

**Pro gradu -tutkielma**

**Sääskien runsauden ja lajikoostumuksen vuosien väliset  
vaihtelut luonnontilaisilla puroilla**

**Olli Autio**



**Jyväskylän yliopisto**

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Limnologia ja hydrobiologia

16.5.2008

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Limnologia ja hydrobiologia

AUTIO, O.: Sääskien runsauden ja lajikoostumuksen vuosien väliset vaihtelut luonnontilaisilla puroilla  
Pro gradu-tutkielma: 39 s.  
Työn ohjaajat: FT Heikki Hämäläinen, FM Jukka Salmela  
Tarkastajat: FT Heikki Hämäläinen, FM Jari Ilmonen  
Toukokuu 2008

---

Hakusanat: Etelä-Suomi, monimuotoisuus, Nematocera, populaatiot, purot, sääsket, yhteisöt

## TIIVISTELMÄ

Sääsket (Diptera, Nematocera) ovat tyypillisiä eläimiä erilaisilla kosteikoilla. Sääskien runsauden ja lajikoostumuksen vuosien ja purojen välisiä eroja tutkittiin neljällä eteläsuomalaisella luonnontilaisella purolla neljänä vuotena (2002, 2003, 2005 ja 2006) Malaise-hyönteispyydyksiä käyttäen. Pyydykset tyhjennettiin neljän viikon välein. Tehtyjen yhteisöanalyysitietien perusteella puroelinympäristöissä elävien sääskien runsaus ja lajimäärät vaihtelivat suuresti vuosien ja purojen välillä. Samankaltaista vaihtelua on havaittu aiemmin myös muissa vesihyönteisryhmissä. Tietynä vuonna tietyltä kohteelta tavatut sääskien runsaudet ja lajimäärät olivat yhteydessä edeltävän kesän sademäärään. Tämä yhteys on selitettävissä sillä, että sääskien varhaisimmat elinkiertoaiheet ovat hyvin herkkiä elinympäristönsä kosteuden suhteen ja sateisina vuosina puroissa on virrannut runsaasti vettä. Mikäli sääskien elinkierron alkutaipaleen aikana vallitsevat kuivat olosuhteet, on sääskien munien ja varhaisimpien toukkavaiheiden kuolleisuus todella suuri. Sääskipopulaatiot voivat kuitenkin palautua ennalleen ilmeisen nopeasti, jo hyvin sateista kesää seuraavana kesänä. Populaatioiden nopeaan palautumiseen vaikuttavat ennen kaikkea sääskien suuri lisääntymispotentiaali ja tehokas levittäytymiskyky. Hyvin suuri osa, 41 %, tutkimuksessa tavatuista sääskilajeista oli esiintymisessään satunnaisia. Tähän saattavat vaikuttaa lajien erikoistuminen vain tietynlaisiin olosuhteisiin fysikaalisesti vaihtelevassa ympäristössä tai esiintyminen levinneisyysalueen reunalla. Tyypillisten puroilla elävien sääskilajien lisäksi puroilta tavattiin harvakseltaan lajeja, joiden populaatiot elävät pääasiassa soilla, rannoilla, lähteillä ja metsissä. Perimmäinen syy siihen, että sääskien runsaus ja lajikoostumus ovat jatkuvassa muutostilassa, on niiden elinympäristön jatkuva dynaamisuus ja epävakaus. Siten yhteisö-käsitteen määrittäminen sääskien kohdalla on vaikeaa ja tietyltä paikalta kulloinkin tavattu lajikoostumus on vahvasti tarkastelu-aikaan sidottu. Luonnontilaiset purot ovat nykyään etenkin eteläisessä Suomessa harvinaisia. Tulevaisuudessa myöskään ihmisen toimien seurauksena muuttuneiden purojen sääskilajiston tutkimusta ei pidä ylenkatsoa, sillä sääskilajiston vasteista esimerkiksi ympäristön pilaantumiseen ei ole juurikaan tietoa.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science

Limnology and hydrobiology

AUTIO, O.: Inter-annual variation in abundance and composition of  
nematoceran fly (Diptera) assemblages of pristine brooks

Master of Science Thesis: 39 p.

Supervisors: PhD Heikki Hämäläinen, MSc Jukka Salmela

Inspectors: PhD Heikki Hämäläinen, MSc Jari Ilmonen

May 2008

---

Key Words: brooks, communities, diversity, flies, Nematocera, populations, Southern Finland

## **ABSTRACT**

Nematoceran flies (Diptera) are typical animals in different kinds of moist habitats. Inter-annual variation in abundance and species composition of nematoceran flies were investigated at four pristine brooks in Southern Finland in 2002, 2003, 2005 and 2006. Insects were collected through each summer by using Malaise traps, which were emptied at four week intervals. According to community analyses, there were great inter-annual fluctuations in nematoceran abundances and species richness. Similar fluctuations have been previously documented in other aquatic insect taxa. Abundance and species richness in a given location and year were positively related to precipitation of previous summer. This association can be explained by the fact that the earliest developmental stages of nematoceran flies are very sensitive to the moistness of their habitat. In summers with high precipitation there was flowing water through summer in the investigated brooks. If however, dry conditions have prevailed, eggs and small larvae of nematoceran flies have likely suffered from high mortality. However, populations of nematoceran flies can recover quite quickly; apparently in a year following a summer with very high precipitation. This recovery is possible due to a huge reproduction potential of flies and their effective ability to disperse. Large part, 41 % of species identified in this investigation, were rare and they occurred only sporadically. This might be because of their specialization to brook environment, because of living on border of their main distribution area or because of their adaptation to certain kind of physical circumstances. In addition to typical brook-living species, there are some species mainly inhabiting peatlands, shores, springs and forests among the captured nematoceran flies. The fundamental reason why abundance and species composition of nematoceran flies are in a continuous change is the dynamic and unstable nature of their brook environment. This is why the concept of community is difficult to apply for nematoceran flies, the local assemblages of which are spatially and temporally highly variable. Pristine brooks are very rare in Southern Finland. In the future there is also a need to investigate nematoceran fauna of brooks affected by human activities to assess the antropogenic theaths to species diversity and natural assemblage composition.

## Sisältö

<b>1. JOHDANTO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. TUTKIMUKSEN TAUSTA.....</b>	<b>6</b>
<b>3. AINEISTO JA MENETELMÄT.....</b>	<b>8</b>
3.1. Tutkimuskohteet .....	8
3.1.1. Koivulan lehtopuro .....	8
3.1.2. Pitkäsuon laskupuro .....	8
3.1.3. Antiaanpuro .....	9
3.1.4. Myllypuro .....	9
3.2. Sääskien pyydystys ja määrittäminen .....	9
3.3. Tilastolliset menetelmät .....	10
<b>4. TULOKSET.....</b>	<b>11</b>
4.1. Sääskien runsauden ja lajiston vuosien väliset vaihtelut .....	11
4.2. Yleiset ja harvinaiset lajit.....	15
<b>5. TULOSTEN TARKASTELU .....</b>	<b>17</b>
5.1. Sadannan merkitys sääskipopulaatioille .....	17
5.2. Yhteisöjen pysyvyys ja vakaus eri tutkimuskohteilla .....	18
5.3. Sääskien sopeumat epäsuotuisiin oloihin ja levittäytyminen.....	20
5.4. Sääskien paikallinen ja alueellinen monimuotoisuus .....	22
5.5. Harvinaiset lajit.....	23
5.6. Eri resursseja vaativien lajien esiintyminen tutkimuskohteilla.....	24
5.6.1. Akvaattiset ja semiakvaattiset lajit .....	24
5.6.2. Lahopuusta riippuvaiset lajit.....	24
5.6.3. Sienistä riippuvaiset lajit.....	25
5.6.4. Lähdelajit .....	25
5.7. Tutkimuksen yleisimmät vaaksiaislajit heimoittain.....	26
5.8. Uhanalaisiksi ja silmälläpidettäviksi ehdotettujen sekä puutteellisesti tunnettujen lajien esiintyminen .....	26
5.8.1. Uhanalaisiksi ehdotetut lajit .....	26
5.8.2. Puutteellisesti tunnetut lajit.....	28
5.9. Malaise-pyydyksen käyttö hyönteistutkimuksissa.....	28
5.10. Johtopäätökset.....	29
<b>Kiitokset.....</b>	<b>30</b>
<b>Kirjallisuus .....</b>	<b>30</b>

## 1. JOHDANTO

Virtavedet voidaan nähdä mosaiikkimaisina systeemeinä, joissa erilaisten pienelinympäristöjen suuri määrä ja vaihtelu luovat perustan selkärangaton yhteisöjen monimuotoisuudelle (Malmqvist 2002). Lauhkean vyöhykkeen pienet virtavedet ovat hyvin dynaamisia ja vaikeasti ennustettavia elinympäristöjä ja tämän vuoksi selkärangaton yhteisöjen rakenteessa voi olla suurta vaihtelua vuosien välillä (Townsend ym. 1987, Boulton ym. 1992, Scarsbrook 2002, Wagner & Schmidt 2004). Pienten virtavesien fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet vaihtelevat suuresti eri vuosien välillä ja myös vuosien sisällä. Esimerkiksi Vihdissä sijaitsevassa Myllypurossa, joka on yksi tämän tutkimuksen puroista, virtaama vaihteli vuonna 1997 kevään huippuarvosta  $1,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  kesällä havaittuun korkeintaan muutamaan litraan sekunnissa (Helmiö & Järvelä 1999). Virtavesien selkärangaton yhteisöihin vaikuttavat useat keskenään monimutkaisessa vuorovaikutussuhteessa olevat tekijät (Allan 1995, Malmqvist & Hoffsten 2000). Näitä tekijöitä ovat muun muassa virtaveden ja sen valuma-alueen koko, etäisyys ylävirran suunnassa sijaitsevasta järvestä, substraatin määrä ja laatu, lämpötila, veden virtausnopeus, korkeus merenpinnasta, putkilokasvien määrä, pH, veden väri sekä näkinsammalten (*Fontinalis* spp.) esiintyminen (Malmqvist & Hoffsten 2000, Mykrä ym. 2007).

Yhteisöjen rakenteeseen vaikuttavat fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden lisäksi myös demografiset, tiheydestä riippuvat tekijät (Allan 1995, Begon ym. 1996, Stuart & Davies 2000). Näitä ovat saalistus, lajienvälinen ja lajinsisäinen kilpailu, muuttoliikkeet sekä loisinta ja taudit. Saalistuksen merkitys virtavesiyhteisöjen koostumusta muokkaavana tekijänä on melko huonosti tunnettu, mutta saalistus on hyvin yleistä ja useat lajit eri hyönteislahkoissa kuten vesiperhosissa, koskikorennoissa, kovakuoriaisissa ja myös kaksisiipisissä hankkivat ravintonsa saalistamalla muita eläimiä (esim. Lillehammer 1988, Stuart & Davies 2000). Esimerkiksi hyvin happamassa purossa, jossa pohjaeläinyhteisön rakenne on suhteellisen yksikertainen, saalistajien (esim. *Plectrocnemia conspersa*-vesiperhonen) vaikutus pohjaeläinyhteisön muiden lajien populaatioihin saattaa olla merkittävä (Hildrew & Townsend 1982). Kilpailu on niin ikään yleistä virtavesissä (Cooper ym. 1990, Allan 1995). Kilpailulla ei kuitenkaan ajatella olevan vaikutusta koko yhteisöön, vaan sen vaikutus yhteisörakenteeseen muutoksiin tapahtuu usein ainoastaan kahden keskenään kilpailevan lajin kautta. Biologisten vuorovaikutusten on kuitenkin kokonaisuudessaan ajateltu olevan kemiallisia ja etenkin fysikaalisia tekijöitä vähäpätöisempiä virtavesiyhteisöjen rakenteen säätelijöinä.

Tietyltä paikalta tavattavan selkärangaton yhteisön rakenteeseen vaikuttavat paikallisten olosuhteiden lisäksi myös lähialueella elävä lajisto, joka pystyy levittäytymään uusille asuinsijoille. Eläinten levittäytyminen yhdistää toisistaan eristyksissä elävät populaatiot toisiinsa. Eläimet voivat levittäytyä joko toukkavaiheessa passiivisesti ajautumalla virran mukana tai aikuisina aktiivisesti lentämällä uusiin ympäristöihin etsimään parempia olosuhteita, parittelukumppaneita tai ravintoa (Allan 1995, Malmqvist 2002).

Kuivuus voi aiheuttaa suuria muutoksia pienten virtavesien hyönteispopulaatioissa ja -yhteisöissä, koska pintavesivaikutteiset latvapurot saattavat kuivua väliaikaisesti vähäsateisina kesinä (Boulton ym. 1992, Ilmonen 2005, Lind ym. 2006). Vesihyönteisillä on kuitenkin sopeumia kuivuuden varalle (Freeman 1967, Hadley 1971). Niillä on korkea lisääntymispotentiaali ja ne ovat tehokkaita levittäytyjiä (Cragg 1961, Freeman 1964, 1968, Bergey & Ward 1988, Allan 1995).

Tässä tutkimuksessa tutkimusalueina oli neljä erillistä luonnontilaista puroa lähiympäristöineen. Purot sijaitsevat eteläisessä Suomessa ja jokaiselta puroilta selvitettiin

sääskien runsautta ja lajikoostumusta ja näiden paikallista (purojen välistä) ja ajallista (vuosien välistä) vaihtelua. Tarkasteltavat sääsket (Diptera: Nematocera) kuuluivat seitsemään eri heimoon: pikkuvaaksiaiset (Limoniidae), isovaaksiaiset (Tipulidae), petovaaksiaiset (Pediidae), lehtovaaksiaiset (Cylindrotomidae), perhossääsket (Psychodidae), kummitusvaaksiaiset (Ptychopteridae) sekä sinkilähyttiset (Dixidae). Tutkimuksessa perehdytään tarkimmin vaaksiaislajistoon (neljä ensin mainittua heimoa), mutta myös muiden heimojen lajit ovat mukana tarkastelussa, sillä suurin osa näiden heimojen lajeista on sidoksissa kosteisiin olosuhteisiin (esim. Pritchard 1983, Andersson 1997, Wagner 1997a, 1997b).

Tutkimuksessa selvitettiin myös sääskiyhteisöjen vuosien välistä vakautta ja pysyvyyttä sekä satunnaisesti esiintyvien (harvinaisten) lajien osuutta kaikista lajeista. Tutkimuksen avulla haluttiin saada tietoa eteläisen Suomen luonnontilaisten pienten virtavesien tyypillistä sääskilajistoa, koska tutkimuksen piirissä olevien sääskiheimojen monet lajit ovat edelleen melko puutteellisesti tunnettuja maassamme. Esimerkiksi monien lajien levinneisyyden ja ekologian tuntemuksessa on suuria aukkoja (Salmela 2006a).

Luonnontilaisten kohteiden lajistoselvityksillä on tarvetta, sillä suuri osa pienistä virtavesistä on ollut ihmisen toiminnan kohteena ja niiden ominaispiirteet ovat muuttuneet esimerkiksi metsien ja soiden ojitusten seurauksena (Ohtonen ym. 2005, Sallantaus 2006). Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää hyväksi luonnonsuojelun suunnittelussa ja puroelinympäristöjen seurannoissa.

## 2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

Vaaksiaiset (Tipuloidea) ovat tämän tutkimuksen piirissä olevista sääskistä lajistollisesti suurin ja monimuotoisin ryhmä. Neljään eri vaaksiaisheimoon kuuluu Suomessa nykyisen tuntemuksen mukaan yhteensä 330 lajia (J. Salmela, suullinen tiedonanto). Maailmanlaajuisesti vaaksiaislajeja tunnetaan 15178 (de Jong ym. 2008). Lajimäärältään suurin vaaksiaisheimo on pikkuvaaksiaiset, jonka Suomesta tavatut edustajat kuuluvat 190 lajiin. Toiseksi suurimpaan heimoon, isovaaksiaisiin, kuuluu 114 lajia. Kaksi muuta vaaksiaisheimoa ovat lajimäärältään pienempiä, sillä petovaaksiaisten heimoon kuuluu 19 lajia ja lehtovaaksiaisten heimoon ainoastaan seitsemän lajia. Lisäksi tutkimuksessa mukana olevaan kolmeen muuhun sääskiheimoon kuuluu yhteensä 76 lajia. Näistä lajimäärältään suurin on perhossääsket, joita on tavattu Suomesta 54 lajia. Maastamme tavatut sinkilähyttiset kuuluvat 15 lajiin, kun taas kummitusvaaksiaisten lajimäärä jää seitsemään. Yhteensä tämän tutkimuksen piirissä olevia lajeja on siis Suomesta tavattu tähän mennessä kaikkiaan 406.

Vaaksiaiset elävät monenlaisissa elinympäristöissä, mutta niiden runsaus ja monimuotoisuus ovat erityisen suuria kosteissa elinympäristöissä kuten puroilla, lähteiköillä, soilla ja järvien rannoilla (Salmela 2006). Suurin osa vaaksiaislajistosta viettää toukkavaiheensa esimerkiksi märässä maaperässä, rantaliejussa tai kosteiden sammalten tai maksasammalten seassa (Cragg 1961, Freeman 1967, Pritchard 1983, Brinkmann 1991, Podèniènè 2002, Ujvárosi 2005, de Jong ym. 2008). Niiden sanotaan olevan semiakvaattisia. Monet lajit kuitenkin elävät täysin vesiympäristöön sopeutuneina sammaliin kiinnittyneinä (Brinkmann 1997, Hofsvang 1997, Cnatha ym. 2000). Näiden elinympäristöjen lisäksi muutamien vaaksiaissukujen toukat kehittyvät sienillä ja käävillä (Sørensen 2004, Ujvárosi 2005). On myös useita lahoppuella eläviä vaaksiaislajeja (Hövmeyer 1998, Rotheray ym. 2001, Sørensen 2002, Oosterbroek ym. 2006). Vaaksiaisten runsaudesta ja monimuotoisuudesta huolimatta - tai ehkä juuri siitä syystä - niitä on tutkittu suhteellisen vähän. Suomessa kosteiden elinympäristöjen sääskilajistoa

(muita kuin surviaissääskiä) on alettu selvittää vasta viime vuosina pääasiassa Salmelan (Salmela 2001, 2004, 2005a, 2005b, 2006, Salmela & Ilmonen 2005, Salmela ym. 2007) toimesta. Kosteikkoympäristöistä etenkin lähteet ovat nykyään maassamme melko hyvin tunnettuja (Salmela 2001, 2005a), mutta muiden kosteikkojen kuten soiden, rantaluhtien ja purojen tyyppillisten sääskiyhteisöjen tuntemuksessa on vielä suuria puutteita. Kosteikkojen sääskien heikko tuntemus selittyy varmasti osaksi sillä, että sääskien kerääminen ja määrittäminen on hyvin aikaa vievää puuhaa: pyydystäminen on suuritöistä ja sääskien poimiminen vaikkapa Malaise-tyyppisen pyydysten keräämästä hyönteisaineistosta on työlästä ja lajinmääritys haastavaa. Lisäksi olennainen määrittäjäkirjallisuus on vaikeasti hankittavissa.

