

SUOKASVILLISUUDEN JA TURPEEN KÄYTÖSTÄ MALMINETSINNÄSSÄ

USE OF MIRE VEGETATION AND PEAT FOR MINERAL EXPLORATION

JOHDANTO

Biogeokemialliset ja geobotaaniset menetelmät ovat tehneet meillä tuloaan malminetsintään 1950-luvulta lähtien (ks. mm. Rankama 1941, Marmo 1950 ja Salmi 1956 ja 1958). Biogeokemiallisiin menetelmiin kuuluvat mm. kasvien tai turpeen kemiallinen analyysi. Geobotaaniseksi voidaan kutsua menetelmää, jossa kartoitetaan tiettyä ainetta (esim. jotain raskasmetallia tai kalsiumia) kasvualustassaan suosivat lajit tai kasviyhdykunnat.

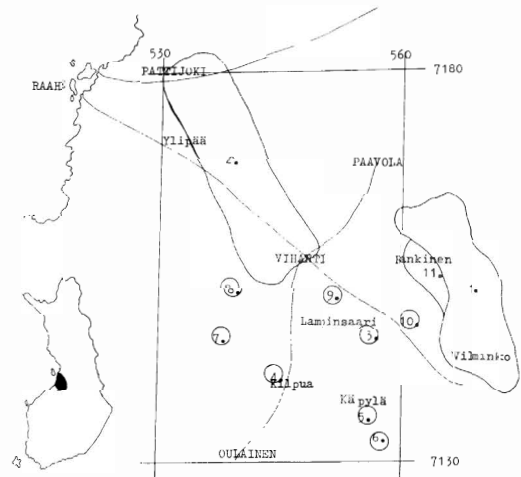
Selvitettävänä on kysymys siitä, kuinka hyvin toisaalta nykyinen kasvillisuus, suotyypit ja niiden ilmaiseva ravinteisuus, toisaalta turpeen eri kerrosten kemiallinen sisältö ja ominaisuudet kuvastavat kallioperän koostumusta. Tässä ovat mukana kalsium, kupari, sinkki, nikkeli ja lyijy ja niiden vertikaalijakautuma turpeessa. Tutkimuksen kenttätyöt on tehty Outokumpu Oy:n Vihannin kaivoksen ympäristön malminetsintään liittyvinä ”Suotutkimuskokeilun” nimellä kesinä 1976—1977.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusalueella (kuva 1) ei ole kalliopaljastumia, vaan sitä peittävät irtaimet maalajit: moreeni osittain (keskim. 10 m paks.), osin, etenkin läntisen anomaliavyöhykkeen luoteispäässä, lajittuneet hiekka ja hiesu (10—30 m) sekä turve vaihtelevan paksuisena. Pohjaveden korkeus vaihtelee suuresti. Tavallaan vastakkain ovat mahdollisia karsi- ja kalkkiesiintymiä sisältävät

malmikriittiset (ns. Vihantityypin sinkkimalmi) aerosähköisen anomalian vyöhykkeet 1, 2 ja 3 (yhteensä 6970 ha) ja geofysikaalisesti häiriöttömät, geologiselta koostumukseltaan tunnetut graniitti- (n. 1170 ha), kvartsidioriitti- (n. 240 ha), gabro- (n. 1210 ha) ja amfiboliittialueet (n. 270 ha).

Alueiden suokasvillisuus kartoitettiin suotyyppien ravinteisuuden perusteella (Eurola 1975). Kirjoitusvaiheessa käytettiin vielä



Kuva 1. Tutkimusalueet. Anomaliavyöhykkeet: 1. Rankinen-Vilminko, 2. Vihanti-Ylipää, 3. Lampinsaari kaivos. Vertailualueet: 4. graniitti, Kälppä, 5., 6. graniitti, Käpylä, 7. kvartsidioriitti, Polusjärvi, 8. gabro, Pitkäisneva, 9. gabro, Kuusirati, 10. gabro, Alpuu, 11. amfiboliitti, Rankinen.

Fig. 1. Study areas. Aeroelectrical anomaly zones: 1. Rankinen-Vilminko, 2. Vihanti-Ylipää, 3. Lampinsaari mine. Regions for comparison: 4. granite, Kälppä, 5., 6. granite, Käpylä, 7. quartz diorite, Polusjärvi, 8. gabbro, Pitkäisneva, 9. gabbro, Kuusirati, 10. gabbro, Alpuu, 11. amphibolite, Rankinen.

Taulukko 1. Turvenäytteiden määrät. m = koko aineisto, a = anomalia-alueet, gr = graniitti-, kvd = kvartsidioriitti-, gb = gabro- ja amf = amfiboliittialusta, 1 = oligotrofit, 2 = mesotrofit ja 3 = mesoeutrofit ja eutrofit suotyypit.

