

JUKKA SALMELA

Pakko tappaa

– hyönteisten keräämisen tieteelliset perusteet

Hyönteiset ovat maapallon runsaslajisin eliöryhmä. Uusia tieteelle kuvaamattomia lajeja löydetään kaiken aikaa, ja nimettömiä lajeja voi olla jopa miljoonia. Hyönteisten nimeäminen ja lajimäärän arvioiminen ovat tieteellistä toimintaa, joka perustuu näytteisiin. Julkisiin kokoelmiin sijoitetut näytteet ovat tutkijoiden käytössä, kansallisuudesta tai oppiarvosta riippumatta. Hyönteisten määrittäminen on vaikeaa. Asiantuntijaksi voi tulla vain kuten viulunsoittajaksi – pitkäjänteisellä ja tinkimättömällä työllä. Lajien oikea määrittäminen on niin biologisen tutkimuksen kuin luonnonsuojelunkin perusta.

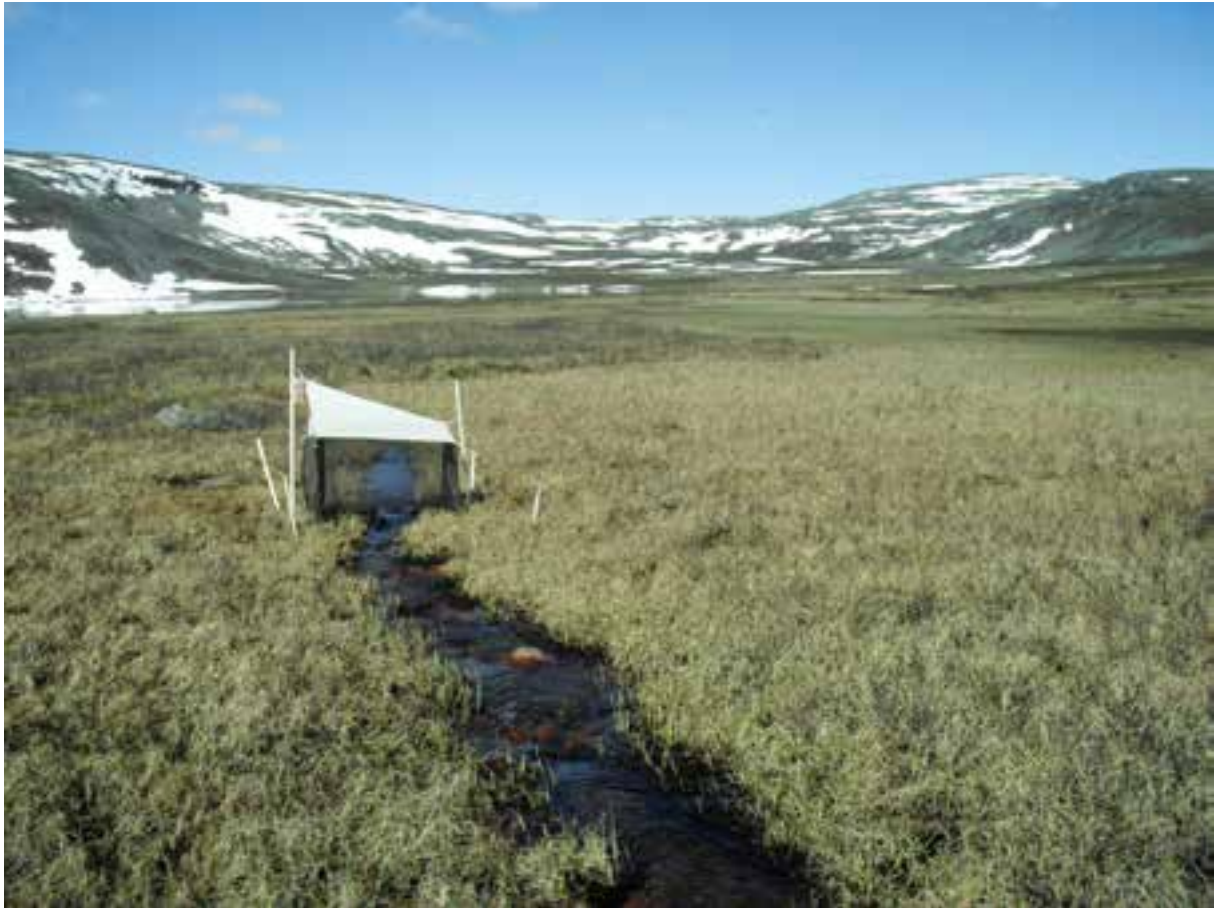
Suomalainen luonnontutkija Reinhold Ferdinand Sahlberg (1811–1874) teki matkan maailman ympäri 1830-luvulla¹. R. F. Sahlberg oli ajalleen tyypillinen luonnontutkija: hän oli akateemisesti koulutautunut ja kiinnostunut kaikesta, mikä kasvoi paikallaan, lensi, ui, mateli tai käveli. Lisäksi luonnontutkimus kulki suvussa, sillä hänen isänsä Carl Reinhold Sahlberg (1779–1860) oli luonnonhistorian professori ja yksi suomalaisen hyönteistieteen pioneereista². R. F. Sahlberg oli hyvä ampuja. Ampumataidosta olikin maailmanympärimatkalla hyötyä, sillä useimpien lintujen määrittäminen ei tuolloin ollut mahdollista ilman tappamista. Linnun nahka tai täytetty lintu oli kätevä todiste siitä, että siivekäs oli todella havaittu jossakin paikassa. R. F. Sahlbergin aikalaiset, luonnonvalinnan mekanismin toisistaan riippumatta keksineet Alfred Russel Wallace (1823–1913) ja Charles Darwin (1809–1882), kantivat tutkimusmatkoillaan niin ikään kivääriä aina mukanaan ja ampuivat näkemänsä linnut jos vain pystyivät³. 1900-luvun alkutaiteessa pankkiirisuvun upporikas vesa Walter Rothschild (1868–1937) keräsi kaikkien aikojen suurimman yksityisen eläinkokoelman, joka koostui erityisesti linnuista ja perhosista⁴.

