

OJITUKSEN JA NPK-LANNOITUKSEN VAIKUTUS KEIDASRÄMEEN MAAPERÄELÄIMIIN

EFFECT OF DRAINAGE AND NPK-FERTILIZATION ON SOIL ANIMALS OF A RAISED BOG

1. JOHDANTO

Maaperän keskikokoisten eläinten, nk. mesofaunan, tärkeimmät eläinryhmät ovat punkit (*Acari*), hyppyhäntäiset (*Collembola*) sekä änkyrimadot (*Enchytraeidae*). Happamissa turvemaissa ovat kookkaamat eläimet, kuten lierot, harvalukuisia tai puuttuvat kokonaan ja mesofaunan osuus koko maaperäeläimistöä on hallitseva (Vilkamaa 1976).

Maaperän eläimet kuuluvat osana monimuotoiseen hajottajaeliöyhteisöön, jonka toiminnan tuloksena kuollut kasviaines hajoaa ja sen sisältämät ravinteet vapautuvat uudelleen perustuottajien käyttöön. Ei ole kuitenkaan helppo täsmällisesti arvioida, mikä on eläinten osuus tässä prosessissa.

Vaikka suoekosysteemin perustuotannossa sitoutuneesta energiasta valtaosa kulkeekin hajottajaportaan kautta, ei maaperäeläinten suoranaisten panos hajotustoimintaan liene kovinkaan huomattava. Suurin osa hajotuksesta perustuu sienten ja bakteerien toimintaan, eläinten osuuden jäädessä ehkä n. 5 %:iin (esim. Heal et. al 1975).

Eläinten epäsuora vaikutus hajotusprosessiin lienee kuitenkin merkittävämpi kuin pelkkä energeettinen tarkastelu osoittaa. On nimittäin todettu, että eläinten toiminta vilkastuttaa epäsuorasti hajotusaktiivisuutta jopa kymmenellä prosentilla. Suokasvikaarikkeella on asiaa tutkinut esim. Standen (1978).

Eläinten mikrobiaktiivisuutta stimuloiva vaikutus perustuu lähinnä siihen, että ne syövät varsin paljon detritusta verrattuna assimiloimaansa määrään (Reichle 1977). Näin maahan kertyy huomattavia määriä vähintään kerran eläinten ruuansu-

latuskanavan läpi kulkenutta ainesta, joka on mikrobeille ja sienille otollista kasvualustaa (esim. Kozlovskaya 1974).

Myös eläinten mikrobiopopulaatioihin kohdistuva saalistus voi olla hajotusprosessia tehostavaa säätely- tai stimulaatiovaikutustensa vuoksi (Reichle 1977, Hanlon 1981). Kaikkiaan maaperäeläinten ja pieneliöiden yhteispeli hajotustapahtumassa on kuitenkin vielä erittäin vaillinaisesti tunnettu.

Tässä työssä käsiteltävien eläinryhmien ravinnossa keskeinen sija on mikrobeilla ja sienirihmastolla sekä jo jonkin verran hajonneella kasvikaarikkeella. Eläinravinnon käyttöä esiintyy merkittävässä määrin vain punkkialalahkoissa *Mesostigmata* ja *Prostigmata*, joiden lajeista valtaosa (mutta eivät kaikki) on petoja (Wallwork 1970). Oribatidipunkit, hyppyhäntäiset ja änkyrimadot syövät lähes yksinomaan kariketta ja siinä eläviä bakteereja ja sienirihmoja (Hale 1967, Harding & Stuttard 1974, O'Connor 1967, Wallwork 1970).

Oribatidilajeista jotkut ovat erikoistuneet nimenomaan sieni- tai bakteeriravintoon, toiset taas karikkeeseen, mutta valtaosa lajeista on ravinnonkäytössään erikoistumattomia (Luxton 1972). Ensimmäisen asteen kulutusta edustaa leväravinnon käyttö, jota erällä soiden oribatideilla on havaittu (Tarras-Wahlberg 1961), mutta sen yleisyydestä ei ole tietoja.

Soiden merkittävin änkyrimatolaji, *Cognettia sphagnetorum* (Vejd.) on englantilaisten tutkimusten mukaan lähinnä karikkeen syöjä (Latter & Howson 1978, Standen & Latter 1977). Laji suosii näiden tutkimusten mukaan *Rubus*-, *Eriophorum*- ja *Calluna*-karikkeita niin laboratorio- kuin luonnossakin, mutta rahkasammalkarike osoittautui huonoksi ravinnoksi.

Suon ojitus ja lannoitus aiheuttavat voimakkaita muutoksia turpeen kemiallisissa ja fysikaalisissa ominaisuuksissa sekä kasvillisuuden rakenteessa ja tuotannossa. Niinpä on ilmeistä että myös turpeessa elävien eläinten elinolosuhteet muuttuvat ratkaisevasti metsänparannustoimien seurauksena.

Yksityiskohtaiset tiedot tästä aiheesta kuitenkin puuttuvat, sillä metsänparannustoimien vaikutusta turvemaiden maaperäelämistöön on tutkittu vähän huolimatta ojitus- ja lannoitustoiminnan laaja-alaisuudesta maamme soilla. Asiaa on käsitelty joissakin opinnäytteissä ja muutamissa julkaistuissakin töissä (Vilkamaa 1976, 1981, Markkula 1978, 1981 ja Hotanen 1981), mutta muuten on löydettävissä vain joitakin hajatietoja. Tiedossani ei ole kovin monia ulkomaisiakaan tutkimuksia (esim. Kozlovskaya 1974, Moore & al. 1975) ja niiden tulokset ovat ilmastollisten ym. erojen vuoksi huonosti Suomen oloihin sovellettavissa.