Table 1. Number of peat samples. m = the whole material, a = anomaly zones, gr = granite, kvd = quartz diorite, gb = gabbro and amf = amphibolite regions, 1 = oligotrophic, 2 = mesotrophic and 3 = mesoeutrophic and eutrophic mire types.

depth of sample	m	a	gr	kvd	gb	amf	1	2	3
surface	228	147	36	12	25	8	111	74	42
150 cm	17	9	8	—	—	—	12	3	2
100	47	34	13	—	—	—	29	6	12
50	66	42	17	—	7	—	34	14	18
0 = bottom	106	79	17	—	10	—	41	28	37

apuna Eurolan & Kaakisen (1978) Suotyypipiopasta, jossa myös ravinteisuudesta eli trofiasta enemmän (ks. myös Eurola & Kaakinen 1979). Suotyypit jaettiin ravinteisuusluokkiin 1 = oligotrofinen (karu), 2 = mesotrofinen (keskiravinteinen) ja 3 = mesoeutrofinen ja eutrofinen (runsaaravinteinen).

Lapiolla ja käsin kerättiin pintaturvenäytteitä 1—2 kpl/km², yhteensä 228 kpl. Näytteet otettiin ensimmäisestä hieman maatauneesta kerroksesta 5—10 cm syvyydestä, jolloin viimeisen kasvukauden tuotosta ei otettu mukaan. Aineiden kulkeutumisen ja rikastumisen selvittämiseksi turpeessa kairattiin Hillerkairalla ja venäläismallisella siipikairalla anomalia-, graniitti- ja gabroalustan suolinjoilta 106 pisteestä 236 näytettä (taul. 1). Outokumpu Oy:n Malminetsinnän laboratorio Espoossa on analysoinut näytteistä vakiomenetelmillään mm. kalsiumia (X-ray fluorescence), kuparin, sinkin, nikkelin ja lyijyn (atomic absorption spectroscopy). Kairausnäytteistä on lisäksi mitattu pH ja johtokyky Vihannin kaivoksen rikastamon laboratoriossa kunkin keräyspäivän iltana. Näytteitä sekoitettiin tislattun veden kanssa (50 ml vettä, 50 ml turvetta) seulasarjan sekoittajassa 1/2 t, annettiin laskeutua ja mitattiin pH ja johtokyky.

Tutkittaessa suon ravinteisuuden, kallioerän ja analysoitujen aineiden välisiä suhteita käytettiin apuna korrelaatioanalyysiä sekä t-testiä.

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

1. Kasvillisuus ja turpeen ravinteisuus

Tutkituilla aerosähköisen anomalian alueilla oli ravinteikkaiden, luokkiin 2 ja 3 kuuluvien suotyypien pinta-alaosuus lähes 37 % (taul. 2), mikä oli suurempi kuin

millään vertailualueella. Sekä kvartsidioriitti- että graniittialueilla ei esiintynyt mesotrofiatasoa ravinteisempia tyyppejä, prosenttiosuudet 4 ja vajaa 9. Gabroalustalla tavattujen mesotrofisten-eutrofisten tyyppien osuus oli vajaa 12 % ja amfiboliittialustalla runsaat 15 %. Eri kivilaji-alueiden turpeiden pH-arvoista ja suotyypeistä vertaa mm. Salmi 1958 ja Virtanen 1977.

Pintaturvenäytealojen suotyypien ravinteisuus erosi t-testin mukaan (taul. 3) erittäin merkittävästi (+++) pareissa graniitti/anomalia, graniitti/gabro ja kvartsidioriitti/gabro jälkimmäisten hyväksi. Merkittäviä (++) erot olivat pareissa kvartsidioriitti/anomalia ja kvartsidioriitti/amfiboliitti. Yleisesti ottaen oligotrofiset tyyppit olivat keskustavaikutteisia lukuunottamatta joitakin lievästi reunavaikutteisia pallosararämeitä (reuna- ja keskustavaikutuksesta, ks. Eurola & Kaakinen 1978 mire-margin and mire-centre effect, Eurola & Kaakinen 1979). Mesotrofisista suoaloista olivat keskustavaikutteisia vain alueella suhteellisen harvinaiset mesotrofiset kalvakkanevat. Luokkaan 3 kuuluvista tyypeistä keskustavaikutteisia olivat vain erät ruohoiset ruopparimpinevat.

Eräinä turpeen ravinteisuuden mittareina voidaan käyttää happamuutta (pH) ja joh-

Taulukko 2. Meso- ja eutrofisten suotyypien esiintyminen anomalia- ja vertailualueilla pinta-ala %:na esitettyinä. Symbolit taulukossa 1.

Table 2. Occurrence of meso- and eutrophic mire types on the anomaly and the comparison regions as areal percentages from the investigated area. Symbols in table 1.

regions	2	3	2+3
anomaly	33.07	3.69	36.76 %
granite	8.71	—	8.71 %
quartz diorite	4.18	—	4.18 %
gabbro	10.46	1.31	11.77 %
amphibolite	14.50	0.89	15.39 %

Taulukko 3. Pinta- ja pohjaturpeista mitattujen tekijöiden erot eri kallioperäalueiden ja ravinteisuusluokkien välillä t-testin tulostamina pareittain esitettynä. Parien jälkimmäinen osakas saa suuremman arvon.

