

RASKASMETALLIANALYYSIJÄ KAHDELTA TIENVARSIUOLTA

ANALYSES OF HEAVY METALS ON TWO ROADSIDE BOGS IN FINLAND

Suomen keidassuovesien ravinnetutkimuksen (ks. Tolonen 1974) aineistoon sattui v. 1972 mukaan kaksi tienvarsisuota. Niiden vesien eräät poikkeuksellisen korkeat metalli- ja anionipitoisuudet antoivat aiheen jatkotutkimukselle v. 1973, jolloin samoista näytekohdista analysoitiin myös monia ns. raskasmetalleja sekä vesistä että eräissä tapauksissa myös turvenäytteistä.

MENETELMÄT

Vesinäytteet kerättiin myöhäissyksyllä 1972 ja 1973 suopainanteista (erilaisista kuljuista ja rimmistä), esisuodatettiin maastossa lasivillan (Merck) läpi PVC-muovipulloihin ja analysoitiin tuoreeltaan. Metallien osalta analyysi tapahtui atomiabsorptiospektrofotometrisesti (myös elohopea). Turvenäytteet otettiin samaan aikaan kasvavasta *Sphagnum fuscum* tai *S. magellanicum* -pinnasta (0–5 cm) ja samasta kohdasta 20–15 cm syvyydeltä 250 cm³ teräsynteroin muovipusseihin. Uuttoanalyysit EDTA:lla tehtiin tuoreesta ja totaalmääritykset varastoimatta kuivatuista, märkäpoltetuista näytteistä samoin keinoin kuin vesinäytteiden osalta (menetelmä TYLER et al. 1973 mukaan).

Kolmelle näytteelle otettiin kolme rinnakkaisnäytettä hajonnan tutkimiseksi, joka oli suurin EDTA-uuttoanalyysissä (etenkin kalium). Totaalianalyysissä hajonta oli yleensä pienehkö, alle 20 % (keskihajonta prosenttia keskiarvosta), mutta maksimitapauksessa se oli jopa hieman yli 100 %.

Biostien viherleväkasvatus ja mikroskoopipilaskenta tehtiin MML P. Seppäsen johdolla Oy Vesiteknikan laboratoriossa. Vuoden 1973 aineiston laskenta suoritettiin kuitenkin Lamin biologisella asemalla Coulter Counter hiukkalaskijan avulla.

Muut laboratorioanalyysit on suorittanut Viljavuuspalvelu Oy Helsingissä.

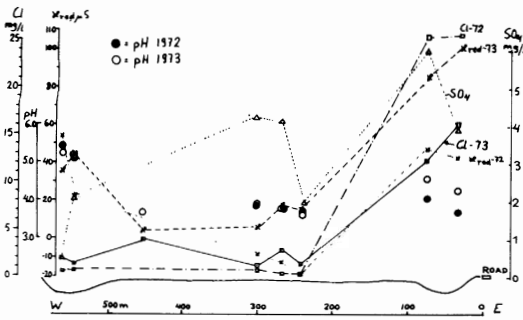
AINEISTO

Kiskon Raadesuolta välittömästi kestopäällystetystä valtatie 186:sta pohjoiseen tutkittiin 400 m pituiselta linjalta 14 vesi- ja 18 turvenäytettä. Kaksi 10–13 m etäisyydeltä otettua vesinäytettä on minerotrofisesta laidejuotista (lettomainen), muut rahkasuolta. Suo on Saaristo-Suomen keidas, ja tutkimusalue on miltei puuton. Turvekerros on hieman yli 6 m paksuinen, josta keskustassa viitisen metriä on rahkaturvetta. Tutkitulla laiteella on saransekaista turvetta yli kaksi metriä. – Liikennetiheys (TVH 1970): noin 800 ajoneuvoa/vrk, joista henkilöautoja noin 660/vrk.

Joroisten Vuotsinsuon pohjoisosasta välittömästi sorastetusta tiestä 465 länteen (ks. Eurola 1962, kuva 64, Tolonen 1968, s. 21–24) tutkittiin noin 550 m pituiselta linjalta B (Tolonen op.c.) 15 vesi- ja 12 turvenäytettä. Niistä molempien päiden kaksi viimeistä näytettä ovat tervaleppää, koivua ja pajuja kasvavalta laiteelta (leveys 20–40 m) ja sen läheltä, etäisyys tiestä 30–75 m, muut rämejänteiseltä rahkanevalta. Suo on tyyppiesimerkki eksentrisestä keidassuosta. Turvekerroksen paksuus on keskisuolla 5.5 metriä, josta kolmen metrin paksuinen pintakerros edustaa ombrotrofista vaihetta. Laitteitten näytekohtien turvekerros on noin parin metrin paksuinen. – Liikennetiheys (TVH 1970): 191 ajoneuvoa/vrk, joista henkilöautoja 136/vrk.