Toisaalta tietämys luonnontilaistenkin soittemme maaperäelämistöstä on sangen niukkaa. Nurminen (1967) on tehnyt lähinnä faunistisia havaintoja joidenkin suotyypin änkyrimadoista, mikroniveljalkaisista on tutkittu ainoastaan oribatidipunkteja (Karppinen 1955 ym.) Valmisteilla on eräiden rämetyyppien maaperäelämistöä käsittelevä tutkimus, jonka tuloksista osia on jo julkaistu (Raevaara 1981).

Tässä työssä esitetään tuloksia ojituksen ja NPK-lannoituksen vaikutuksesta yleisen eteläsuomalaisen rämetyyppin maaperän mesofaunaan tarkastellen erityisesti suonpinnan eri pienmuotojen elämistöä. Työ kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen ja Lammin biologisen aseman yhteistyönä tehtävään tutkimushankkeeseen, joka tähtää luonnontilaisten ja ojitettujen soiden vertailevaan ekosysteemanalyysiin.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusalue sijaitsee Lammin Laaviosuolla, joka on ombrotrofinen keidassuo. Suon pinta-alasta valtaosa oli tutkimusaikana luonnontilassa, mutta osa oli ojitettu 1966 ja lannoitettu 1970 urealla (100 kg/ha) ja suomaiden PK-lannoitteella (400 kg/ha) (Ruuhijärvi et al. 1979).

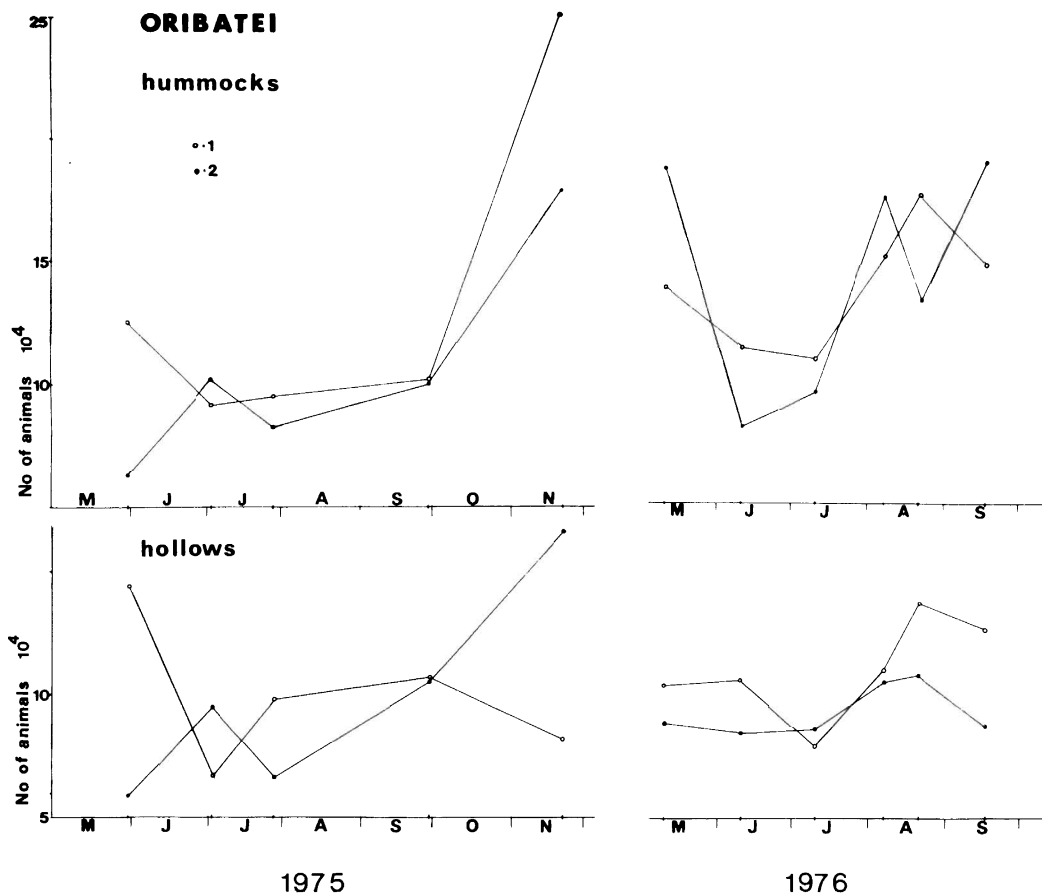
Sekä luonnontilaiselta että ojitetulta ja lannoitetulta osalta valittiin 10 × 10 m:n suuruiset näytealat. Näytealojen kasvillisuus ja pinnanmuodot koostuivat mätäs-

ja kuljupintojen mosaiikista. Luonnontilaisella puolella mättäiden kasvillisuus oli tyyppiltään rahkarämettä, kuljujen lähinnä lyhytkortista nevaa. Mättäiden pohjakerroksen muodosti ruskea rahkasammal (*Sphagnum fuscum*) kenttäkerroksen valtalajit olivat kanerva ja variksenmarja. Kuljujen rahkasammal oli *Sphagnum angustifolium* ja tärkein kenttäkerrosalaji oli tupasvilla. Ojitus ja lannoitus olivat muuttaneet kasvillisuutta voimakkaasti. Rahkasammalet olivat vähentyneet ja mättäillä seinäsammal (*Pleurozium schreberi*) oli vallannut alaa. Kenttäkerroksen valtalajit olivat hyötäneet metsänparannuskäsittelyistä, erityisesti tupasvillan määrä kuljuissa oli suuri. Suon puusto muodostuu männystä, joka luonnontilaisella puolella oli tyypillistä kituliasista suomännikköä, käsitellyllä puolella taas selvästi kasvussaan elpynyttä. Tarkempia tietoja suon kasvillisuudesta ovat esittäneet esim. Lindholm & Vasander (1979).