Table 3. Differences (t-test) of some properties of surface and bottom peat on various bedrock types. The latter of the pair gets the greater value. tr = trophic status of mire type, c = conductivity, other abbreviations in table 1.

surface peat

significance level + + + ($p < 0.001$)

ash gr/a, kvd/gb, 1/2, 1/3

Cu a/gb, kvd/amf, 1/2

Zn a/gb

Ni gr/a, kvd/a, 1/2, 1/3

Pb a/gb, gr/gb

Ca gr/a, 1/2, 1/3, 2/3

tr. gr/a, gr/gb, kvd/gb

bottom peat

significance level + + + ($p < 0.001$)

Ni gb/gr

Pb gr/a

Ca gb/gr

pH gr/a, gb/a, gr/gb, 1/3

c. gr/a, 1/3

significance level + + + ($p < 0.01$)

kvd/a, gr/gb

gr/gb

kvd/gb

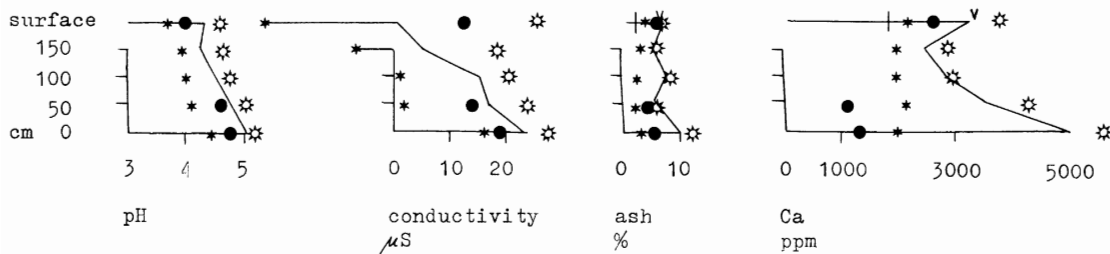
kvd/a, kvd/amf

significance level + + + ($p < 0.01$)

Cu gb/gr

gb/a, 1/3

1/2



Kuva 2. Keskimääräinen pH, johtokyky, tuhka- ja Ca-pitoisuus turveprofiileissa eri kivilajialueilla. \square koko aineisto, * graniitti, ● gabro, ✱ anomalia. Vain pintaturpeen tuhka- ja Ca-pitoisuus | kvartsidioriitti- ja v amfiboliittialueilta.

Fig. 2. Average pH, conductivity, ash and Ca content in peat profiles on different bedrock types. \square the whole material, * granite, ● gabbro, ✱ anomaly regions. Only the contents of ash and Ca of the surface peat on | quartz diorite and v amphibolite regions.

tokykyä. Myös tuhka- ja kalsiumpitoisuudet ovat suuremmat rehevien tyyppien turpeissa, jotka ovat usein sara- ja ruskosammalturpeita. Kuva 2 esittää keskimääräisen pH-luvun ja johtokyvyn vaihtelua sekä kalsium- ja tuhkapitoisuuden vertikaalista jakautumista turpeessa eri kallioperäalueilla. Diagrammeissa näkyy yleisenä piirteenä paitsi suon köyhtyminen myös kasvillisuuden "pumppausvaikutus" arvojen lievänä nousuna pintaturpeessa. Esiin tulee myös kallioperän merkitys viljavuudelle.

Korrelaatioanalyysin tulokset (taul. 4) tukevat käsitystä k.o. tekijöiden yhteydestä suotyypin ravinteisuuteen. Erittäin merkitsevänä (+ + +) kautta turvekerrosten säilyi korrelaatio suotyypin ravinteisuuden ja pH-luvun välillä ja merkitsevänä (+ +) johtokyvyn kanssa. Kalsiumin korrelaatio

ravinteisuuteen oli pintaturpeessa erittäin merkitsevää ja pohjaturpeessa merkitsevää, välikerroksissa riippuvuus oli heikkoa tai olematonta. Pintaturpeiden tuhkapitoisuus oli myös erittäin merkitsevässä korrelaatiossa suotyypin ravinteisuuteen. Keskenäisistä riippuvuuksista säilyi erittäin merkitsevänä läpi turpeen pH-luvun ja johtokyvyn välinen. Kalsiumin ja pH-luvun välinen korrelaatio voimistui pohjaa kohden erittäin merkitseväksi, samoin kalsiumpitoisuuden ja johtokyvyn välinen. Kaikki neljä tekijää ilmaisevat eri turvekerroksissa muiden suotyyppien ravinteisuutta.

T-testin tulokset (taul. 3) varmistavat käsitystä happamuuden (pH), johtokyvyn, tuhkapitoisuuden sekä kalsiumpitoisuuden merkityksestä suotyypin ravinteisuudelle sekä suotyypin riippuvuudesta kallioperän koostumuksesta. Suotyypin ja turpeen ravinteisuuden mittareina voidaan siis käyt-

Taulukko 4. Eri turvekerroksista mitattujen aineiden korrelaatiot suotyypin ravinteisuuteen ja toisiinsa nähden.

