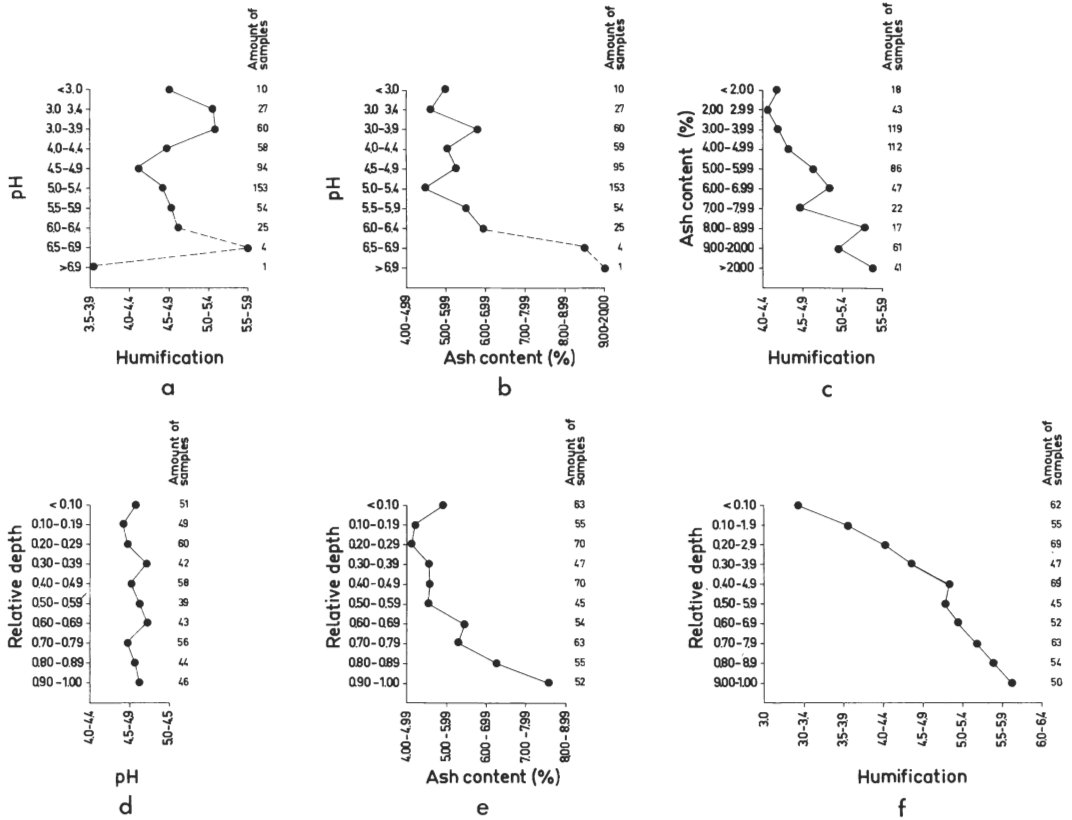
Koska verrattain suuri joukko määritetyistä hivenainepitoisuuksista jäi alle käytetyn menetelmän herkkyysraja-arvojen, on ko. aineisto muokattu ATK:ta varten siten, että kaikki numeerisesti mitattavat ominaisuudet on luokiteltu. ATK:n avulla on suoritettu nk. ristiintaulukointi, jolloin voidaan nähdä kahden tekijän välinen vuorovaikutus. Jotta myös turvelajin mahdollinen vaikutus ilmenisi on kyseiset ristiintaulukoinnit suoritettu myös eri turvelajiluokissa joita ovat: *Bryales*-valtaiset, *Sphagnum*-valtaiset ja *Carex*-valtaiset turpeet. Edelleen on vastaavasti laskettu korrelaatiokertoimet noudattaen nk. luokkakorrelaatiolaskentaa (Siegel 1956).

TULOKSET

Turpeen fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien korrelaatiosuhteet

Jotta käsiteltyjen selittävien tekijöiden vaikutukset hivenainepitoisuuksiin voitaisiin saada erotettua toisistaan on ensinnä tarkasteltu niiden välisiä syysuhteita (kuva 1).