VESINÄYTTEIDEN pH JA ELEKTROLYYTTIPITOISUUS

Koska on osoitettu, että alustan vetyionikonsentraatio vaikuttaa ratkaisevasti lähes kaik-

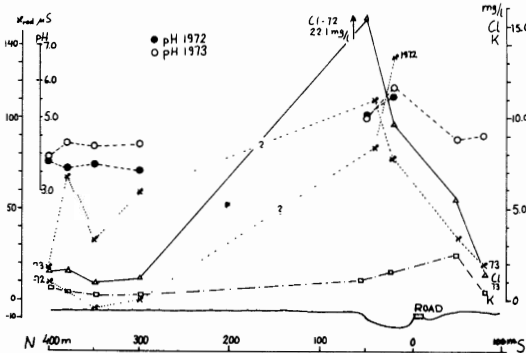


Kuva 1. Vuotsinsuon vesianalyysituloksia. K_{red} = sähköjohtokyky (+20°C) vetyionikorjauksen jälkeen. Suon pintaprofiili kaavamainen.

Fig. 1. Some water analyses from Vuotsinsuo bog. K_{red} = the specific conductivity of water at +20°C after pH correction.

kien raskasmetallien pidättymiseen (ks. esim. Rühling & Tyler 1972) ja koska suoveden pH varmasti po. 30illa kuvastaa myös turpeen happamuusoloja, siihen kannattaa kiinnittää erikoista huomiota.

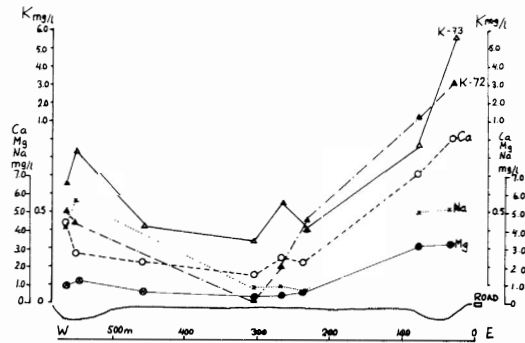
Molempien soiden rahkasuon näytteissä pH on yleensä välillä 3.5 – 3.9. Eräissä Raadesuon vesikuljuissa se oli kuitenkin v:n 1973 näytteissä n. 4.2, mihin todennäköisenä syynä oli edellisten päivien rankkasateet. Raadesuon laidetuotin pH on molempina vuosina ollut välillä 5.0 – 5.8. Huomionarvoista on, että Vuotsinsuon tienpuoleisen eli itälaiteen pH on ollut vain 3.6 – 4.5 kun taas länsireunan pH on molempina kesinä ollut 5.1 – 5.5.



Kuva 2. Raadesuon vesianalyysituloksia. Selitykset kuten kuvassa 1.

Fig. 2. Some water analyses from the Raadesuo bog. For explanation, see Fig. 1.

Molempien tutkimuslinjojen vetyionien suhteen redusoidut johtokykyarvot, jotka ovat suorassa suhteessa veden elektrolyyttipitoisuuteen, ovat poikkeuksellisen korkeat läheltä tietä otetuissa näytteissä. Kaiken takana ovat tässä osittain "tiesaasteen" sisältämä kloridi, kalium, natrium, sulfaatti ja eräät muutkin aineet. Tiepöly on lisännyt myös kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksia. Parhaiten asiaa todistaa Vuotsinsuon profiili (kuva 1), jonka eutrofinen länsilaite jää näiden aineiden pitoisuuksissa selvästi jälkeen karusta itälaiteesta. Vaikka myös raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat mainitun suon tienpuolella jopa kaksinkertaiset länsilaiteeseen verrattuna, ero saattaa suurelta osin johtua länsiosan korkeasta pH:sta (n. 5.5), jonka johdosta rauta on voinut osaksi saostua pois vedestä (ks. esim. Puustjärvi 1952).

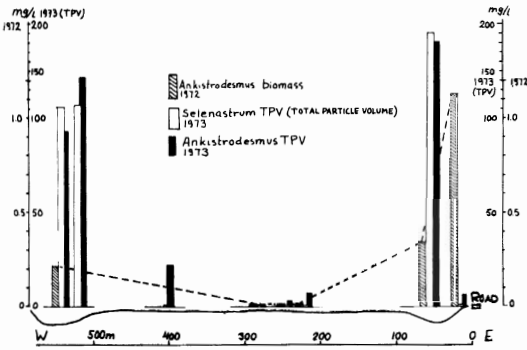


Kuva 3. Vuotsinsuon vesianalyysituloksia.

Fig. 3. Some water analyses from the Vuotsinsuo bog.

Vuotsinsuon ja Raadesuon tienvarsivesien (ei ojen!) kloridi- (22.5 ja 22.1 mg/l) ja kalium- (5.68 ja 2.48 mg/l) pitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin yhdessäkään luonnontilaisessa suovesinäytteessä koko Etelä- ja Keski-Suomen aineistossani. Karujen minerotrofisten suovesien keskimääräinen kloridipitoisuus on meillä n. 4.5 – 4.8 mg/l ja kaliumpitoisuus n. 0.9 – 1.4 mg/l.