Suon pinnanmuotojen kosteusoloja kuvaa pohjaveden syvyys, jota mitattiin lautaputkesta tehdyistä pohjavesikaivoista eri pinnanmuodoilta. Ojitus oli laskenut pohjaveden tasoa 10–15 cm (Markkula 1981). Jälkimmäinen tutkimuskesä oli edellistä sateisempi ja näin myös pohjavesi oli korkeammalla. Turpeen hapekkaan kerroksen paksuus vaihtelee samansuuntaisesti pohjavesitason kanssa. Luonnontilaisen puolen märissä kuljuissa se oli vain muutamia senttimetrejä, mättäissä paksumpi. Ojituksen myötä myös hapekas kerros kasvoi pohjaveden laskiessa (Markkula 1978).

Maaperäeläinaineisto kerättiin kesinä 1975 ja 1976. Ensimmäisenä kesänä näytteitä otettiin kesä-marraskuussa viisi kertaa, jälkimmäisenä kesänä touko-syyskuussa kuudesti. Kummaltakin näytealalta otettiin satunnaisotannalla 10 näyteyksikköä, mutta koska kulju- ja mätäspinnat käsiteltiin erikseen, jäi toistonäytteiden määräksi vain 4–6 kullakin näytteenottokerralla. Näytteet otettiin putkikairalla 15 cm:n paksuudelta pintaturpeesta. Eläinten erottelua varten näytepalat oli leikattava lyhyemmiksi pätkiksi. Heinäkuun 1975 mikroniveljalkaisnäyte otettiin ainoastaan 10 cm:n paksuudelta.

Änkyrimatonäytteiden pinta-ala oli 25 cm². Erottelumenetelmänä käytettiin märkäsoppilaa (O'Connor 1955). Menetelmä on todettu hyvin tehokkaaksi ja se sopii hyvin turvemaille (Abrahamsen 1972, Peachey 1962). Mikroniveljalkaisnäytteen pinta-ala oli 10 cm². Erottelu suoritettiin



Kuva 1. Oribatidipunkkien määrän vuodenaikaisvaihtelu (yksilöitä/m²). 1 = luonnontilainen näyteala, 2 = ojitettu ja lannoitettu näyteala.

Fig. 1. Seasonal variation of the numbers of oribatid mites (individuals/m²). 1 = virgin site, 2 = drained and fertilized site.

ns. hot rod-laitteen nimellä tunnetulla kuivasuppilomuunnoksella (Valpas 1969). Menetelmä on käytännöllinen ja nopea, mutta ei tehokkuudeltaan paras mahdollinen (esim. Huhta & Koskeniemi 1975). Erityisesti hyppyhäntäisten erottelussa laite on verrattain tehoton. Tämän eläinryhmän kohdalla merkittävää lisävirhettä aiheuttaa se, että ne vilkasliikkeisinä eläiminä voivat karkailla näytettä käsiteltäessä. Nyt saadut arviot hyppyhäntäisten yksilömääristä lienevätkin liian pieniä. Punkkien osalta tulokset kuitenkin ovat näiltä osin luotettavampia. Vaikkeivät saadut tulokset lienekään absoluuttisesti tarkkoja, on näytealojen ja pienmuotojen vertailu kuitenkin mahdollista, koska näytteenotto- ja erottelumenetelmät ovat olleet samoille eläin-

ryhmille aina samat.