Happamuuden ja maatumisuuden keskinäinen riippuvuus jakaantuu kahteen positiiviseen ja yhteen negatiiviseen osaan. Eräs selitys tähän löytyy kun ko. vuorovaikutusta tarkastellaan erikseen kolmessa aikaisemmin mainitussa turvelajiluokassa. *Bryales*-valtaisissa turpeissa, jotka yleensä esiintyvät olosuhteissa, joissa pH on alle 5.0 vastaava korrelaatiokerroin on + 0.71. Toisaalta tiedetään *Bryales*-turpeen esiintyvän Lapissa verrattain heikosti maatumisena (vrt. Lappalainen 1971). Näin ollen *Bryales*-valtaiset turpeet edustanevat diagrammissa pH-alueella 4.9–6.4 (kuva 1 a). *Carex*-valtaisissa turpeissa kyseinen korrelaatiokerroin on negatiivinen. Ne edustavat myös keskinertaisia happamuuksia ja näin ollen pH-alueella 3.9–4.5 oleva negatiivinen korrelaationosa liittyy juuri *Carex*-valtaisiin turpeisiin. Vastaavasti happamin pH-alue alle 3.9 kuulune



Kuva 1. Selittävien tekijöiden väliset keskinäiset riippuvuudet.

Fig. 1. Relationships between independent variables.

Sphagnum-valtaisille turpeille, joissa laskettu kyseinen korrelaatio on + 0.52.

Happamuuden ja tuhkapitoisuuden välillä ei ole selvää vuorovaikutusta havaittavissa koko materiaalia tarkasteltaessa (kuva 1 b). Eri turvelajiluokissa ainoastaan *Sphagnum*-valtaisissa vastaava korrelaatiokerroin on merkitsevä + 0.86. Tämä ei kuitenkaan syystä tai toisesta ilmene diagrammissa.

Happamuuden ja suhteellisen syvyyden välillä ei tämän aineiston perusteella näytä olevan vuorovaikutusta (kuva 1 d). Syynä heikkoon tai olemattomaan korrelaatioon on liian pieni näytemäärä ja eri turvelajien heikko jakaantuminen pystyprofileissa, joista näytteet on otettu.

Maatuneisuuden ja tuhkapitoisuuden välinen vuorovaikutus on voimakas (kuva 1 c). Myös kaikissa turvelajiluokissa esiintyy positiivinen korrelaatiokerroin näiden kahden tekijän välillä. Maatuneisuuden ja suhteellisen syvyyden välillä vallitsee odotettu selvä riippuvuusuhde (kuva 1 d). Korrelaatiokerroin on + 0.79.

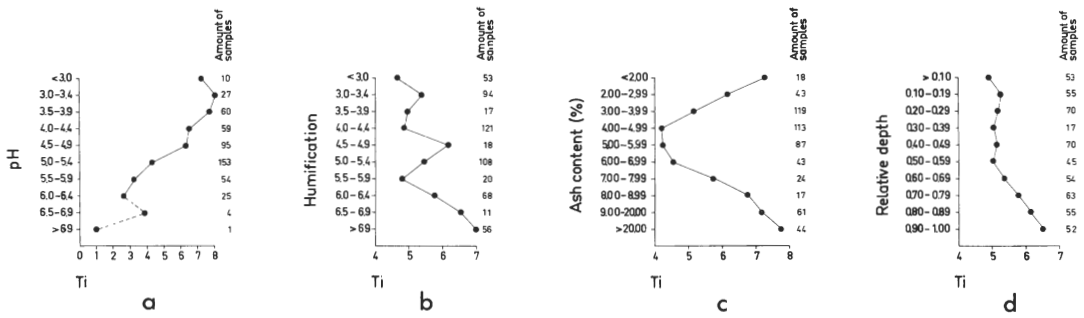
Myös tuhkapitoisuuden ja suhteellisen syvyyden välillä on erittäin selvä positiivinen korrelaatio + 0.99 (kuva 1 e).