Sorapiteisen maantien pölynsidonta kaliumkloridilla selittää Vuotsinsuon reunan ko. komponenttien poikkeuksellisen korkeat arvot, kestopäällysteisen tien talvisuolauksen natriumkloridi puolestaan Raadesuon korkeat kloridipitoisuudet (vrt. Field et al. 1973 ja Walker & Wood 1973). Tien reunan muuhun suohon nähden sielläkin korkea kaliumpitoisuus lienee suurelta osin peräisin saman tien sorapintavaiheesta, joka päättyi vuonna 1968.



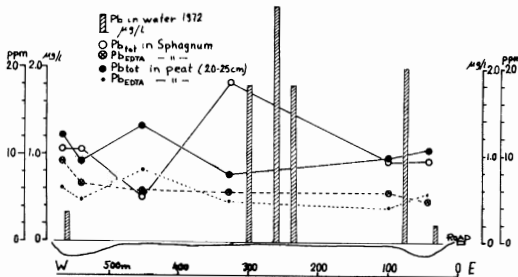
Kuva 4. Vihervä-biotestituloksia Vuotsinsuon vesinäytteistä. Lähemmin tekstissä.

Fig. 4. Bio-assay analyses using two green algae in the water samples of the Vuotsinsuo bog. The biomass values marked with a broken line are more reliable for methodological reasons (microscopic counting).

VIHERLEVÄBIOTESTIT

Ennenkuin pääsemme varsinaiseen otsikon lupaamaan asiaan, on vielä mielenkiintoista tarkastella viherväkasvatuskokeita ko. näytevesistä, koska tulokset selvästi liittyvät tien vaikutuksiin.

Koelevinä olivat *Ankistrodesmus falcatus* ja *Selenastrum capricornatum*. Tässä esitetään vain solubiomassa-arvot kahden viikon viljelyn jälkeen steriloiduissa ja ultrasuodatetuissa koevesissä ilman ravinnelisäyksiä ja Vuotsinsuon osalta (kuva 4), jossa on mahdollisuus vertailla luonnontilaista länsi- ja tienvierusten itälaidetta.



Kuva 5. Vuotsinsuon lyijyanalyysit (ppm = mg/kg kuiva-ainetta). Vesien virtailut ja metsäisyys ovat syynä molempien laiteiden vesissä näkyviin minimiin.

Fig. 5. Lead analyses from the Vuotsinsuo bog. The minima in water samples of both margins are probably caused by the water movement and the effects of the forest cover (ppm = mg per kg dry weight).

Huolimatta edellisen paikan kasvillisuuden suu-remmasta trofia-asteesta sen BT-arvot ovat koelevästä ja ajankohdasta riippuen 1/2 – 1/5 tienvierustavesien vastaavista. Vuoden 1973

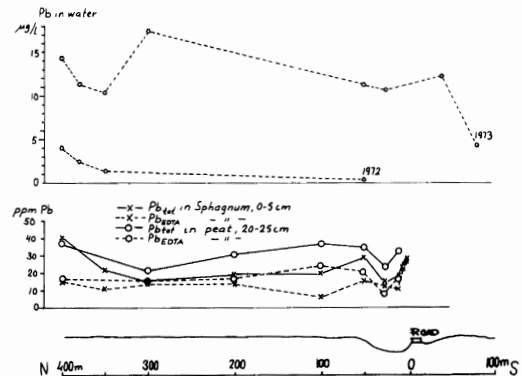
tulokset ovat menetelmästä johtuen maksimi-arvojen osalta epävarmempia. Ombrotrofisen suon keskustan arvot ovat murto-osa laitteiden vastaavista. On vaikea selvittää, mitkä ravinteet ovat eron takana, mutta tähänastiset tulokset näyttäisivät osoittavan kloridin yhdeksi tärkeimmistä, taikka ylisuuren kloridipitoisuuden jollakin tavalla aiheuttaneen leväkasvulle edullisen ravinnekoostumuksen syntymisen luonnonvesissä.

RASKAMETALLIT JA ARSEENI

Edellä on selvästi käynyt ilmi, että Vuotsinsuon tutkimuslinja on sopivampi "tienvarsi-efektin" tutkimiseksi kuin Raadesuo. Vuotsinsuolta on kuitenkin valitettavasti vähemmän raskasmetallien analyysituloksia käytettävissä. Mm. tästä syystä on eräiden tulosten tulkinta vaikeaa.

Lyijy. Vuotsinsuon vesinäytteiden lyijypitoisuus oli v. 1972 vain 0.2 – 2.6 $\mu\text{g/l}$ ja suurin suon keskellä (kuva 5). Sekä pintaturpeesta että 20 cm syvyydeltä otettujen näytteiden totaali-lyijypitoisuus oli keskimäärin noin 10 ppm ja alueelliset erot olivat pieniä paitsi yhdessä pintanäytteessä suon keskellä (18 ppm).

Sekä pinta- että 20 cm:n näytteiden EDTA-Pb-pitoisuudet ovat varsin tasaisesti samaa luokkaa, n. 6 ppm eli noin 60 % totaaliylijystä.

