

PEKKA PAKARINEN & ERKKI HÄSÄNEN

SUOSAMMALTEN JA -JÄKÄLIEN ELOHOPEAPITOISUUKSISTA MERCURY CONCENTRATIONS OF BOG MOSSES AND LICHENS

Pakarinen, P. & Häsänen, E. 1983: Suosammalten ja jäkälien elohopeapitoisuuksista. (Mercury concentrations of bog mosses and lichens.) — *Suo* 34: 17—20. Helsinki.

Relatively low Hg concentrations are reported from Finnish collections of *Sphagnum fuscum* (21—63 ppb) and *Cladonia sylvatica* (9—101 ppb). While the difference in concentrations was not significant between *Sphagnum* and *Cladonia*, much higher Hg levels (176—495 ppb) were found in the corticolous lichen *Hypogymnia physodes*.

P. Pakarinen, Department of Botany, University of Helsinki, Fabianinkatu 24, SF-00100 Helsinki 10, Finland

E. Häsänen, Technical Research Centre of Finland (VTT), Laboratory of Chemistry, SF-02150 Espoo 15, Finland.

JOHDANTO

Elohopean kuten useiden muidenkin raskasmetallien esiintymistä ja nimenomaan ilmakehän välityksellä tapahtuvaa kulkeutumista on pyritty kartoittamaan mm. kasvi- ja pintaturveanalyysien. Sammalanalyysejä ovat käyttäneet paikallisiin ja alueellisiin selvityksiin mm. Rühling & Tyler (1973), Wallin (1976), Pakarinen & Tolonen (1976), Skripnichenko (1978) ja Glooschenko & Capobianco (1978). Jäkälä ja neulasia ovat analysoineet Solberg & Selmer-Olsen (1978) ja Lodenius & Laaksovirta (1979) sekä pintahumusta Soveri (1977) ja Låg & Steinnes (1978). Kvantitatiivisia tutkimuksia elohopean sitoutumisesta suoturpeeseen on niukasti, mutta esim. Kanadassa turvetta on käytetty tehokkaana sorptioaineena elohopeapitoisia jätteitä puhdistettaessa (Lalancette & Coupal 1972). Toisaalta on äskettäin esitetty oletus, että soiden ojituksen yhteydessä vesistöihin voi kulkeutua huomattavia elohopeamääriä (Simola & Lodenius 1982).

Paikallisia elohopeapäästöjä ilmakehään aiheuttavat maassamme Kuusankosken, Äet-

sän ja Oulun klooritehtaat (yhteensä arviolta 1,2 tonnia/v), mutta elohopeaa leviää ympäristöön myös öljyn, kivihiihen, turpeen sekä jätteiden polton yhteydessä (Häsänen 1975, 1982). Itä-Suomessa on ajoittain mitattu korkeahkoja elohopeapitoisuuksia lumi- ja pohjavesinäytteistä ja tämän perusteella esitetty arveluja kaukokulkeutuman merkittävästä osuudesta (Nuorteva & Soveri 1979). Koska ombrotrofisten kasvupaikkojen samalet ja jäkälät soveltuvat hyvin mm. raskasmetallilaskeumien seurantaan (Mäkinen & Pakarinen 1977), on käsilläolevassa työssä analysoitu elohopeapitoisuuksia maan eri osista kerätyistä suosammal- ja jäkälänäytteistä.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Kaikkiaan 19 ombrotrofiselta suolta (niiden mätäspinoilta) on vv. 1976—80 kerätty rahkasammal- (*Sphagnum fuscum*) ja poronjäkäli- (*Cladonia sylvatica*) näytteet: maan eteläosista (60—62°N) 12 kohteesta (Tenhola, Perniö, Porvoon mlk, Nurmijärvi, Pyhtää, Paattinen, Tammela, Riihimäki,

Kouvola, Janakkala, Lammi, Huittinen) ja maan keski- ja pohjoisosista (62—70°N) 7 kohteesta (Kankaanpää, Saarijärvi, Kiihtelysvaara, Joensuu, Puolanka, Posio, Inari), ks. tarkemmin Pakarinen (1981a,b). *Cladonia sylvatica* -kollektiivilajiin sisältyy aineistossa *C. arbuscular* ohella yksi *C. mitis* -näyte (Inari, Muddusniemi). Parittaisten *Sphagnum*- ja *Cladonia* -näytteiden (n = 19) lisäksi on viideltä eteläsuomalaiselta kohosuolta kerätty männyn kaarnalla kasvavaa *Hypogymnia physodes* -jäkälää (Taul. 2).