Edellä esitettyjen selittävien muuttujien välistä suysuhteita on vaikea erottaa toisistaan. Jonkin muuttujan korrelointi toisen kanssa voi johtua kolmannelta muuttujasta, joka korreloi vahvasti molempien tutkittavien kanssa.

Hivenalkuaineet

Hivenalkuaineiden vertikaalista esiintymistä turvekerrostumissa on tarkasteltu aikaisemmin mainittujen selittävien tekijöiden suhteen. Tällöin on otettu huomioon turvelajin mahdollinen vaikutus siten, että selittävän tekijän ja hivenalkuaineen välistä vuorovaikutusta on tarkasteltu myös turvelajiluokittain.

Titaani. Kuvassa 2 a on esitetty Ti-pitoisuuden ja happamuuden välinen vuorovaikutus. Korrelaatio on selvä negatiivinen. Tämä on samanlainen myös kaikissa turvelajiluokissa. Maatuneisuuden ja Ti-pitoisuuden välillä on positiivinen korrelaatio (kuva 2 b). Eri turvelajiluokissa vastaava korrelaatio on vain *Bryales*-valtaisissa turpeissa. Sen sijaan *Carex*- ja *Sphagnum*-valtaisissa turpeissa ei esiinny merkitsevää vuorovaikutusta maatuneisuuden ja Ti-pitoisuuden välillä. Tuhkapitoisuuden ja Ti-pitoisuuden välinen vuoro-



Kuva 2. Titaani.
Fig. 2. Titanium.

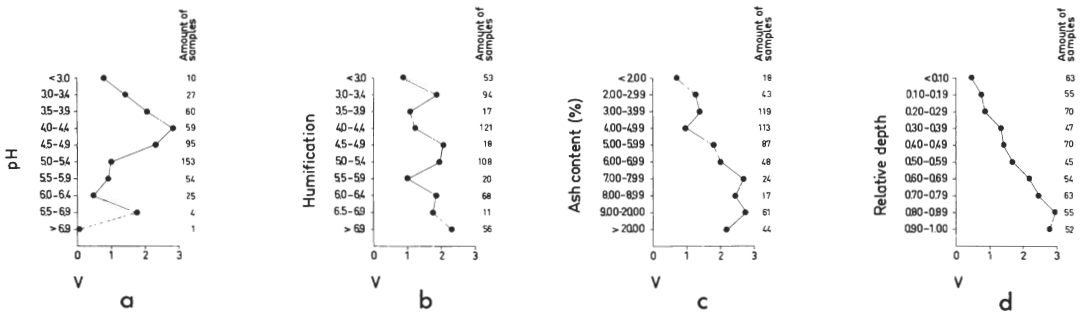
vaikutus jakaantuu kahteen osaan (kuva 2 c). On ilmeistä, että korkeissa tuhkapitoisuuksissa esiintyvä positiivinen korrelaatio johtuu *Bryales*-valtaisista turpeista. Nimittäin vastaava laskettu korrelaatio on + 0.73. Muissa turvelajiluokissa ei esiinny merkitseviä korrelaatioita.

Ti-pitoisuus pysyttelee jotakuinkin samansuuruisena pinnalta puoleen väliin turvekerrostumaa (kuva 2 d). Siitä edelleen syvemmälle siirryttäessä Ti-pitoisuus kasvaa ja saavuttaa maksimiarvonsa turpeen ja mineraalimaan rajalla.

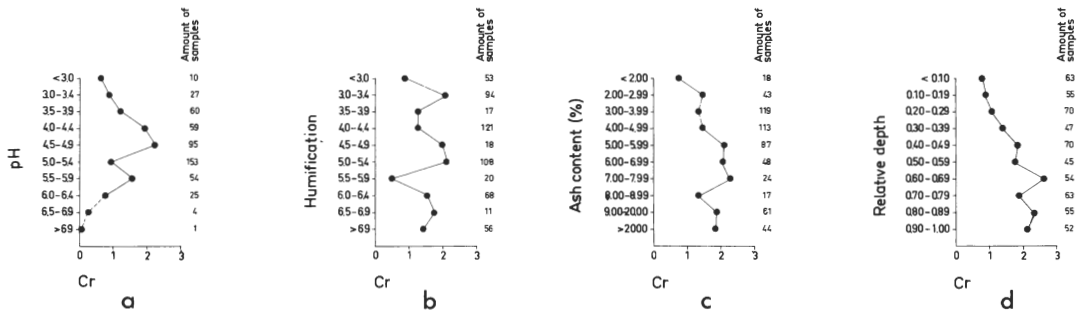
Keskimääräinen Ti-pitoisuus on turpeessa 993 ppm.