Suomessakin vielä 1940-luvulla myös harvinaisia lintuja saatettiin ampua havainnon luotettavuuden varmistamiseksi⁵. 1950-luvulta alkaen lintujen kartoittaminen (laskenta) on perustunut kuulo- tai näköhavaintoihin; esimerkiksi pesivät reviiirilinnut on mahdollista määrittää koiraiden lauluäänien perusteella lajilleen⁶. Lisäksi verkkopyynti taiten toteutettuna ei vahingoita lintuja vaan mahdollistaa määrittämisen ohella mittauksen, verinäytteen otton, kuntoanalyysin tai muun vastaavan toimenpiteen elävältä yksilöltä. Nykyisin lintuja ei juuri ammuta tieteellisiä kokoelmia varten, mutta näin saatetaan tehdä, jos on tarpeen kuvata tieteelle uusi laji, josta ei ole aikaisempia kokoelmayksilöitä⁷. Näyttävä ei kuitenkaan ole pakko kerätä: hiljattain Intiasta tieteelle uutena kuvatusta linnusta otettiin vain mitat, kuvat

ja pari höyhentä⁸. Lintututkijalla ei siis enää näe asetta olallaan, eikä munien kerääminen ilman poikkeuslupaa ole Suomessa sallittua. Myös eräiden hyönteisryhmien parissa on kasvava määrä harrastajia, jotka eivät kerää kokoelmaa vaan dokumentoivat havaintonsa valokuvamalla.

Pienen myrskyn vesilasissa nosti tuore kirjoitus *Science*-lehdessä. Siinä väitettiin, että lajien tieteellinen kerääminen voi lisätä harvinaisten lajien sukupuutto-riskiä⁹. Yhtenä esimerkkinä kirjoittajat käyttivät sukupuuttoon kuollutta siivetöntä ruokkia (*Pinguinus impennis*). Viimeinen pesivä pari päätyi osaksi Kööpenhaminan eläinmuseon kokoelmaa. Kirjoituksessa myös suositeltiin, että yksilöiden keräämisestä tulisi luopua ja lajit määrittää valokuvien, eläviltä yksilöiltä kerättyjen kudoksenäytteiden tai äänien perusteella. Kirjoitukseen vastattiin välittömästi saman lehden myöhemmässä numerossa, peräti 125 kirjoittajan voimin¹⁰. Vastineessa korostettiin, että lajien häviämisen ylivoimaisesti tärkeimmät syyt ovat elinympäristöjen häviäminen tai pirstoutuminen, liiallinen tappaminen tai vieraslajit – ei suinkaan yksilöiden kerääminen tutkimusta varten. Lisäksi vastineessa todettiin, että suurinta osaa eliöistä ei voi määrittää lajitasolle kuvien tai äänien perusteella. Eliöt saattavat myös olla niin pieniä, että kudoksenäytteen ottaminen yksilöä tappamatta on mahdotonta.