Table 4. Correlations between some properties of peat layers and the trophic level of mire types.

Merkittävyyserot:		+++ P < 0.001	oP < 0.10						
Significance levels:		++ P < 0.01	+ P < 0.05		— no significance				
	tr.	ash	Ca	Cu	Zn	Ni	Pb	pH	
tr.									
ash	+++								
Ca	+++	+							
Cu	+		—						
Zn	—	—	—	+++					surface
Ni	+++	+++	+++	+++	—				peat
Pb	+	+++	—	+++	+++	+++	—		
Mg	—			+	—	—	—		
Na	—								
K	+++								
	tr.	ash	Ca	Cu	Zn	Ni	Pb	pH	
tr.									
ash	—								
Ca	—	—							
Cu	—	—	—						
Zn	—	—	—	—					150 cm
Ni	—	+	—	—	—				from
Pb	—	+	—	—	—	+			the
pH	+++	++	—	—	—	o	—		bottom
c.	++	+	—	—	—	—	—	+++	
	tr.	ash	Ca	Cu	Zn	Ni	Pb	pH	
tr.									
ash	o								
Ca	o	—							
Cu	—	o	—						100 cm
Zn	—	—	—	—					from
Ni	o	+	+	+++	—				the
Pb	o	—	+	—	—	—			bottom
pH	+++	o	—	—	o	o	—		
c.	+++	—	+	—	—	—	—	+++	
	tr.	ash	Ca	Cu	Zn	Ni	Pb	pH	
tr.									
ash	+								
Ca	+	—							
Cu	—	+++	—						50 cm
Zn	—	—	—	+++					from
Ni	—	—	—	+++	—				the
Pb	+	—	++	—	+++	o			bottom
pH	+++	+++	+++	—	—	+	+		
c.	+	o	++	—	—	—	—	+++	
	tr.	ash	Ca	Cu	Zn	Ni	Pb	pH	
tr.									
ash	—								
Ca	++	—							
Cu	—	+	—						0 cm =
Zn	—	—	—	+++					the
Ni	—	+	—	+++	—				bottom
Pb	o	—	+	+++	+++	—			peat
pH	+++	++	+++	—	o	+	+		
c.	++	—	+++	—	—	o	—	+++	

tää luotettavasti kasveja ja niiden muodostamia suotyyppejä.

Suotyypit ja turve sekä niiden ravinteisuus ovat riippuvaisia alustansa ja ympäristönsä kallio- ja maaperästä sen mukaan, ovatko ne keskusta- vai reunavaikutteisia (Eurola & Kaakinen 1978). Ellei keskusta-vaikutteinen tyyppi ole täysin ombrotrofien (sadevedenvarainen, yleensä paksuturpeinen), se ilmaisee alustansa kallioperän laatua paikallisesti. Täysin ombrotrofiseksi tyyppi kehittyi turvekerrosten kasvaessa sitä nopeammin, mitä karumpi lähtötilanne eli suon alusta on ollut. Reunavaikutteiset tyypit taas antavat arvokasta tietoa suon

lähiympäristön kallio- ja maaperän laadusta. Olettaisın Virtasen (1977) ”kasvillisuuden antamien kallioperäviitteiden” sisältyvän juuri reunavaikutteisuuteen. Reunavaikutuksen määrän ja suunnan mahdollinen vaihtelu, esim. pinta- tai pohjaveden kulun muuttuminen, voi aiheuttaa muutoksia suon suoraviivaisessa, normaalisti köyhtyvässä sukkessiossa. Tämä seikka on otettava huomioon tuloksia tulkittaessa.

2. Raskasmetallit Ni, Cu, Zn ja Pb

Analysoiduista raskasmetalleista kupari ja sinkki toimivat pieninä pitoisuuksina esiintyessään entsyymiaktivaattoreina kasvien aineenvaihdunnassa. Nikkelin ja lyijyn merkitystä korkeammille kasveille ei tiedetä. Suurina pitoisuuksina kaikki e.m. metallit ovat myrkyllisiä (Ernst 1974).

Keskimääräiset pitoisuudet koko aineistosta, anomalia-, graniitti- ja gabroalueilta näkyvät kuvan 3 profiileissa. Kvartsidioriitti- ja amfiboliittialueilta on vain pintaturvenäytteiden keskiarvot. Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava aineiston rajoitettu koko etenkin eri kivilajialueiden soiden kairausten osalta (taul. 1). Muilta osin tuloksia voitaneen pitää ainakin suuntaa-antavina. Käsittelen seuraavassa kutakin metallia erikseen.