Tutkitut 19 suota edustava tausta-alueita eräin poikkeuksin: Porvoon mlk:n Fågelmosse sijaitsee 1—4 km:n etäisyydellä Sköldvikin öljynjalostamoista, Kouvolan Haukkasuo 15 km:n päässä Kuusankosken klooritehtaalta, ja Huittisten Isosuo 8 km Äetsän klooritehtaasta lounaaseen.

Kasvinäytteet on kuivattu 25—35°C lämpötilassa ja niiden elohopeapitoisuudet määritetty Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen reaktorilaboratoriossa neutroniaktiivointianalyysillä (Häsänen 1970).

TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Rahkasammalten ja poronjäkälien Hg-pitoisuudet ovat verrattain alhaiset koko aineistossa, enintään n. 0.1 ppm kuivapainosta, eikä tilastollisesti merkittäviä eroja ole havaittu (Taul. 1). *Sphagnum*in maksimipitoisuus todettiin Posion Riisitunturilla ja *Cladonian* Perniön Punassuolla; samojen lajien minimiarvot mitattiin vastaavasti Kiihtelysvaaran ja Inarin näytteistä. Aiemmin julkaistuissa elohopeatutkimuksissa sammalilla on todettu samaa suuruusluokkaa olevia pi-

toisuuksia, esim. mätäsrahkasammalilla Pohjois-Suomessa 0.009—0.085 ppm (Pakarinen & Tolonen 1976) ja Pohjois-Kanadassa 0.013—0.112 ppm (Glooschenko & Capobianco 1978), sekä metsäsammalilla Ruotsissa 0.07—0.20 ppm (Rühling & Tyler 1973) ja NL:ssa 0.050—0.092 ppm (Skripnichenko ym. 1978). Myös tausta-alueilta kerättyjen poronjäkälien Hg-pitoisuudet ovat olleet melko pieniä, esim. Norjassa 0.06—0.15 ppm (Solberg & Selmer-Olsen 1978).

Selväpiirteisten suuralueellisten gradienttien puuttuminen elohopealla, esim. lyijyyn ja kadmiumiin verrattuna, on todettu aikaisemmissakin sammal- tai pintahumusanalyysiin perustuneissa kartoituksissa (Rühling & Tyler 1973, Soveri 1977, Låg & Steinnes 1978). Huomattakoon edelleen, että 8-15 km:n päässä eteläsuomalaisista klooritehtaista ei aineistossamme todettu rahkasammalissa tai poronjäkäliässä poikkeuksellisia Hg-pitoisuuksia. Koska myös itäsuomalaisissa kohteissa (mm. Kiihtelysvaara, Joensuu, Puolanka) v. 1978 kerättyissä *Sphagnum*- ja *Cladonia*-näytteissä Hg-pitoisuudet olivat koko aineiston keskiarvoa vastaavia tai sitä pienempiä, eivät tulokset tue olettamusta Itä-Suomen elohopeakontaminaatiosta kaukokulkeutumisen välityksellä (vrt. Nuorteva & Soveri 1979).

Suomäntyjen rungoilla ja oksilla kasvavien epifyyttisten *Hypogymnia*-jäkälien kyky pidättää elohopeaa on selvästi parempi kuin maassa (turpeella) kasvavien sammalten tai jäkälien. Viideltä eteläsuomalaiselta suolta tehtyjen analyysien vertailu osoittaa, että *Hypogymnian* elohopeapitoisuudet (0.176—0.495 ppm) ovat säännönmukaisesti

Taulukko 1. Elohopeapitoisuuksien (ppb) alueellinen vertailu, aineistona rahkasammalet (*Sphagnum fuscum*) ja poronjäkälät (*Cladonia sylvatica*).

Table 1. Regional comparison of mercury concentrations (ppb) in bog samples of *Sphagnum fuscum* and *Cladonia sylvatica*. n = number of localities (bogs).

	<i>Sphagnum</i>	<i>Cladonia</i>
Etelä-Suomi		
South Finland		
(60—62°N, n = 12)		
— Vaihteluväli (range), ppb	26—58	13—101
— Keskiarvo ± keskihajonta (Mean ± SD, ppb)	40 (9)	34 (28)
Keski- ja Pohjois-Suomi		
Central and N Finland		
(62—70°N, n = 9)		
— Vaihteluväli (range), ppb	21—63	9—59
— Keskiarvo ± keskihajonta (Mean ± SD, ppb)	32 (15)	20 (18)

Taulukko 2. Elohopeapitoisuuksien lajienvälinen vertailu viidellä eteläsuomalaisella kohosuolla. S = *Sphagnum fuscum*, C = *Cladonia arbuscula*, H = *Hypogymnia physodes*.