Vaaksiaisilla, kuten kaikilla kaksisiipisillä, on elinkierrossaan täydellinen muodonvaihdos eli ne joutuvat ennen aikuistumistaan käymään läpi muna-, toukka- ja kotelovaiheen. Munavaihe on hyvin lyhyt, sillä se kestää kaikilla vaaksiaisheimoilla yhdestä korkeintaan muutama viikkoon. Tätä seuraava toukkavaihe kestää lajista riippuen tavallisesti useita kuukausia. Skandinavian vaaksiaislajisto ilmeisesti talvehtii toukkana ja yksilön elinkierto on useimmiten yhden vuoden mittainen (Brinkmann 1997, Hofsvang 1997). Talvehtiessään toukat pystyvät kestäämään jäätymistä (Pritchard 1983). Pikku- ja petovaaksiaisilla voi olla lauhkealla vyöhykkeellä lajista riippuen etenkin suotuisina, riittävän kosteina kesinä kaksi sukupolvea (Reusch & Oosterbroek 1997). Esimerkiksi tässä tutkimuksessa tavatulla *Tricyphona immaculata*-petovaaksiaisella lienee ainakin joinakin vuosina ollut useampia sukupolvia saman vuoden aikana, sillä lajia löytyi tutkimuspuroilta sekä alku- että loppukesällä. Arktisissa oloissa sekä vuoristoissa vaaksiaisten elinkierrat saattavat sitä vastoin kestää jopa neljästä viiteen vuotta (Hofsvang 1997). Näin ollen niiden elinkiertojen pituus noudattelee muillakin hyönteislahkoilla havaittuja yleislinjoja, eli elinkierron kesto pitenee pohjoista kohti siirryttäessä (esim. Valle 1952).

Myös muiden tutkimuksessa mukana olevien sääskiheimojen, kummitusvaaksiaisten, perhossääskien ja sinkilähyttysten, elinkierrat ovat yksivuotisia ja kaikkien heimojen lajit talvehtivat tietävästi toukkana (Andersson 1997, Wagner 1997a, 1997b).

Sääskiyksilö viettää siis suurimman osan elämästään toukkana. Toukkavaihe jakautuu neljään toukka-asteeseen (Hadley 1971). Ensimmäinen ja toinen toukka-aste ovat useimmiten lyhytkestoisia ja Pohjolassa vaaksiaisten talvehtiminen tapahtuu kolmantena ja neljäntenä toukka-asteena (Hofsvang 1997). Aikuis- tai munatalvehtijoista ei kirjallisuudessa ole mainintoja, vaikka monilla muilla hyönteislahkoilla talvehtimisstrategiat saattavat vaihdella suuresti eri heimojen välillä (esim. Lillehammer 1988, Nilsson 1996).

Vaaksiaisten toukkavaihetta seuraa lyhyt koteloitumisvaihe, jonka kesto vaihtelee yhden ja kahden viikon välillä. Aikuinen vaaksiainen elää ainoastaan muutamia päiviä, ja sen tehtävä on pelkästään lisääntyä. Vaaksiaiset eivät käytä aikuisina lainkaan ravintoa, mutta joutuvat kuitenkin juomaan etenkin kuumalla säällä vähentääkseen kuumuuden aiheuttavaa nesteen menetystä (Pritchard 1983).

Vaaksiaistoukkien ruokavaliassa on suurta vaihtelua eri heimojen välillä ja myös heimojen sisällä (Pritchard 1983). Isovaaksiaiset hankkivat ravintonsa useimmiten syömällä leviä tai hajonnutta kasviainesta tai niihin sidoksissa olevia pieneliöitä. Lehtovaaksiaislajit ruokailevat elävillä sammalilla tai putkilokasveilla. Petovaaksiaiset hankkivat ravintonsa nimensä mukaisesti saalistamalla. Pikkuvaaksiaisten heimossa kolmen alaheimon lajeista Limnophilinae-alaheimon toukat ovat petoja. Sen sijaan Limoniinae- ja Chioneinae-alaheimojen lajit käyttävät isovaaksiaisten tapaan ravintonaan hajonnutta kasviainesta.

### 3. AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 3.1. Tutkimuskohteet

Tutkimuskohteina oli neljä puroa eteläisessä Suomessa (Ilmonen 2005). Nämä purot ovat Koivulan lehtopuro, Pitkäsuon laskupuro ja Antiaanpuro Espoossa sekä Myllypuro Vihdissä. Koivulan lehtopuro, Antiaanpuro ja Myllypuro sijaitsevat Nuuksion kansallispuistossa, kun taas Pitkäsuon laskupuro sijaitsee Luukin ulkoilualueella. Kaikki neljä tutkimuspuroa virtaavat Nuuksion järviylängöllä ja ne ovat melko happamia latvapuroja. Koivulan lehtopuro, Pitkäsuon laskupuro ja Antiaanpuro ovat ensimmäisen uomaluokan puroja ja Myllypuro on kolmannen uomaluokan puro. Myllypuron valuma-alue on suurin, 24,5 km<sup>2</sup> (Järvelä & Helmiö 2004). Muiden purojen valuma-alueet ovat alle 1 km<sup>2</sup> laajuisia. Koivulan lehtopuro, Pitkäsuon laskupuro ja Antiaanpuro kuuluvat Lepsämänojen valuma-alueeseen (21.04) Vantaanjoen päävesistöalueella. Myllypuro kuuluu Suomenlahden rannikkoalueen päävesistöalueeseen (81.021) (Ekholm 1993).

Koivulan lehtopuro ja Pitkäsuon laskupuro sijaitsevat maantieteellisesti lähellä toisiaan; matkaa purojen välille kertyy ainoastaan noin 800 metriä. Etäisyys näiden kahden puron sekä Myllypuron välillä on noin 10 kilometriä. Antiaanpuro sijaitsee suunnilleen näiden puolivälissä. Vuoden 2005 heinäkuussa jokaisesta tutkimuspurosta mitattiin pH ja sähkönjohtokyky kannettavalla yhdistelmämittarilla (WTW pH/cond 340) ja pyydysten kokemisen yhteydessä (ks. alla) huomioitiin puron mahdollinen kuivuminen. Taustatiedoiksi koottiin lisäksi tietoja sademääristä Etelä-Suomessa vuosina 2001-2006. Vuoden 2001 sadantatiedot ovat Helsinki-Vantaan lentoasemalta ja muiden vuosien tiedot ovat Vihdistä. Sadantatiedot käsittävät kunkin vuoden osalta kesä-, heinä- ja elokuun (Ilmatieteen laitos 2001a, 2001b, 2001c, Ilmatieteen laitoksen tietokanta)

##### 3.1.1. Koivulan lehtopuro

Koivulan lehtopuro (66943:33722) virtaa lehtomaisen kuusikon läpi ja puroa ympäröivä puusto on melko ikääntynyttä. Puro saa alkunsa Hauklammesta noin 500 metrin päästä tutkimuskohteesta. Puron pohjamateriaaleina ovat pääasiassa hiekkaa ja soraa, mutta purossa on myös jonkin verran kariketta. Vesisammalia (näkinsammalia, *Fontinalis* spp.) kasvaa runsaasti. Puro on kapea, ja sen maksimileveys ei ylitä yhtä metriä. Se on myös matala, koska sillä on syvyyttä korkeintaan kymmenen senttimetriä. Välitöntä lähiympäristöä ei ole muuteltu eikä puron pohjaa ole perattu, joten se on täysin luonnontilainen.

Koivulan lehtopuro saattaa kuivua tyystin kuivimpina kesinä; tällainen tilanne oli vuosina 2002 ja 2003. Vuonna 2002 pitkään jatkunut kuivuus sai aikaan puron täydellisen kuivumisen viikkoon 35 mennessä. Kuitenkin kohdassa, jossa hyönteispyydys sijaitti, vettä riitti pohjavesivaikutuksen vuoksi koko kesän 2002 ajan vähintään pienenä norona ja vettä oli myös siellä täällä pieninä laikkuina. Vuonna 2003 puro kuivui täysin heinä-, elo- ja syyskuun ajaksi. Vasta lokakuun loppupuolella purossa havaittiin vettä. Sen sijaan vuonna 2005 Koivulan lehtopuron vesitilanne oli edellisiä vuosia parempi; purossa virtasi vettä suurimman osan kesästä, vaikkakin elokuun alkupuoliskolla puro oli täysin kuivana. Myös kesällä 2006 vesitilanne purossa oli kohtalaisen hyvä, koska vettä riitti koko kesän. Virtaus oli tosin pysähtynyt täysin kesä-, heinä- ja elokuun ajaksi. 4.7.2005 tehdyissä mittauksissa veden pH oli 5,3 ja sähkönjohtokyky 2,2 mSm<sup>-1</sup>.

##### 3.1.2. Pitkäsuon laskupuro

Pitkäsuon laskupuro (66941:33718) virtaa kuusivaltaisen tuoreen kangasmetsän lävitse. Puron vesi on peräisin Pitkäsuolta, joka sijaitsee noin 200 metriä tutkimuspaikan



yläpuolella. Hiekka ja sora muodostavat suurimman osan pohjamateriaalista. Vesisammalia (purokinnassammal, *Scapania undulata*) on ainoastaan vähän. Pitkäsuon laskupuron maksimileveys on yksi metri ja keskisyvyys alle kymmenen senttimetriä. Puro ja sen lähiympäristö ovat säilyttäneet alkuperäiset piirteensä lähes täysin.

Pitkäsuon laskupuro on herkkä kuivumiselle ja vuonna 2002 se oli täysin kuiva viikkoon 30 mennessä. Myös vuonna 2003 puro oli täysin kuivilla heinä-, elo- ja syyskuun ajan. Vasta lokakuun lopun syysateet toivat parannusta puron huonoon vesitilanteeseen. Vuonna 2005 Pitkäsuon laskupuro oli täysin kuiva ainakin elokuun alun havainnoinnin aikana. Vuonna 2006 puron virtaama pysähtyi täysin kesäkuussa ja puro oli täysin kuivana heinä- ja elokuun ajan. Veden pH oli 4.7.2005 4,9 ja sähkönjohtokyky 2,5 mSm<sup>-1</sup>.

### 3.1.3. Antiaanpuro

Antiaanpuro (66918:33648) virtaa lähes luonnontilaisen korven läpi. Puro on hitaasti virtaava, ja se mutkittelee syvien monttalueiden ja pienten koskialueiden vaihdellessa. Pohjamateriaalina on hiekka ja sora. Purossa ei kasva lainkaan vesisammalia, mutta sen sijaan puron partailla kasvaa muun muassa soukkalehväsammalta (*Mnium hornum*). Antiaanpuro saa alkunsa noin 700 metriä tutkimuspaikan yläpuolella sijaitsevasta Ruuhijärvestä. Antiaanpuro ei ole yhtenäkkään tutkimuskesänä vuoden 2006 heinäkuuta lukuun ottamatta ollut täysin kuiva, sillä pitkään jatkuneina kuivina kausinakin purossa on ollut havaittavissa ainakin hieman kosteutta. Veden pH oli 4.7.2005 5,8 ja sähkönjohtokyky 2,0 mSm<sup>-1</sup>.

### 3.1.4. Myllypuro

Myllypuro (66939:33261) on neljästä tutkimuspurosta kaikkein pysyvin, eli kuivimpinakin aikoina siinä virtaa vettä ainakin muutamia litroja sekunnissa (Järvelä & Helmiö 1999). Myllypuro ei ollut täysin kuivana yhtenäkkään tutkimuskesänä. Pitkään kestänyt kuivuus tosin vaikuttaa huomattavasti purossa virtaavan veden määrään. Puron keskimääräinen virtaama on 0,24 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (Järvelä & Helmiö 2004). Puron lähiympäristö on kuusivaltaista lehtomaista metsää. Kohdassa, jossa hyönteispyydys sijaitsee, on nopeasti virtaava kivikkoinen koski. Kosken pohjamateriaalina ovat isot, runsaan vesisammalkasvuston (*Fontinalis* spp, *Scapania undulata*) peittämät lohkareet. Uoma on leveydeltään noin kaksi metriä ja syvyyttä on enintään 50 senttimetriä. Puro virtaa tutkimuskohdassa jyrkkäseinäisen kallionotkelman läpi. Myllypuro on tutkimuskohdasta luonnontilainen, mutta toisaalla puron koskia on perattu poistamalla lohkareita ja sen alkuperäistä luonnetta on muuteltu suoristamalla uomaa (Järvelä & Helmiö 2004).

## 3.2. Sääsien pyydystys ja määrittäminen

Sääsikiaineisto kerättiin tutkimusvuosina 2002–2003 sekä 2005–2006 passiivisesti pyytävillä Malaise-hyönteispyydöksillä. Kyseinen pyydystyyppi soveltuu käytettäväksi lähellä maan tai veden pintaa lentävien hyönteisten pyytämiseen. Käytetyn pyydysten korkeus on 140 cm, pituus 110 cm ja leveys 70 cm. Malaise-pyydysten yläkulmassa sijaitsee pyydyspurkki, jonne pyydystä päin lentäneet hyönteiset joutuvat. Pyydyspurkissa oli nestettä, joka koostui 50 % etyyli glykolista, johon oli lisätty hieman suolaa ja pesuainetta pintajännityksen vähentämiseksi. Pyydys asetettiin kullakin tutkitulla purolla uoman yläpuolelle.

Pyydyksiä pidettiin maastossa 17.4.–25.10.2002, 26.4.–21.10.2003, 3.5.–20.10.2005 sekä 3.5.–1.10.2006. Nämä ajat kattavat kaikkien sääskilajien lentoajat. Pyydykset tyhjennettiin noin kuukauden välein ja jokaisella tyhjennyskerralla pyydyspurkkiin päätyneet hyönteiset säilöttiin 70 % etanoliin.

Määritettävien sääskiheimojen yksilöt poimittiin hyvässä valaistuksessa valkoiselta alustalta ja määritettiin lajilleen tutkimus- tai preparointimikroskooppia käyttäen. Tarvittaessa vaaksiaisten lisääntymiselimet keitettiin kaliumhydroksidissa ja perhossääskistä sekä sinkilähyttysistä tehtiin preparaatteja. Vuosien 2002–2005 aineistot sekä kummitusvaaksiaiset, perhossääsket ja sinkilähyttysset vuoden 2006 aineistosta määritteli Jukka Salmela.

### 3.3. Tilastolliset menetelmät

Neljän vuoden seuranta-aineisto analysoitiin ei-metrisellä moniulotteisella skaalauksella (NMS, non-metric multidimensional scaling). Analyysissä käytettiin kunkin tutkimusvuoden yhdistettyä lajien runsausaineistoa ja Bray-Curtis-etäisyysmittaa (McCune & Mefford 1999). NMS järjestää kunkin havaintoyksikön (puron ja vuoden) yhteisökoostumuksen samankaltaisuuden perusteella ordinaatioavaruuteen, jossa havaintojen alkuperäiset etäisyydet toistuvat tehokkaasti mahdollisimman pienessä määrässä ulottuvuuksia. Ordinaatioavaruudessa lähimpinä toisiaan sijaitsevien tutkimuskohteiden ja -vuosien yhteisökoostumukset ovat eniten toistensa kaltaisia, kun taas etäällä toisistaan sijaitsevat tutkimuskohteet ja -vuodet muistuttavat vähemmän toisistaan sääskiyhteisöjen lajikoostumuksen ja -runsauksien suhteen. Ympäristömuuttujat, kuten sademäärät tai virtaama, eivät vaikuta analyysin tulokseen.

Ordinaation onnistumista mitataan stressiarvolla, jonka ollessa 5-10 ordinaatio on onnistunut ja väärintulkinnan todennäköisyys on pieni (McCune & Mefford 1999). Pienintä mahdollista stressiarvoa etsittiin toistamalla ordinaatio satunnaisista aloituskoordinaateista 100 kertaa. Näistä ohjelma valitsi parhaan ordinaation. Analyysissä käytettiin Sörensenin etäisyysmittaa. Analyysin lopputulos voi vaihdella, ja sen vuoksi ordinaatio toistettiin kymmenen kertaa. Kymmenen toistoa oli riittävä määrä, koska ordinaatio osoittautui vakaaksi eikä stressiarvossa tapahtunut muutoksia.

Eri vuosien ja tutkimuskohteiden välisiä eroja tutkittiin MRPP-testillä (Multi-Response Permutation Procedures). Tämä on ei-parametrinen menetelmä, jolla voidaan tutkia nollahypoteesin (ei eroa yhteisörakenteessa kahden tai useamman ennalta määrätyn ryhmän välillä) pitävyyttä (McCune & Mefford 1999). Ryhmien sisäisen yhtenäisyyden merkitsevyys (poikkeavuus satunnaisesta ryhmittymisestä) testataan satunnaistamalla näytealat käsiteltäviin ryhmiin. Etukäteen määriteltujen ryhmien sisäistä yhtenäisyyttä (havaittu delta,  $\delta O$ ) verrattuna satunnaiseen ryhmittelyyn (odotettu delta,  $\delta E$ ) mitataan parametrilla  $A = 1 - \delta O / \delta E$ .  $A$  saa arvoja -1 ja 1 väliltä siten, että  $A$ :n ollessa 0 käytetty luokittelu vastaa tutkimuskohteiden satunnaista sijoittumista ryhmiin.  $A$ :n ollessa 1 kaikki yksiköt ryhmien sisällä ovat identtisiä. Havaittua delta-arvoa verrataan satunnaisten arvojen jakaumaan, mistä saadaan eron merkitsevyys (havaitun tai sitä pienempien satunnaisarvojen todennäköisyys). Analyysi tehtiin kahdesti siten, että yhteisörakenteen yhtenäisyyttä tutkittiin erikseen tutkimusvuoden ja -kohteen mukaisissa ryhmissä. Tällä haluttiin selvittää, vaikuttaako tutkimusvuosi vai -kohde enemmän sääskiyhteisön koostumukseen.