Vanadiini ja kromi esiintyvät hyvin samalla tavoin turvekerrostumissa ja näin ollen esitän ne yhdessä (kuvat 3 ja 4). Vuorovaikutus hap-

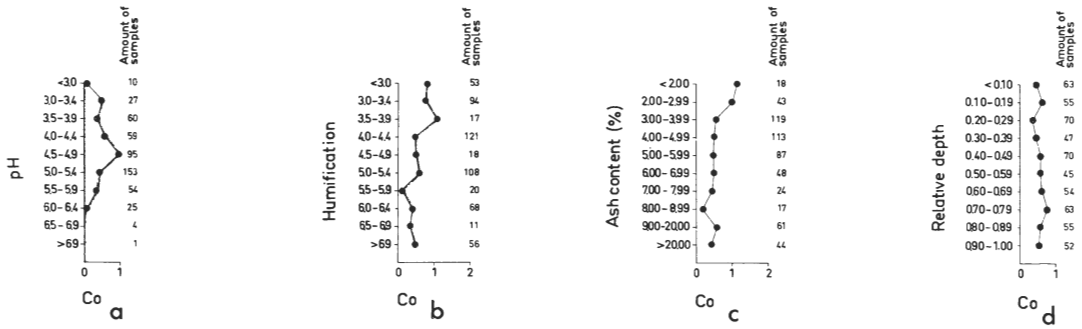
pamuuden ja alkuainepitoisuuden välillä on molempien elementtien kohdalla hyvin samankaltainen. Pitoisuudet kasvavat melko jyrkästi pH-arvon noustessa välillä alle 3.0–4.4–4.9 (kuvat 3 a ja 4 a). pH:n edelleen kasvaessa pitoisuudet laskevat. Korrelaatioiden kaksiosaisuutta ei tämän aineiston perusteella voida selittää vanadiinin kohdalla. Sen sijaan kromin suhteen saattaa olla selitys olemassa. Nimittäin pH:n ja kromi-pitoisuuden väliset korrelaatiot eri turvelajeissa vaihtelevat suuresti. *Sphagnum*-valtaisissa ja *Carex*-valtaisissa turpeissa ei esiinny merkittävää vuorovaikutusta. Sen sijaan *Bryales*-valtaisissa on negatiivinen korrelaatio – 0.52. Tällöin mielellään yhdistäisi diagrammissa olevan negatiivisen osan B-valtisiin turpeisiin.



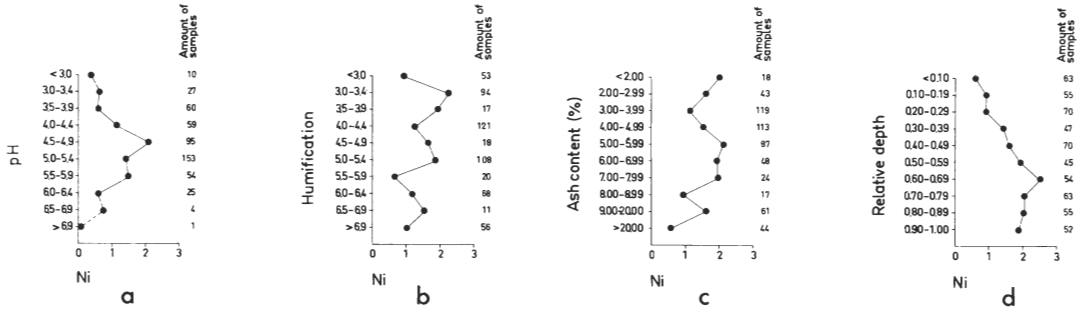
Kuva 3. Vanadiini.
Fig. 3. Vanadium.



