

## SELLULOOSAN HAJOAMINEN ERÄILLÄ LUONNONTILAISILLA RÄME- JA NEVATYYPEILLÄ

### DECOMPOSITION OF CELLULOSE IN THE PEAT OF SOME PINE BOGS AND FENS

Soiden turpeenmuodostuksen perussyöt mikrobitoimintaa tehokkaasti rajoittavassa ympäristötekijäin kompleksissa liittyvät korkeaan pohjaveden tasoon. Seisovien vesien happikato sekä suoveden ja turpeen happamuus ovat mainittavimmat hajotuksen hidastajat. Lisäksi suokasvien rakenteet ovat vaikeasti hajoavia (ks. esim. Isotalo 1951, Coulson & Butterfield 1978). Kasviaineksen hajoamisnopeuden määrittäminen ja sen kytkeminen epästabiliin pohjavesiympäristöön on yksi suoekosysteemin dynaamisen tutkimisen päätehtävistä.

Tässä työssä oli tavoitteena selvittää muutamien yleisten suotyyppien hajotusaktiiviteetin kasvukautinen rytmikka, vuotuinen kokonaishajotus ja näiden riippuvuus eräistä ympäristötekijöistä käyttämällä selluloosan hajotustestiä. Työ kuuluu osana detritusekosysteemin yksinkertaistettuun analyysiin esitetyn työmallin (Ruuhijärvi ym. 1979) mukaan. Se toteutettiin koealoilla, joilla perustuotantoa (Lindholm 1981) ja maaperäeläinten populaatioita (Raevaara 1981) tutkittiin samanaikaisesti.

Tutkimus suoritettiin Kosken HI. Heinisuolla (ks. Ruuhijärvi & Reinikainen 1981), johon kasvillisuuskartoituksen (ks. Lindholm 1981) mukaan sijoitettiin koealat seuraaville suotyypeille: korpiräme (KR), ruohoinen nevaräme (RhNR), nevaräme (NR), tupasvilläräme (TR), lyhytkorsineva (LkN), saraneva (SN), luhtainen saraneva (LuSN) ja tulvainen saraneva (TuSN). Rämesarjaa täydennettiin rahkaräme koealalla (RaR), joka sijaitsi Kaurastensuolla, 3 km:n päässä muista koealoista.

Selluloosan hajoamista seurattiin paljon käytetyllä metodilla, jonka on kuvannut mm. Lähde (1966 a). Punnitut testikappaleet (kokoluokat n. 1 g ja n. 2 g), joiden vertikaalinen jako oli kuvan 1 mukainen työnnettiin nylontyllipusseissa turpeeseen miekkamaisen panimen avulla. Testiajan jälkeen pussit nostettiin, huuhdottiin, kuivattiin ja punnittiin uudelleen. Hajotuksen ilmaisemiseen käytettiin painonvähennisprosenttia.