Yhteisön lajiston ja yksilömäärien vuosien välisestä samankaltaisuudesta käytetään termejä pysyvyys ja vakaus. Pysyvyydellä tarkoitetaan sitä, miten suurina ovat yhteisöjen lajikoostumuksen vaihtelut eri vuosien välillä (Scarsbrook 2002). Yhteisöjen vakaus taas viittaa suhteellisten lajirunsauksien vuosien välisiin muutoksiin (Townsend ym. 1987, Robinson ym. 2000, Stuart & Davies 2000, Scarsbrook 2002). Yhteisön pysyvyyden sanotaan olevan suuri silloin, kun sen lajikoostumus muuttuu vain vähän vuosien välillä. Vastaavasti yhteisöt ovat vakaita, mikäli suhteellisten lajirunsauksien vuosien väliset muutokset ovat pieniä. Yhteisöjen vakaudesta voidaan tehdä päätelmiä tarkastelemalla eri

tutkimuskohteiden ja -vuosien sijoittumista ordinaatioavaruuteen. Ordinaatioavaruudessa lähellä toisiaan sijaitsevat samoilta paikoilta eri vuosina määritetyt yhteisöt ovat vakaampia. Sitä vastoin ordinaatioavaruudessa etäämpänä toisistaan sijaitsevat samalta paikalta eri vuosina määritetyt yhteisöt ovat epävakaampia. Yhteisöjen pysyvyyttä vuosien välillä arvioitiin laskemalla kullekin kohteelle lajiston samankaltaisuutta mittaava Jaccardin samankaltaisuusindeksi (JACC) (Townsend ym. 1987). Kyseinen indeksi saa arvoja 0 ja 1 väliltä. Mitä lähempänä nollaa indeksi on, sitä pienempi on yhteisön pysyvyys tutkimusvuosien välillä. Mikäli indeksin arvo on yksi, yhteisöt ovat identtisiä kyseisinä vuosina. Indeksillä laskettiin jokaisen puron osalta kahdelle peräkkäiselle tutkimusvuodelle (2002 ja 2003, 2003 ja 2005 sekä 2005 ja 2006).

$$JACC = j / (a + b - j)$$

a = ensimmäisenä tutkimusvuonna havaittujen taksonien lukumäärä

b = seuraavana tutkimusvuonna havaittujen taksonien lukumäärä

j = molempina vuosina havaittujen taksonien lukumäärä

Eri tutkimuskohteiden sääskiyhteisöjen samankaltaisuutta tutkittiin lisäksi klusteroimalla eri tutkimuskohteilta eri vuosina kerätyt aineistot. Tämä ryhmittely-dendrogrammi muodostettiin Sorensenin indeksiin ja Flexible beta-yhdistelmämenetelmään (beta-arvolla -0,5) perustuen. Ryhmittely laadittiin myös siten, että kunkin kohteen neljänä tutkimusvuotena määritetyt sääskiaineistot yhdistettiin. Näin voitiin tarkastella purojen välisiä neljän vuoden aineistoon perustuvia eroja. Ordinaatio, MRPP-testi ja ryhmittelyanalyysi tehtiin käyttäen PC-ord 4.0-ohjelmistoa (McCune & Mefford 1999).

Harvinaisten lajien osuus sääskiyhteisöissä laskettiin. Harvinaisuuden kriteereiden perustana pidettiin tässä tutkimuksessa Reshin ym. (2005) esittämää harvinaisen lajin määritelmää, jonka mukaan koko aineistossa ainoastaan kerran esiintyvä laji katsotaan harvinaiseksi. Määritelmää kuitenkin hieman laajennettiin jakamalla harvinaisiksi katsotut kolmeen ryhmään: 1) lajit, joita tavattiin ainoastaan yhdeltä tutkimuspuroilta vain yhtenä vuotena, 2) lajit, joita tavattiin ainoastaan yhdeltä kohteelta useampina vuosina sekä 3) lajit, joita tavattiin ainoastaan yhtenä vuotena useammilta tutkimuskohteilta.

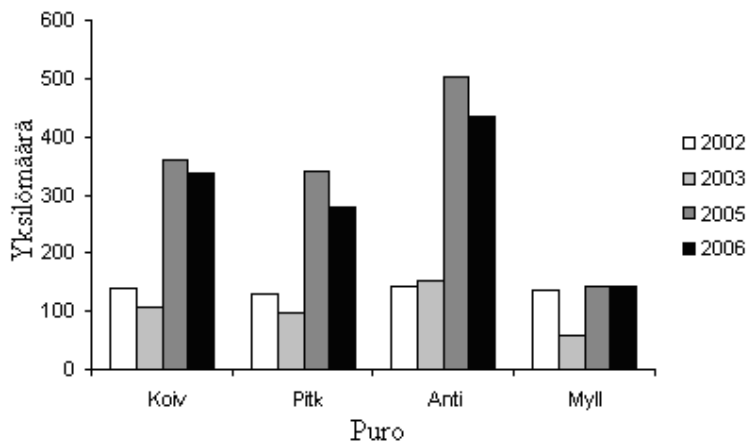
## 4. TULOKSET

### 4.1. Sääskien runsauden ja lajiston vuosien väliset vaihtelut

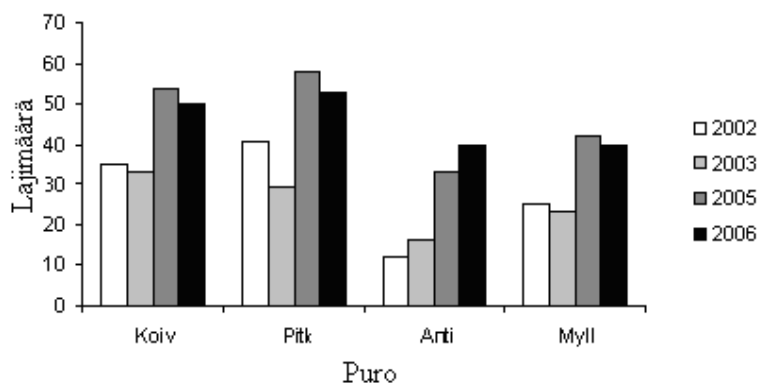
Vuosien 2002, 2003, 2005 sekä 2006 aikana Nuuksion kansallispuiston ja Luukin ulkoilualueen neljältä tutkimuskohteelta määritetyt sääsket, yhteensä 3502 yksilöä, kuuluvat 133 taksoniin (Liite 1). Näistä 131 voitiin määrittää lajitasolle. Naarasyksilöt kahdesta pikkuvaaksiaissuvusta (*Gonomyia* ja *Lipsothrix*) oli mahdollista määrittää ainoastaan sukutasolle, mutta lyhyiden ja yhtenäisyyden vuoksi jatkossa kaikki määritetyt taksonit käsitetään lajeina.

Vuonna 2002 neljältä tutkimuskohteelta seitsemästä sääskiheimosta tavattiin yhteensä 547 yksilöä 61 eri lajista ja seuraavana vuonna 415 yksilöä 56 lajista. Vuonna 2005 yksilömäärät vähintään kaksinkertaistuivat kaikilla puroilla vuoteen 2003 verrattuna (Kuva 1). Myös lajimäärät kasvoivat jokaisella tutkimuskohteella (Kuva 2). Yksilöitä oli tuona vuonna pyydyksissä yhteensä 1348 kaikkiaan 88 lajista. Vuonna 2006 yksilömäärä (1194) ja lajimäärä (88) olivat edellisvuoden tasolla.

Koko aineiston yleispiirteet toistuvat miltei poikkeuksetta yksittäisten purojen osalta. Esimerkiksi Antiaanpurossa on selkeät vuosiryhmien 2002–2003 ja 2005–2006 väliset erot pyydystettyjen yksilöiden ja lajien lukumäärissä. Vuonna 2002 Antiaanpuroilta saatiin 141 yksilöä 12 lajista ja seuraavana vuonna 153 yksilöä 16 lajista. Sen sijaan vuonna 2005 Antiaanpuroilta pyydystettiin 502 yksilöä 33 lajista ja seuraavana vuonna 453 yksilöä 40 eri lajista. Yksilö- ja lajimäärät sekä niiden vaihtelu ovat kaikissa puroissa varsin samanlaisia. Poikkeuksena on Myllypuro, jossa lajimäärät olivat suunnilleen samaa tasoa kuin muillakin puroilla, mutta yksilömäärät olivat vuosina 2003, 2005 ja 2006 selvästi pienemmät kuin muilla puroilla.



Kuva 1. Sääskien yksilömäärät eri puroilla eri vuosina. Koiv = Koivulan lehtopuro, Pitk = Pitkäsuon laskupuro, Anti = Antiaanpuro, Myll = Myllypuro.



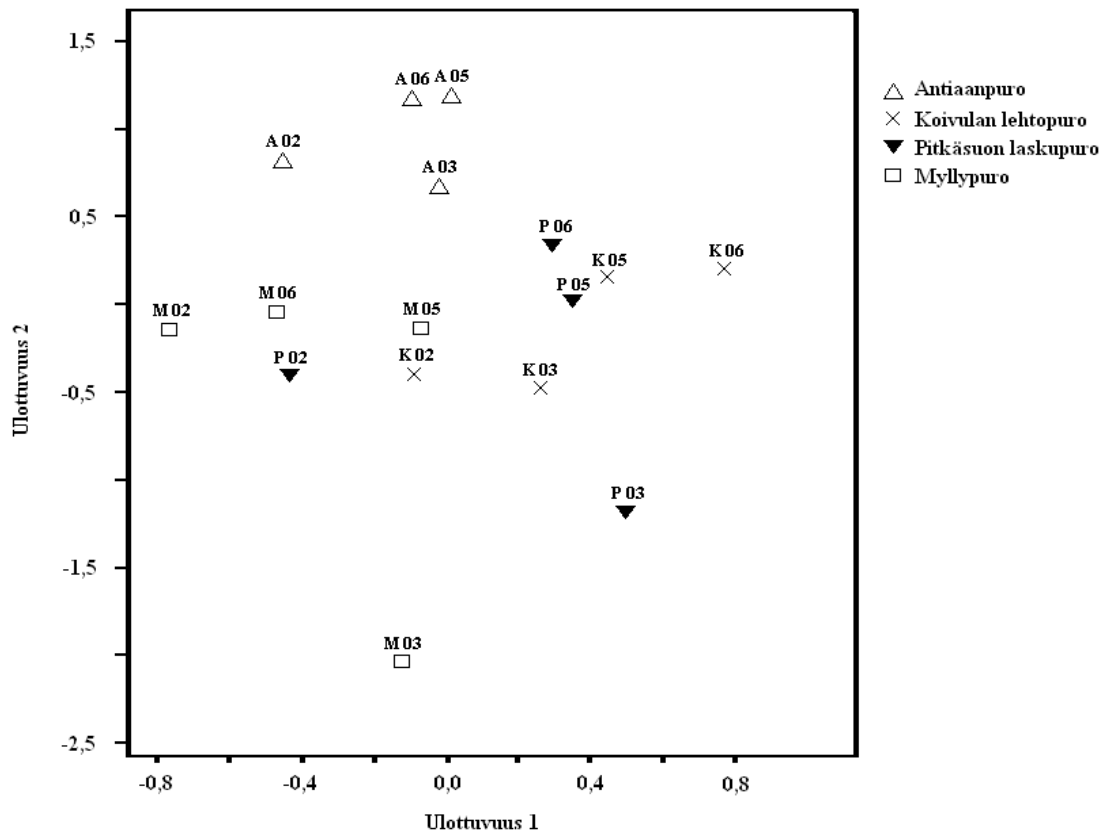
Kuva 2. Sääskien lajimäärät eri puroilla eri vuosina. Koiv = Koivulan lehtopuro, Pitk = Pitkäsuon laskupuro, Anti = Antiaanpuro, Myll = Myllypuro.

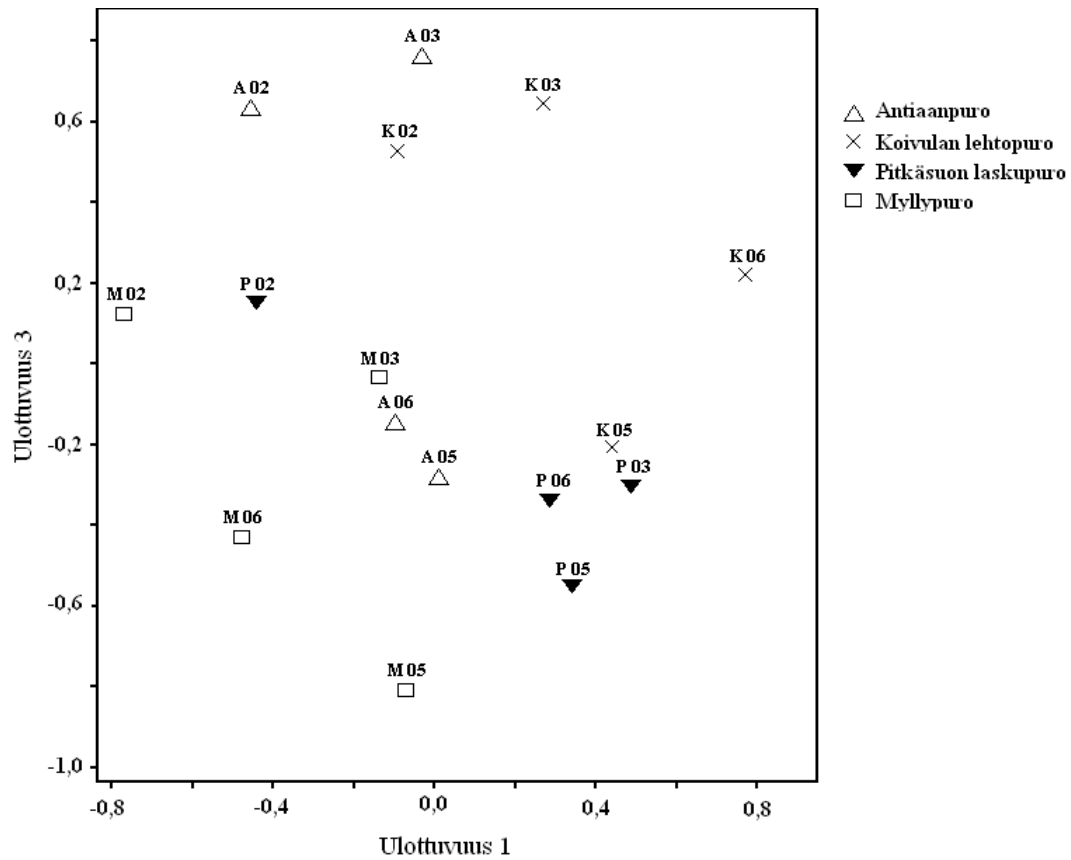
Pikkuvaaksiaisia tavattiin neljänä tutkimusvuotena yhteensä 73, isovaaksiaisia 16, petovaaksiaisia 13 ja lehtovaaksiaisia 3 lajia. Kummitusvaaksiaisia löytyi aineistosta 2, perhossääskiä 20 ja sinkilähyttysiä 4 lajia. Koivulan lehtopuroilta tavattiin vuosien 2002 ja 2006 välisenä aikana yhteensä 86 ja Pitkäsuon laskupuroilta 85 lajia. Myllypuroilta havaittiin 76 lajia ja Antiaanpuron kokonaislajimäärä (56) oli joukon pienin.

NMS-ordinaation stressiarvo oli kymmenen toiston jälkeen 5,54 ja näin ollen kolmiulotteinen malli otettiin käyttöön. Ordinaation tuloksista (Kuvat 3a ja 3b) nähdään, että vuosien 2005 ja 2006 välillä sääskien lajikoostumukset ja runsaudet olivat purokohtaisesti melko samankaltaisia. Sen sijaan vuodet 2002 ja 2003 sijoittuivat kaikkien purojen kohdalla etäämmälle vuosista 2005 ja 2006. Kaksi erillistä vuosiryhmää, 2002 ja 2003 sekä 2005 ja 2006, voidaan havaita Koivulan lehtopuron ja Antiaanpuron kohdalla.

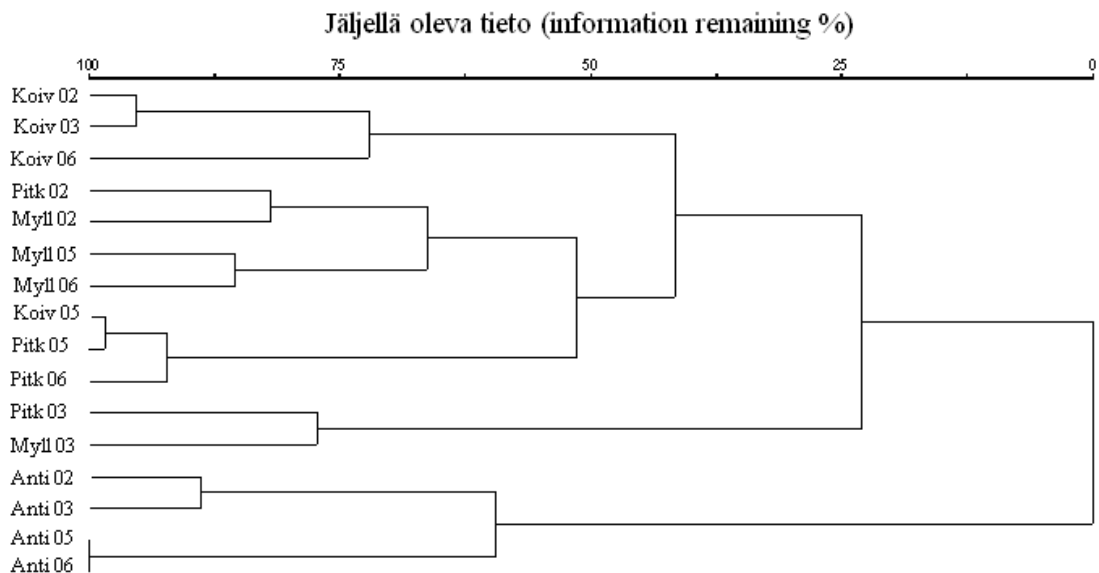
Myllypurolla sääskien lajikoostumus ja runsaudet ovat vaihdelleet eniten, vaikka tässäkin tapauksessa vuodet 2005 ja 2006 sijoittuvat melko lähelle toisiaan (Kuvat 3a ja 3b). MRPP-testaus osoittaa kuitenkin, että tutkimuskohteella on tärkeämpi merkitys sääskien yhteisörakenteeseen (MRPP  $A=0,11$ ;  $p=0,00023$ ) kuin tutkimusvuodella (MRPP  $A=0,089$ ;  $p=0,021$ ).

Ryhmittelydendrogrammin (Kuva 4) mukaan Antiaanpurolta kerätty sääskiaineisto on ollut samankaltaisin eri vuosien välillä verrattuna kolmeen muuhun puroon. Kun kullakin puroilta yhdistetään koko neljän vuoden sääskiaineisto (Kuva 5), voidaan havaita, että maantieteellisesti lähellä toisiaan sijaitsevilla Koivulan lehtopurolla ja Pitkäsuon laskupurolla sääskiaineistot olivat neljän vuoden seurannan perusteella samankaltaisia. Myllypuron ja Antiaanpuron sääskiaineistot erosivat näistä.

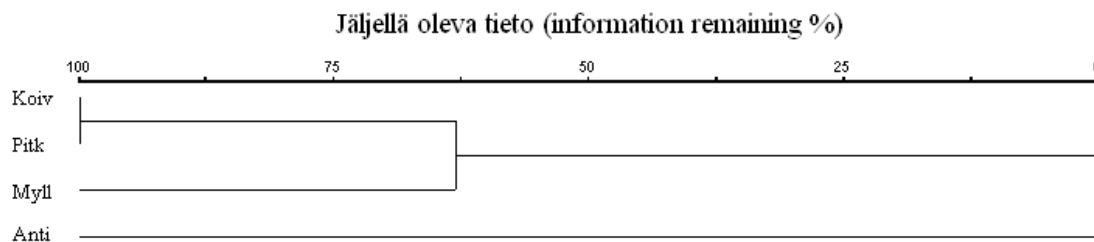




Kuva 3b. Tutkimuskohteiden sijoittuminen NMS-ordinaatioavaruuteen kunakin tutkimusvuonna 1. ja 3. ulottuvuuden mukaan.



Kuva 4. Tutkimuskohteiden sääskilajiston Sorensenin indeksiin ja Flexible Beta-yhdistelmämenetelmään perustuva ryhmittely kultakin tutkimusvuodelta. Koiv = Koivulan lehtopuro, Pitk = Pitkäsuon laskupuro, Anti = Antiaanpuro ja Myll = Myllypuro.