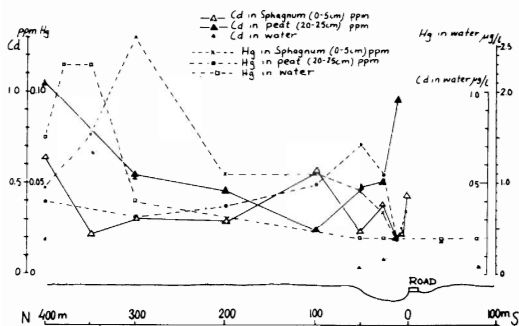


Kuva 6. Raadesuon lyijyanalyysit.

Fig. 6. Lead analyses from the Raadesuo bog.

Raadesuon näytteiden lyijypitoisuus (kuva 6) on kauttaaltaan 3–5 kertaa suurempi kuin Vuotsinsuon, vedessä keskim. 10.4 $\mu\text{g/l}$ (1973) ja turpeessa noin 30 ppm. Tulosten mukaan Raadesuon veden lyijypitoisuus lähinnä kasvaa etäännyttäessä tiestä. Mahdollinen syy jäljempänä kromin yhteydessä. Turpeiden osalta tilanne on päinvastainen, vaikkakin hieman mutkikas.

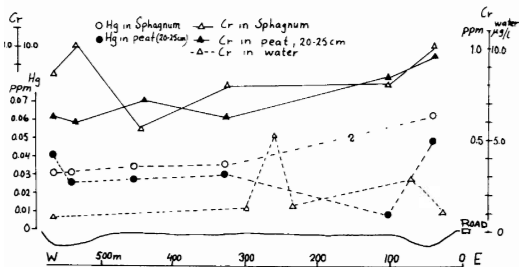
Heti tienpenkalta lähtien pitoisuudet laskevat jyrkästi 25 m:n matkalla, mutta nousevat jälleen



Kuva 7. Raadesuon kadmium ja elohopea-analyysit.
Fig. 7. Cadmium and mercury analyses from the Raadesuo bog.

50 m:n kohdalta otetussa näytteessä. Vaikeasti selitettävä on kauimpana tiestä otetuissa näytteissä näkyvä merkitsevä lyijypitoisuuksien nousu.

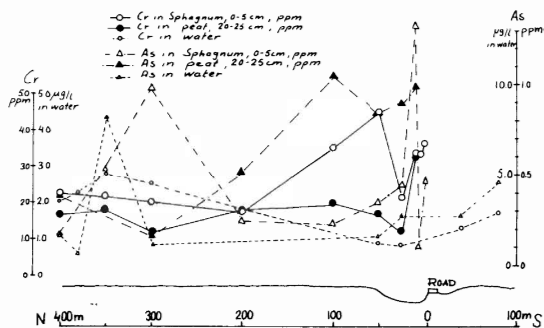
Kadmium. Vuotsinsuon kaikkien turvenäytteiden kadmium-pitoisuus on noin 0.3 ppm (vesinäytteitä ei analysoitu). Raadesuon pintaturpeiden vastaava pitoisuus on keskimäärin lähes 0.4 ppm ja 20 cm:n näytteiden yli 0.6 ppm. Viimemainittujen maksimiarvot ovat lähellä tietä ja kauimmaisessa näytteessä (kuva 7). Vesien osalta käyrä on päinvastainen: minimi on tien varressa. Mahdollinen selitys on sama kuin kromin suhteen, josta seuraavaksi.



Kuva 8. Vuotsinsuon elohopea- ja kromianalyysit.
Fig. 8. Mercury and chrome analyses from the Vuotsinsuo bog.

Kromin pitoisuus vedessä vaihtelee Vuotsinsuossa välillä 0.7 – 5.3 µg/l ja on keskimääräisesti korkein tienpuoleisella suoalueella (kuva 8). Turvenäytteissä tien vaikutus näkyy vielä selvemmin. Pintaturpeiden osalta kaksi ulommaista näytettä ovat kuitenkin vaikeammin

tulkittavia. Raadesuon vesien kromipitoisuus (kuva 9) ei keskimäärin ole juuri suurempi kuin Vuotsinsuon; turpeitten kromipitoisuus sen sijaan on yleisesti edellisessä noin kaksinkertainen verrattuna jälkimmäiseen. Vesissä on tien vaikutuspiirissä selvä pitoisuusminimi ja turpeissa vastaavasti maksimi samaan tapaan kuin lyijyn ja kadmiumin kohdalla.

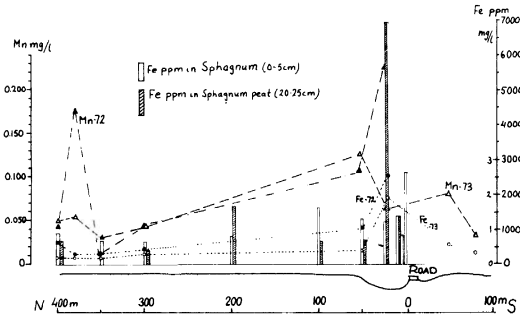


Kuva 9. Raadesuon kromi- ja arsenianalyysit.
Fig. 9. Chrome and arsenic analyses from the Raadesuo bog.