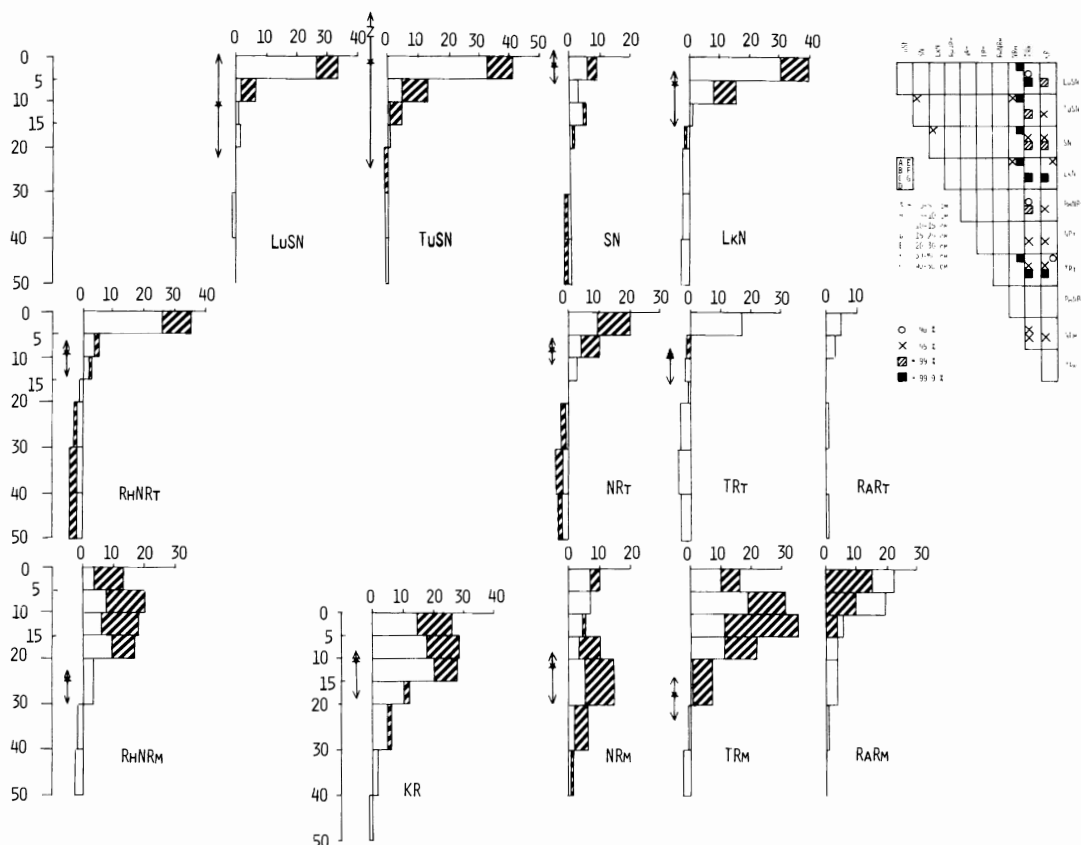
Testi perustettiin Heinisuolle 31. 5.—1. 6. 1979. Nostoja tehtiin yhteensä kymmenen rytmikkaan selvittämiseksi. Viimeinen nosto tehtiin 4. 10. 1980 (KR 1. 6.). Tässä yhteydessä käsitellään vain 8. noston 20. 10. 1979 (= "kasvukausi") ja 9. noston 15. 5. 1980 (= "talvihajotus" ja "koko vuosi") tulokset. RaR:n testijakso alkoi 17. 9. 1978 ja nostopäivät olivat 1. 6. 1979 ja 18. 9. 79. Kullekin koealalle oli muoviputkesta tehty pohjavesikaivo, josta suoveden pinnan taso mitattiin 2—3 kertaa viikossa touko-lokakuussa. Näistä arvoista on laskettu se taso, jonka alapuolella pohjavesi on ollut 50 % ajasta ja merkitty ko. kohta kuvaan. Pohjavesimittausten ohella tehtiin aika ajoin aerobisuusrajan määrittämiä hopeasauvatestillä (ks. Lähde 1970).

Tuloksia on toistaiseksi analysoitu vain graafisesti (kuva 1) ja suotyyppien väliset hajotuserot on testattu syvyyskerroksittain varianssi-analyysillä. Testin tulokset erojen merkitsevyyksistä on liitetty kuvaan.

#### Hajotus kasvukaudella (31. 5.—20. 10. 1979)

Nevatyyppien hajotuksen vertikaalijakauille oli ominaista aktiivisuuden keskittyminen ylimpään 0—5 cm:n kerrokseen. Nopeinta kesähajotus oli TuSN:lla, jossa ylimmässä kerroksessa hajosi 32,8 % ja 5—10 cm:ssa 4,5 %. LkN:n vastaavat arvot olivat 29,9 % ja 7,8 %. SN:lla ja LuSN:lla pintahajotus oli tuntuvasti vähäisempää, mutta SN:n hajotuksen vertikaalijakauma poikkesi muista nevoista niin, että hajoamista oli tapahtunut aina 20 cm:n syvyyteen saakka. Etsittäessä syitä nevatyyppien välisiin eroihin huomio kiinnittyi TuSN:n suuriin pohjavesipinnan vaihteluihin. Ne ovat ilmeisesti taanneet hapekkuuden korkeasta vesipinnasta huolimatta, mitä tukee myös hopeasauvatestien tulos. SN:n syvälle ulottuvalle hajoamiselle ei löydy tukea näistä hapekkuushavainnoista.