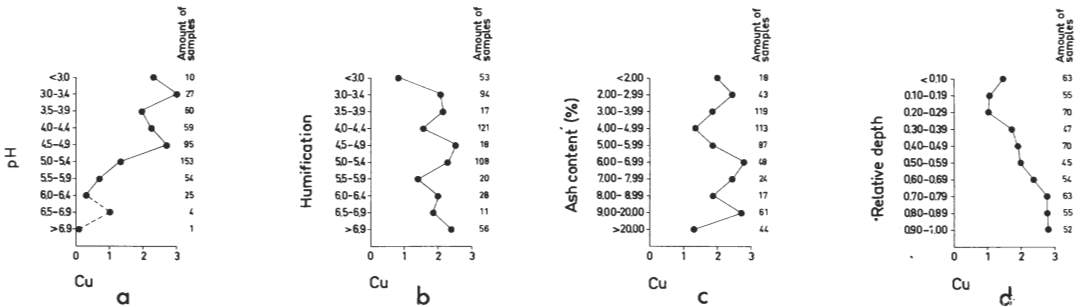
Kuva 4. Kromi.
Fig. 4. Chromium.



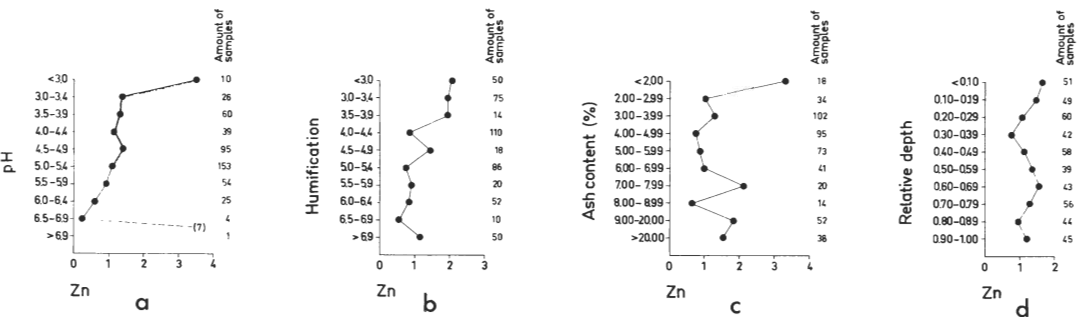
Kuva 5. Koboltti.
Fig. 5. Cobolt.



Kuva 6. Nikkeli.
Fig. 6. Nickel.



Kuva 7. Kupari.
Fig. 7. Copper.



Kuva 8. Sinkki.
Fig. 8. Zinc.

Maatuneisuuden ja alkuainepitoisuuksien välillä ei näytä olevan mitään selvää vuorovaikutusta (kuvat 3 b ja 4 b). Tosin heikko positiivinen korrelaatio saattaa olla olemassa V-pitoisuuden ja maatuneisuuden välillä.

Tuhkapitoisuuden vaikutus on selvä, samoin suhteellisen syvyyden vaikutus. Korrelaatiot ovat positiiviset (kuvat 3 c, d ja 4 c, d).

Keskimääräiset pitoisuudet turpeessa ovat: Vanadiinia 109 ppm ja kromia 117 ppm.

Koboltti ja nikkeli. Kummankin alkuaineen pitoisuudet käyttäytyvät happamuuden suhteen samalla tavoin kuin vanadiini ja kromi (kuvat 5 a ja 6 a). Pitoisuudet kasvavat pH-arvon noustessa alle 3.0–4.4–4.9 ja laskevat tasaisesti pH-arvon noustessa edelleen.

Nikkelin ja koboltin ero vanadiinista ja kromista ilmenee niiden suhtautumisessa maatuneisuuteen ja tuhkapitoisuuteen. Vanadiinilla ja kromilla oli positiivinen korrelaatio tuhkapitoisuuden kanssa, ja vuorovaikutusta ei esiintynyt lainkaan maatuneisuuden kanssa. Sen sijaan nikkeli ja koboltti korreloivat negatiivisesti sekä maatuneisuuden että tuhkapitoisuuden kanssa (kuvat 5 b, c ja 6 b, c).