Tienläheisen laidejuotin korkea pH on ilmeisesti edistänyt raskasmetallien pidättymistä ja pysymistä turvekolloidien pinoilla. Sama tekijä on vastaavasti pienentänyt vesien pitoisuuksia saostumisen vuoksi, ja osaksi samaan suuntaan on vaikuttanut vesien virtailu, jopa mahdollinen lähteisyyskin.

Elohopea. Vuotsinsuon näytteiden elohopeapitoisuus on vain 0.025 – 0.055 ppm (keskiarvo 0.039 ppm) ollen suurin lähimpää maantietä otetussa pintanäytteessä. 20 cm syvyydessä pitoisuus on yhtä poikkeusta lukuun ottamatta samaan tapaan pienempi (kuva 8). Raadesuon turpeessa elohopeaa on 0.020 – 0.130 ppm ja keskimäärin 0.055 ppm. Pitoisuus nousee sekä pinta- että 20 cm:n turvekerroksessa ja myös vesinäytteissä etäännyttäessä maantiestä; maksimit sattuvat kuitenkin eri kohtiin (kuva 7).

Arseeni. Vuotsinsuon pintasammalessa ja -turpeessa arseenimaksimit sattuvat selvästi minterotrofiin laiteisiin. Keskisuolla pitoisuudet ovat tasaisesti pienet (vain 0.1 – 0.2 ppm). Alkuaineen mahdollisesti geogeeninen luonne ei riitä selittämään sen levinneisyyskuvaa Raadesuolla (kuva 9), missä tienvarren turpeissa (varsinkin 20 cm näytteissä) on nähtävissä selväpiirteinen väheneminen suolle päin (tieefekti?). Pintaturpeessa ja vedessä tästä mallista



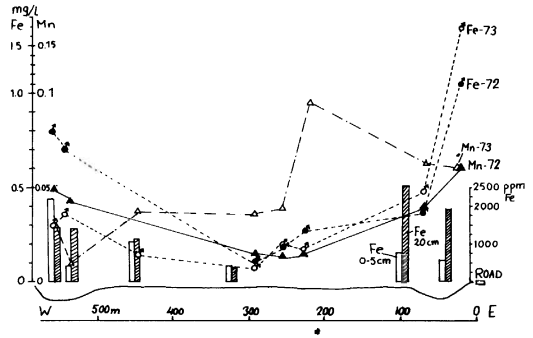
Kuva 10. Raadesuon mangaani- ja rauta-analyysit.
Fig. 10. Manganese and iron analyses from the Raadesuo bog.

on joitakin poikkeuksia, jotka kuitenkin saattavat olla sattuman aiheuttamia (ks. menetelmät).

Rauta. Vaikka vesinäytteiden rautapitoisuus Vuotsinsuon tienpuoleisella laiteella on noin kolme kertaa suurempi kuin länsilaiteella ja 10 kertaa suurempi kuin keskisuolla (kuva 10) ja vastaavasti Raadesuon tienvarsilla (kuva 11) seitsemän kertaa suurempi kuin muissa suon näytteissä, erot voivat hyvin vastata luonnontilaa. Minerotrofisten suovesien rautapitoisuus on usein vielä paljonkin korkeampi kuin näissä tapauksissa, ja samoin voi olla pitoisuuserojen laita luonnontilaisen suon eri osien välillä. Sen sijaan ombrotrofisen turpeen korkea rautapitoisuus Raadesuon tienvarsinäytteissä linjan muihin arvoihin verrattuna, ja ehkä myös Vuotsinsuolla, viittaavat tien vaikutukseen raudan lähteenä.

Mangaani. Mangaanin pitoisuus on molempina tutkimusvuosina ollut selvästi korkein Vuotsinsuon tienpuoleisissa vesinäytteissä, v. 1973 jopa noin kolme kertaa suurempi kuin länsilaiteella (kuva 9). Raadesuollakin veden mangaanipitoisuudet ovat molempina vuosina johdonmukaisesti korkeimmat tien molemmin puolin (siis myös ombrotrofisissa näytteissä). Tähän mennessä tutkimissani yli 230:ssä suo-vesinäytteessä eri puolilta Suomea tavattu korkein (ja samalla ainoa yli 0.2 mg/l) mangaanipitoisuus on vuodelta 1972 aivan Raadesuon reunasta: 0.226 mg/l (kuva 11). Seuraavana syksynä täsmälleen samassa paikassa pitoisuus oli 0.06 mg/l, mikä hyvin kuvastaa suuria periodisia eroja tämän alkuaineen suhteen; syyinä ovat mm. erot redox-potentiaalissa. Mangaanin ehkä on jonkinlainen "tiesaasteen" osoittaja. Turveanalyysit valitettavasti puuttuvat.