Rämetyypeillä käsiteltiin tasapinnan ja mättäiden hajotusarvoja erikseen. KR:llä selviä tasoja ei voitu erottaa (ks. kuva 1). Tasapinnoilla (RhNR<sub>t</sub>, NR<sub>t</sub> ja TR<sub>t</sub>) hajotuksen jakauma on jotakuinkin rinnastettavissa vastaaviin nevatyyppihin. Niinpä aktiivisuus oli keskittynyt 0—5 cm:n kerrokseen, jossa korkein hajotusprosentti 26,3 RhNR:llä



Kuva 1. Vasemmalla selluloosan hajoamisprosentit turpeen eri syvyyskerroksissa, talvijaksona tapahtunut hajotus on rasteroitu. Nuolet osoittavat pohjaveden korkeuden ylä- ja alarajat. Tähti on tasolla, jonka yläpuolella pohjavesi on ollut puolet tutkitusta ajasta. Oikealla suotyyppien välisten hajotuserojen merkitsevyyden testaus varianssianalyysillä, vuoden jakso.

Fig. 1. On the left cellulose decomposition at different depths, the winter decomposition is shaded. The arrows point the minimum and maximum levels of the ground water table. The asterisk is on the level above which the ground water table has been for 50 % of the time studied. On the right the differences of cellulose decomposition between the mire site types after one year tested by variance analysis. Site type symbols, see p. 89, appendices M = hummocks, T = hollows.

oli LuSN:n luokkaa. Kuten SN:lla myös NR<sub>t</sub>:lla hajoamista oli tapahtunut aina 20 cm:n syvyyteen saakka, mutta kokonaistulos oli pinnassa jäänyt pienemmäksi. TR<sub>t</sub>:n kasvukautinen hajotus (0–5 cm:ssa 21,5 %) jäi LkN:n arvoa pienemmäksi, vaikka pohjavesihavainnot osoittivatkin että TR<sub>t</sub> oli ollut keskimäärin kuivempi kuin LkN. RaR<sub>t</sub> poikkesi muista rämetasapinnosta hajotuksen jäädessä hyvin vähäiseksi, 0–5 cm:ssa 5 %.

Rämeiden mätäspintojen testit antoivat RaR<sub>t</sub>:tä lukuunottamatta tutkitulle profiilille korkeampia kokonaishajotuksen arvoja, mutta erimuotoisia vertikaalijakaumia kuin nevojen ja tasapintojen testit. Hajoamista oli tapahtunut 25–30 cm:n syvyyteen saakka ja se oli ollut yleensä vilkkainta 5–15

cm:ssä, siis hieman mättäiden kuivimman pintakerroksen alapuolella. Verrattuna nevojen pintahajotukseen kaikkien syvyyskerrosten arvot olivat alhaiset. Nopeinta hajotus oli KR:n kerroksessa 10–15 cm (20,3 %) ja KR:n muissakin kerroksissa 0–30 cm hajotus vaihteli 5,5–18,0 %:iin. Toiseksi rämeiden sarjassa kohosi yllättävästi TR<sub>t</sub>, jossa 0–20 cm:iin hajosi yli 10 %. Sekä karumman RaR:n että rehevämpien NR:n ja RhNR:n mättäät eivät olleet näinkään suotuisia hajotusympäristöjä. Pohdittaessa syitä tyyppieroihin on muistettava KR:n korpisuus ja se, että mättäiden ja tasapinnan ominaisuudet sekoittuvat tämän koelan tuloksissa (ks. pohjavesiarvot).

## Talvihajotus (20. 10. 1979—15. 5. 1980)

Kuvaan 1 viivoitetulla talvihajotuksella tarkoitetaan testipalojen painon vähentymistä termisen kasvukauden ulkopuolisena aikana (em. pvm:t). Ne harvat tapaukset, joissa palojen paino on talven aikana hiukan kasvanut, (ks. tarkastelu) on jätetty piirroksesta pois. Talvihajotus, jota tapahtui huomattavan paljon, lienee maan lämpö- ja routaolot huomioon ottaen kokonaan ajoitettavissa syyspuolelle.

Nevoilla oli talvihajotus kesälläkin aktiivisimmassa kerroksessa 0—5 cm 25—30 % kasvukauden arvoista, vaihdellen 3—10 %:iin. Seuraavassa kerroksessa, 5—10 cm hajotus oli SN:a lukuunottamatta jopa suurempaa kuin kesällä. Rämeiden tasapintojen talvihajotus oli enemmän keskittynyt rehevien tyyppien pintaan, mutta paikoin (NR ja RhNR) havaittiin hajotusta hyvinkin syvällä, aina 40—50 cm:iin, TR:n ja RaR:n tasapinnoilla ei talvihajotusta todettu.