Suhteellisen syvyyden vaikutus Co-pitoisuuteen on heikko (kuva 5 d). Nikkeli-pitoisuus sen sijaan kasvaa selvästi syvyyden kasvaessa (kuva 6 d).

Turpeessa on keskimäärin 36 ppm kobolttia ja 87 ppm nikkeliä.

Kupari poikkeaa selvimminkin neljästä edellä käsitellystä alkuaineesta siinä, että korrelaatio pitoisuuden ja happamuuden välillä on yksiosainen, selvästi negatiivinen (kuva 7 a) (vrt. kuva 2 a).

Maatuneisuuden vaikutus kuparipitoisuuksiin on heikko. Lievä positiivinen korrelaatio saattaa esiintyä näiden kahden tekijän välillä (kuva 7 b).

Tuhkapitoisuuden ja Cu-pitoisuuden välinen vuorovaikutus on epämääräinen, joka diagram-

missa ilmenee voimakkaana sik-sakkina (kuva 7 c).

Suhteellinen syvyys on sen sijaan merkittävä turvekerrostumien Cu-pitoisuuksia tarkasteltaessa. Ohutta pintakerrosta lukuunottamatta Cu-pitoisuus kasvaa lähes lineaarisesti syvyyden kasvaessa, ja suurimmat pitoisuudet esiintyvät suon pohjaosissa (kuva 7 d). Venäläisen tutkijan *M a n s k a y a ' n* (1960) mukaan Cu:n vertikaalinen esiintyminen turvekerrostossa ei riipu suoranaisesti syvyydestä vaan lähinnä turpeen humusainepitoisuudesta, joka taas on rinnastettavissa maatumisasteeseen.

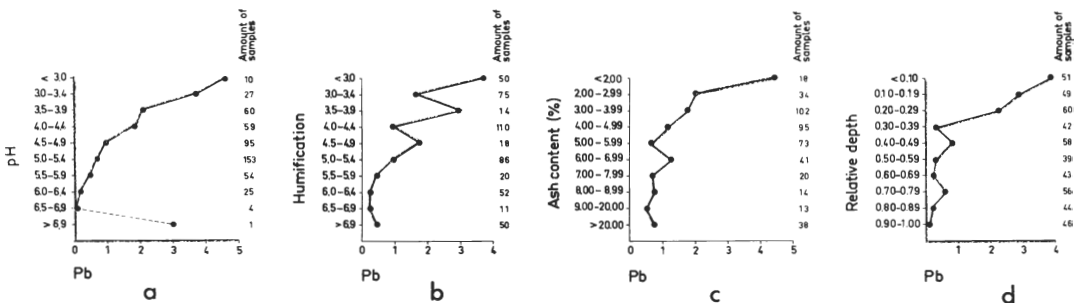
Keskimääräinen Cu-pitoisuus turpeissa on tämän tutkimuksen mukaan 161 ppm.

Sinkki. Tämä käyttäytyy samoin kuin titaani ja kupari happamuuden suhteen (kuva 8 a). Korrelaatio on negatiivinen. Samoin esiintyy negatiivinen korrelaatio maatuneisuuden ja sinkki-pitoisuuden välillä (kuva 8 b). Tuhkapitoisuus ja suhteellinen syvyys ei näytä mitenkään merkittävästi vaikuttavan sinkin pitoisuuksiin turvekerrostumassa (kuvat 8 c ja d).

Keskimääräinen sinkkipitoisuus on 95 ppm.

Lyijy. Kuten saatamme nähdä kuvasta 9 lyijyn ja 4:n tarkastellun muuttujan välillä vallitsee kaikissa tapauksissa selvät negatiiviset korrelaatiot. Erikoisesti happamuuden suhteen tämä on erittäin voimakas (kuva 9 a). Maatuneisuuden ja lyijy-pitoisuuden välillä oleva vuorovaikutus heilahtelee jossain määrin heikosti maatuneissa osissa (kuva 9 b). Tuhkapitoisuuden ja suhteellisen syvyyden vaikutukset ovat sen sijaan selvät (kuva 9 c).