Nikkeli

Esittämistäni tuloksista (mm. taul. 3 ja 4) ilmenee, että tutkituista raskasmetalleista nikkeli oli pintaturpeessa esiintyessään positiivisesti erittäin merkittävästi (+++) riippuvainen suon ravinteisuudesta. Nikkeli oli ainoa metalli, jolla oli erittäin merkittävä korrelaatio kalsiumin kanssa sekä pinta- että pohjaturpeessa. Välikerroksissa korrelaatiot katoavat. Tuhkapitoisuuden kasvaessa nikkelpitoisuudet lisääntyivät. Pintaturpeen suuret nikkelpitoisuudet näyttivät suosivan reunavaikutteisia, reheviä suotyyppejä. Virtasen (1977) mukaan nikkeli rikastuu mieluiten saraturpeisiin, ja pitoisuudet kasvavat happamuuden vähentyessä. Tanskanen (1976) ei ole saanut korrelaatiota pH-arvoon eikä myöskään maatuoneisuuteen. Tutkitut nikkelpitoisuuden vaihtelut olivat melko pieniä niin eri kivilajialueiden välillä kuin vertikaalijakaumassakin (kuva 3). Ns. pintanousu oli nikkellillä vain lievä. Keskimääräisesti suurimmat arvot turveprofiilissa sai anomalia-alue.

Kupari

Pintaturpeen suurimmat yksittäiset kuparimäärät analysoitiin ravinteikkaiden, reunavaikutteisten suotyyppien turpeista. Korrelaatioanalyysi ei kuitenkaan ilmoittanut erittäin merkitseviä riippuvuuksia muihin kuin tuhkapitoisuuteen 50 cm päässä pohjasta ja toisiin metalleihin. (taul. 4). Kuparin keskimääräisestä vertikaalijakaumasta muodostui loivan c-kirjaimen muotoinen (vrt. Sillanpää 1975, Tanskanen 1976 ja Yliruokanen 1976). Virtasen (1977) mukaan kupari suosii saraturpeita ja lisääntyy happamuuden vähetessä. Tanskanen (1976) mukaan kuparipitoisuudet lisääntyivät, kun maatuneisuusaste kasvoi, mutta korrelaatiota pH-lukuun niillä ei ollut. Työssäni keskimääräisesti suurimmat arvot turveprofiilissa sai graniittialusta, lukuunottamatta pintaa, jossa gabro vei, ilmeisesti erään yksittäisen suon ansiosta, voiton.

Sinkki

Sinkki käyttäytyi kaikkein epäsäännöllisimmin. Sillä ei havaittu merkittäviä korrelaatioita muihin tekijöihin kuin kupariin ja lyijyyn. Pinnan suurimpia yksittäisiä arvoja saivat oligotrofiset, keskustavaikutteiset turpeet. Virtasen (1977) mukaan sinkki rikastuu rahkaturpeisiin ja ruskosammal-pitoisiin saraturpeisiin eikä sillä ole korrelaatiota pH-luvun kanssa. Tanskanen (1976) tutkimuksissa sinkkipitoisuus väheni, kun pH-luku ja maatuneisuus kasvoivat. Aineiston keskimääräisten pitoisuuksien mukaan laaditussa profiilissa (kuva 3) on jyrkkiä vaihteluita. Selvä pintanousu on havaittavissa, nousevatpa pinnan metallipitoisuudet useimmilla alueilla pohja-arvoja korkeammiksi. Sinkin suurimmat keskimääräiset pohjaturpeen arvot olivat anomalia-alueilla.

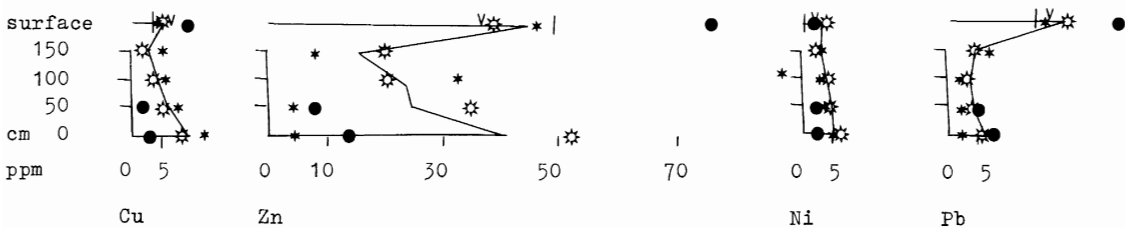
Pinnassa voittaa, kuten kuparilla ja lyijyläkin, gabroalue saman yksittäisen suon ansiosta.

Lyijy

Lyijy rikastui selvästi pintaan, jonka pitoisuudet olivat melkein aina suuremmat kuin pohjan (kuva 3). Pintaturpeen lyijypitoisuudet osoittivat erittäin merkitsevää riippuvuutta turpeen tuhkapitoisuudesta ja muista metalleista (taul. 4). Korrelaatiot heikkenivät ja hävisivät välikerroksissa. Pohjaturpeessa lyijyllä oli merkitsevä korrelaatio kalsiumiin, kupariin ja sinkkiin. Lyijypitoisuudet olivat keskimääräisesti ottaen suurimmat gabroalustalla. Pintaturpeen yksittäiset suurimmat pitoisuudet mitattiin usein keskustavaikutteisilta tyypeiltä. Ravinteisuudeltaan nämä tyytit hajautuivat oligo-, meso- ja eutfysiin. Virtasen (1977) mukaan lyijy rikastuu parhaiten rahkaturpeisiin. Tanskanen (1976) mukaan lyijypitoisuudet vähenevät, kun tuhkapitoisuus, pH-luku ja maatuneisuus kasvavat.