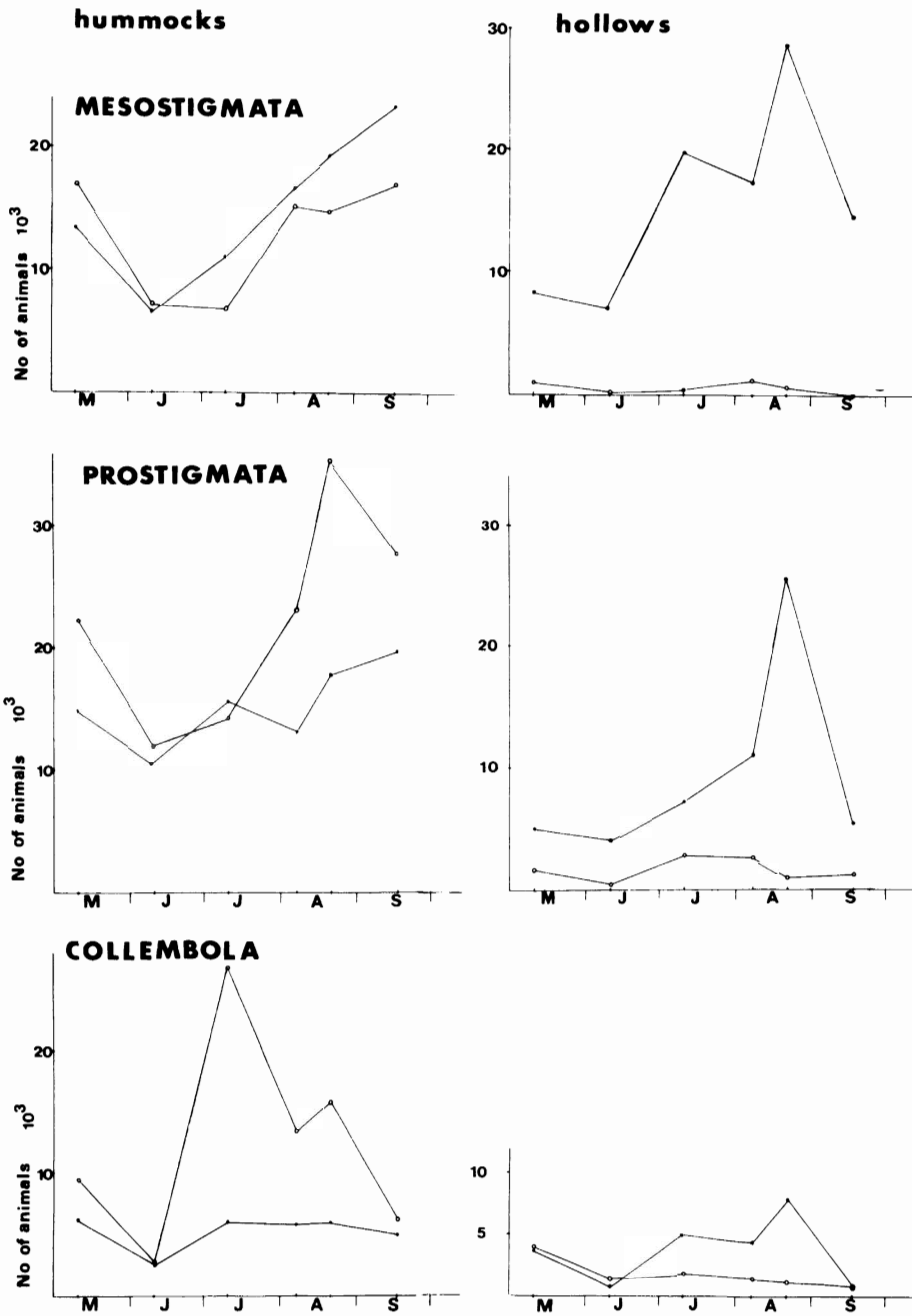
Tulokset esitetään keskeisimpien eläinryhmien, änkyrimatojen ja oribatidipunkkien osalta molemmilta tutkimuskesiltä, muiden punkkien ja hyppyhäntäisten osalta vain vuodelta 1976.

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

3.1. Yksilömäärien vuodenaikaisvaihtelu

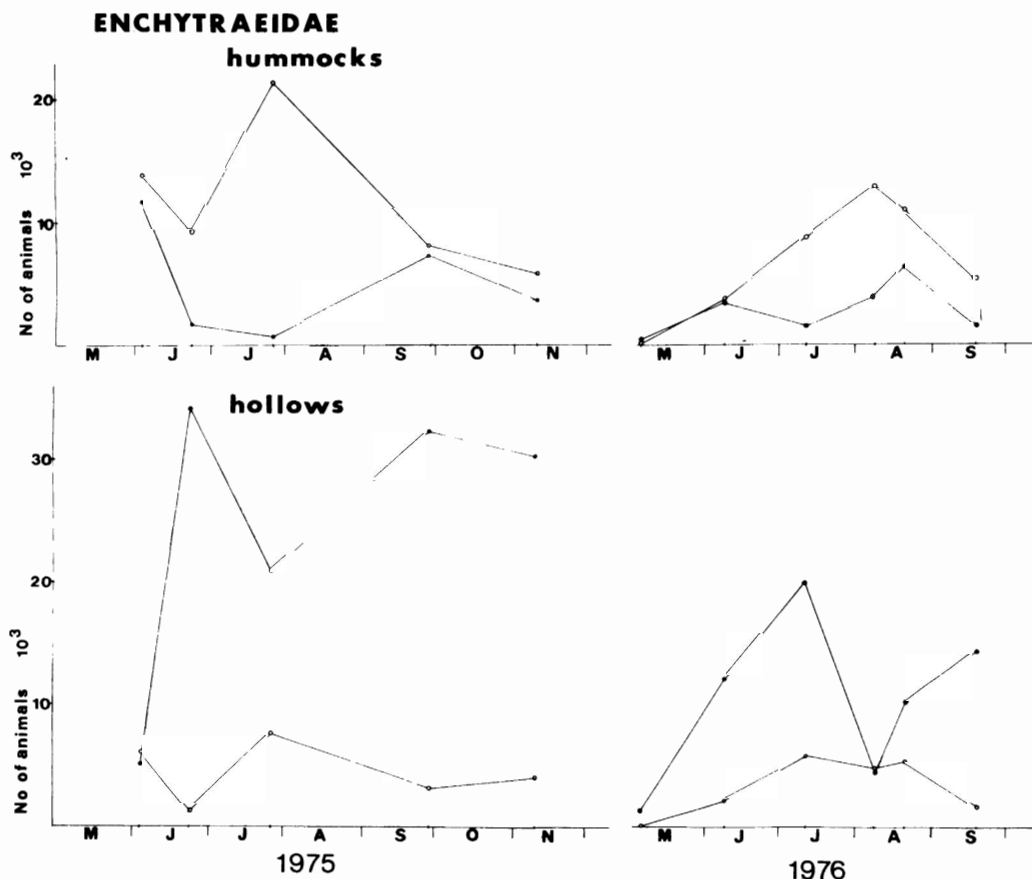
Eri eläinryhmien yksilömäärien vuodenaikaisvaihtelu on esitetty kuvissa 1—3.