Kuva 5. Yhdistelmäendrogrammi kultakin tutkimuskohteelta siten, että kaikkien tutkimusvuosien purokohtaiset aineistot on yhdistetty. Koiv = Koivulan lehtopuro, Pitk = Pitkäsuon laskupuro, Anti = Antiaanpuro ja Myll = Myllypuro.

Sääskien lajikoostumus vaihtelee Jaccardin samankaltaisuusindeksin (Taulukko 1) perusteella melko voimakkaasti ja purojen sääskiyhteisöjen voidaan siten sanoa olevan heikosti pysyviä eri tutkimusvuosien välillä. Kuitenkin eri vuosiryhmien välillä näyttää olevan kaavamaisuutta siten, että vuosien 2005 ja 2006 välillä lajisto vaihteli kaikilla puroilla vähemmän kuin vuosien 2002 ja 2003 sekä 2003 ja 2005 välillä. Sääskien lajikoostumus vaihteli eniten Myllypurolla. Pitkäsuon laskupurolla ja Koivulan lehtopurolla lajimäärien vuosien väliset vaihtelut olivat hyvin samankaltaista.

Taulukko 1. Jaccardin samankaltaisuusindeksin arvot tutkimuskohteittain peräkkäisten tutkimusvuosien välille.

Puro	Vuodet		
	2002-2003	2003-2005	2005-2006
Koivulan lehtopuro	0,31	0,30	0,53
Pitkäsuon laskupuro	0,30	0,30	0,52
Antiaanpuro	0,40	0,20	0,43
Myllypuro	0,18	0,18	0,32

#### 4.2. Yleiset ja harvinaiset lajit

Hyvin yleisiä lajeja, joita havaittiin kaikilta neljältä Nuuksion alueen tutkimuspurolta kaikkina vuosina, on ainoastaan kaksi. Nämä ovat pikkuvaaksiaiset *Ormosia ruficauda* ja *Tasiocera exigua* (Liite 1). Yleisiä lajeja, jotka havaittiin kaikkina vuosina vähintään yhdeltä tutkimuspurolta, oli näiden kahden lajin lisäksi yhteensä 23. Näistä 14 lajia kuuluu pikkuvaaksiaisiin, yksi isovaaksiaisiin, viisi petovaaksiaisiin, yksi lehtovaaksiaisiin ja kaksi lajia edustaa perhossääskien heimoa.

Neljän vuoden yhdistetyssä aineistossa yksilömääriltään viisi runsaslukuisinta pikkuvaaksiaisilajia olivat *Tasiocera exigua* (509 yksilöä), *Ormosia ruficauda* (458), *O. depilata* (288), *O. pseudosimilis* (129) sekä *O. lineata* (117). Runsaslukuisin isovaaksiainen oli *Tipula variicornis* (42). Muiden isovaaksiisten esiintyminen aineistossa oli enemmän tai vähemmän satunnaista. Petovaaksiaisista viisi runsainta lajia olivat *Ula sylvatica* (113), *Tricyphona immaculata* (85), *U. mixta* (67), *Pedicia rivosa* (57) sekä *Dicranota bimaculata* (47). Runsainta lehtovaaksiasta, *Diogma glabrata*, tavattiin neljänä vuonna yhteensä kuusi yksilöä.

Perhossääskistä runsaimmat lajit olivat *Pneumia trivialis* (95), *Psychodocha gemina* (67), *Philosepedon balkanicum* (57), *Pericoma rivularis* (40) ja *Chodopsycha lobata* (21). *Ptychoptera lacustris*-kummitusvaaksiaista tavattiin viisi yksilöä ja sinkilähyttysistä runsaimpia olivat *Dixella filicornis* (40) ja *Dixella borealis* (19).

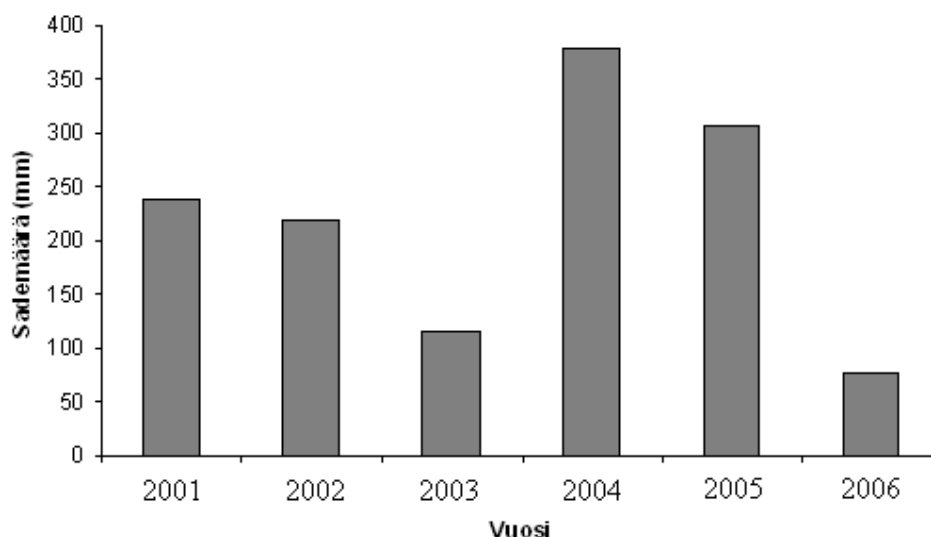
Suuri joukko lajeja oli esiintymisessään satunnaisia ja kaikkiaan 53 tutkimuksessa havaittua lajia katsottiin harvinaisiksi. Näiden lajien osuus kaikista havaituista lajeista oli peräti 41 %. Ainoastaan yhdeltä purolta yhtenä vuonna havaittuja lajeja oli 44. Vain yhdeltä kohteelta useana vuonna tavattuja lajeja oli kolme ja useilta kohteilta pelkästään yhtenä vuonna havaittuja lajeja oli kuusi. Harvinaisista lajeista suurin osa kuului pikkuvaaksiaisten heimoon. Näitä harvinaisia tai satunnaisia pikkuvaaksiaislajeja oli yhteensä 27 kaikista havaituista 73 lajista. Suhteessa havaittuun lajimäärään eniten harvinaisia lajeja oli isovaaksiaisten heimossa; havaituista 16 lajista kymmenen katsotaan olevan tutkimuksessa harvinaisia. Havaituista 13 petovaaksiaislajista ainoastaan yksi osui näytteisiin vain kerran ja kolmesta lehtovaaksiaislajista kaksi lensi pyydyksiin ainoastaan kerran.

Myös muissa sääskiheimoissa oli runsaasti harvinaisia lajeja: 20 havaitusta perhossääskilajista puolet on harvinaisia ja neljästä sinkilähyttyslajista kaksi esiintyi aineistossa vain kerran. Lisäksi yksi kummitusvaaksiainen löytyi neljän tutkimusvuoden saatossa ainoastaan yhden kerran.

### 4.3. Sademäärät

Kesäkuun alun ja elokuun lopun välillä vuonna 2001 sadetta kertyi Helsinki-Vantaan lentoasemalla – noin 20 kilometrin etäisyydellä Nuuksion alueesta - Ilmatieteen laitoksen mittausten mukaan 238 mm (Ilmatieteenlaitos 2001a, 2001b & 2001c) (Kuva 6). Vuonna 2002 kesän sademäärä oli Vihdissä 218 mm, mikä oli lähellä pitkäaikaista keskiarvoa (200-220 mm) (Anonyymi 2007). Kesä 2003 taas oli hyvin vähäsateinen, sillä sadetta kertyi ainoastaan 115 mm (Ilmatieteenlaitoksen tietokanta).

Kesä 2004 oli poikkeuksellisen runsassateinen. Sadetta kertyi kesäkuun alun ja elokuun lopun välisenä aikana peräti 379 mm (Ilmatieteenlaitoksen tietokanta), mikä on liki kaksinkertainen pitkäaikaiseen keskiarvoon nähden (Anonyymi 2007). Myös kesä 2005 oli runsassateinen, sillä sadetta kertyi Vihdissä tuolloin 306 mm (Ilmatieteenlaitoksen tietokanta). Kesä 2006 taas oli poikkeuksellisen vähäsateinen, sillä sadetta kertyi ainoastaan 77 mm (Ilmatieteenlaitoksen tietokanta).



Kuva 6. Sademäärät (mm) eteläisessä Suomessa kesinä 2001-2006. Sademäärään on laskettu kultakin vuodelta sadesummat kesä-, heinä- ja elokuun ajalta. Vuoden 2001 tiedot ovat Helsinki-Vantaan lentoasemalta ja vuosien 2002, 2003, 2004, 2005 ja 2006 tiedot ovat Vihdistä.



## 5. TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1. Sadannan merkitys sääskipopulaatioille

Eri puroilta eri vuosina havaituilla sääskien runsauksilla ja lajimäärillä on yhteys edeltävän kesän sademääriin. Vuonna 2003 sekä sääskien yksilö- että lajimäärät olivat kaikilla neljällä tutkimuspurolla hyvin samankaltaiset kuin vuonna 2002 (Kuvat 1 ja 2). Tähän voi olla selityksenä se, että kesinä 2001 ja 2002 sademäärät olivat hyvin samanlaiset (kappale 4.3, Kuva 6). Vuonna 2005 yksilömäärät kasvoivat reilusti kaikilla tutkimuspuroilla vuoteen 2003 verrattuna (Kuva 1). Näin kävi myös lajimäärien osalta (Kuva 2). Kasvua sekä yksilö- että lajimäärissä voidaan selittää kesän 2004 poikkeuksellisen korkealla sademäärällä (Kuva 6) ja tästä johtuneella purojen hyvällä vesitilanteella (J. Linjama, suullinen tiedonanto). Niin ikään kesällä 2005 sadetta kertyi lähes kesän 2004 verroin. Tämä suuri sademäärä selittää sen, että myös vuonna 2006 yksilö- ja lajimäärät olivat tutkimuspuroilla suuria. Näyttää siis siltä, että tietyn sääskilajin aikuisten yksilöiden esiintymiselle jollakin tutkimuspurolla tietynä kesänä on suurta merkitystä sillä, minkälaiset kosteusolosuhteet ovat vallinneet aikana, jolloin yksilö on ollut elinkiertonsa alkuvaiheessa, muna- tai toukkavaiheessa.

Koska kesä 2003 oli hyvin kuiva (Kuva 6), sääskipopulaatioiden koot lienevät olleet pienimmillään kesällä 2004 edeltäneen kesän kuivien olosuhteiden seurauksena. Tätä oletusta ei kuitenkaan voida osoittaa todeksi aineiston puuttumisen vuoksi.

Vuotuinen sademäärä näkyy suoraan siinä vesimäärässä, jonka purot saavat valuma-alueiltaan (Allan 1995, Kalff 2002). Siten sadanta määrää vuotuisen virtaaman purossa. Suuri sademäärä näkyy myös maaperän lisääntyneenä kosteutena. Koska suurin osa tämän tutkimuksen piirissä olevasta lajistosta on sidoksissa kosteisiin olosuhteisiin, kuten itse puroon, sen mutaiseen rantapenkereeseen tai kosteaan sammalikkoon ja maaperään, voidaan perustellusti olettaa, että sadannan aikaansaamilla kosteusoloilla on tärkeä merkitys näiden lajien esiintymiseen tutkimuskohteilla. Vaaksiaisilla ensimmäiset elinkiertovaiheet, muna sekä ensimmäinen ja toinen toukka-aste, ovat erittäin herkkiä kuivuudelle (Cragg 1961, Coulson 1962, Hadley 1971, Pritchard 1983). Esimerkiksi soilla yleisesti tavattavan *Tipula subnodicornis*-isovaaksiaisen naaraiden on todettu munivan 15000 munaa m<sup>-2</sup> (Cragg 1961). Tästä suuresta munamäärästä saattaa kuitenkin suotuisissakin kosteusolosuhteissa selvitä neljännessä asteen toukiksi ainoastaan 200 yksilöä. Mikäli kriittisinä aikoina heti muninnan jälkeen tai ensimmäisten toukka-asteiden aikana vallitsevat kuivat olosuhteet, munakuolleisuus on todella korkea ja tämä saattaa jopa johtaa lajin väliaikaiseen sukupuuttoon alueella. Esimerkiksi vuoden 1955 kuiva kesä sai aikaan *T. subnodicornis*-isovaaksiaisen populaation romahtamisen, ja tuona kesänä vain muutamat munat kuoriutuivat, mutta yksikään ensimmäisen asteen toukka ei selvinnyt edes toisen asteen toukaksi asti (Coulson 1962).

Munien kuolleisuus on esimerkiksi *Molophilus ater*-pikkuvaaksiaisella hyvin korkea, sillä arvion mukaan 88–92 % munista jää kuoriutumatta (Hadley 1971). Tällä korkealla munakuolleisuudella on yhteyttä sademääriin ja kuivuuteen. Kuitenkin vuosina, jolloin *M. ater*-vaaksiaisen populaatioita tutkittiin, sademäärät olivat normaalia tasoa. Osalla munista hedelmöitymisvaiheessa on luultavasti tapahtunut jotain virheitä, mikä osaltaan nostaa munien kuolleisuutta. Myös ensimmäisen ja toisen toukka-asteen aikana kuolleisuus on korkea. Tällä lajilla viimeisimpien toukka-asteiden kuolleisuus on pienehkö. Voidaan sanoa, että munavaiheessa sekä ensimmäisten toukka-asteiden aikana kuolleisuus on eksponentiaalista, kun taas kehityksen loppuvaiheessa se on lähinnä lineaarista. Kotelovaiheessa kuolleisuus on niin ikään pieni. Pienentynyt toukkakuolleisuus myöhempien toukka-asteiden aikana johtuu muun muassa siitä, että isokokoisempi toukka

pystyy liikkumalla välttelemään epäsuotuisia oloja suotuisampiin oloihin hakeutuen (Hadley 1971). Näin se pystyy saavuttamaan vaikkapa kosteusoloiltaan tai ravinnonhankintamahdollisuuksiltaan suotuisampia olosuhteita.

Edellisen vuoden kosteusolosuhteiden on todettu vaikuttavan myös muiden vesihyönteislahkojen runsauksiin ja lajimääriin (Wagner & Schmidt 2004). Saksassa on tutkittu 25 vuoden ajan aikuispyyntimenetelmällä Breitenbach-puron päivänkorentojen, koskikorentojen ja vesiperhosten runsauksien ja lajikoostumusten vaihteluita. Wagnerin ja Schmidin (2004) mukaan edellisen vuoden sadanta, lämpötila ja virtaama selittävät suurimman osan aikuisten vesihyönteisten yhteisökoostumuksen vuosien välisestä vaihtelusta. Virtaamalla on merkittävämpi suora vaikutus pohjaeläimistöön kuin sadannalla. Lisäksi epätavalliseen aikaan tapahtuvilla yllätyksellisillä häiriöillä on vaikutusta yhteisön rakenteeseen. Esimerkiksi keskelle kesää ajoittuva rankkojen sateiden kausi ja tästä aiheutuva puron tulviminen todennäköisesti vaikuttaa virtavesien pohjaeläimistöön. Vuosina, joina tapahtuu ennustamattomia tulvia, päivänkorentojen, koskikorentojen ja vesiperhosten monimuotoisuus on pienempi kuin sellaisina vuosina, joina tapahtuu ainoastaan normaaleja talvi- ja kevättulvia. Voimakas tulviminen aiheuttaa sedimentaatiota ja eroosiota. Siten tulviminen vaikuttaa pohjaeläinyhteisöön pohjasedimentin koostumuksen eli eläinten elinympäristön ennustamattomien muutosten kautta (Wagner & Schmidt 2004). Koska keskikesälle ajoittuvaa tulvimista tapahtuu ainoastaan harvoin vuosina, pohjaeläinyhteisö ei pysty sopeutumaan epäsäännöllisiin kesätulviin ja populaatiokoot saattavat romahtaa.

Kuten satunnaiseen tulvimiseen, eliöstö ei pysty sopeutumaan myöskään satunnaisesti tapahtuvaan purouoman kuivumiseen. Kuivuudella on suurta vaikutusta etenkin pienten virtavesien eliöyhteisöihin, sillä pieni sademäärä ja pitkään jatkunut kuivuus voivat täysin kuivattaa ja eristää osia purosta (Boulton ym. 1992, Lake 2003). Kuivuuden vaikutukset voivat olla sekä suoria että epäsuoria. Suoria vaikutuksia ovat populaation yksilömäärän romahtaminen, yhteisön lajikoostumuksen muutokset tai lajiston elinkiertojen aikataulujen muutokset. Yhteisön rakenne saattaa muuttua epäsuorasti kuivuuden vaikutuksesta, koska lajien väliset vuorovaikutussuhteet voivat muuttua. Kuivuutta voi esiintyä etenkin sellaisissa puroissa, jotka eivät saa täydennystä vesitilanteeseensa pohjavesipurkaumista vaan ovat täysin pintaveden valunnan varassa. Pitkään jatkuneet kuivat olosuhteet tuhoavat ainakin väliaikaisesti pohjaeläimistölle soveliaita elinympäristöjä ja eliöstö saattaa joutua pakenemaan kuivuutta vaikkapa pienelle laikulle, jolla vallitsevat suotuisimmat olosuhteet. Lisäksi pedot joutuvat pakenemaan kuivuutta ja saattavat kerääntyä samalle pienelle alueelle, mikä entisestään lisää muiden niveljalcaisten tukalia oltavia (Boulton ym. 1992).

## **5.2. Yhteisöjen pysyvyys ja vakaus eri tutkimuskohteilla**

Tämän seuranta-aineiston valossa luonnontilaisten purojen sääskiyhteisöt eivät ole kovinkaan pysyviä eivätkä vakaita. Kuitenkin sääskiyhteisöjen pysyvyyttä ja vakautta arvioitaessa on huomattava, että vuosien 2005 ja 2006 välillä yhteisöjen pysyvyys oli suurempi (Taulukko 1) ja ne olivat vakaampia (Kuvat 3a ja 3b) kuin vuosiryhmien 2002 ja 2003 sekä 2004 ja 2005 välillä. Sekä yhteisöjen pysyvyys että vakaus ovat sääskien yksilö- ja lajimäärien tavoin yhteydessä edeltävän kesän sademäärään. Mikäli hyvin runsassateisia kesiä on peräkkäin, sääskiyhteisöt ovat melko pysyviä ja vakaita tällaisten kesien välillä. Jos verrataan sääskiyhteisön pysyvyyttä ja vakautta usean toisiaan seuranneen vähäsateisemmän kesän välillä, voidaan huomata, että tällöin pysyvyys on matala ja yhteisöt ovat epävakaita. Tämä oletamus perustuu siihen, että kesät 2004 ja 2005 olivat huomattavasti sateisempia kuin kesät 2001 ja 2002. Kuivia kesiä seuraavina kesinä sekä sääskien lajisto että eri lajien runsaussuhteet vaihtelevat enemmän ja satunnaisemmin, mikä ilmenee yhteisöjen pienenä pysyvyytenä ja epävakautena.