Rämettäillä hajotusnopeudet olivat monessa tapauksessa (esim. TR ja NR 15—40 cm, RhNR 0—15 cm) jopa suurempia kuin kesällä. KR:llä ylimmän 10 cm:n hajotusarvot olivat lähes kesän tasoa (10 %). ja hajotus oli jatkunut heikentyneenä 20 cm:iin saakka.

Nevojen hajotuksen painopisteen putoaminen, rämeiden mättäiden runsas talvihajotus, KR:n korkeat talvihajotusarvot ja satunnaisten korkeiden arvojen esiintyminen kumpuavien vesien vaikutuksessa olevilla NR:llä ja RhNR:llä viittaavat kaikki syshajotuksen merkitykseen.

## Vuotuinen kokonaishajotus

Hajotuksen vuosisummiin ja jakaumiin vaikuttivat kesä- ja talviosuudet eri tyypeillä eri tavoin. Nevoilla kokonaishajotuksen ja kesähajotuksen vertikaalikuvaajat olivat samanmuotoiset, kun hajotus kaikkina aktiivisina jaksoina oli voimakkainta ylimmissä, 0—5 cm:n kerroksissa. Eri nevatyyppit saavuttivat seuraavia arvoja: TuSN 41,1 %, LkN 39,5 %, LuSN 33,7 % ja SN vain 8,8 %. Seuraavan (5—10 cm) kerroksen hajotusmäärät vaihtelivat 15,4:stä (LkN) 3,1 %:iin (SN). SN:lla ja TuSN:lla oli hajotus vielä 10—15 cm:ssä n. 6 %. Syvemmällä ei hajotusta juuri tapahtunut.

Rämeiden tasapinnoilla jakauma oli jokseenkin sama kuin nevoilla, mutta määrät

jäivät pienemmiksi. Toisin kuin nevoilla kokonaishajotus kasvoi ravinteisuuden kohotessa (0—5 cm kerros: RaR 5,0 %, TR 17,1 %, NR 20,4 %, RhNR 35,6 %). Rämettäillä kokonaishajotuksen kuvaajat muotoutuivat toisenlaisiksi kuin suon määrällä pinnoilla. Yleinen piirre oli hajotuksen maksimin sijoittuminen hieman pinnan alapuolelle ja aktiivisuuden ulottuminen syvemmälle kuin nevoilla. Tehokkainta hajotus oli KR:llä, jossa 0—15 cm:n kerros saavutti keskiarvon 28 % ja vielä 15—20 cm:ssä prosentti oli 11. Aidoista rämeistä TR hajotti tehokkaimmin pinnassa kun taas hajottavan kerroksen paksuus oli suurin NR:lla ulottuen 50 cm:iin saakka (maksimi 20—30 cm, 14,3 %). Rämetyyppien ravinteisuuserot eivät muutoin näy hajotustuloksissa, mutta RaR erottuu joukon hitaimpana.

## Tulosten tarkastelua

Selluloosatestin ei voida testimateriaalin yksipuolisuuden vuoksi edellyttää suoraan kuvaavan aerobisten mikrobien aktiivisuutta. On vasta alustavasti selvitetty millainen yhteys vallitsee selluloosan ja luonnonkarikkeiden hajoamisnopeuksien välillä (ks. Karsisto 1979). Tulokset eivät ole olleet rohkaisevia. Suokasvikarikkeiden painonmenetykset ovat alussa olleet suurempia (myös oma julkaisematon aineisto) kuin selluloosan ja näiden keskinäiset korrelaatiot löyhempiä. Tulos on selitettävissä siten, että luonnonkarikkeista hajoavat ja huuhtoutuvat aluksi muut aineet. Selluloosan hajotus voinee paremmin kuvata hajotussukcession myöhempiä vaiheita ja aerobisen hajotuksen yleisiä edellytyksiä. Käytetyn testin etuina ovat yksinkertaisuus ja vähäiset virhemahdollisuudet. Pahin virhelähde, testipalojen painon nousu vieraan kiintoaineen kertymisen vuoksi, vaikeuttaa testin käyttöä rytmikkatutkimuksissa tarvittavien lyhyiden jaksojen jälkeen varsinkin testin alussa. Tämän työn tuloksiin ko. virhe vaikuttaa siten, että todelliset hajotusprosentit lienevät esitettyjä hieman suurempia.