3. Aineiden vertikaalijakauma

Kairaamissani turveprofiileissa analysoidut aineet noudattivat yleensä Sillanpään (1975) toteamia suuntaviivoja (kuvat 2 ja 3). Kalsiumilla, kuparilla ja nikkelillä pitoisuudet vähenivät pohjamaksimin jälkeen ja olivat minimissään keskimäärin ottaen 150 cm päässä suon pohjasta. Pinnassa (tässä 5–10 cm pinnan alapuolella) oli havaittavissa pienet nousut. Tämä piirre näkyy myös pH-luvussa ja epäselvemmin myös tuhkapitoisuudessa. Johtokyky vähenee koko aineiston keskiarvona pohjasta pintaa kohti, mutta erityisesti anomalia-alueilla senkin arvoilla on pinnassa uusi nousu (kuva 2).



Kuva 3. Keskimääräinen Cu-, Zn-, Ni- ja Pb-pitoisuus turveprofiileissa eri kivilajialueilla. Merkit samat kuin kuvassa 2.

Fig. 3. Average Cu, Zn, Ni and Pb contents in peat profiles on different bedrock types. Symbols in fig. 2.

Sinkki- ja lyijymäärien maksimi on pinnassa. Lyijyllä pintamaksimi on erittäin selvä, sinkillä ei yhtä ehdoton.

Perussy kyseiseen, enemmän tai vähemmän c-kirjaimen muotoiseen jakaumakuviin liittyyne Sillanpään (1975) mukaan turpeen paksuuskasvuun ja kasvien ”pumpausvaikutukseen”. Ylimmän kerroksen pintanousu selittyisi Sillanpään mukaan sillä, että ravinteita ja hivenaineita ei ole vielä ”imetty” ylös.

Pakarisen & Tolosen (1977) rahkaturpeita koskevissa tutkimuksissa lyijy rikastui 20—50 cm syvyyteen ja sinkki 15—30 cm päähän pinnasta. Sinkin rikastumiskerros oli vähemmän jyrkkärajaan kuin lyijyn. Mahdollisina selittäjinä e.m. tutkijoiden mukaan voisivat olla hapetus-pelkistysteasteen muutokset (aerobisuusraja) tai rautakerroksen sijainti. Eri metallien erilainen sitoutuminen orgaaniseen ainekseen ja turpeen happamuuden vaikutus mm. huuhtoutumiseen ovat huomioonotettavia tekijöitä (Lucas & Davis 1961, Hildebrand & Blum 1975 Pakarisen & Tolosen 1977 mukaan). Damman (1978) korostaa hapetus-pelkistysolosuhteiden ja siten suoveden korkeuden ja sen vaihteluiden merkitystä useimpien aineiden vertikaalijakaumalle. Hapetus-pelkistysoloja käsittelee myös Pakarinen (1980) raskasmetallirikastumien muodostumista pohtiessaan. Kuparin, lyijyn ja sinkin suuriin pintaturpeissa ilmeneviin pitoisuuksiin lienevät hänen mukaansa vaikuttaneet viime vuosikymmenien kohonneet laskeuma-arvot.

LOPPUPÄÄTELMIÄ

Kivilajien erilainen ns. kalkkivaikutus (Kalliola 1973) tulee ilmi turpeenkin läpi suotyyppien ravinteisuudessa. Suokasvillisuuden ja turpeen kemiallis-fysikaaliset ominaisuudet ja sisältö eivät aina viittaa suoraan suon alla sijaitsevan kallio- ja maaperän laatuun. Reunavaikutteisilla suotyypeillä on suon ulkopuolelta tuleva ravinnelisa (Eurola & Kaakinen 1978) otettava huomioon. Kun tarkkaillaan reunavaikutuksen suuntaa, laatua ja määrää tuloksia tulkittaessa, saadaan viitteitä suon ympäristön kallio- ja mineraaliperän laadusta. Reunavaikutteisilla suotyypeillä ja niiden turpeella saattaa olla tärkeä merkitys malminetsinnässä suon lähiympäristöstä tulevan ravinnelisan ja sen sisältämien raskasmetallien pidättäjinä ja rikastajina.

Jos oletetaan, ettei ombrotrofisen suotyypin pintaturve sisällä ravinteita eikä

hivenaineita (tässä tapauksessa raskasmetalleja) enempää kuin sadevesi, ei pelkällä pintaturpeella ole malminetsinnällistä merkitystä. Minerotrofiset keskustavaikutteiset (Eurola & Kaakinen 1978) tyytit kuvastavat hyvinkin paikallisesti alustansa laatua ja sopivat hyvin malmimineraalien etsintään.