Useiden aikaisemmin julkaistujen tutkimusten mukaan lyijy rikastuu turvekerrostuman pintaosaan. Tätä on yritetty selittää monella tavalla. Norjalainen *H v a t u m* (1971) selittää tämän ilmiön johtuvan saasteista, joita ilmarvirtojen mukana kulkeutuu Keski-Euroopasta Skandinaviaan. *S a l m e n* (1969) mukaan liikenteen aiheuttamat lyijysaasteet aiheuttavat



Kuva 9. Lyijy.
Fig. 9. Lead.

Pb-pitoisuuden konsentroituksen turvekerrostan pintaosaan. Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella tekisi mieleni sanoa, että syynä on lähinnä happamuus. Tätä ajatusta tukee myös Pb-pitoisuudet eri turvelajeissa. Yleensä happamissa suon pintaosissa esiintyvissä *Sphagnum*-turpeissa on selvästi korkeampi keskimääräinen lyijypitoisuus (136 ppm), kun taas emäksisissä *Bryales*-valtaisissa turpeissa, jotka toisaalta esiintyvät yleisinä turvekerrosten pohjaosissa, on vain 86 ppm lyijyä.

Keskimääräinen lyijy-pitoisuus on 95 ppm.

YHTEENVETO

Kuten edellä esitetystä on saattanut havaita, esiintyy sängen paljon ongelmia, joita ei tämän aineiston perusteella eikä tällä tavoin käsiteltyinä saata selittää. Jonkin muuttujan korrelointi toisen kanssa voi johtua kolmannelta muuttujasta, joka korreloi vahvasti molempien tutkittavien kanssa. Tästä johtuen ei voida erottaa eri tekijöiden vaikutuksia toisistaan. Ko. aineisto on kuitenkin mielestäni liian suppea esim. regressio- tai faktorianalyysiä varten, jolloin erot voitaisiin saada esille.

Tuloksista voidaan kuitenkin yhteenvetona esittää seuraavaa:

Happamuuden ja seuraavien elementtien välillä vallitsee selvät negatiiviset korrelaatiot: Ti, Cu, Zn ja lyijy.

Korrelaatio on kaksiosainen happamuuden ja seuraavien alkuaineiden välillä: V, Cr, Co ja Ni.

Yhtään selvästi positiivista korrelaatiota alkuaineen ja pH-arvon välillä ei esiinny.

Maatuneisuuden vaikutus tarkasteltuihin kahdeksaan alkuaineeseen vaihtelee suuresti. Tämän suhteen voidaan elementit jakaa kolmeen luokkaan seuraavasti:

Ensimmäiseen luokkaan tai ryhmään kuuluvat ne alkuaineet, jotka korreloivat negatiivisesti maatuneisuuden kanssa ja näitä ovat Co, Zn ja lyijy.

Toiseen ryhmään kuuluvat indifferentit elementit, joita ovat Cr, Ni ja Cu.

Kolmanteen ryhmään kuuluvat Ti ja V, joiden pitoisuudet kasvavat maatuneisuuden kasvaessa, eli näiden välillä on positiivinen korrelaatio.

Samoin voidaan alkuaineet jakaa kolmeen ryhmään tarkasteltaessa tuhkapitoisuuden vaikutusta niihin.

1. Co ja Pb-pitoisuudet korreloivat negatiivisesti tuhkapitoisuuden kanssa.

2. Ni, Cu ja Zn ovat indifferenttejä ja

3. Positiivinen vuorovaikutus on tuhkapitoisuuden ja Ti, V, ja kromin välillä.

Yleensä alkuainepitoisuudet kasvavat suhteellisen syvyyden kasvaessa. Erittäin selvät positiiviset korrelaatiot esiintyvät suhteellisen syvyyden ja seuraavien alkuaineiden välillä: Ti, V, Cr, Ni, ja Cu.