Kupari, sinkki, molybdeeni ja koboltti. Näistä



Kuva 11. Vuotsinsuon mangaani- ja rauta-analyysit.
Fig. 11. Manganese and iron analyses from the Vuotsinsuo bog.

aineista on vain vesianalyysijä ja, lukuunottamatta molybdeeniä, vain vuodelta 1972. Kaikesta on tehty pitoisuusanalyysit samoista vesinäytteistä kuin edellä, mutta tilanpuutteen takia tuloksia ei esitetä kuvina. Yhteistä näille on lisäksi, että niistä yksikään ei tutkituilla kahdella suolla ole selvästi riippuvuussuhteessa tiehen nähden. Sen sijaan laiteiden minerotrofisten vesien vaikutus tulee selvästi ilmi molybdeenin levinneisyydessä: pitoisuudet ovat laidoilla moninkertaiset sateen varassa kasvaviin suon keskustoihin verrattuna. Täsmälleen päinvastainen on kuparin ja sinkin esiintyminen: maksimit karttavat laiteita. Selitys on mahdollisesti niiden huomattavassa sadevesiperäisyydessä. Molemmat alkuaineet osoittivat laajahkossa Etelä-Suomen aineistossani (ks. Tolonen 1974) merkittävää yhteyttä ns. oseaanisuuksifaktoriin, jonka suurelta osin muodostavat muuttujat etäisyys merestä, kloridi ja boori.

Kobolttin pitoisuuksissa ei ole säännöllisyyttä sen enempää tienläheisyyden kuin laidevesienkään suhteen.

Kyseessä olevien aineiden pitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) käyvät ilmi taulukosta 1.

PÄÄTELMÄ JA VERTAILUJA

Tienvarsisaasteista on meillä Salmi (1969) julkaissut tietoja pintaturpeen tuhka- ja lyijypitoisuuden osalta Pohjanmaan ja Lapin soilta. Molempien todettiin kaikissa tutkituissa tapauksissa jokseenkin selvästi useimmiten jopa hyvin jyrkästi laskevan tieltä etäännyttäessä. Suon metsäisyyden huomattiin merkittävästi vaikuttavan leviämiskuvaan. Vuotsinsuolla ja Raadesuolla tilanne ei ole niin selväpiirteinen. Laidepuuston vaikutusta Vuotsinsuon tuloksiin on vaikea arvioida, koska usean muun aineen osalta tie-efekti oli selvä. Salmen aineiston

Taulukko 1. Eräiden raskasmetallien pitoisuudet tutkittujen tienvarsisoiden vesinäytteissä ($\mu\text{g/l}$) sekä vastaavat keskiarvot (keskiarvon keskivirheineen) 30 Etelä-Suomen suolta (näytteitä n. 130) vuodelta 1972. Ombro = ombrotrofiset, Minero = karut minerotrofiset suovesinäytteet. (Lähde: Tolonen 1974.)

Table 1. Contents of some heavy metals in the water of two roadside bogs and in the larger material of Tolonen (1974). All contents in $\mu\text{g per liter}$. Ombro = ombrotrophic, Minero = poor minerotrophic water samples.

	Vuotsinsuo			Raadesuo			TOLONEN 1974		
	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Kaikki/All	Ombro	Minero
Cu	11.4	4.8	7.3	41.8	13.0	27.2	10.9 \pm 0.71	11.4 \pm 0.95	10.0 \pm 0.99
Zn	70.0	12.3	32.8	57.6	10.5	32.6	33.0 \pm 1.62	33.1 \pm 1.85	32.9 \pm 3.19
Mo	1.18	0.58	0.76	1.30	0.77	1.04	0.70 \pm 0.09	0.58 \pm 0.05	0.92 \pm 0.24
Co	7.76	0.40	3.30	9.48	0.34	4.72	—	—	—

suurin lyijypitoisuus oli 27 ppm (henkilöautotiheys 225/vrk) ja pienin 1 ppm (autotiheys vain n. 24/vrk). Käsillä olevan aineiston tienvarsien lyijypitoisuudet ovat hyvin Salmen aineiston suurimpien arvojen ja Sillanpään (1972) luonnontilaisen kohosuo pintaturpeiden arvojen mukaisia. Tanskasen (1972) suon pintaosien Sphagnum-turpeille esittämä keskimääräinen lyijypitoisuus Pohjois-Suomessa on sen sijaan toista suuruusluokkaa (136 ppm). Rühling ja Tyler (1972) ovat julkaisseet kartat useimpien raskasmetallien alueellisesta levinneisyydestä Fennoskandiassa (myös Tyler 1972 ja Rühling & Tyler 1971) kerrossammal (*Hylocomium splendens*) -analyysien perusteella asutukseen välittömästi liittyvän tiestön ulkopuolella olevista paikoista. Huomattavat raskasmetallisaatemäärät leviävät tuulien ja sadeiden mukana. Vuotsinsuolta ja Raadesuolta löydetty pitoisuudet ovat lähellä mainittujen alueiden ”luontaisia” pohja-arvoja, lukuunottamatta mangania, jonka paikallinen maksimi Raadesuolla yhdistettiin tienvarsiefektiin.

Tutkitun kahden suon näytteiden raskasmetallipitoisuuksissa näkyy sama alueellinen tasoero kuin ruotsalaisten tutkijain esittämissä kartoissa, johtuen osaksi sademääräeroista, osaksi lukuisammista ja läheisemmistä saaste-lähteistä. Niinpä Raadesuon Pb-, Cu-, Cd-, Hg-, Co-, Cr- ja Fe- sekä As- ja mahdollisesti Mo- (eri kesien tulokset ristiriitaiset) pitoisuudet ovat selvästi suurempia kuin Vuotsinsuolla.