Kaikkien kolmen punkkiryhmän yksilömäärät vaihtelivat jokseenkin samansuuntaisesti (kuvat 1 ja 2). Määrät olivat suurimmillaan keväällä ja syksyllä, pienimmillään keskikesällä. Tämänkaltainen vaihtelu



Kuva 2. *Mesostigmata*- ja *Prostigmata*-punkkien sekä hyppyhäntäisten määrän vuodenaikaisvaihtelu (yksilöitä/ m^2). Merkinnot kuten kuvassa 1.

Fig. 2. Seasonal variation of the numbers of mesostigmatid and prostigmatid mites and springtails (individuals/ m^2). Symbols as in fig. 1.



Kuva 3. Änkyrimatojen määrän vuodenaikaisvaihtelu (yksilöitä/m²). Merkinnät kuten kuvassa 1.

Fig. 3. Seasonal variation of the numbers of enchytraeid worms (individuals/m²). Symbols as in fig. 1.

johtunee lisääntymisen ajoittumisesta kevät- ja syyskesään ainakin useimmilla lajeilla. Huomattavimman poikkeuksen muodostivat *Mesostigmata*- ja *Prostigmata*-punkit luonnontilaisen puolen kuljuissa, missä näitä eläimiä oli hyvin vähän ja yksilömäärien vaihtelu kaikkiaan pientä.

Vastaavanlainen ns. kesäminimi on punkeilla, varsinkin oribatideilla havaittu lähes säännöllisesti metsämailla (Huhta & al. 1967, Huhta ja Koskenniemi 1975), ja joissakin tutkimuksissa myös soilla (Vilkamaa 1976). Suomalla oribatidipunkkien kesäminimi ei kuitenkaan liene yhtä säännöllinen ilmiö kuin metsämailla (Tarras-Wahlberg 1961, Block 1966).

Hyppyhäntäisten yksilömäärissä ei esiintynyt selviä yhtenäisiä minimi- tai maksimikausia, vaan vaihtelu oli erilaista kullakin

näytealalla ja pinnanmuodolla (kuvat 9–10). Näytteenotto- ja erotteluteknisistä syistä hyppyhäntäisiä koskevat tulokset lienevät muita eläinryhmiä epäluotettavampia eikä kuvien esittämä vaihtelu siten välttämättä ole todellista (vrt. kappale 2).

Änkyrimatojenkaan yksilömäärien vaihtelut eivät olleet aivan yksiselitteisiä (kuva 3). Jonkinlainen kesäminimi esiintyi ojitetun puolen kermeissä varsinkin ensimmäisenä, kuivempana kesänä. Tässä pienympäristössä kuivuus saattaa ainakin ajoittain olla rajoittava tekijä. Toisaalta ilmeni syviäkin minimejä märissä kuljupinnoissa jälkimmäisenä, kosteampana kesänä, eikä kuivuus voine tällöin olla synnä. Regressioanalyysissä lämpötila selitti änkyrimatojen yksilömäärien vaihteluita hieman paremmin kuin kosteus, mutta molempien tekijöiden selit-

tävyys jäi varsin alhaiseksi (Markkula 1978).

Talven 1975—76 aikana änkyrimatojen määrä väheni suorastaan romahdusmaisesti molemmilla näytealoilla ja pinnanmuodoilla. Syynä oli ilmeisesti alkutalven kovat pakkaset lumipeitteen ollessa vielä ohut. Yksilömäärät kohosivat nopeasti, mutta aivan edellisen kesän tasoa ne eivät yleensä saavuttaneet.

Oribatidien kohdalla ei vastaavanlaista pudotusta ilmennyt. Huhdan et. al. (1967) pitkäaikaisessa näytesarjassa havumetsämaiden maaperäeläimistöistä ilmeni useitakin talvisia romahduksia änkyrimatojen määrässä ja ainakin lievä talviminimi näyttää olevan säännöllinen ilmiö.

Talvi saattaa siis olla merkittävä änkyrimatojen runsautta säätelevä tekijä Suomen leveysasteilla. Mahdollisesti juuri erot talven ankaruudessa aiheuttavat sen, että änkyrimatojen yksilömäärä samankaltaisilla biotoopeilla on yleensä sitä alhaisempi mitä pohjoisemmas ja mantereisempaan ilmastoon siirrytään (Abrahamsen 1972, Huhta & Koskenniemi 1975).

3.2 Ojituksen ja lannoituksen vaikutus yksilömääriin

Eri eläinryhmien keskimääräiset yksilömäärät on esitetty taulukossa 1. Oribatidipunkkien yksilömäärissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja näytealojen välillä. Kermeissä oli oribatideja hieman enemmän kuin kuljuissa. Myös *Mesostigmata*-punkkien yksilömäärät kermeissä olivat samansuuruiset sekä luonnontilaisella että käsitellyllä puolella. Sensijaan kuljuissa *Mesostigmata*-punkit olivat runsastuneet ojituksen ja lannoituksen jälkeen moninkertaisesti. Kolmen muun eläinryhmän, *Prostigmata*-punkkien, hyppyhäntäisten ja änkyrimatojen kohdalla metsänparannuskäsittely näytti vaikuttaneen samansuuntaisesti. Nämä eläimet olivat runsastuneet kuljuissa, mutta samalla vähentyneet kermeissä.