Useimmat siteeraamistani tutkijoista ovat käsitelleet nimenomaan turvekemiallisia menetelmiä ja niiden yhteydessä turpeen happamuuden, turvelajin ja maatuneisuuden määrittämiä. Kalkki- ja karsikiviesiintymiä paikallistettaessa on mielestäni kasvivyhdyskuntien ja -lajien kartoittaminen ensi sijalla. Kasvit, tässä tapauksessa suokasvit, ilmaisevat alustansa, turpeen kalsiumpitoisuutta, happamuutta, siis suon trofiaa eli ravinteisuutta.

Jäljitettäessä raskaita metalleja kalliopaljastumia vailla olevilta, soiden peittämillä alueilta puoltaa turvekemiallinen menetelmä hyvin paikkaansa muiden, geofysikaalisten ja -kemiallisten keinojen yhteydessä. Tällöinkin on nähdäkseni asiallista ottaa huomioon kasvillisuuden antama tieto alustansa ravinteisuudesta, poikkeavathan useat malmimineraaleja sisältävät kivilajit happamuudeltaan ympäristöstä (mm. Salmi 1958). Turvenäytteitä otettaessa on aiheellista tarkata mahdollisia muutoksia kasvillisuuden ja kasvivyhdyskuntien koostumuksessa, myös lajitasolla, jotta saataisiin selville raskasmetallien vaikutus niihin. Varsinkin suuret raskasmetallipitoisuudet voivat aiheuttaa muutoksia mm. lajikoostumuksessa ja kasvien morfologiassa.

Virtasen (1977) käsityksenä on, että pinta- ja pohjanäytteet ovat tärkeimmät malminetsinnällisessä turvenäytteenotossa. Salmen (1963) mukaan kallioperän metallipitoisuudet kuvastuvat parhaiten syvemmissä turpeissa. Metallien liikkumista selvitetäessä pitää Pakarinen & Tolonen (1977) tärkeimpänä ylintä 1/2 m turvekerrosta. Näytteenotossa on kiinnitettävä huomiota näytteen homogeenisuuteen. Heikosti maatuneen pintasammalen tai muiden kasvien määrällä näytteessä voi olla vaikutusta tuloksiin (Pakarinen & Tolonen 1977). Tulosten tulkintaa vaikeuttaa myös näytteenoton epätarkkuus syvyyssuunnassa (Tanskanen 1976). Aineistossani oli kaikilla metalleilla jonkin asteinen pintanousu (5—10 cm pinnan alapuolella, ensimmäisessä hieman maatuneessa kerroksessa). Selvitettyämme pinnan arvojen nousun suhteen pohjaturpeen ja suon alustan pitoisuuksiin antaa minerotrofisen suotyypin pelkkä pintaturvekin jo arvokasta tietoa.

Metallien liikkumista ja rikastumista koskeissa tiedoissa on eroavaisuuksia (vrt. mm. Damman 1978, Pakarinen & Tolonen 1977 ja Sillanpää 1975). Lisäselvitykset metallien käyttäytymisestä turpeessa niin syvyysuunnassa kuin pinnanmyötäisestäkin, erityisesti reuna- ja keskustavaikutukseltaan erilaisilla suotyypeillä lienevät paikallaan

ja merkityksellisiä myös malminetsinnän kannalta. Tarkoituksenmukaista turvenäytteenottoa on vaikea suunnitella ilman kunnollista tietoa e.m. seikoista.

Esitän parhaimmat kiitokseni työni ohjaajille apul.prof. Seppo Eurolalle Oulun yliopiston kasvitieteen laitokselta ja geologi Tuomo Mäkelälle Outokumpu Oy:n Vihannin kaivokselta.

KIRJALLISUUS

Damman, A. W. H. 1978: Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs. — *Oikos* 30 (3):480—495. Copenhagen.

Elomaa, P.-L. 1980: Suokasvillisuuden ja turpeen käytöstä malminetsinnässä. — 60 s. Pro gradu-tutkielma Oulun yliopiston kasvitieteen laitokselle.

Eurola, S. 1975: Suotyypien tutkimuskaava. — 27 s. Oulun yliopiston kasvitieteen laitoksen kurssimöniste.

Eurola, S & Kaakinen, E. 1978: Suotyypipiipas. — 87 s. Porvoo.

Eurola, S. & Kaakinen, E. 1979: Ecological criteria of peatland zonation and the Finnish mire type system. — Proceedings of the International Symposium on Classification of Peat and Peatlands, Hyytiälä, International Peat Society 1979.

Ernst, W. 1974: Schwermetallvegetation der Erde. — 194 s. Stuttgart.

Kalliola, R. 1973: Suomen kasvimaantiede. — 308 s. Porvoo.

Marmo, V. 1950: Kasveista alustan kallioperän indikaattoreina. — *Terra* 62 (2):49—61.

Pakarinen, P. 1981: Ravinteiden pidättyminen kohosoiden hapettomiin turvekerroksiin. — *Suo* 32 (1): 15—19.

Pakarinen, P. & Tolonen, K. 1977: Pääravinteiden sekä sinkin ja lyijyn vertikaalijakautumista rahaturpeessa. — *Suo* 28 (4—5): 95—101.