Elävän *Sphagnum* ja 20 cm syvyydestä otettujen turpeiden raskasmetallipitoisuudet eroavat toisistaan siten, että ne elohopean ja kromin osalta 73–83 %:ssa tapauksista ovat pinnassa selvästi suurempia, mutta lyijyn, kadmiumin ja arseenin suhteen 83–85 %:ssa tapauksista pinnassa pienempiä kuin mainitussa syvyydessä. Jälkimmäisen ryhmän alkuaineiden erikoinen rikastumistapa 20–35 cm:n syvy-

teen suoturpeessa on havaittu Tylerin (1972) tutkimassa kahdessa eteläruotsalaisessa kohosuoprofiilissa.

Huomattava on, että monet raskasmetallit uuttuvat suurelta osin pintaturpeesta EDTA:lla; Vuotsinsuossa ja Raadesuossa totaalityyjiä n. 65 %. Happamissa pelkistävissä oloissa täytyy luonnossakin tapahtua mm. lyijyn ja kadmiumin huomattavaa kulkeutumista jossakin kemiallisessa muodossa. Joka tapauksessa on selvää, että kohosoiden turveprofiilien raskasmetalliarvojen vaihteluista eri syvyyksillä eri ajanjaksoina ei voida seurata ko. aineiden sadesiperäistä laskeumaa, toisin sanoen, ilman raskasmetallisaasteiden historiaa. Sen sijaan siinä on onnistuttu vanhojen herbaariosamalten avulla yli sata vuotta taaksepäin ja Grönlannin mannerjäädästä otetuilla näytteillä aina vuoteen 800 Kr. (ks. Rühling & Tyler 1968, 1972, p. 13–15 ja siinä sit. kirjall.).

Monien tutkijoiden käsityksen mukaan raskasmetallien ym. hivenaineiden yleinen maksimi turveprofiilien pinnalla on kuitenkin seuraus niiden liikkumisesta pohjamaan ja turpeen varastoista elävän kasvillisuuden ym. tekijöiden mukana (esim. Salmi 1950, Sillanpää 1972, ks. myös Tanskanen 1972).

YHTEENVETO

Lyijyn, kadmiumin, kromin, raudan ja elohopean pitoisuudet Kiskon Raadesuon ja Joroisten Vuotsinsuon pintasammalissa vastaa tasoa, joka on esitetty Rühling & Tyler'in (1972) kartoissa kerrossammalle (*Hylocomium splendens*) Fennoskandiassa. Useiden raskasmetallien pitoisuudet sekä vesissä että turpeessa ovat Raadesuolla suuremmat kuin Vuotsinsuolla, mikä vastaa ilman saastumisesta havaittua alueellisuutta.

Raskasmetalleista mangaanin ja kromin pitoisuuksissa on selvimmät tienvierustamaksimit. Liikenteen aiheuttama lyijyasaastuminen näkyy tuloksissa heikosti. Liikenne nostanee myös tienvarren rautapitoisuutta. Elohopeapitoisuudet olivat aineistossa yleensä hieman suuremmat tienvarsilla kuin muualla. Tiensuolauksesta peräisin olevat kalium ja kloridi ovat analyysien ainoat varmat tiesaasteen osoittajat. Tievaikutus näkyy erikoisen hyvin viherleväbiotesteissä ja johtokykymittauksissa (perustuen em. aineiden ohella tiepölyn aiheuttamaan kalsium- ja magnesiummäärien nousuun): molemmilla muuttujilla on selvät maksimit tien piirissä. Ainakaan kuparin, sinkin, koboltin ja molybdeenin pitoisuudet eivät tienvarsisoiden vesissä näytä olevan normaalia suurempia. Samoin lienee sekä turpeiden että vesien kadmiumpitoisuus tiestä riippumaton. Johtopäätöksiä tehtäessä on suotyyppi ja varsinkin sen puustoisuus ja hydrologia, ja turvenäytteen kyseessä ollen, mm. kasvilajikoostumus ja kasvunopeus otettava huomioon. Turveprofileista eri syvyyksiltä tehdyistä raskasmetallianalyyseistä ei voitane tehdä historiallisia päätelmiä (alueellisesta tai paikallisesta) ilmansaastumisesta. Sen sijaan tulokset viittaavat siihen, että ombrotrofisia *Sphagnum*-lajeja voidaan käyttää ilman saastuneisuuden alueellisessa kartoituksessa.