Table 2. Mercury concentrations (Hg ppb) of *Sphagnum* (S), *Cladonia* (C) and *Hypogymnia* (H) in five southern Finnish raised bogs.

	S	C	H
Nurmijärvi, Klaukkalansuo	33	14	269
Pyhtää, Kananiemensuo	30	13	363
Lammi, Kaurastensuo	42	16	237
Kouvola, Haukkasuo	44	15	176
Huittinen, Isosuo	36	38	495
Keskiarvo (mean)	37	19	308

moninkertaiset *Cladonia*an tai *Sphagnum*iin verrattuina (Taul. 2). Samalla lajilla aikaisemmin julkaistut Hg-pitoisuudet taustalueilla ovat olleet Suomessa suuruusluokkaa 0.19—0.26 ppm (Lodenius 1981) ja NL:ssa 0.145—0.210 ppm (Skripnichenko ym. 1978). Paikallisesti kohonneita Hg-pitoisuuksia (0.41—0.87 ppm) on mitattu Kuusankosken klooritehtaan ympäristössä (Lodenius & Laaksovirta 1979) ja niinkään Huittisten Isosuon *Hypogymnia*-näytteiden keskipitoisuus (0.495 ppm, Taul. 2) on vastaavaa tasoa. Onkin ilmeistä että kasvi-analyysiin perustuvissa Hg-laskeumakartoituksissa ei voida käyttää vain yhtä raja-arvoa (esim. 0.5 ppm, Shacklette 1970), vaan lajienväliset erot on otettava huomioon. Tällöin sammalten osalta 0.15—0.20 ppm:n ja epifyyttisten jäkäliden osalta ehkä 0.40 ppm:n ylittävät Hg-pitoisuudet indikoisivat selvästi kohonneita elohopeapitoisuuksia alueella.

Jatkoselvitysten varaan jää elohopean käyttäytyminen suoekosysteemeissä. *Sphagnum fuscum*in keskimääräisen kuiva-ainetuotoksen (n. 200 g m⁻²v⁻¹ Etelä-

Suomessa, Pakarinen (1978) ja keskimääräisen elohopeapitoisuuden (0.04 ppm, Taul. 1) perusteella voidaan kuitenkin esittää arvioksi vuosittain pintaturpeeseen pidättyvästä elohopeamäärästä 8 µg m⁻²v⁻¹. Kun vastaavasti keskimääräiseksi elohopealaskemaksi maassamme on arvioitu 90 g km⁻² eli 90 µg m⁻²v⁻¹ (Bysiek ym. 1973), ei rahkasammal-kerrokseen pidättyisi kovinkaan suurta osuutta vuotuisesta laskeumasta. Uudemmissa kemiallisissa turveprofiilitutkimuksissa (mm. Madsen 1981) on kuitenkin oletettu elohopean pidättyvän lähes totaalisesti kunakin ajankohtana muodostuneeseen turvekerrokseen. Huuhtoutuminen ja haihtuminen (Siegel ym. 1974) ovat prosesseja, joiden merkitys tarkemmissa tutkimuksissa olisi arvioitava.

KIITOKSET

Tutkimusta on taloudellisesti tukenut Maj ja Tor Nesslingin säätiö (Helsinki). Erityisesti kiitämme FK Maija Kaisilaa (VTT, Reaktorilaboratorio) elohopea-analyysien suorittamisesta.