Rankama, K. 1940: On the use of the trace elements in some problems of practical geology. — *Bull. Comm. geol. Finlande* 126, p. 90.

Salmi, M. 1956: Peat and bog plants as indicators of ore minerals in Vihanti ore field in Western Finland. — *Bull. comm. geol. Finl.* 175:6—22.

Salmi, M. 1963: On the influence of geological factors upon plant nutrient content of peats. — *Maataloustieteellinen aikakauskirja* 35: 1—18.

Salmi, M. 1958: Soiden peittämän kallioperän vaikutus turpeiden pH-arvoihin. — *Geologiliiton julkaisuja* 1:29—39.

Sillanpää, M. 1975: Hivenaineet suoprofiilissa. — *Suo* 26:83—86.

Tanskanen, H. 1976: Factors affecting the metal contents in peat profiles. — *Journ. of Geochem. exploration. Norden* 1975. — 1976, 5 (3):173—422.

Virtanen, K. 1977: Raportti geokemiallisesta turvetutkimuksesta. — Outokumpu Oy. Ei julk.

Ylirokanen, I. 1976: Heavy metals distribution and their significance in Finnish peat bogs. — 5.th international peat congress. II New recognitions of peatland and peat. Poznan, Poland.

SUMMARY:

USE OF MIRE VEGETATION AND PEAT FOR MINERAL EXPLORATION

This paper deals with the mineral exploration with the help of mire vegetation, its trophic level (geobotanic) and peat chemistry (biogeochemistry). The study area (Fig. 1) consists of 1. aereoelectrical anomaly zones (6970 ha), where the bedrock potentially contains limestone or skarnrocks with zinc ore, but is without outcrops and covered by peatlands and 2. some granite (1170 ha), quartz diorite (240 ha), gabbro (1210 ha) and amphibolite (270 ha) regions for comparison.

The so called calcium influence of differed clearly from others having meso-through the peat. The anomaly region differed clearly from others having meso- and eutrophic mire types 37 % of the area. On amphibolite base there were 15 % and on gabbro base 12 % of rich mire types. Neither granite nor quartz diorite regions had mire types above mesotrophic level, the corresponding percentages being 9 and 4 (table 2).

Some properties of peat were measured

Maatalouden Tutkimuskeskus
Paikalliskoetoimisto
31500 JOKIOINEN

from 228 surface peat samples, (5—10 cm below the surface, from the first slightly humified peat layer) and from 236 borer samples through the peat horizon (106 points). The correlation analyses (Table 4) and t-tests (Table 3) certified that pH, conductivity, ash and Ca content of peat indicate the trophic level of a mire type and that the type is influenced by the bedrock. Plant species and mire types they form can thus reliably be used as measurement for the nutrient status of mire and peat.

The distribution of Ni, Cu, Zn and Pb were studied. The vertical distribution of those heavy metals and Ca resembled more or less the letter c (fig. 2 and 3). The minimum contents were generally in the middle layers, about 150 cm from the bottom of mire, where the correlation (table 4) between the measured properties were also weakest.

Ni contents in the surface peat were very significantly positively (+ + +) correlated to the trophic status of mire vegetation. Rich, mire-margin effected types got the greatest values. Ni was the only metal which had a very significant correlation with Ca in the surface and in the bottom layers.

The correlation analyses did not show any meaningful relationships between Cu contents and other parameters except for the ash content in 50 cm layer from the bottom and other metals. The highest individual contents in the surface peat were analysed from the samples of meso- and eutrophic types with mire-margin effect.

Zn distribution was the most irregular. It has significant correlation only with Cu and Pb. Zn content had sharp variations in peat profiles. The maximum contents were often in the surface peat of oligotrophic types.

Pb had a very clear maximum value on the surface peat. In this material, which

contains a great amount of samples from the area probably with skarn ore, Pb had a very significant correlation to ash and other heavy metals in the surface. The correlations declined and disappeared in intermediate layers but came out as significant with Ca, Cu and Zn at the bottom. In general the highest contents in surface were often analysed on mire-centre-effected types as with Zn, too.

Classifying and mapping vegetation is a useful method before all when locating limestone and skarnrock deposits. It has to be remembered that mire types reflect the bedrock in accordance with the characteristic nutrient situation. The peat of mire-margin effected type might have importance being an accumulator and binder of nutrients and heavy metals coming from the nearest surroundings of the mire. The minerotrophic types with mire-centre effect reflect very locally the mineral soil and bedrock below the mire and are suitable for mineral exploration.

When prospecting heavy metals on areas without outcrops of bedrock and covered with peatlands the peat chemical method can be used in connection with other methods like geophysical and -chemical ones. Also then it is relevant to take into account the information given by plants and vegetation units. The results published of the vertical distribution of heavy metals do not always agree and the phenomenon has to be studied in more detail. One has to consider, also here, the effect of mire characteristic nutrient status (mire-margin and -centre effect). Investigating both vertical and horizontal distributions of heavy metals in peat of different mire types we get, as I understand, important information for mineral exploration. This information would also greatly help to plan a well serving peat sample collecting.