KIRJALLISUUTTA

- Eurola, S. 1962. Über die regionale Einteilung der südfinnischen Moore. — Ann. Bot. Soc. "Vanamo" 33 (2), 1–243.
- Field, R., E. J. Struzeski, Je., H. E. Masters & A. N. Tafuri. 1973. Water pollution and associated effects from street salting. — Envir. Prot. Agency Rep. EPA — R2-73-257, 1–48.
- Puustjärvi, V. 1952. The precipitation of iron in peat soils. — Acta Agr. Fenn. 87:1, 1–72.
- Rühling, Å. & G. Tyler 1968. An ecological approach to the lead problem. — Bot. Notiser 121, 321–342.
- Rühling, Å. & G. Tyler 1971. Regional differences in the deposition of heavy metals over Scandinavia. — Journal of Applied Ecology B, 497–507.
- Rühling, Å. & G. Tyler 1972. Nedfallet av tunga metaller över Skandinavien. — Stencil. Lunds Universitet Avd.f.ekol. botanik, 37 pp. and 28 figs.
- Salmi, M. 1950. Turpeiden hivenaineista. (Summary: On trace elements in peat). — Geotekn. julk. 51, 1–20.
- Salmi, M. 1955. Prospecting for bog-covered ore by means of peat investigations. — Bull. Comm. géol. Finl. 169, 1–33.
- Salmi, M. 1969. Tienvarsien saastuminen Suomessa. (Summary: Contamination of roadsides in Finland). — Terra 81, 229–233.
- Sillanpää, M. 1973. Distribution of trace elements in peat profiles. — Proc. 4th Intern. Peat Congr. Otaniemi, Finland June 25–30, 1972 Vol. 5, 185–191.
- Tanskanen, H. 1972. Hivenalkuaineiden vertikaalisesta esiintymisestä turvekerrostumassa. (Summary: On the vertical distribution of microelements in peat soils). — Suo 23, 63–69.
- Tolonen, K. 1968. Zur Entwicklung der Binnenfinnland-Hochmoore. — Ann. Bot. Fenn. 5, 17–33.
- Tolonen, K. 1974. Suomen keidassuovesien ravinteista. (Summary: On the nutrient contents of bog waters in Finland). — Suo 25, 41–51.
- Tyler, G. 1972. Heavy metals pollute nature, may reduce productivity. — Ambio 1, 52–59.
- Tyler, G., Christina Gullstrand, K.-Å. Holmqvist & Anne-Marie Kjellstrand 1973. Primary production and distribution of organic matter and metal elements in two heath ecosystems. — J. Ecol. 61, 251–268.
- Walker, W. H. & F. O. Wood. 1973. Road salt use and the environment. In: Environmental degradation by de-icing chemicals and effective countermeasures, Highway Research record 425, 67–76. Washington.

ANALYSES OF HEAVY METALS ON TWO ROADSIDE BOGS IN FINLAND

Contents of several heavy metals or trace elements (Pb, Cd, Cr, Hg, As, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Co) were analysed in *Sphagnum* moss (at surface, 0–5 cm) and *Sphagnum* peat (at 20–25 cm depth) and in mire waters of two South-Finnish roadside bogs: Raadesuo in Kisko (60°16'N, 23°23'E) and Vuotsinsuo in Joroinen (62°06'N, 27°50'E). The traffic density was 800 cars per day in the case of the former and 191 cars per day in the case of the latter area.

All metal analyses (including Hg) were made with an atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer).

The range of Pb, Cd, Fe and Hg contents falls within the limits predicted in the regional maps presented by Rühling & Tyler (1972) for *Hylocomium splendens*. Several elements were present in higher concentrations in Raadesuo than in Vuotsinsuo. The lead content of *Sphagnum* moss is about 30 ppm in the former site and about 10 ppm in the latter. The corresponding values for cadmium are 0.4–0.6 ppm and 0.3 ppm, for chrome 2.14 ppm and 0.85 ppm and for mercury 55 ppb and 39 ppb, respectively. Regional variation in air pollution was assumed to explain the differences.

With regard to the heavy metals in peat and moss, the probable effect of traffic is best seen in the distribution pattern of chrome (Figs. 8–9). The local increase in the lead content caused by the lead in fuel of cars is reflected only occasionally in these materials. Perhaps the traffic causes the high iron content of peat and moss near roadsides. The cadmium contents of peat, moss and water showed no

correlation to the distance from roads.

In water samples, the only marked indicators of the effect of road contamination are potassium and chloride (not heavy metals!) in the case of Vuotsinsuo, originating from dust-binding on the gravel road with KCl in the summer, and chloride in the case of Raadesuo, caused by the use of NaCl for highway de-icing.

Bio-assay with two species of green algae as well as the specific conductivity and the content of Mn in bog waters indicate very well the roadside effect: the variables have clear maxima near the roads. At least copper, zinc, cobalt and molybdene showed not to be higher than normally in bog waters in larger material from virgin mires (Tolonen 1974).

The contents of mercury and chrome in living *Sphagnum* are clearly larger than those at a depth of 20 cm in 73–83 per cent of the samples, while the maxima for lead, cadmium and arsenic in 83–85 per cent of the analyses fall at the depth of 20 cm. The latter accumulation pattern have earlier been described by Tyler (1972).

When interpreting the results, the vegetation type (e.g., stand density), soil hydrology, plant species composition, and growth rate of the peat or moss must be taken into consideration.

Based on previous studies and this material, concentrations of heavy metals at different depths in bog profiles give little or no evidence of the history of air pollution. However, the results suggest that ombrotrophic *Sphagnum* species could be used in regional studies of air pollution.