Co ja Zn ovat lähinnä indifferenttejä syvyyden suhteen. Pb poikkeaa kaikista muista tässä tutkituista elementeistä. Sen pitoisuudet pienevät syvyyden kasvaessa.

KIRJALLISUUTTA

- Hvatum, O. Ø. 1971. Sterk blyopphopning i overflatesjiktet i myrjord. — Jordundersøkelsens særtrykk No. 166.
- Kochenov, A. V. ja Kreshtapova, V. M. 1967. Rare and dispersed elements in the peats of the northern part of the Russian platform. — *Geochemistry International*, 4, 330–340.
- Kochenov, A. V., Zinev'yev ja Lovaleva, S. A. 1965. Some features of the accumulation of uranium in peat bogs. — *Geochemistry International* 2, 97–103.
- Manskaya, S. M., Drosdova, T. V. ja Emel'yanova, M. P. 1960. Distribution of copper in peats and peat soils of the belorussian SSR. — *Geochemistry* 6, 630–643.
- Salmi, M. 1950. Turpeiden hivenaineista. — *Geologinen tutkimuslaitos, Geotekn.* julk. 51, 1–20.
- Salmi, M. 1955. Prospecting for bog-covered ore by means of peat investigations. — *Bull. Comm. géol. Finl.* 169, 1–34.
- Salmi, M. 1956 a. Peat and bog plants as indicators of ore minerals in Vihanti ore field in western Finland. — *Bull. Comm. géol. Finl.* 175, 1–22.
- Salmi, M. 1956 b. On peat-chemical prospecting in Finland. — *Congr. Geol. Internac., XX a secc. Mexico.*
- Salmi, M. 1957. Peat in prospecting: Applications in Finland. — *Geochemical prospecting in Fennoscandia, London.*
- Salmi, M. 1958. Soiden peittämän kallioperän vaikutus turpeiden pH-arvoihin. Summary: On the pH-values on peat as affected by the underlying bedrock. — *Geologinen tutkimuslaitos, Geotekn.* julk. 61, 29–39.
- Salmi, M. 1969. Tienvarsien saastuminen Suomessa. — *Terra* 81, 229–233.
- Siegel, S. 1956. *Nonparametric Statistics.* — McGraw-Hill Book Company, Inc. New York-Toronto-London. Kogakusha Company, Ltd. Tokyo.

SUMMARY:

ON THE VERTICAL DISTRIBUTION OF MICROELEMENTS IN PEAT SOILS

The aim of the study was to assess the influence of certain physical and chemical factors on the vertical distribution of microelements in peat soils. The factors concerned were as follows: acidity, degree of humification (von Post), ash content and peat type. In addition to these factors, the relative depth was used as a parameter; this made it possible to study also the dependence of certain properties on the depth below the soil surface.

The results obtained can be summarized as follows:

A clearly negative correlation is prevailing between the acidity of the soil and titanium, copper, zinc and lead. In the case of vanadium, chromium, cobalt and nickel, the correlation is positive in the lowest pH classes used, and negative in the higher classes. No clearly positive correlation could be established between the soil acidity and any microelement.

The influence of the degree of humification on the eight microelements which were studied showed a wide variation. In this respect the microelements concerned may be divided into three categories, the first of which consists of microelements which correlate negatively

with the degree of humification. Such are cobalt, zinc and lead. The second category consists of indifferent microelements, and it was represented in the study by chromium, nickel and copper. The third category consists of titanium and vanadium, the contents of which increased with an increase in the degree of humification; there was consequently a positive correlation.

Likewise, the microelements can be divided into three categories with regard to the ash content of the peat: the contents of cobalt and lead correlate negatively, those of nickel, copper and zinc indifferently, and those of titanium, vanadium and chromium positively with the ash content.

Generally speaking, there is an increase in the contents of microelements with increasing distance below the peat surface. The correlation was clearly positive between the relative depth and the following microelements: titanium, vanadium, chromium, nickel and copper. Cobalt and zinc were more or less indifferent in this respect, whereas lead showed an altogether different behavior, inasmuch as its contents decreased with increasing soil depth.