Yhteisöjen suuri pysyvyys ja vakaus ovat yhteydessä elinympäristön vakauteen kuten tasaiseen virtaamaan ja lämpötilaan (Townsend ym. 1987, Scarsbrook 2002, Wagner & Schmidt 2004). Sellaisilla yhteisöillä, joilla pysyvyys on pieni ja jotka ovat epävakaita, muutokset rakenteessa johtuvat esimerkiksi ennustamattomista elinympäristön muutoksista (Stuart & Davies 2000, Wagner & Schmidt 2004). Näitä mahdollisia yhteisöjen pysyvyyteen ja vakauteen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä ovat veden ylimmän ja alimman lämpötilan vuotuinen vaihtelu, vuotuinen suurin ja pienin virtaama sekä pH:n vaihtelu. Muutokset pH:ssa voivat vaihdella vuodenaikojen mukaan ollen sidoksissa esimerkiksi keväisin tapahtuvaan tulvimiseen (Kalff 2002). Tällöin pH saattaa laskea äkillisesti lumien sulamisvesien maalta mukanaan tuoman happaman aineksen vuoksi aiheuttaen stressiä pohjaeläinyhteisölle.

Esimerkiksi koskikorentoyhteisöt ovat sitä vakaampia mitä lähemmäksi puron latvavosia siirrytään (Townsend ym. 1987). Yhteisön vakaus on tässä tapauksessa yhteydessä happamaan ja vain vähän vaihtelevaan pH-lukuun ja tasaiseen ja matalaan lämpötilaan. Kaksisiipisistä hyönteisistä surviaissääskien (Diptera: Chironomidae) yhteisöt ovat myös vakaampia lähempänä puron alkulähteitä (Townsend ym. 1987). Veden fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden vaihtelut aiheuttavat pohjaeläöstölle tiheydestä riippumattomasta kuolleisuudesta (Townsend ym. 1987). Nämä abioottiset tekijät voivat vaikuttaa pohjaeläimistön populaatioihin kahdesta syystä. Ensinnäkin jotkin hyönteisten elinkierto vaiheet ovat erityisen herkkiä muutoksille veden fysikaalisissa ja kemiallisissa ominaisuuksissa. Varsinkin varhaisimmat elinkierto vaiheet - muna ja ensimmäiset toukka-asteet - ovat hyvin herkkiä näille muutoksille (Cragg 1961, Hadley 1971, Townsend ym. 1987). Hyönteisten munat ovat erityisen herkkiä pH:n vaihtelulle ja epäsuotuisilla happamuusoloilla saattaakin olla kohtalokkaat seuraukset vastamunituilla munilla. Monet vesihyönteiset ainakin koskikorentojen, päivänkorentojen ja vesiperhosten laikoissa pystyvät kuitenkin sietämään hyvin happamia oloja ja matalaan pH-arvoon sidoksissa olevaa veden korkeaa alumiinipitoisuutta. Toisekseen abioottisilla tekijöillä saattaa olla merkitystä lajien populaatioille ja siten yhteisön rakenteeseen myös aikuisen hyönteisen käyttäytymisen kautta. Esimerkiksi Tanypodinae-surviaissääskillä aikuinen hyönteisnaaras laskee munansa juuri vedenpinnan yläpuolella oleville kiville (Townsend ym. 1987). Jos muninta-aikana vedenpinta on niin korkealla, että tällaiset kivet ja munintapaikat ovat veden peitossa, muninta epäonnistuu ja tällä voi olla vaikutusta kyseisten sääskien runsauteen.

Robinsonin ym. (2000) tutkimusten mukaan pohjaeläinten biomassa ja yksilömäärät vaihtelevat luonnontilaisissa joissa eri tutkimusvuosien välillä, mutta sen sijaan pohjaeläinyhteisön taksonikoostumuksessa ei tapahdu suuria vuosien välisiä muutoksia. Päätelmät perustuvat kuuden peräkkäisen vuoden seuranta-aineistoon. Tässä sääskiyhteisöjen tutkimuksessa voidaan kuitenkin havaita, että yhteisöjen rakenteissa tapahtuu suuria muutoksia. Erot taksonikoostumuksessa eri tutkimusjokien välillä näyttivät Robinsonin ym. (2000) mukaan olevan yhteydessä joen kokoon sekä jokeen kulkeutuvan eloperäisen aineksen määrään. Nämä tekijät vaikuttavat erityisesti ravintonsa eloperäistä ainesta pilkkomalla hankkiviin eläimiin. Suurin osa vaaksiaistoukista hankkii ravintonsa juuri tällä tavalla (esim. Freeman 1967, Hadley 1971, Brinkmann 1991).

Pohjaeläinyhteisöt ovat vakaimpia silloin, kun ympäristöolosuhteet ovat vakaita ja vain vähän muuttuvia. Townsend ym. (1987) havaitsivat eteläisessä Englannissa 27 luonnontilaisen virtaveden pohjaeläinyhteisöjen rakennetta ja koostumusta kahtena eri vuonna kahdeksan vuoden välein. Yhteisöjen lajisto vaihteli vain vähän eri vuosien välillä eli ne olivat pysyvimpiä hitaassa virtauksessa sellaisissa ylävirran havainnointipaikoissa, joissa puut varjostivat uomaa. Näissä latvavesissä myös pH oli vakaa ja matala sen vaihdeltaessa vuoden sisällä ainoastaan 4,5 ja 5,0:n välillä. Tämän Iso-Britanniassa tehdyn

tutkimuksen puroissa riitti vettä kumpanakin tutkimusvuonna toisin kuin nyt tutkituissa Nuuksion alueen puroissa.

Pohjaeläinyhteisöjen vuosien välisten muutosten on todettu Uudessa-Seelannissa tehdyn tutkimuksen mukaan olevan tiukemmin sidoksissa muutoksiin veden virtaamassa kuin muutoksiin veden kemiallisissa ominaisuuksissa (Scarsbrook 2002). Samankaltaisia tuloksia on saavutettu myös Saksassa (Wagner & Schmidt 2004). Virtaaman voidaankin sanoa olevan tärkein virtavesissä elävien niveljalkaisten elämään vaikuttava tekijä, sillä veden virtausnopeus sanelee pitkälle pohjaeläinyhteisön lähimmän elinympäristön eli uoman pohjasedimentin laadun ja määrän.

### 5.3. Sääskien sopeumat epäsuotuisiin oloihin ja levittäytyminen

Kosteisiin elinympäristöihin sidoksissa olevien sääskilajien populaatioilla näyttää tämän tutkimuksen perusteella olevan tehokas kyky palautua epäsuotuisien olosuhteiden seurauksena pienentyneestä populaatiokoosta. Tähän vaikuttavat niiden suuret yksilömäärät (ks. kpl 5.1), nopea levittäytyminen uusille alueille, ekologisen lokeron laajuus sekä toukan ja aikuisen käyttäytyminen (Freeman 1967, Hadley 1971).

Hyvin kosteissa oloissa elävät *Tipula*-suvun lajit sietävät huomattavasti huonommin kuivuutta kuin hieman kuivemmissa oloissa elävät saman suvun lajit (Freeman 1967). Kosteiden elinympäristöjen lajien todettiin menettävän kuivissa elinympäristöissä eläviä lajeja nopeammin kosteutta hengityksen kautta. Näin ollen pitkäkestoisella kuivuudella voi olla suurempia vaikutuksia kosteampia olosuhteita vaativien vaaksiaislajien kuin kuivemmissa olosuhteissa kehittyvien lajien populaatiodynamiikkaan.

Vaaksiaisten toukilla on keinoja selvitä epäsuotuisista oloista. *Molophilus ater*-toukka pystyy viettämään pitkiä aikoja, jopa kymmenen päivää, syömättä (Hadley 1971). Tämän ominaisuutensa vuoksi se pystyy selviytymään oloista, joina ravintoa on vain vähän tarjolla. Kuitenkin on hyvin epätodennäköistä, että ravinnosta tulisi pulaa esimerkiksi eloperäistä ainesta käyttäville vaaksiaistoukille (Freeman 1967). Vaaksiaistoukat, kuten useat muutkin maaperän niveljalkaiset, ovat usein polyfageja eli ne kykenevät käyttämään useita eri ravintokohteita ja pystyvät ravinnon loppumisen uhatessa käyttämään toista ravintokohdetta (Freeman 1967). Tämä tehostaa ruoan hankkimista vähentämällä sen etsimiseen kuluva aikaa. Lisäksi ravinto ei tule rajoittamaan yksilöiden levinneisyyttä vaan ne voivat liikkua vapaammin ja esimerkiksi siirtyä suotuisampiin oloihin kuivuuden uhatessa.

Vesihyönteiset voivat levitä uusille alueille joko aktiivisesti lentämällä tai passiivisesti ajautumalla virran mukana (Elliott 1971, Bergey & Ward 1988, Allan 1995). Elliott (1971) havaitsi myös vaaksiaistoukkien ajautuvan virran mukana. Virran mukana ajautuminen saattaa olla sääskien toukille mahdollinen ja varsin todennäköinen leviämiskeino myös Nuuksion alueen puroissa esimerkiksi kevättulvien aikaan, jolloin runsas vesimäärä kuluttaa puron reunoja ja kuljettaa mukanaan suuria määriä eloperäistä ainesta ja oletettavasti myös tässä eläviä sääskien toukkia.

Ruotsissa tutkittiin selkärangattomien eläinten leviämistä ihmisen rakentamaan kanavaan heti sen valmistuttua (Malmqvist ym. 1991). Eläinten leviäminen oli nopeaa etenkin ravintonsa suodattamalla hankkivien hyönteisten (esim. mäkärät) osalta. Myös pilkkijat, joita muun muassa monet vaaksiaislajit ovat, olivat nopeita levittäytyjiä. Nuuksion ylängöllä sijaitsee runsaasti erilaisia kosteikkoja kuten järviä ja soita. Nämä kosteikot saattavat toimia suojapaikkoina tämän tutkimuksen kohteina olevan lajiston populaatioille. Alueen kosteikoilla, kuten järvenrantoilla, ovat oletettavasti vallinneet

kuivimpinakin aikoina puroja suotuisimmat olosuhteet niiden pysyessä kosteina koko kesän ajan.

Kirjoittajan omien havaintojen mukaan ainakin isovaaksiaisten heimossa on voimakkaita ja hyviä lentäjiä, jotka todennäköisesti pystyisivät lentämään pitkiäkin matkoja kohtalaisen lyhyessä ajassa. Nämä saattaisivat kyetä levittäytymään nopeasti uusiin elinympäristöihin vaikkapa paremman munintapaikan toivossa. Sen sijaan useat pienikokoisemmat vaaksiaislajit näyttävät hyvin heikoilta lentäjiltä ja lentelevät ainoastaan matalalla maan ja vedenpinnan lähetyvillä ja istuskelevat kasvillisuuden seassa. Tällaisten lajien leviämiskyvyn lentämällä voisi ainakin kuvitella olevan heikohko. Sama pätee ainakin pienikokoisiin perhossääskiin ja sinkilähyttysiin.

Isovaaksiaislajien populaatiot voivat kuitenkin - niiden hyvistä lento-ominaisuuksista huolimatta - tutkimusten mukaan olla hyvin paikallisia ja aikuisia vaaksiaisia voidaan löytää ainoastaan tietyistä elinympäristöstä ja tietyltä alueelta (Freeman 1964, 1968). Freeman (1968) tekee jaon varjoisten ja avointen alueiden lajien välillä. Hänen tutkimustensa mukaan metsissä eläviä lajeja ei juuri löydetä avoimilta alueilta eikä avointen alueiden lajistoa löydetä metsistä. Vaaksiaislajeilla on myös havaittu eräs sopeuma, joka vaikeuttaa yksilön havaitsemista: metsissä elävillä vaaksiaislajeilla on usein siivissään tummia kuvioiteja, kun taas avointen alueiden lajien siivet ovat kuviottomat. Tärkeä vaaksiaisten levittäytymistä estävä tekijä vaikuttaa olevan ero valon määrässä eri alueilla (Freeman 1968). Toinen tärkeä vaaksiaisten levittäytymistä estävä tekijä saattaa liittyä toukan elinympäristöstä erittyviin kemiallisiin houkutusaineisiin (Freeman 1968). Tietyllä alueella saattaa olla jokin sellainen kemiallinen houkutteleva tekijä, joka estää aikuista vaaksiaista lentämästä etäälle paikalta, jossa se vietti toukkavaiheensa. Tällaisia tekijöitä saattavat olla kemialliset yhdisteet, joita maaperä tai jokin tietty kasvilaji tuottavat. Tämänkaltainen kemiallinen houkutin saattaa olla hyvin paikallinen ja voi toimia tehokkaana leviämisen estäjänä.

Monet hyönteiset tuottavat feromoneja, jotka toimivat houkuttimena vastakkaiselle sukupuolelle lisääntymisen yhteydessä (Ward & Morton 1991, Jones & Hamilton 1998). Juuri aikuistuneiden *Tipula*-naaraiden erittämät feromonit saattavat estää koiraita siirtymästä pois alueelta, jolla ne ovat toukkavaiheensa viettäneet eikä koiraiden kannata lähteä etsimään lisääntymiskumppania kauempaa (Freeman 1968). Freeman totesi tutkimuksissaan, että sellaisissa isovaaksiaissuvuissa, joiden yksilöillä on merkittävää sukupuolten välistä eroa tuntosarvién rakenteessa (dimorfismi), erittyy feromoneja. Esimerkiksi isovaaksiaissuvuissa *Ctenophora*, *Dictenidia*, *Tanyptera* ja *Prionocera* esiintyy dimorfismia tuntosarvién pituudessa ja rakenteessa (Freeman 1968). Sellaisilla lajeilla, joilla sukupuolten väliset erot tuntosarvién pituudessa ovat pienemmät, aikuisia on havaittu etäämmällä toukan elinympäristöstä (Freeman 1968). Tämä saattaa liittyä siihen, että tällaisilla lajeilla naaras ei eritä feromoneja ja sen vuoksi sekä koiraat että naaraat liikkuvat laajemmalti ja ovat mahdollisesti feromoneja erittäviä lajeja parempia levittäytyjiä. Tällaisia lajeja ovat Freemanin mukaan olleet ainakin *Tipula maxima*- ja *T. fulvipennis*-isovaaksiaiset.

Vaaksiaiskoiras tavallisesti parittelee naaraan kanssa välittömästi tämän kuoriuduttua kotelostaan ja usein koiras kiinnittyy naaraaseen tämän ollessa vielä osittain kotelossaan (Pritchard 1983). Näin ollen joidenkin *Tipula*-lajien naaraat liikkuvat hyvin vähän tai eivät lainkaan ennen parittelua. Ne eivät välttämättä juurikaan liiku parittelun jälkeen, sillä takaruumiin munasäiliössä olevien munien paino voi aiheuttaa niille suurta räsytystä. Tämä räsytys saattaa olla niin suuri, että sillä on vaikutusta naaraiden lentokykyyn. Tämän vuoksi ne munivat munansa hyvin lähelle samaa aluetta, jolla ne ovat viettäneet toukkavaiheensa.

Useilla lajeilla naaraat ovat kuitenkin parittelun jälkeen aktiivisia ja kuluttavat runsaasti aikaa sopivan munintapaikan löytämiseen (Freeman 1968).

#### 5.4. Sääskien paikallinen ja alueellinen monimuotoisuus

Tämän tutkimuksen purot ovat fysikaalisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan melko paljon toistensa kaltaisia (Ilmonen 2005), joten sääskiyhteisöjen koostumuksen voisi olettaa olevan kaikilla kohteilla melko samanlainen. Kuitenkin yhteisökoostumus näyttää vaihtelevan paljon tällä pinta-alaltaan melko pienellä alueella. Sääskipopulaatiot saattavat jonakin vuonna hävitä joltakin puroilta ja ilmaantua takaisin myöhemmin kenties parempien olosuhteiden vallitessa. Voidaankin olettaa, että kosteikoilla elävät sääsket voivat levittäytyä tehokkaasti uusiin elinympäristöihin. Sääskien levinneisyys ja monimuotoisuus ympäri maailmaa perustuu ainakin osittain niiden levittäytymiskykyyn ja myös niiden vaikeiden olosuhteiden sietokykyyn ja vaatimattomuuteen ravinnon suhteen. Tärkeä sääskien maailmanlaajuisista menestystarinaa selittävä tekijä lienee myös niiden tuottama suuri munamäärä, minkä vuoksi varhaisten elinkiertoaiheiden korkea kuolleisuus menettää merkitystään.

Virtavesien pohjaeläimistön paikallisen monimuotoisuuden on todettu olevan yhteydessä alueelliseen monimuotoisuuteen (Palmer ym. 1996, Malmqvist 2002, Heino ym. 2003). Paikallisella monimuotoisuudella viitataan tässä tapauksessa ympäristöolosuhteiltaan vähäisesti vaihtelevalla alueella keskinäisessä vuorovaikutussuhteessa elävään pohjaeläinyhteisöön (Cornell & Karlson 1996). Paikallisia ympäristötekijöitä voivat olla esimerkiksi rantakasvillisuuden määrä ja laatu tai vesisammalkasvustojen runsaus koskikivillä (Malmqvist & Hoffsten 2000, Mykrä ym. 2007). Siten paikallisella monimuotoisuudella voidaan viitata vaikkapa tietystä koskesta tavattavaan eliöyhteisöön. Tässä sääskiyhteisöjen tutkimuksessa paikallista monimuotoisuutta voitaisiin arvioida purokohtaisesti. Alueellista monimuotoisuutta tarkasteltaessa voidaan tutkia esimerkiksi jonkun joen valuma-alueita, koska valuma-alueella joet ja näihin liittyvät pienemmät virtavedet muodostavat yhtenäisen verkoston (Angermeyer & Winston 1998).

Mykrä ym. (2007) selvittivät tutkimuksen mittakaavan vaikutuksia pienten virtavesien selkärangaton yhteisöjen lajijoukkojen vaihteluun. Tutkimuksessa otettiin pohjaeläinnäytteitä kaikkiaan 148 purosta ja vertailtavien tutkimusalueiden koko vaihteli eliömaantieteellisestä vyöhykkeestä yksittäiseen latvapuroon. Paikalliset ja alueelliset ympäristömuuttujat vaikuttivat puroelinympäristöjen eliöstöön, joten nämä molemmat olivat tärkeitä tietyllä purolla elävän selkärangaton yhteisön rakennetta selittäviä tekijöitä. Mitä pienemmäksi tutkimusalue muodostui, sitä tärkeämpiä olivat paikalliset ympäristötekijät. Puron koolla todettiin olevan eniten vaikutusta kaikissa tutkimusmittakaavoissa, ja myös pH oli tärkeä. Pohjamateriaalin raekoko ja veden syvyys olivat tärkeimpiä purokohtaisia muuttujia.