Vertailtaessa tuloksia muihin suo-ojituksen ja -lannoituksen vaikutuksia maaperäeläimistöön käsitteleviin tutkimuksiin, muodostuvat ongelmiksi huomattavat erot mm. ilmastossa, suotyypeissä, käsittelytavoissa sekä niiden kestoajoissa. Koz-

Taulukko 1. Eri eläinryhmien keskimääräiset yksilömäärät/m² ja näytealojen välisen eron tilastollinen merkitsevyys 0.1 (***), 1 (**), 5 (*) ja 10 %:n (o) riskitasolla, n.s. = riskitaso yli 10 %. Oribatidipunkkien ja änkyrimatojen yksilömäärät ovat näytteenottokausien 1975 ja 1976 keskiarvoja, muiden eläinryhmien yksilömäärät näytteenottokaudelta 1976.

Table 1. Mean numbers of different animal groups/m² and statistical significance of the difference between virgin site (control) and forest-ameliorated site at the 0.1 (***), 1 (**), 5 (*) and 10 % (o) probability levels. n.s. = probability level over 10 %. The numbers of oribatid mites and enchytraeid worms are means over sample periods 1975 and 1976, those of other animals over sample period 1976 only.

	luonnontilainen virgin site	ojitettu ja lannoitettu drained and fertilized site	erotus %:a kontrollista difference as percentage from control
mättäät hummocks			
<i>Oribatei</i>	138 830	143 220	+ 3 n.s.
<i>Prostigmata</i>	22 370	15 250	—32 o
<i>Mesostigmata</i>	13 000	15 100	+ 16 n.s.
<i>Collembola</i>	12 370	6 310	—49**
<i>Enchytraeidae</i>	8 710	3 800	—56*
painanteet hollows			
<i>Oribatei</i>	110 230	93 330	—15 n.s.
<i>Prostigmata</i>	1 600	9 670	+ 504***
<i>Mesostigmata</i>	570	15 950	+ 2698 ***
<i>Collembola</i>	1 770	3 780	+ 114*
<i>Enchytraeidae</i>	3 810	17 340	+ 355***

lovs kaya (1974) esittää tutkimustuloksia Neuvostoliitosta kahdelta eri suotyypiltä, Moore et al. (1975) irlantilaiselta pelloksi kuivatulta peittosuolta ja Vilkamaa (1976) isovarpurämeeltä sekä kahdelta eri-ikäiseltä muuttumalta (30 ja 70 vuotta). Maaperäeläimistö kokonaisuudessaan oli em. tutkimusten mukaan runsastunut metsänparannustöiden jälkeen. Yksittäisten eläinryhmien reagointi toimenpiteisiin näyttää kuitenkin vaihtelevan melkoisesti.

Änkyrimatojen määrän oli kaikissa mainituissa tutkimuksissa todettu lisääntyneen pelkän ojituksen tai ojituksen ja lannoituksen jälkeen.

Kozlovskayan (1974) mukaan punkit ja hyppyhäntäiset olivat runsastuneet korvessa mutta vähentyneet rämeellä ojituksen jälkeen. Käsittelyn kestoaikaa hän ei kuitenkaan mainitse. Moore et al. (1975) ilmoittivat punkkien ja hyppyhäntäisten vähentyneen kun suo kuivattiin ja lannoitettiin pelloksi. Tilanne ei kuitenkaan ole vertailukelpoinen koska pellon muokkauksella on omat vaikutuksensa määperäeläimistöön. Vilkamaa (1976) mukaan hyppyhäntäiset sekä punkeista alalahkojen *Prostigmata* ja *Mesostigmata* edustajat runsastuivat isovarpurämeellä sekä pelkän ojituksen että ojituksen ja NPK-lannoituksen jälkeen. Oribatidipunkkeihin ei lannoituksella ja ojituksella ollut suurta vaikutusta 30-vuotiaalla koealalla, mutta 70 vuotta vanhalla ojitusalueella oli selvästi luonnontilaista enemmän oribatideja. Suo-ojituksen ja lannoituksen vaikutus maaperän eläimistöön ei siis näytä olevan yksiselitteisen myönteinen tai kielteinen, vaan riippuvainen monista tekijöistä.

Laaviosuon tapauksessa huomiota kiinnittää vaikutusten erilaisuus suonpinnan eri pienmuodoilla. Yleisin muutossuunta tässä tapauksessa on ollut eläinten väheneminen kermeissä ja runsastuminen kuljuissa (poikkeuksena oribatidit ja osittain *Mesostigmata*-punkit. Todennäköinen syy rähän on ollut kermien ja kuljujen erilainen kuivuminen. Kosteushan vaikuttaa maaperäeläimiin voimakkaasti sekä suoraan että välillisesti esim. ravinto- ja happitilanteen kautta. Kermien pintaosat muodostanevat pohjaveden laskiessa niin kuivan elinympäristön, etteivät monet luonnontilaisen suon lajit pysty sitä kestäämään, vaan joko häviävät tai etsivät suotuisamman mikrohabitaatin. Uusien, muuttuneissa olosuhteissa paremmin menestyvien lajien immi-

groituminen taas tapahtunee maaperäeläinten kyseessä ollen melko hitaasti.

Oribatidi- ja *Mesostigmata*-punkit eivät kuitenkaan olleet vähentyneet kermeissä. Näiden punkkiryhmien aikuiset yksilöt ovat kitiinipeitteisiä ja siten luultavasti kestävätkä kuivuutta ohutihoisia eläimiä paremmin.

Kuljupinnat säilyvät pohjaveden laskun jälkeenkin melko kosteina. Vaikka tyyppilliset kuljulajit ehkä katoavatkin, voivat monet kermien lajit löytää kuljuista kuivatuksen jälkeen soveliaan elinympäristön. Kuivatus on ilmeisesti jopa parantanut eläinten elinolosuhteita kuljuissa aerobisuusrajan siirtyessä syvemmälle. Luonnontilassahan kuljujen hapekas kerros on vain muutaman sentin paksuinen ja rajoittaa eläinten esiintymisen aivan turpeen pintaan.