Tutkimuksessa havaittiin selkeitä suotyyppien ja tyyppiryhmien välisiä eroja hajotuksen määrässä, vertikaalijakaumassa ja rytmikassa. Niiden selittäminen ympäristötekijäin avulla jää pääosin tehtäväksi vastaisuudessa. Joitakin pääpiirteitä voitaneen todeta jo nyt. Pohjavesiolot selittävät pitkälti etenkin nevatyyppien ja rämeiden tasa-

pintojen, jotka myös edustavat nevatyyppiä s. lato, välisiä eroja hajotusmäärissä ja jakaumissa. SN:n pohjavesi seisoo vakaimmin suon pinnan tuntumassa aiheuttaen anaerobin tilanteen ja tyyppin trofiaan nähden pienen hajotusaktiiviteetin. TuSN:lla ja osin LuSN:lla ja RhNR<sub>r</sub>:lla vedenpinnan nopeat vaihtelut ja ilmeisesti myös vesien vaihtuminen takaavat hapekkaan tilanteen säilymisen pintaturpeessa märkyypdestä huolimatta. Tietenkin myös rämetyyppien sisäinen hajotusaktiivisuuden vaihtelu mättäiden ja tasapinnan välillä on yhteydessä pohjaveden korkeuteen (ks. myös Karsisto 1979). Mättäiden yläosissa kuivuuskin näytti vähentävän kesähajotusta.

Pohjavesisuhteiden ja suon ravinnetason, trofian, välisen yhdysvaikutuksen tarkasteluun aineisto on suppea. Joissakin tapauksissa havaittiin hajotusaktiivisuuden pohjavesisuhteitaan  $\pm$  yhtenäisessä joukossa käyttäytyvän ”johdonmukaisesti”

## Kirjallisuus

- Coulson, J.C. & Butterfield, J. 1978: An investigation of the biotic factors determining the rates of plant decomposition on a blanket bog. — *J. Ecol.* 66: 631–650.
- Isotalo, A. 1951: Studies on the ecology and physiology of cellulose-decomposing bacteria in raised bogs. — *Acta Agr. Fennica* 74: 1–106.
- Karsisto, M. 1979: Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobien aktiivisuuteen suometsissä. I Pohjaveden etäisyyden ja NPK-lannoituksen vaikutus Vilppulan ja Kivalon rämeellä ja korvessa. (Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. I Effect of drainage and NPK fertilization in the spruce and pine swamps at Kivalo and Vilppula.) — *Suo* 30: 49–58.
- Lindholm, T. 1981: Suppasuon eri kasvivyhdyskuntien perustuotanto-ominaisuudet. (Summary: Primary production patterns of different mire habitats in a small kettlehole mire.) — *Suo* 32: 104–109.
- Lähde, E. 1966a: Kokeita selluloosan hajoautumisnopeudesta erilaisissa metsiköissä. (Summary: Experiments on the decomposition rate of cellulose in different stands.) — *Silva Fennica* 119 (1): 1–12.

trofiavaihteluun nähden (rämeiden tasapinnat), kun taas nevoilla ja rämemättäillä mitään trendejä ei erottunut. Lämpöolojen merkityksen tarkastelu on jätettävä ylimalkaisen kesä-talvi-vertailun varaan. Yleensä kasvukaudella oli tapahtunut valtaosa (60–90 %) hajotuksesta, vaikka testin alkamisaika ei suosinutkaan kesää. Suurehkot talviarvot osoittavat hajotuksen jatkuvan varsin alhaisissa lämpötiloissa happi-tilanteen salliessa.

Tulosten, vaikkakin vain yhden vuoden, vertaaminen vähäiseen aikaisempaan aineistoon luonnontilaisilta soilta osoitti eräitä samankaltaisuuksia. Nevatyyppit LuSN, TuSN ja LkN antoivat saman vuosihajotuksen suuruusluokan kuin Lähde (1966 b) on saanut. Myös hänen aineistossaan seisovavetinen SN oli perin hitaasti hajottava. KR edusti samaa tasoa kuin Lähteen tutkimama MK. Toisaalta Karsisto (1979) on saanut Kivalon korpikoealoilta kaksinkertaisen vuosihajotuksen määriä.