Tämän sääskitutkimuksen eri purojen yhteisöjen lajien populaatioita voitaisiin ajatella alapopulaatioina koko alueen käsittävässä metapopulaatiossa (Becon ym. 1996, Hanski 1999). Lajiston levittäytymiskyky yhdistää nämä toisistaan erillään esiintyvät alapopulaatiot toisiinsa. Nuuksion alueen järvet, purot ja suot muodostavat melko yhtenäisen kosteikkojen verkoston, jota käyttäen sääsket pystyvät liikkumaan alueella ja eri populaatiot voivat olla keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Sääsket ovat tehokkaita lisääntyjiä ja hyviä epäsuotuisista olosuhteista selviytyjiä, joten niiden leviäminen pitkin koko alueen kattavaa kosteikkoverkostoa voisi olla varsin mahdollista. Tällainen liikkuvuus saattaa selittää joidenkin sääskilajien populaatioiden ilmestymisen tietyille tutkimuspuroille tietynä vuonna. Esimerkiksi *Tipula maxima*-isovaaksiaisen populaation

ilmestyminen Koivulan lehtopurolle vuonna 2006 saattaisi kieliä populaatioiden liikkuvuudesta, paikallisuudesta ja väliaikaisuudesta jollakin alueella. Populaatiot saattavat olla vaikkapa jollakin tietyllä purolla vain väliaikaisia, ja populaatio saattaa siirtyä elämään jollekin toiselle purolle tai saman puron eri kohdalle parempien elinolosuhteiden toivossa. Tämä saattaa päteä ainakin joihinkin harvinaisimpiin lajeihin (esim. *T. maxima*). Kaikista vaikeimmista ajoista puroeläinten populaatiot voivat selviytyä esimerkiksi pysyvävetisen järven läheisyydessä, kuten aiemmin todettiin.

### 5.5. Harvinaiset lajit

Tässä pienvirtavesien sääskiyhteisöjen tutkimuksessa harvinaiset ja satunnaisesti esiintyvät lajit edustivat merkittävää osuutta tavatusta kokonaislajimäärästä. Harvinaisilla lajeilla on havaittu olevan suuri osuus virtavesien pohjajhyönteisyhteisöjen koostumuksissa pitkäkestoisissa tutkimuksissa (Malmqvist & Hoffsten 2000, Robinson ym. 2000, Resh ym. 2005). Resh ym. (2005) tutkivat pohjajhyönteisyhteisöjä Kalifornian virtavesissä yhtäjaksoisesti noin 20 vuoden ajan. Tavatuista taksoneista 17–33 % joesta riippuen oli harvinaisia eli niitä tavattiin näytteistä vain satunnaisesti.

Reshin ym. (2005) mukaan lajien harvinaisuuteen ovat syynä ennen kaikkea niiden biologiset ominaisuudet. Yleisillä lajeilla elinkierrot ovat nopeita ja niillä on tavallisesti useita sukupolvia kesän aikana tai niiden yksilöitä aikuistuu pitkin kesää. Harvinaisilla lajeilla levittäytyminen ei ole yhtä tehokasta. Hoffstenin (2003) mukaan pienet purot ovat ankarampia elinympäristöjä verrattuna suurempiin virtavesiin. Tämä korostuu etenkin talven aikana. Siten myös tiettyjen lajien erikoistuminen pieniin virtavesiin voi hänen mukaansa olla syynä niiden harvinaisuuteen. Lajit saattavat olla harvinaisia, mikäli tarkastellaan niiden levinneisyysalueiden rauna-alueita (Hoffsten 2003). Esimerkiksi lähteissä elävä *Crunoecia irrorata*-vesiperhonen on melko tavallinen Keski-Euroopassa, mutta Ruotsin keskiosissa hyvin harvinainen ja paikoittainen. Sääskissä samankaltainen laji on harvinainen *Tipula maxima*-isovaaksiainen, jonka pääasiallinen levinneisyysalue on Etelä- ja Keski-Euroopassa (Oosterbroek 2008). Suomessa lajia tavataan useimmiten pohjavesivaikutteisilta kohteilta (ks. kappale 5.8.1).

Lajien harvinaisuuteen voivat vaikuttaa myös niiden elinympäristövaatimukset, kuten tietynlaiset lämpötilaolot. *Isogenus nubecula*-koskikorento on harvinainen laji, joka esiintyy sellaisissa virtavesissä, joissa kesällä veden keskilämpötila on keskimääräistä korkeampi (Hoffsten 2003). *I. nubecula*-korennolla munien kehittymisaika on hieman pidempi kuin joillakin muilla samoilta paikoilta tavatuilla yleisillä koskikorentolajeilla, kuten *Isoperla grammatica*. Tiettyyn lämpötilaan erikoistuminen saattaa olla syynä tämän lajin harvinaisuuteen.

Sääskien kohdalla lajien harvinaisuutta ei ole aiemmin lainkaan tutkittu, mutta niidenkin harvinaisuuden takana saattavat olla äsken mainitun kaltaiset syyt, jotka liittyvät ennen kaikkea puroympäristöissä vallitseviin epävakaisiin olosuhteisiin. Joidenkin puroilta tavattavien sääskilajien harvinaisuutta voi selittää se, että niiden pääasiallinen elinympäristö ei ole puro vaan muun tyyppiset kosteikot. Tällaisten lajien populaatiokoot puroilla ovat pieniä, kun taas niiden pääasiallisella elinympäristötyypillä populaatiokoot voivat olla hyvin suuria. Osa tässä tutkimuksessa havaituista sääskilajeista ei ole varsinaisia purojen lajeja, vaan ne esiintyvät puroja huomattavasti runsaampina vaikkapa lähteillä (esim. *Pedicia straminea*, *Tricyphona livida*), soilla (*Idioptera pulchella*), rantaluhdilla (*Phylidorea ferruginea*) tai metsissä (*Metalimnobia* spp., *Ula* spp., *Tipula scripta*).

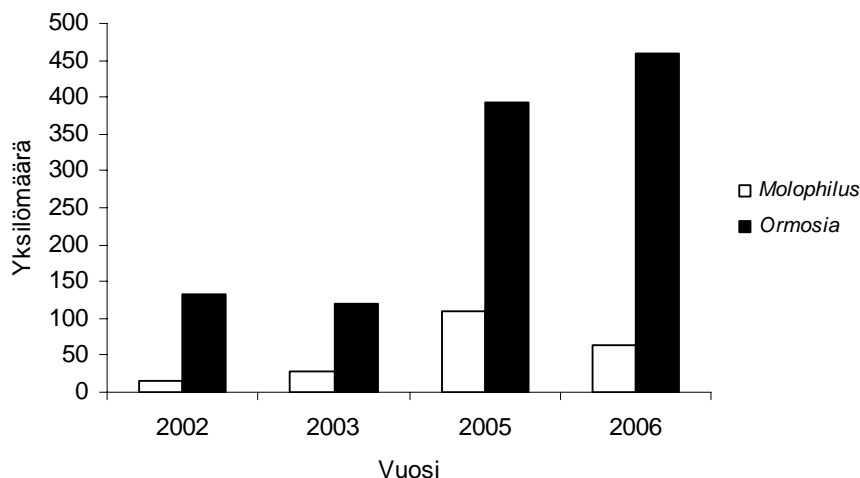
## 5.6. Eri resursseja vaativien lajien esiintyminen tutkimuskohteilla

### 5.6.1. Akvaattiset ja semiakvaattiset lajit

*Dicranota bimaculata*-petovaaksiainen on virtavesilaji ja sen toukka on peto, joka elää vesisammalten lomassa kovassakin virtauksessa tai kosteassa rantapenkereessä vesirajan tuntumassa (Cragg 1961, Cnatha ym. 2000, Aagaard ym. 2004). Tätä lajia tavattiin vuonna 2002 ainoastaan yksi yksilö Myllypuroilta, mutta seuraavana vuonna lajia ei tavattu ainoatakaan yksilöä. Sen sijaan sateisen kesän 2004 jälkeisenä kesänä 2005 lajin aikuisia yksilöitä tavattiin kaikilta puroilta (Liite 1). Kesällä 2006 lajia löytyi kolmelta puroilta (puuttui Koivulan lehtopuroilta), mutta yksilömäärät olivat edellistä vuotta niukempia.

Isokokoisien *Pedicia rivosa*-petovaaksiaisen toukan on todettu asuttavan kosteita elinympäristöjä lajin eläessä muun muassa rahkasammalistoissa sekä kosteassa maaperässä (Cragg 1961, Ujvárosi 2005). Myös tämän lajin osalta voidaan havaita edellisen kaltaista suuntausta eri vuosien välillä, sillä vuonna 2003 lajia havaittiin vain neljä yksilöä, kun taas 2005 lajia löydettiin yhteensä 22 yksilöä.

Myös monimuotoisissa pikkuvaaksiassuvuissa *Molophilus* ja *Ormosia* useiden lajien toukat kehittyvät kosteissa oloissa rantapenkereen liejussa (Brinkmann 1991, Podeniene 2002). Tässä tutkimuksessa monien lajien, kuten *Molophilus crassipygus*, *M. flavus*, *Ormosia depilata*, *O. ruficauda* sekä *O. staegeriana*, yksilömäärät kasvoivat vuodesta 2003 vuoteen 2005 (Kuva 7, Liite1). Myös *Cheilotrichia cinerascens*-pikkuvaaksiaisen toukka elää samankaltaisissa semiakvaattisissa oloissa (Brinkmann 1991) ja tämänkin lajin esiintymisessä on vastaavat erot vuosien 2003 ja 2005 välillä.



Kuva 7. Kahden semiakvaattisen pikkuvaaksiassuvun *Molophilus* (10 lajia) ja *Ormosia* (8 lajia) yksilömäärät eri vuosina.

### 5.6.2. Lahopuusta riippuvaiset lajit

Lahopuulajien esiintyminen aineistossa on satunnaista eikä siinä voida havaita mitään kaavamaisuutta. Siten ei voida varmuudella sanoa, onko lahopuulajien esiintyminen yhteydessä vuotuisiin kosteusoloihin. Tutkimuksen vaaksiaineistossa on yhteensä seitsemän lahopuusta riippuvaista lajia. Nämä ovat pikkuvaaksiaiset *Epiphragma ocellare*, *Austrolimnophila unica*, *Gnophomyia lugubris*, *Achyrolimonia decemmaculata*,



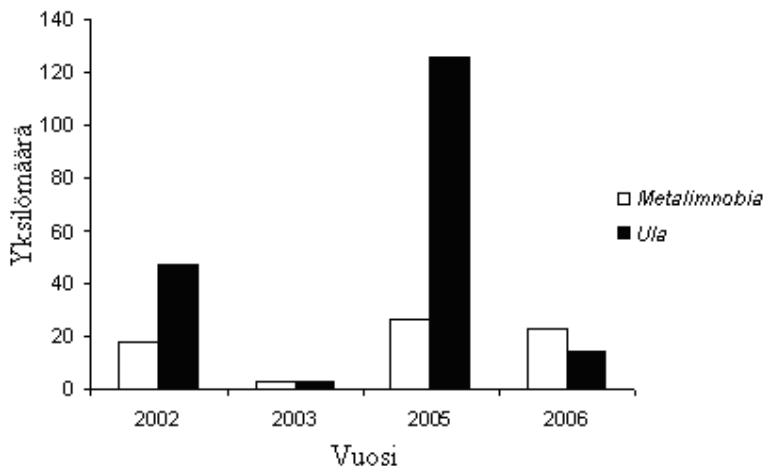
*Elephantomyia edwardsi* ja *Neolimonia dumetorum* (Brinkmann 1991, Hövemeyer 1998, J. Salmela, julkaisematon). Myös isovaaksiainen *Dictenidia bimaculata* on riippuvainen lahoppuusta. *D. bimaculata* oli tässä tutkimuksessa tavallisin ja runsain lahoppuusta riippuvainen laji ja sitä tavattiin kaikilta tutkimuspuroilta.

Näiden lajien ekologiasta tiedetään, että *E. ocellare* ja *D. bimaculata* viettävät toukkavaiheensa lehtilahoppuulla (Brinkmann 1991). Sen sijaan *E. edwardsi* kehittyy lahoavalla kuusella (J. Salmela, julkaisematon).

### 5.6.3. Sienistä riippuvaiset lajit

Toukkavaiheensa sienten itiöemillä viettäviä vaaksiislajeja havaittiin neljän tutkimusvuoden aikana yhteensä kymmenen. Näistä runsaimpina lajeina esiintyivät pikkuvaaksiainen *Metalimnobia quadrinotata* ja petovaaksiainen *Ula sylvatica*. Suvuista *Metalimnobia* ja *Ula* havaittiin tässä tutkimuksessa yhteensä yhdeksän lajia, ja näiden kaikkien toukat elävät sienten itiöemillä (Ujvárosi 2005).

Vuonna 2003 näistä yhteensä yhdeksästä *Metalimnobia*- ja *Ula*-sukujen lajista havaittiin kuusi yksilöä (Kuva 8), jotka kuuluivat viiteen eri lajiin. Sen sijaan vuonna 2005 havaittiin seitsemän lajia, joiden yksilöitä oli yhteensä peräti 206. Esimerkiksi *M. quadrinotata*- ja *U. sylvatica*-vaaksiisilla on tässä aineistossa esiintymisessään merkillepantava muutos vuosien 2003 ja 2005 välillä: kummastakaan lajista ei ole yhtään havaintoa vuoden 2003 aineistossa, mutta sen sijaan vuonna 2005 *M. quadrinotata* esiintyi 55 ja *U. sylvatica* 100 yksilön voimin. Vuonna 2006 havaitun *Metalimnobia*- ja *Ula*-sukujen lajien yksilömäärien pienentymisen vuoksi on kuitenkin epäselvää, onko edellisestä sademäärällä yhteys myös näiden lajien esiintymiseen ja runsauteen.



Kuva 8. Kahden sienillä elävän vaaksiassuvun *Metalimnobia* (4 lajia) ja *Ula* (5 lajia) yksilömäärät eri vuosina.

### 5.6.4. Lähdelajit

Lähteisiin sitoutuneita tai lähteitä suosivia lajeja on tavattu tässä tutkimuksessa satunnaisesti. Lähdelajit ovat sidoksissa tasaiseen veden virtaamaan ja myös viileään veteen (Lindegaard ym. 1998, Ilmonen & Paasivirta 2005). Lähdelajistoa edustavat tässä tutkimuksessa pikkuvaaksiisista esimerkiksi *Molophilus corniger*, petovaaksiisista *Tricyphona livida* ja *Pedicia straminea*, isovaaksiisista *Tipula grisescens* sekä perhossääski *Sycorax silacea*. Minkään tässä tutkimuksessa esiintyneen lähteisiin jollakin tavalla sidoksissa olevan lajin esiintyminen ei ollut säännöllistä eikä mikään laji esiintynyt runsaana, vaan lähdelajeja havaittiin kaikilla puroilla harvakseltaan. Lähdelajien satunnainen esiintyminen tutkimuskohteilla saattaa kertoa lievistä pohjavesivaikutuksesta,

tai sitten lajit ovat lentäneet tutkimuskohteille joltakin lähialueella sijaitsevalta lähteeltä. Puroissa saattaa myös elää vakituisesti pieniä määriä lähteillä tavattavia lajeja ja purot voivat toimia nieluolinympäristöinä tällaisille lajeille (esim. edellä mainituille), joiden ensisijaisia elinympäristöjä ovat alueet, joissa purkautuu pohjavettä.

### 5.7. Tutkimuksen yleisimmät vaaksiaislajit heimoittain

*Tasiocera (Dasymolophilus) exigua* Savchenko, 1973

*T. exigua*-pikkuvaaksiainen oli tutkimuksessa yksilömäärältään kaikista runsain laji. Salmela (2006) on kuitenkin alustavasti luokitellut sen valtakunnallisesti silmälläpidettäväksi. Tämä johtuu siitä, että lajia on löytynyt pääasiassa eteläisestä Suomesta, joskin hajanaisia havaintoja on muualtakin, muun muassa Perä-Pohjolasta. Kaikille löytöpaikoille on yhteistä se, että ne ovat luonnontilaisia puroja. Tosin ihmisen muuttamia virtavesiä on toistaiseksi tutkittu vain vähän. Lajin levinneisyysalue on Länsi-Palearktinen sen kattaessa Keski-Euroopan ja idässä Ukrainana ja Romanian (Oosterbroek 2008).

*Tipula (Schummelia) variicornis* Schummel, 1833

Tämä isovaaksiainen esiintyi tutkimuksen jokaisella purolla ja siitä on havaintoja kaikilta vuosilta (Liite 1). Lajin levinneisyysalue kattaa koko maan pohjoisimpien havaintojen ollessa Inarin Lapista (Salmela 2006a). Toukka elää kosteissa oloissa joko maaperässä tai maksasammalten (esim. lapasammalet, *Pellia* spp.) seassa (Brinkmann 1991). Laji on hyvin laajalle levittäytynyt, sillä sitä tavataan koko Euroopan alueelta ja läpi Venäjän aina Japaniin saakka (Länsi- ja Itä-Palarktinen levinneisyys) (Oosterbroek 2008).

*Ula (Ula) sylvatica* (Meigen, 1818)

Tämä toukkavaiheensa sienillä (Ulvárosi 2005) viettävä laji oli aineiston runsaslukuisin petovaaksiainen. Laji on hyvin yleinen ja sitä on havaittu koko maasta aina pohjoisinta Lappia myöten (Salmela 2006a). Laji on maailmanlaajuisesti hyvin laajalle levinnyt, sillä sitä tavataan sekä Länsi- että Itä-Palearktiselta ja myös Nearktiselta alueelta (Oosterbroek 2008).

*Diogma glabrata* (Meigen, 1804)

*D. glabrata* on tutkimuksessa runsaimpana esiintynyt lehtovaaksiaisten heimon laji, joskin sitä tavattiin aineistossa harvakseltaan ja ainoastaan Pitkäsuon laskupurolta ja Antiaanpurolta. Se viettää toukkavaiheensa esimerkiksi lehtosuikerosammalten (*Brachythecium rutabulum*) tai soukkalehväsammalten (*Mnium hornum*) katveessa. Se voi elää myös lepästä muodostuneen karikkeen seassa (Brinkmann 1991). Laji on levinnyt Länsi-Palearktiselle alueelle (Oosterbroek 2008).

### 5.8. Uhanalaisiksi ja silmälläpidettäviksi ehdotettujen sekä puutteellisesti tunnettujen lajien esiintyminen

#### 5.8.1. Uhanalaisiksi ehdotetut lajit

Neljän vuoden aikana tutkituilta purolta on havaittu kuusi Salmelan (2006a) alustavasti uhanalaiseksi esittämää lajia. Näistä lajeista *Sycorax silacea*-perhossääskeä on ehdotettu äärimmäisen uhanalaiseksi (CR), *Sciria advena*- perhossääskeä erittäin uhanalaiseksi (EN), ja vaarantuneiksi (VU) on ehdotettu pikkuvaaksiaisista *Tasiocera fuscescens* ja *Achyrolimonia decemmaculata* sekä isovaaksiaisista *Dolichopeza albipes* ja *Tipula maxima*. Uhanalaisiksi ehdotettujen lajien lisäksi alustavasti silmälläpidettäviksi

ehdotettuja lajeja tavattiin tutkimusvuosina yllä mainitun *T. exigua*-pikkuvaaksiaisen lisäksi yhteensä viisi: pikkuvaaksiaiset *Gonomyia lugubris*, *Molophilus corniger* ja *Atypophthalmus inustus* sekä perhossääski *Philosepedon balkanicum*.

Seuraavassa esitellään kuusi uhanalaiseksi esitettyä lajia perhossääskien, pikkuvaaksiasten ja isovaaksiasten heimoista.

*Sycorax silacea* Haliday in Curtis, 1839

Tämä alustavasti äärimmäisen uhanalaiseksi luokiteltua perhossääskeä on pidetty tiukkana lähdelajina, ja sitä on aiemmin tavattu ainoastaan viideltä eteläisen Suomen parhaiten säilyneeltä luonnontilaiselta lähteeltä (Salmela 2001). Vuonna 2006 lajia on tavattu myös Karkkilasta lähdevaikutteiselta puroilta (Salmela ym. 2007). Tässä tutkimuksessa lajia löytyi ainoastaan Antiaanpuroilta vuonna 2006.