Pelkät kosteus- ja hapekkuusmuutokset eivät kuitenkaan riitä selittämään sitä, että kuljuissa voi käsittelyn jälkeen elää moninkertainen eläinmäärä luonnontilaan verraten. Syy löytynee kasvillisuuden rakenteen ja tuotoksen muuttumisesta. Luonnontilaisen kuljujen kasvillisuus koostuu melkein pelkästä rahkasammalesta, jota eläimet eivät juuri voi käyttää ravintonaan (esim. Smirnov 1961, Latter & Howson 1978). Ojitetun puolen kuljut taas tuottavat runsaasti tupasvillaa, jota ainakin soiden merkittävin änkyrimatolaji suosii ravintonaan (Latter & Howson 1978).

Oribatidipunkit eivät ainoana nyt tutkittuista eläinryhmistä runsastuneet kuljuissa. On mahdollista, että oribatidipunkkien kohdalla lisääntyneen kariketuohtoksen aiheuttama hyöty ilmenee vasta myöhemmin (vrt. Vilkamaa 1976).

Lannoitteilla on todettu olevan myös välittömiä, yleensä haitallisia vaikutuksia maaperäeläimiin. Erityisesti urean on havaittu suurina määrinä vaikuttavan myrkyntä tavoin varsinkin ohutihoisiin änkyrimatoihin (Huhta et al. 1967, Abrahamsen & Thompson 1979). Sensijaan niveljalkaisiin vaikutus on vähäisempi (Behan et al 1976). Normaaliannoituksessa käytettävien määrien vaikutus on kuitenkin hyvin pieni (Hotanen 1981), eikä suurtenkaan määrien vaikutus kestä muutamia vuosia kauempaa (Abrahamsen & Thompson 1979). Lannoitteiden välittömällä haittavaikutuksilla, mikäli niitä on ilmennyt, ei tässä tapauksessa lieneäkään enää merkitystä havaittuihin muutoksiin.

LITTERATURE

- Abrahamsen, G. 1972. Ecological study of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Norwegian coniferous forest soils. — *Pedobiologia* 12: 26—82.
- Abrahamsen, G. & Thompson, W. 1979. A long-term study of the enchytraeid (Oligochaeta) fauna of a mixed coniferous forest and the effects of urea fertilization. — *Oikos* 32: 318—327.
- Behan, V.M., Hill, S.B. & Kevan, D. 1978. Effects of nitrogen fertilizers, as urea, on Acarina and other arthropods in Quebec black spruce humus. — *Pedobiologia* 18: 249—263.
- Block, W. 1966. Seasonal fluctuations and distribution of mite populations in moorland soils, with a note on biomass. — *J. Anim. Ecol.* 35: 487—503.
- Hale, W.G. 1967. Collembola. In Burges, N. & Raw, F. (eds.) *Soil Biology*: 397—411. London—New York.
- Hanlon, R.D.G. 1981. Influence of grazing by collembola on the activity of senescent fungal colonies grown on media of different nutrient concentration. — *Oikos* 36: 362—367.
- Harding, D.J.L. & Stuttard, R.A. 1974. Microarthropods. In Dickinson, G. & Pugh, G. (eds.) *Biology of plant litter decomposition*, vol 2: 489—532. London.
- Heal, O.W., Jones, H.E. & Whittaker, J.B. 1975. Moor House, U.K. In Rosswall, T. & Heal, O.W. (eds.) *Structure and function of tundra Ecosystems*. — *Ecological bulletins* 20: 295—320. Stockholm.
- Hotanen, J.-P. 1981. Tuhka- ja NPK-lannoituksen vaikutuksista änkyrimatoihin (Oligochaeta: Enchytraeidae) korvessa ja rämeellä Ilomantsin Ahvensalossa. — *Erikoistyö. Joensuun korkeakoulun biologian laitos*: 1—46.
- Huhta, V., Karppinen, E., Nurminen, M. & Valpas, A. 1967. Effect of silvicultural practices upon arthropod, annelid and nematode populations in coniferous forest soil. — *Ann. Zool. Fennici* 4: 87—145.
- Huhta, V. & Koskenniemi, A. 1975. Numbers, biomass and community respiration of soil invertebrates in spruce forests at two latitudes in Finland. — *Ann. Zool. Fennici* 12: 164—182.
- Karppinen, E. 1955. Ecological and transect survey studies on Finnish Camisiids (Acar., Oribatei). — *Ann. Zool. Soc. Vanamo* 17: 1—80.
- Kozlovskaya, L.S. 1974. The effect of drainage on the change in the biological activity of forest peat soils. — *Proc. Int. Symp. Forest Drainage Jyväskylä—Oulu, Finland*: 57—62.
- Latter, P.M. & Howson, G. 1978. Studies on the microfauna of blanket bog with particular reference to Enchytraeidae II. Growth and survival of *Cognettia sphagnetorum* on various substrates. — *J. Anim. Ecol.* 47: 425—449.
- Lindholm, T. & Vasander, H. 1979. männyn kasvu ja uudistuminen luonnontilaisella ja ojitetulla sekä lannoitetulla keidasrämeellä. — *Suo* 30: 93—102.
- Luxton, M. 1972. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. 1. Nutritional biology. — *Pedobiologia* 12: 434—463.
- Markkula, I. 1978. Änkyrimatojen yksilömääristä, biomassoista sekä spatiaalisesta jakautumasta luonnontilaisella ja metsäojitetulla rahkarämeellä. — *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 4/1978: 1—35.
- Markkula, I. 1981. Maaperäeläinten vertikaalijakauma luonnontilaisella ja metsäojitetulla keidasrämeellä. — *Suo* 32(4—5): 126—129.
- Moore, J.J., Downing, P. & Healy, P. 1975. Glenamoy, Ireland. In Rosswall, T. & Heal, O.W. (eds.) *Structure and function of tundra Ecosystems*. *Ecological bulletins* 20: 321—343. Stockholm.
- Nurminen, M. 1967. Faunistic notes on North-European enchytraeids (Oligochaeta). — *Ann. Zool. Fennici* 4: 567—587.
- O'Connor, F.B. 1955. Extraction of enchytraeid worms from a coniferous forest soil. — *Nature* 175: 815—816.
- O'Connor, F.B. 1967. The enchytraeidae. In Burgess, A. & Raw, F. (eds.) *Soil biology*: 213—257. London—New York.
- Peachey, J.E. 1962. A comparison of two techniques for extracting Enchytraeidae from moorland soils. In Murphy, P.W. (ed.) *Progress in soil zoology*: 286—293. London.
- Raevaara H. 1981. Maaperäeläimistö kolmella rämebiotoopilla (TR, NR ja RhNR). — *Suo* 32(4—5): 123—125.
- Reichle, D.E. 1977. The role of soil invertebrates in nutrient cycling. — In Lohm, U. & Persson, T. (eds.) *Soil Organisms as Components of Ecosystems*. *Ecological bulletins*: 145—156.
- 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.
- Smirnov, N.N. 1961. Food cycles in sphagnous bogs. — *Hydrobiologia* 17: 175—182.
- Standen, V. & Latter, P. 1977. Distribution of a population of *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) in relation to microhabitats in a blanket bog. — *J. Anim. Ecol.* 46: 213—229.
- Standen, V. 1978. The influence of soil fauna on decomposition by micro-organisms in blanket bog litter. — *J. Anim. Ecol.* 47: 25—39.
- Tarras-Wahlberg, N. 1961. The Oribatei of a Central Swedish bog and their environment. — *Oikos, Suppl.* 4: 1—56.
- Valpas, A. 1969. Hot rod technique, a modification of the dry funnel technique for extracting Collembola especially from frozen soil. — *Ann. Zool. Fennici* 6: 269—274.
- Vilkamaa, P. 1976. Ojituksen vaikutus rämeen maaperäeläinten yksilömääriin ja biomassoihin. — *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 2/1976: 1—102.
- Vilkamaa, P. 1981. Isovarpuisen rämeen ja sen metsänparannusmuuttumien maaperäeläimistö. — *Suo* 32(4—5): 120—122.
- Wallwork, J.A. 1970. Ecology of soil animals. Maidenhead, Berkshire, England.