KIRJALLISUUS

- Bysiek, M., Oertli, R., Salonen, L. & Miettinen, J. K. 1973: Combustion of peat as a source of atmospheric mercury and ¹³⁷Cs in Finland. — Proc. 4th Int. Peat Congress, Otaniemi, Finland, June 25—30, 1972, Vol. 5: 177—184.
- Glooschenko, W. A. & Capobianco, J. A. 1978: Metal content of Sphagnum mosses from two northern Canadian bog ecosystems. — Water, Air, Soil Pollut. 10: 215—220.
- Häsänen, E. 1970: Determination of mercury in biological material by neutron activation analysis. — Suomen Kemistilehti 43: 251—254.
- Häsänen, E. 1975: Elohoepa ympäristöongelmana Suomessa. — Ympäristö ja Terveys 6: 515—528.
- Häsänen, E. 1982: Emissions from peat-fired power plants. — In: Laine, J. (ed.) Peatlands and their utilization in Finland, pp. 94—96. Helsinki.
- Lalancette, J. M. & Coupal, B. 1972: Recovery of mercury from polluted water through peat treatment. — La Tourbe au Canada, Compte-Rendu (Proceedings), pp. 290—297. Université de Sherbrooke, Québec.
- Lodenius, M. 1981: Regional distribution of mercury in Hypogymnia physodes in Finland. — Ambio 10: 183—184.
- Lodenius, M. & Laaksovirta, K. 1979: Mercury content of Hypogymnia physodes and pine needles affected by a chlor-alkali works at Kuusankoski, SE Finland. — Ann. Bot. Fennici 16: 7—10.
- Låg, J. & Steinnes, E. 1978: Regional distribution of mercury in humus layers of Norwegian forest soils. — Acta Agric. Scand. 28: 393—396.
- Madsen, P. P. 1981: Peat bog records of atmospheric mercury deposition. — Nature 293: 127—130.
- Mäkinen, A. & Pakarinen, P. 1977: Raskasmetallilaskeumien seuranta sammalten ja jäkäliden avulla. — Ympäristö ja Terveys 8: 170—180.
- Nuorteva, P. & Soveri, J. 1979: Elohoepasade. — 177 s. Helsinki.
- Pakarinen, P. 1978: Production and nutrient ecology of three Sphagnum species in southern Finnish raised bogs. — Ann. Bot. Fennici 15: 15—26.
- Pakarinen, P. 1981a: Nutrient and trace metal content and retention in reindeer lichen carpets of Finnish ombrotrophic bogs. — Ann. Bot. Fennici 18: 265—274.
- Pakarinen, P. 1981b: Metal content of ombrotrophic Sphagnum mosses in NW Europe. — Ann. Bot. Fennici 18: 281—292.
- Pakarinen, P. & Tolonen, K. 1976: Regional survey of heavy metals in peat mosses (Sphagnum). — Ambio 5: 38—40.
- Rühling, Å. & Tyler, G. 1973: Heavy metal deposition in Scandinavia. — Water, Air, Soil Pollut. 2: 445—455.
- Shacklette, H. T. 1970: Mercury content of plants. — U.S. Geol. Surv. Prov. Paper 713: 35—36.
- Siegel, S. M. et al. 1974: Release of volatile mercury from vascular plants. — Physiol. Pl. 32: 174—176.
- Simola, H. & Lodenius, M. 1982: Recent increase in mercury sedimentation in a forest lake attributable to peatland drainage. — Bull. Envir. Contam. Toxicol. 29: 298—305.
- Skripnichenko, I. I., Zolotaryova, B. N. & Martin, J. 1978: Mosses and lichens as the indicators of mercury content in environment. — In: Lichen indication of the environmental conditions, pp. 72—74. The Aca-

- demy of Sciences of the Estonian SSR, Tallinn. (In Russian)
- Solberg, Y. & Selmer-Olsen, A. R. 1978: Studies on the chemistry of lichens and mosses. XVII. Mercury content of several lichen and moss species collected in Norway. — *Bryologist* 81: 144—149.
- Soveri, J. 1977: Elohoepa, lyijy ja kadmium Suomen maaperässä ja pohjavedessä. *Ympäristö ja Terveys* 8: 118—126.
- Wallin, T. 1976: Deposition of airborne mercury from six Swedish chlor-alkali plants surveyed by moss analysis. — *Envir. Pollut.* 10: 101—114.

SUMMARY:

MERCURY CONCENTRATIONS OF BOG MOSSES AND LICHENS

Material for the study was collected from 19 ombrotrophic bogs in different parts of Finland (see Pakarinen 1981a,b) and consists of paired samples of *Sphagnum fuscum* and *Cladonia sylvatica* coll. growing on hummocks. The latter lichen species included mainly *Cladonia arbuscula*; only in one (northernmost) locality *C. mitis* was identified. In five southern Finnish bogs (Table 2), also *Hypogymnia physodes* was collected from pine twigs. Composite samples from each site were dried below 35°C and Hg determinations carried out by neutron activation analysis (Häsänen 1970).

In southern (60—62°N) and central-northern (62—70°N) Finland the mean Hg concentrations were 0.032—0.04 ppm for

Sphagnum and 0.02—0.034 ppm for *Cladonia* (Table 1). No statistically significant differences were found between these terricolous moss and lichen genera, nor was there any distinct regional trend in mercury concentrations. In the five S Finnish sites studied, the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* showed significantly higher mercury levels than *Sphagnum* or *Cladonia* (Table 2). The results thus confirm the suitability of *Hypogymnia* for regional monitoring of atmospheric Hg deposition (cf. Lodenius 1981). On the other hand tentative calculations presented here suggest that the historical record of mercury deposition cannot be reliably traced from *Sphagnum* peat profiles (cf. Madsen 1981).