- Lähde, E. 1966b: Tutkimuksia biologisesta aktiiviteetista eräiden luonnontilaisten ja ojitettujen soiden turpeessa. (Summary: Studies on the biological activity in the peat of some virgin and drained swamps.) — *Suo* 17: 77–84.
- Lähde, E. 1970: Hopeasaavamenetelmän käyttökelpoisuus anaerobisten olosuhteiden osoittajana turveilla maan eri osissa. Summary: On the usability of the silver rod method in indicating anaerobic conditions of peat soils in different parts of Finland.) — *Suo* 21: 39–43.
- Raevaara, H. 1981: Maaperäeläimistö kolmella rämebiotoopilla (TR, NR ja RhNR). (Summary: Soil fauna in three pine bog sites.) — *Suo* 32: 123–125.
- Ruuhijärvi, R., Reinikainen, A. & Lindholm, T. 1979: An attempt to a comparative analysis of virgin and forest-improved mire-ecosystem. — *Lammi Notes* 2: 14–19.
- Ruuhijärvi, R. & Reinikainen, A. 1981: Luonnontilaisten ja ojitettujen soiden vertaileva ekosysteemanalyysi -projektiin tutkimusohjelma. (Summary: Research program of the project "Comparative analysis of virgin and forest-improved mire-ecosystem.") — *Suo* 32: 86–91.

## SUMMARY:

### DECOMPOSITION OF CELLULOSE IN THE PEAT OF SOME PINE BOGS AND FENS

Cellulose decomposition rates and the vertical distribution of the activity of decomposers were studied during one year in the mires Heinisuo and Kaurastensuo in the following mire site types: LuSN, TuSN, LkN, KR, RaR, TR, NR and RhNR. The most important factor controlling the decomposition was oxygen availability due to the ground water table and

its stability. Another important factor was the temperature, as was seen when comparing the results of the summer and the winter observations. In some cases the decomposition activity depended on the trophic level of the mire site type, for example in the hollows of RaR, TR, NR, and RhNR.

**KORJAUKSIA TEEMANUMEROON "EKOSYSTEEMITUTKIMUKSIA ETELÄ-BOREAALISISTA SOISTA" — Suo 32, 1981 (4—5): 85—145.**

**CORRECTIONS TO THE ISSUE "STUDIES ON THE ECOSYSTEM OF SOUTHERN BOREAL MIRES" — Suo 32, 1981 (4—5): 85—145.**

Osin toimittajista riippumattomista syistä on kirjoituksiin päässyt asian ymmärtämistä haittaavia virheitä. Tapahtunutta pahoitellen pyydämme Suo-lehden lukijoita ottamaan huomioon seuraavat oikaisut.

s. 86 ja 87 taite, virkkeet kuuluvat seuraavasti "Lammilla oli jo voitu käynnistää SA:n rahoituksella esitutkimus kaasunvaihtomittausten käytöstä suoekosysteemin tutkimisessa. Sananmukaisesti kokonaisvaltaisen hankkeen saama arviointi osoitti, ettei . . ." (s. 87 vasen palsta, yläriivi poistuu).

s. 88 Taulukko 1, kohde 9 pitää olla Koski (HL) Heinisuo

s. 95 Poistetaan petiitillä painetusta tekstistä sen toinen virke.

s. 98 Kuva 1, MK:n puustobiomassa on 15150 g/m<sup>2</sup> eikä 1515.0 g/m<sup>2</sup>, joka ilmoitetaan kuvassa.

*p. 98 Fig 1, Tree layer biomass of MK should be 15150 g/m<sup>2</sup> and not 1515.0 g/m<sup>2</sup> as is erroneously given in the figure.*

s. 106 Kuva 3, RhSN:n pohjakerroksen biomassa on 313.4 g/m<sup>2</sup>.

*p. 106 Fig. 3, The biomass of ground layer in RhSN site is 313.4 g/m<sup>2</sup>.*

s. 108 Kuva 5, rämeisyyden (1) ja nevaisuuden (2) rajan pylväissä pitää olla eri suotyyppien kohdalla seuraava:

*p. 108 Fig. 5, the limit between bog oligotrophy (1) and wet oligo- or mesotrophy (2) in the pillars is following:*

LkN 24 %, LuSN 7 %, TuSN 0 %, SN 0 %, RhSN 8 %, VL 3 %, TR 64 %, NR 45 %, RhNR 7 %, KR 72 %, KgK 10 %, NK 4 %, LuRhK 0 %.

s. 130 oikea palsta, 1. kappale, 3. ja 4. lause pitää olla "Viimeinen nosto tehtiin 4. 10. 1980. Tässä yhteydessä käsitellään vain 8. noston 20. 10. 1979 (= "kasvu-kausi") ja 9. noston 15. 5. 1980 (KR 1. 6.) . . ."

*p. 133 Mire site type abbreviation SN is lacking*

s. 136 Taulukko 2: johtokyky/g pitää olla johtokyky.

Antti Reinikainen, Tapio Lindholm & Harri Vasander