SUMMARY:

EFFECT OF DRAINAGE AND NPK-FERTILIZATION ON SOIL ANIMALS
OF A RAISED BOG

The numbers of soil mites, springtails and enchytraeid worms were compared on virgin and forest-ameliorated parts of a bog in Lammi commune, southern Finland (N 61° 02', E 24° 58').

The study site was an ombrotrophic raised bog with *Calluna vulgaris*-*Empetrum nigrum*-*Sphagnum fuscum*- hummocks and *Eriophorum vaginatum*-*Sphagnum angustifolium*-hollows. Part of the bog was drained in 1966 and fertilized in 1970 with urea (100 kg/ha) and PK-fertilizer for peatlands (400 kg/ha). The drainage had lowered the ground water level by 10–15 cm. The vegetation of the ameliorated site had also changed. *Sphagnum*-mosses had decreased but *Eriophorum*, *Calluna*, *Empetrum* and *Pinus sylvestris* grew more vigorously than on the virgin site.

Samples were taken from both virgin and ameliorated part of the bog in may-november 1975 and may-september 1976.

In the seasonal fluctuation of the three mite groups (*Oribatei*, *Prostigmata* and *Mesostigmata*) maximum numbers occurred generally in spring and autumn (figs. 1 and 2) with the exceptions of mesostigmatid and prostigmatid mites in the hollows of the virgin study site.

No clear trends were found in the seasonal fluctuations of the numbers of *Collembola* and *Enchytraeidae* (figs 2 and 3).

During the winter 1975–76 a severe decline occurred in the numbers of enchytraeid worms. The reason was most probably the hard frost in early winter 1975 when the

snow cover was thin and could not protect the animals. The oribatids did not suffer from the frost.

In the mean numbers of oribatid mites there was no significant difference between virgin and ameliorated site. The numbers were slightly smaller in the hollows than in the hummocks (table 1). The numbers of mesostigmatid mites in the hollows were greater at the ameliorated site than at the virgin one. In the hummocks there was no difference between the sites.

Upon the all remaining groups, *Prostigmata*, *Collembola* and *Enchytraeidae*, the forest-amelioration had a similar effect. These animals had increased in the hollows but at the same time decreased in the hummocks. At the virgin site, the hummocks seemed to be preferred microhabitat but at the ameliorated site more prostigmatid mites, springtails and enchytraeid worms lived in the hollows.

A probable reason of the general decrease in the animal numbers in hummocks is that drainage makes the environment 'too dry for the animals. In the hollows, on the other hand, drainage and fertilizing probably had caused changes favourable for the animals. The oxygen content of the peat had increased and the quality of the litter improved from the viewpoint of soil invertebrates (more *Eriophorum* instead of *Sphagnum*-litter). Because five years had passed since the fertilization, the direct "shock-effect" of fertilizers most probably had no significance any more.