*Sciria advena* (Eaton, 1893)

Tämän erittäin uhanalaiseksi arvioidun lajin toukka kehittyy puunrunkojen onkaloissa, joihin on kertynyt vettä (Vaillant 1989). Lajia löytyi ainoastaan Koivulan lehtopuroilta vuosina 2005 ja 2006.

*Tasiocera (Dasymolophilus) fuscescens* (Lackschewitz, 1940)

*T. fuscescens* on pienimpiä vaaksiislajejamme siiven pituuden tuskin ylittäessä kahta millimetriä. Tästä harvinaisesta lajista on havaintoja Suomessa ainoastaan jokaiselta tämän tutkimuksen puroilta. Sen toukkaekologiasta tiedetään toistaiseksi hyvin vähän, mutta lajin toukka saattaa olla sidoksissa kosteaan lahopuuhun tai hajoavaan puuainekseen (Hövmeyer 1998). Lajilla on länsipalearktinen levinneisyys (Oosterbroek 2008).

*Achyrolimonia decemmaculata* (Loew, 1873)

Tämän pikkuvaaksiaisen toukka kehittyy lahoavalla puuaineksella (J. Salmela, suullinen tiedonanto). Lajia tavattiin ainoastaan yksi yksilö Pitkäsuon laskupuroilta vuonna 2005. Suomessa lajista on havaintoja lähinnä maan eteläosista, mutta sitä on tavattu myös Pohjois-Karjalasta. Lajin levinneisyys kattaa lähes koko Euroopan (Oosterbroek 2008).

*Dolichozeza (Dolichozeza) albipes* (Ström, 1768)

Tämä valkeajalkainen isovaaksiainen on melko harvinainen, ja sitä on löydetty harvakseltaan Etelä-Suomesta. Lajista on lisäksi havainto Perä-Pohjolasta Muoniosta (J. Salmela, suullinen tiedonanto). Freemanin (1968) mukaan lajin toukka elää kosteissa oloissa sammalen seassa. Tässä tutkimuksessa *Dolichozeza albipes*-isovaaksiasta löytyi Pitkäsuon laskupuroilta ja Myllypuroilta. Lajin levinneisyysalue kattaa koko Euroopan ja Venäjän länsiosat (Oosterbroek 2008).

*Tipula (Acutipula) maxima* Poda, 1761

*Tipula maxima* on Suomen kookkain sääskilaji, jonka siiven pituus saattaa olla jopa 30 mm. Laji on hyvin näyttävä komeine, tummine siipikuviointeineen. Kuitenkin lajista on hyvin vähän uusia havaintoja maastamme ja se tunnetaan ainoastaan Etelä-Suomesta muutamilta kohteilta kuten Kiikalan Varesjoelta ja Ahvenanmaalta (Autio & Salmela, julkaisematon). Varesjoelta lajia on tavattu tutkittuina vuosina 2000 (Salmela 2001) ja 2006 (Salmela ym. 2007). Varesjoki on luonnontilainen puro, jonka vieressä sijaitsee tihkupintalähde. Tässä tutkimuksessa *T. maxima*-isovaaksiaisesta on havaintoja vain vuodelta 2006 Koivulan lehtopuroilta sekä Pitkäsuon laskupuroilta. *T. maxima*-toukka varttuu kosteassa maaperässä sammalen seassa, mutta sitä voidaan tavata myös täysin

akvaattisena vaikkapa lähteiltä maksasammalkasvustojen lomasta (Freeman 1967). Useimpien muiden *Tipula*-lajien tavoin se hankkii ravintonsa eloperäistä ainesta pilkkomalla (Freeman 1967, Hofsvang 1997). Suomessa se elää levinneisyysalueensa pohjoisrajalla (ks. kappale 5.5) (Oosterbroek 2008). Suomesta lajia on tavattu ainoastaan pohjavesivaikutteisilta paikoilta. *T. maxima* saattaa olla Suomen leveysasteilla hyvin riippuvainen pohjavesivaikutteisista elinympäristöistä, sillä tällaiset elinympäristöt tarjoavat tasaiset olosuhteet vuoden ympäri: ne ovat kesällä ympäristöään viileämpiä ja talvella lämpimämpiä.

### 5.8.2. Puutteellisesti tunnetut lajit

Yhteensä 18 tässä tutkimuksessa havaitun lajin levinneisyys on katsottu Suomessa puutteellisesti tunnetuksi ja näin ollen lajit on jätetty alustavan uhanalaisuusluokittelun ulkopuolelle (Salmela 2006a). Kymmenen tässä tutkimuksessa tavattua pikkuvaaksiasta, yksi isovaaksiainen, yksi petovaaksiainen, yksi kummitusvaaksiainen ja neljä perhossääskeä kuuluvat tähän ryhmään.

Näistä lajeista *Dicranomyia radegasti*-pikkuvaaksiaisen ainoa Suomesta tavattu yksilö on löytynyt Pitkäsuon laskupuroilta vuonna 2005. Tutkimuksen harvinaisimpia lajeja on Koivulan lehtopuroilta 2003 löydetty *Ormosia loxia*-pikkuvaaksiainen, josta on Suomessa tähän mennessä löydetty ainoastaan kolme yksilöä. Yksi yksilö on löytynyt Espoosta Neittaanpuroilta (J. Salmela, suullinen tiedonanto) sekä Nurmijärveltä pieneltä lähdepuroilta (Salmela ym. 2007).

## 5.9. Malaise-pyydyksen käyttö hyönteistutkimuksissa

Tietyn kohteen koko sääskiyhteisön selvittäminen saattaa olla lähes mahdotonta. Tämä johtuu siitä, että suurin osa lajistosta on ilmeisesti harvalukuista ja populaatiokoot lienevät suhteellisen pieniä. Näin ollen vaikkapa Malaise-tyyppistä pyydystä käytettäessä saadaan talteen ainoastaan pieni otos koko sääskiyhteisöstä. Lisäksi sääskien leviämiskyky paikasta toiseen on vaikea arvioida (Hövmeyer 1999). On siis vaikeaa sanoa täysin varmasti, mikä laji on peräisin tutkimuskohteesta.

Varmempi tapa tutkia vaikkapa tämän tutkimuksen kohteina olevia sääskiheimoja olisi kerätä toukkanäytteitä niiden elinympäristöistä. Näin saataisiin selville myös lajien suosimat pienelinympäristöt. Tämä olisi kuitenkin likipitään mahdotonta, sillä vaaksiasten ja muiden sääskiheimojen toukat ovat toistaiseksi melko puutteellisesti tunnettuja ja hyvin vaikeasti määritettävissä. Esimerkiksi vaaksiasteista toukat voidaan määrittää melko helposti sukutasolle, mutta lajitasolle mentäessä määrittäminen vaikeutuu huomattavasti, sillä erot eri lajien välillä saattavat olla erittäin vähäisiä eikä läheskään kaikista lajeista ole saatavilla toukkakuvauksia. Myös toukkien kasvattaminen aikuisiksi hyönteisiksi tuntuu vaikealta vaikkapa täysin akvaattisten virtavesilajien tai tiukasti lähteisiin sitoutuneiden lajien osalta.

Malaise-pyydyksen voidaan kuitenkin olettaa antavan melko kattavan kuvan jonkin elinympäristön tai kohteen lajistosta. Pyyntiponnistus eli itse pyydys on vakioitu ja siten esimerkiksi eri puolilla maata toteutettavat pienvirtavesien sääskiyhteisöjen tutkimukset ovat keskenään vertailukelpoisia. Puron päälle asetettu Malaise-pyydys saattaa olla hyvin tehokas tapa kerätä puroilla eläviä lajeja, sillä sääsket voivat käyttää puroomia leviämisteinään.

On vaikeaa sanoa, miten hyvä kuva populaatioiden yksilömäärästä voidaan saavuttaa Malaise-pyydystä käyttämällä. Populaatioiden todellisia yksilömääriä ei pystytä tällä pyyntimenetelmällä arvioimaan, ja sääskien populaatiokokojen tutkimukset vaatisivat

esimerkiksi merkintä-takaisinpyynti -menetelmän käyttöä. Kyseisen menetelmän soveltamisessa sääskiin on kuitenkin omat käytännön ongelmansa. Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaisi siltä, että Malaise-pyydyksellä voidaan saada suuntaa-antavia tuloksia myös populaatioiden koosta.

### 5.10. Johtopäätökset

Purot ovat vaaksiaisten ja monien muiden sääskiheimojen osalta todellisia monimuotoisuuskeskuksia verrattuna vaikkapa nevoihin ja metsiin (Salmela 2005b, Salmela & Ilmonen 2005, Salmela ym. 2007). Puroilla tavattavan sääskilajiston monimuotoisuus saattaa jopa ylittää muilla pienvesillä, kuten lähteillä, tavattavan sääskilajiston monimuotoisuuden (Salmela 2001, 2005a, 2006a). Purot ovat myös muiden vesihyönteisten osalta otollisia elinympäristöjä, vaikkakin sääskien lajimäärät ovat huomattavasti suurempia verrattuna vaikkapa koski- ja päivänkorentojen sekä vesiperhosten samoilta paikoilta tavattavaan lajirikkauteen. Puroissa elää paljon sellaista lajistoa, jota voidaan löytää ainoastaan puroilta ja näiden lisäksi niiltä voidaan harvakseltaan tavata lajeja, jotka esiintyvät esimerkiksi lähteillä (Ilmonen & Paasivirta 2005), suuremmissa virtavesissä (Malmqvist & Hoffsten 2000) tai seisovien vesien läheisyydessä.

Koska paikalliset sääskiyhteisöt näyttävät olevan jatkuvassa muutostilassa, tulisi lajistollista monimuotoisuutta tarkastella laajemmassa kuin yhden puron mittakaavassa. Tällainen tilanne vallinnee myös muiden vesihyönteisten kohdalla. Monimuotoisuutta voidaan ajatella esimerkiksi valuma-alueen mittakaavassa (Malmqvist & Hoffsten 2000) tai jopa laajempiakin aluekokonaisuuksia voidaan käsitellä tässä yhteydessä (Mykrä ym. 2007). Purojen sääskiyhteisöjen monimuotoisuutta tarkasteltaessa voitaisiin mittakaavana pitää vaikkapa vesistöaluetta, jonka sisällä elävät populaatiot voivat levittäytyä puroja ja jokia myöten yhtenäisen vesistöalueen sisällä. Näin ollen joltakin paikalta tavattavaa lajisyhteisöä pitäisi käsitellä kriittisesti. Tietyltä kohteelta tavattava sääskiyhteisö pitäisi mieltää vahvasti tarkasteluajasta ja -paikasta riippuvaiseksi lajikoosteeksi, jonka jäsenet eivät välttämättä elä tiukassa vuorovaikutussuhteessa keskenään vaikka jakavatkin osittain samat resurssit. Nämä resurssit esiintyvät kuitenkin usein niin runsaita, että niistä tuskin tulee pulaa.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu ainoastaan luonnontilaisia puroja. Voidaan sanoa, että ihmisen toiminnan tuloksena muuttuneiden pienten virtavesien sääskilajisto on Suomessa huonosti tunnettu joitakin poikkeuksia lukuunottamatta (Salmela 2006b). Valtaosa Suomen virtavesistä on edelleen tai on ainakin menneisyydessä ollut jollain tavalla ihmisen toiminnan kohteena (Ohtonen ym. 2005, Sallantaus 2006). Salmela (2006b) on tutkinut Iijoen latvapurojen sääskiyhteisöjä siten, että puroja asetettiin viiteen luokkaan täysin luonnontilaisista ihmisen kauttaaltaan muuttamiin kohteisiin. Tutkimuksen perusteella keskimääräisen häiriön kokoneilla kohteilla oli korkein monimuotoisuus ja sääskiä tavattiin myös kaikista vahvimmin muutelluilta kohteilta. Tämä tulos motivoi tutkimaan myös ihmisen muuttamien purojen lajistoa.

Ihmisen toiminta vaikuttaa virtavesiin monilla tavoilla. Metsän hakkuu aivan puron läheisyydestä vähentää puiden varjostusta ja siten puroon tulevan auringonsäteilyn määrä lisääntyy. Tällöin puron veden lämpötilan vaihtelut vuoden sisällä ovat suurempia kuin ennen hakkuuta (Allan 1995). Puiden kaataminen vähentää myös puroon putoavien lehtien määrää; ne ovat elintärkeää ravintoa useimmille pohjaläimille ja myös puron välittömän lähiympäristön kosteuteen sidoksissa olevalle eläimistölle. Myös puroon maalta tulevien valumavesien määrä kasvaa, mikä saattaa aiheuttaa eliöstölle stressiä vaikkapa entistä voimakkaampina kevättulvina (Townsend ym. 1987, Wagner & Schmidt 2004). Puro

saattaa myös rehevöityä, koska puusto ei ole sitomassa valumavesien mukanaan tuomia typen ja fosforin yhdisteitä. On kuitenkin vaikea sanoa, miten herkkiä sääskilajit todellisuudessa ovat vaikkapa tällaisten ympäristömuutosten suhteen. Kirjallisuuden perusteella useimmat lajit eivät vaikuttaisi olevan kovinkaan vaateliaita esimerkiksi ravinnon suhteen, mutta jotkut lajit saattavat vaatia erityisolosuhteita kuten lahonnutta puuainesta tai kylmää ja tasaista veden lämpötilaa.

Nykyään useat lahoppuella elävät lajit ovat Suomessa uhanalaisia (Rassi ym. 2001). Monet lajit esimerkiksi kovakuoriaisten ja pistiäisten lahoissa elävät lahoppuella. Myös kaksisiipisten lahkossa on paljon lahoppuella eläviä lajeja (Rotheray ym. 2001). Tällaisten lajien populaatiot ovat ehkä kaikkein suurimmassa vaarassa hävitä sukupuuttoon lahoppuun määrän vähennyttyä suuresti metsätalouden toimien seurauksena. Lahoppuella elävien sääskilajien suojelun tarve saattaa olla tässäkin tutkimuksessa havaitusta lajistosta kaikista suurin.

## KIITOKSET

Suuret kiitokset sääskitutkija Jukka Salmelalle korvaamattomasta avusta aloittelevan sääskitutkijan tukemisessa monin tavoin ja kiitokset myös siitä, että hän antoi määrittämiään aineistoja käyttööni ja opasti tilastomenetelmissä. Kiitokset Jari Ilmoselle pyydysten kuukausittaisesta tyhjentämisestä ja tutkimuksen suunnittelusta. Kiitokset Heikki Hämäläiselle ohjauksesta ja tekstin huolellisesta tarkastuksesta.

## KIRJALLISUUS

- Aagaard K., Solem J.O., Bongard T. & Hanssen O. 2004. Studies of aquatic insects in the Atna River 1987-2002. *Hydrobiologia* 521: 87-105.
- Allan, J.D. 1995. *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, Lontoo, 388 s.
- Andersson, H. 1997. Diptera Ptychopteridae, Phantom Crane Flies. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 193-207.
- Angermeier P.L. & Winston, M.R. 1998. Local vs. regional influences on local diversity in stream fish communities of Virginia. *Ecology* 79: 911-927.
- Anonyymi 2007. Kesän 2007 sää. [http://fmi.fi/saa/tilastot\\_169.html](http://fmi.fi/saa/tilastot_169.html). Luettu 20.3.2008.
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. 1996. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Oxford. 1068 s.
- Bergey E.A. & Ward J.V. 1988. Upstream-downstream movements of aquatic invertebrates in a Rocky Mountain stream. *Hydrobiologia* 185: 71-82.
- Boulton A.J., Peterson C.G., Grimm N.B. & Fisher S.G. 1992. Stability of an aquatic invertebrate community in a multiyear hydrologic disturbance regime. *Ecology* 73: 2192-2307.
- Brinkmann R. 1991. Zur Habitatpräferenz und Phänologie der Limoniidae, Tipulidae und Cylindrotomidae (Diptera) im Bereich eines norddeutschen Tieflandbaches. *Faun.-Ökol. Mitt. Suppl.* 11: 1-139.
- Brinkmann, R. 1997. Diptera Cylindrotomidae. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 99-104.
- Cnantha S.C., Cloutier L. & Cattaneo A. 2000. Epiphytic algae and invertebrates on aquatic mosses in a Québec stream. *Arch. Hydrobiol.* 147: 143-160.
- Cooper S.D., Walde S.J. & Peckarsky B.L. 1990. Prey exchange rates and the impact of predators on prey populations in streams. *Ecology* 71: 1503-1514.

- Cornell H.V. & Karlson R.H. 1996. Species richness of reef-building corals determined by local and regional processes. *J. Anim. Ecol.* 65: 233-241.
- Coulson J.C. 1956. Mortality and egg production of the meadow-pipit with special reference to altitude. *Bird study* 3: 119-132.
- Coulson J.C. 1962. The biology of *Tipula subnodicornis* Zetterstedt, with comparative observations on *Tipula paludosa* Meigen. *J. Anim. Ecol.* 31: 1-22.
- Cragg J.B. 1961. Some aspects of the ecology of moorland animals. *J. Anim. Ecol.* 30: 205-234.
- de Jong H., Oosterbroek P., Gelhaus J., Reusch H. & Young C. 2008. Global diversity of craneflies (Insecta, Diptera: Tipulidae or Tipulidae *sensu lato*) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 457-467.
- Ekholm, M. 1993. *Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A.* 1-166 s.
- Elliott J.M. 1971. Upstream movements of benthic invertebrates in a Lake District stream. *J. Anim. Ecol.* 40: 235-252.
- Freeman B.E. 1964. A population study of *Tipula* species. *J. Anim. Ecol.* 33: 129-140.
- Freeman B.E. 1967. Studies on the ecology of larval Tipulinae (Diptera, Tipulidae). *J. Anim. Ecol.* 36: 123-146.
- Freeman B.E. 1968. Studies on the ecology of adult Tipulidae (Diptera) in southern England. *J. Anim. Ecol.* 37: 339-362.
- Hadley M. 1971. Aspects of larval ecology and population dynamics of *Molophilus ater* Meigen (Diptera: Tipulidae) on Pennine moorland. *J. Anim. Ecol.* 40: 445-466.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation ecology*. Oxford University Press, Oxford, 313 s.
- Heino J., Muotka T., Mykrä H., Paavola R., Hämäläinen H. & Koskenniemi E. 2003. Defining macroinvertebrate assemblage types of headwater streams: implications for bioassessment and conservation. *Ecol. Appl.* 13: 842-852.
- Hildrew A.G. & Townsend C.R. 1982. Predators and a prey in a patchy environment: a freshwater study. *J. Anim. Ecol.* 51: 797-815.
- Hoffsten P-O 2003. Rarity in boreal stream insects: patterns, causes and consequences. Doctoral dissertation, Umeå University. 23 s.
- Hofsvang, T. 1997. Diptera Tipulidae, Crane Flies. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 93-98.
- Hövemeyer K. 1998. Diptera associated with dead beech wood. *Studia dipterologica* 5: 113-122.
- Hövemeyer K. 1999. Diversity patterns in terrestrial dipteran communities. *J. Anim. Ecol.* 68: 400-416.
- Ilmatieteen laitos 2001a. Ilmastokatsaus, kesäkuu 2001. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 12 s.
- Ilmatieteen laitos 2001b. Ilmastokatsaus, heinäkuu 2001. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 12 s.
- Ilmatieteen laitos 2001c. Ilmastokatsaus, syyskuu 2001. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 12 s.
- Ilmonen J. 2005. Neljän Luukin ulkoilualueella ja Nuuksion kansallispuistossa (Espoo, Vihti) sijaitsevan puron hyönteisseuranta 2002-2005: Päivänkorennot (Ephemeroptera), koskikorennot (Plecoptera) ja vesiperhoset (Trichoptera). Moniste, Suomen ympäristökeskus, luontoyksikkö. 10 s.
- Ilmonen J. & Paasivirta L. 2005. Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99-113.
- Jones T.M & Hamilton J.G.S. 1998. A role of pheromones in mate choice in a lekking sandfly. *Anim. Behav.* 56: 891-898.

- Järvelä J. & Helmiö T. 1999. Hydraulic features of boreal river rehabilitation – Finnish experience. Proceedings of 3rd International Symposium on Ecohydraulics, Salt Lake City. Cd-rom.
- Järvelä J. & Helmiö T. 2004. Hydraulic considerations in restoring boreal streams. *Nordic Hydrology* 35: 223-236.
- Kalff, J. 2002. *Limnology: inland water ecosystems*. Prentice Hall, Upper Saddle River. 592 s.
- Lake P.S. 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshw. Biol.* 48: 1161-1172.
- Lillehammer A. 1988. Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomol. Fennica* 21: 1-165.
- Lind P.R., Robson B.J. & Mitchell B.D. 2006. The influence of reduced flow during a drought on patterns of variation in macroinvertebrate assemblages across a spatial hierarchy in two lowland rivers. *Freshw. Biol.* 51: 2282-2295.
- Lindegaard, C., Brodersen, K.P., Wiberg-Larsen, P. & Skriver, J. 1998. Multivariate analysis of macrofaunal communities in Danish springs and springbrooks. Teoksessa: Botosaneanu, L. (toim.), *Studies in crenobiology – The biology of springs and springbrooks*. Backhuys Publishers, Leiden, 201-219.
- Malmqvist B. 2002. Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshw. Biol.* 47: 679-694.
- Malmqvist B. & Hoffsten P.-O. 2000. Macroinvertebrate taxonomic richness, community structure and nestedness in Swedish streams. *Arch. Hydrobiol.* 150: 29-54.
- Malmqvist B., Rundle S., Brönmark C., Erlandsson A. 1991. Invertebrate colonization of a new, man-made stream in southern Sweden. *Freshw. Biol.* 26: 307-324.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.25*. MjM Software Design, Gleneden Beach, 237 s.
- Mykrä H., Heino J. & Muotka T. 2007. Scale-related patterns and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. *Global Ecology and Biogeography* 16: 149-159.
- Nilsson, A. 1996. Coleoptera, Introduction. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 115-122.
- Ohtonen A., Lyytikäinen V., Vuori K-M., Wahlgren A. & Lahtinen J. 2005: Pienvesien suojelu metsätaloudessa. *Suomen ympäristö 727*: 1-84.
- Oosterbroek P. 2008. Catalogue of the Craneflies of the World. <http://ip30.eti.uva.nl/ccw/>. Luettu 4.4.2008.
- Oosterbroek P., Bygebjerg R. & Munk T. 2006. The West Palearctic species of Ctenophorinae (Diptera: Tipulidae): key, distribution and references. *Ent. Berichten* 66: 138-149.
- Palmer M.A., Allan J.D. & Butman C.A. 1996. Dispersal as a regional process affecting the local dynamics of marine and stream benthic invertebrates. *Trends in Ecol. and Evol.* 11: 322-326.
- Podėnienė V. 2002. Records of new and little-known larvae of the family Limoniidae (Diptera, Nematocera) from Lithuania. *Acta Zool.Lituanica* 12: 294-308.
- Pritchard G. 1983. Biology of Tipulidae. *Ann. Rev. Ent.* 28: 1-22.
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. 2001 (toim.). *Suomen lajien uhanalaisuus 2000*. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki, 432 s.
- Resh V.H., Bêche L.A. & McElravy E.P. 2005. How common are rare taxa in long-term benthic macroinvertebrate surveys? *J. N. Am. Benth. Soc.* 24: 976-989.
- Reusch, H. & Oosterbroek, P. 1997. Diptera Limoniidae and Pediciidae, Short-palped Crane Flies. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 105-132.



- Robinson C.T., Minshall G.W. & Royer T.V. 2000. Inter-annual patterns in macroinvertebrate communities of wilderness streams in Idaho, U.S.A. *Hydrobiologia* 421: 187-198.
- Rotheray G.E., Hancock G., Hewitt S., Horsfield D., MacGowan I., Robertson D & Watt K. 2001. The biodiversity and conservation of saproxylic Diptera in Scotland. *J. Ins. Cons.* 5: 77-85.
- Sallantausta, T. 2006. Mire ecohydrology in Finland. Teoksessa: Lindholm, T & Heikkilä, R. (toim.): *Finland – land of mires*. Finnish Environment Institute, Helsinki, 105-118.
- Salmela J. 2001. Adult craneflies (Diptera: Nematocera) around springs in southern Finland. *Ent. Fennica* 12: 139-152.
- Salmela J. 2004. Semiaquatic flies (Diptera: Nematocera) of three mires in the southern boreal zone. Finland. *Mem. Fauna Flora Fenn.* 80: 1-10.
- Salmela J. 2005a. Lapin kolmion lähteiden sääskien ja sammalten monimuotoisuus ja yhteisörakenne. Pro gradu-tutkielma, Jyväskylän yliopisto, 64 s.
- Salmela J. 2005b. Raportti: Kuusamon purojen hyönteispyynti (Diptera: Nematocera). Tutkimusraportti, 21 s.
- Salmela J. 2006a. Suomen vaaksiaiset, kummitussääsket, perhossääsket, sinkilähyttysset ja norosääsket (Diptera: Nematocera) – ekologia, levinneisyys ja uhanalaisuus. Alustava raportti. 75 s.
- Salmela J. 2006b. Iijoen latvapurojen sääskilajiston (Diptera: Nematocera) monimuotoisuus ja yhteisörakenne – alustava raportti. 15 s.
- Salmela J. & Ilmonen J.I. 2005. Cranefly (Diptera: Tipuloidea) fauna of a boreal mire system in relation to mire trophic status: implications for conservation and bioassessment. *J. Ins. Cons.* 9: 85-94
- Salmela J., Autio O. & Ilmonen J. 2007. A survey of nematoceran (Diptera) communities of southern Finnish wetlands. *Mem. Fauna Flora Fenn.* 83: 33-47.
- Scarsbrook M.R. 2002. Persistence and stability of lotic invertebrate communities in New Zealand. *Freshw. Biol.* 47: 417-431.
- Schwartz P. 1970. Autokologische Untersuchungen zum Lebenszyklus von Seripalpia-Arten (Plecoptera). *Arch. Hydrobiol.* 67: 103-140.
- Stuart E.B. & Davies M.D. 2000. Biological processes in running waters and their implications for the assessment of ecological integrity. *Hydrobiologia* 422/423: 61-70.
- Sørensen L. 2002. Status for vedlevande stankelben i Danmarks gamle skove. *Ent. Meddr.* 70: 129-142.
- Townsend C.R., Hildrew A.G. & Schofield, K. 1987. Persistence of stream invertebrate community in relation to environmental variability. *J. Anim. Ecol.* 56: 597-613.
- Ujvárosi L. 2005. Limoniidae and Pediciidae (Insecta: Diptera) assemblages along mountainous streams: additions to assess the biodiversity in wet habitats in Carpathians, Romania. *Acta Biol. Debr. Oecol. Hung* 13: 233-248.
- Vaillant F. 1989. Les Psychodinae dendrolimnophiles et dendrolimnobiontes palearctiques et nearctiques (Insecta, Diptera, Nematocera, Psychodidae). *Spixiana* 12: 193-208.
- Valle, K.J. 1952. *Sudenkorennot*. WSOY, Helsinki, 159 s.
- Wagner, R. 1997a. Diptera Psychodidae, Moth Flies. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 133-144.
- Wagner, R. 1997b. Diptera Dixidae, Meniscus Midges. Teoksessa: Nilsson, A. (toim.), *Aquatic Insects of North Europe – A Taxonomic Handbook, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup, 145-148.

- Wagner R. & Schmidt H-H. 2004. Yearly discharge patterns determine species abundance and community diversity. Analysis of a 25 year record from the Breitenbach. *Arch. Hydrobiol.* 161: 511-540.
- Ward R.D. & Morton I.E. 1991. Pheromones in mate choice and sexual isolation between siblings of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera:Psychodidae). *Parassitologia* 33: 527-533.

Liite 1. Vuosina 2002, 2003, 2005 ja 2006 tavattu sääskilajisto yksilömääräinen tutkimuskohteittain.

	Koivulan lehtopuro				Pitkäsuon laskupuro				Antiaanpuro				Myllypuro			
	2002	2003	2005	2006	2002	2003	2005	2006	2002	2003	2005	2006	2002	2003	2005	2006
<b>Limoniidae</b>																
<i>Eloeophila maculata</i> (Meigen, 1804)				1		1				1		4			1	
<i>Eloeophila trimaculata</i> (Zetterstedt, 1838)					1						3	4			5	5
<i>Epiphragma (Epiphragma) ocellare</i> (Linnaeus, 1760)		1	3					2								1
<i>Euphyllidorea phaeostigma</i> (Schummel, 1829)						1	6	2	2	6	10					
<i>Idioptera macropteryx</i> Tjeder, 1955	1		2							1					1	
<i>Idioptera pulchella</i> (Meigen, 1830)																1
<i>Limnophila (Limnophila) schranki</i> Oosterbroek, 1992			1							3	9		1		2	7
<i>Neolimnomyia (Brachylimnophila) nemoralis</i> (Meigen, 1818)	4	2	3	1	13	2	12	2					3	1		
<i>Neolimnomyia (Neolimnomyia) batava</i> (Edwards, 1938)																1
<i>Paradelphomyia (Oxyrhiza) fuscula</i> (Loew, 1873)	5															
<i>Phylidorea (Phylidorea) bicolor</i> (Meigen, 1804)											3					
<i>Phylidorea (Phylidorea) ferruginea</i> (Meigen, 1818)			1					1								
<i>Phylidorea (Phylidorea) longicornis</i> (Schummel, 1829)							2									
<i>Phylidorea (Paraphylidorea) fulvonervosa</i> (Schummel, 1829)	3		14		1		12	7			2	1	7	1	3	7
<i>Pilaria decolor</i> (Zetterstedt, 1851)												1				
<i>Austrolimnophila (Archilimnophila) unica</i> (Osten Sacken, 1869)	1				1	1	4							3		
<i>Cheilotrichia (Empeda) cinerascens</i> (Meigen, 1804)	1		31	1	1		8	8			7	4			7	1
<i>Erioptera (Erioptera) flavata</i> (Westhoff, 1882)			1													
<i>Erioptera (Erioptera) lutea</i> Meigen, 1804	2		5	3	1	3	8	10			1		1	1	3	1
<i>Erioptera (Erioptera) sordida</i> Zetterstedt, 1838		1														
<i>Gnophomyia lugubris</i> (Zetterstedt, 1838)							1									
<i>Gonomyia (Gonomyia) lucidula</i> de Meijere, 1920				2				1								
<i>Gonomyia</i> sp.				4		1	4								1	
<i>Molophilus (Molophilus) appendiculatus</i> (Staeger, 1840)		1	2	1	1	4	2	12				4			3	1
<i>Molophilus (Molophilus) ater</i> (Meigen, 1804)									2			2				
<i>Molophilus (Molophilus) bihamatus</i> de Meijere, 1918		1	4	12						1						
<i>Molophilus (Molophilus) cinereifrons</i> de Meijere, 1920								1	2							
<i>Molophilus (Molophilus) corniger</i> de Meijere, 1920					1			1								
<i>Molophilus (Molophilus) crassipygus</i> de Meijere, 1918			1			1			1	9	57	14		1		
<i>Molophilus (Molophilus) flavus</i> Goetghebuer, 1920	2	7	18	8	7	4	20	3								1
<i>Molophilus (Molophilus) medius</i> de Meijere, 1918							1									



<i>Lipsothrix</i> sp.		2									1		1	
<i>Metalimnobia (Metalimnobia) bifasciata</i> (Schrank, 1781)	1	1	2		4	2	1	1	1	2				
<i>Metalimnobia (Metalimnobia) quadrimaculata</i> (Linnaeus, 1760)	1		8	1	5	3	1		2			2		
<i>Metalimnobia (Metalimnobia) quadrinotata</i> (Meigen, 1818)	1		20	1		12	1		18	1	1	5		
<i>Metalimnobia (Metalimnobia) zetterstedti</i> (Tjeder, 1968)	1	1	1	6	2	4	1	1	1	6			2	
<i>Neolimonia dumetorum</i> (Meigen, 1804)	1				1	1								
<i>Rhipidia (Rhipidia) maculata</i> Meigen, 1818		1	4			30	11	3				1		
<b>Tipulidae</b>														
<i>Dictenidia bimaculata</i> (Linnaeus, 1760)	1				4					1	3			
<i>Dolichocheza (Dolichocheza) albipes</i> (Ström, 1768)							1	2				1	1	
<i>Nephrotoma analis</i> (Schummel, 1833)													1	
<i>Tipula (Acutipula) fulvipennis</i> De Geer, 1776	1				1		1							
<i>Tipula (Acutipula) maxima</i> Poda, 1761										1			3	
<i>Tipula (Beringotipula) unca</i> Wiedemann, 1817								1						
<i>Tipula (Lunatipula) limitata</i> Schummel, 1833							1					1		
<i>Tipula (Lunatipula) lunata</i> Linnaeus, 1758								1						
<i>Tipula (Pterelachisus) irrorata</i> Macquart, 1826							1	4						
<i>Tipula (Savtshenkia) grisea</i> Zetterstedt, 1851	1				1									
<i>Tipula (Savtshenkia) limbata</i> Zetterstedt, 1838											1			
<i>Tipula (Schummelia) variicornis</i> Schummel, 1833	4	2	5	4	6	3	3		2	4	4	1	4	
<i>Tipula (Vestiplex) hortorum</i> Linnaeus, 1758										1				
<i>Tipula (Vestiplex) nubeculosa</i> Meigen, 1804		1			1		1				1		1	
<i>Tipula (Vestiplex) scripta</i> Meigen, 1830	1		3	1		2	5				1			
<i>Tipula (Yamatotipula) pruinosa</i> Wiedemann, 1817				1										
<b>Pediciidae</b>														
<i>Dicranota (Dicranota) bimaculata</i> (Schummel, 1829)			6				8	5		1	4	1	14	8
<i>Dicranota (Rhaphidolabis) exclusa</i> (Walker, 1848)					5							1	2	14
<i>Pedicia (Crunobia) straminea</i> (Meigen, 1838)	1				2		1							
<i>Pedicia (Pedicia) rivosa</i> (Linnaeus, 1758)	3	1	9	7	7	2	12	6	1	1		4		4
<i>Tricyphona (Tricyphona) immaculata</i> (Meigen, 1804)	14		14	4	3		3	8	15		3	3	12	6
<i>Tricyphona (Tricyphona) livida</i> Madarassy, 1881	2		1										8	1
<i>Tricyphona (Tricyphona) schummeli</i> Edwards, 1921	17	1	5	2					5	1				
<i>Tricyphona (Tricyphona) unicolor</i> (Schummel, 1829)			2								1	12	4	
<i>Ula bolitophila</i> Loew, 1869					1		2							1
<i>Ula kiushiuensis</i> Alexander, 1933					1									
<i>Ula (Ula) mixta</i> Starý, 1983	1	1	6	1	10	1	11	1		3		26	3	3
<i>Ula (Ula) mollissima</i> Haliday, 1833		1						3			1			

<i>Ula (Ula) sylvatica</i> (Meigen, 1818)	3		21	2	3		30	1	1		29	1	1		20	1
<b>Cylindrotomidae</b>																
<i>Cylindrotoma distinctissima</i> (Meigen, 1818)																1
<i>Diogma glabrata</i> (Meigen, 1804)					2		1							1		2
<i>Phalacrocera replicata</i> (Linnaeus, 1758)															1	
<b>Ptychopteridae</b>																
<i>Ptychoptera lacustris</i> Meigen, 1830	1			1	1			1						1		
<i>Ptychoptera paludosa</i> Meigen, 1804													1			
<i>Ptychoptera scutellaris</i> Meigen, 1818																
<b>Psychodidae</b>																
<i>Sycorax silacea</i> Haliday in Curtis, 1839													2			
<i>Clytocerus ocellaris</i> (Meigen, 1818)				2		1		2								1
<i>Panimerus</i> n sp.		1														
<i>Pericoma blandula</i> Eaton, 1893														1		
<i>Pericoma rivularis</i> Berdén, 1954	3	7	9	4		2	11	1			1	2				
<i>Pneumia buceciana</i> Vaillant, 1981				2												
<i>Pneumia mutua</i> (Eaton, 1893)		1														
<i>Pneumia trivialis</i> (Eaton, 1893)	24	21	8	29		1		4						3		5
<i>Chodopsycha buxtoni</i> (Withers, 1988)															1	
<i>Chodopsycha lobata</i> (Tonnoir, 1940)			8	10			1				1				1	
<i>Logima erminea</i> Eaton, 1893				9	2											
<i>Logima satchelli</i> (Quate, 1955)			3	5	1		1	2			2	3				1
<i>Psychoda phalaenoides</i> (Linnaeus, 1758)			2	4		1	1	1			1	2		2	1	1
<i>Psychodocha cinerea</i> Banks, 1894							1									
<i>Psychodocha gemina</i> (Eaton, 1904)			1	56				1			2				1	6
<i>Psychodula minuta</i> (Banks, 1894)															1	
<i>Trichopsychoda hirtella</i> (Tonnoir, 1919)				1												
<i>Peripsychoda auriculata</i> (Curtis, 1839)			1	1								1				
<i>Philosepedon balkanicum</i> Krek, 1970		1	5	33		1	4	6			4			1		2
<i>Sciria advena</i> (Eaton, 1893)			1	5												
<b>Dixidae</b>																
<i>Dixella aestivalis</i> (Meigen, 1818)																1
<i>Dixella borealis</i> (Martini, 1929)		3	2	1		1	4	1			3			1	3	
<i>Dixella filicornis</i> (Edwards, 1926)		3				8				3				1	23	2
<i>Dixa nebulosa</i> (Meigen, 1830)															2	
<b>YKSILÖMÄÄRÄ</b>	<b>139</b>	<b>107</b>	<b>369</b>	<b>340</b>	<b>132</b>	<b>96</b>	<b>342</b>	<b>278</b>	<b>141</b>	<b>153</b>	<b>502</b>	<b>435</b>	<b>139</b>	<b>59</b>	<b>142</b>	<b>141</b>
<b>LAJIMÄÄRÄ</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>54</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>42</b>	<b>40</b>