Sahlbergin, Wallacen, Darwinin, Rothschildin ja muiden keräämä tieteellinen aineisto palvelee tutkijoita tänäkin päivänä. Oikein säilytettyinä museoidut nahat ja neulatut hyönteiset ovat periaatteessa ikuisia. Kuka tahansa tutkija voi pyytää lainaksi mitä tahansa yksilöä tai mennä johonkin museoon ja pyytää nähtäväksi haluamansa yksilöt. Lajit ovat hypoteeseja, ja niiden rajaukset voivat muuttua ajan saatossa. Siksi museot ovat biodiversiteettitutkimuksen kivijalkoja. Laji on nimittäin biologian tärkein käsite, vaikka sille ei yhtä hyvää määritelmää olekaan¹¹. Miten lajit on mahdollista erottaa toisistaan, ja mihin niiden määrittäminen perustuu? Miksi hyönteistutkijoiden on välttämätöntä



Kuva 1.

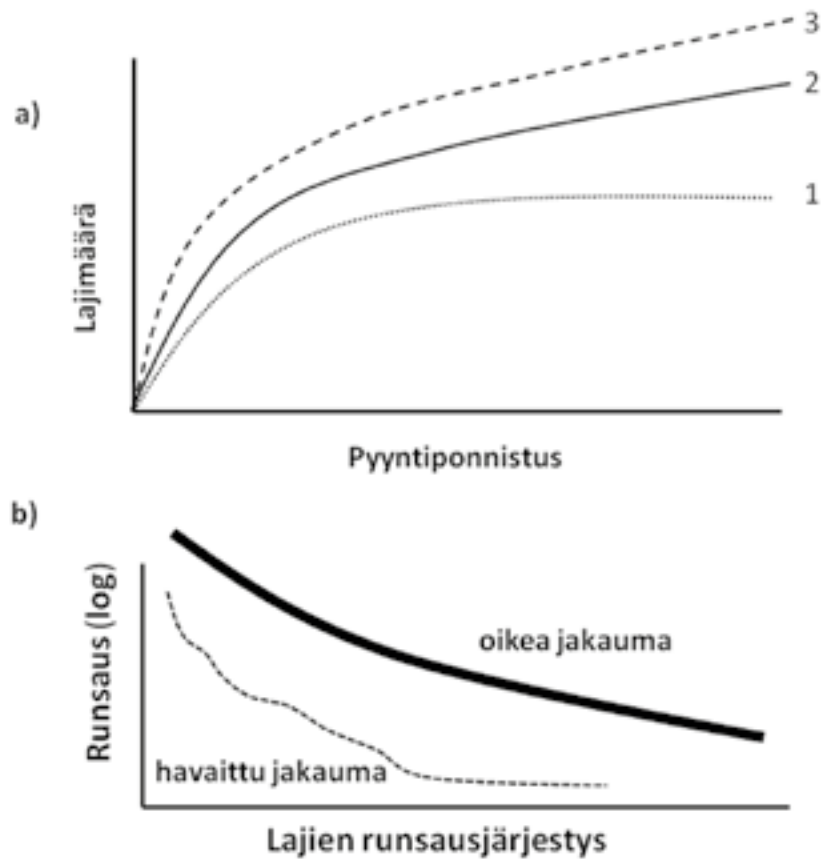
Malaise-hyönteisrysi Käsivarren erämaa-alueella, lähellä Toskajärveä. Malaise-pyydys on passiivinen hyönteisansa, eli se ei houkuttele hyönteisiä. Kun otus törmää keskikankaaseen, se lähtee kiipeämään ylöspäin ja päättyä lopulta purkkiin. Malaise-pyydys soveltuu erityisesti mm. kaksisiipisten ja pistiäisten keräämiseen. Kuva: Jukka Salmela/ Metsähallitus, 7/2014.

selvää, että kaikissa eliöryhmissä on vaikeita tapauksia, joista ei välttämättä ole yksimielisyyttä. Lajit voivat risteytyä, olla partenogeneettisiä (alkio syntyy munasolusta ilman koiraspuolista sukusolua) tai lajien kehityslinjat ovat eronneet niin äskettäin, että niiden erottaminen on vaikeaa pelkän morfologian perusteella²⁴.

On tärkeää, että lajit määritetään oikein, sillä pätevä ekologinen tieto voi perustua vain oikeaan taksonomiseen ymmärrykseen. Oppikirjoissa usein mainittuja esimerkkejä ovat horkkahyönteiset (*Anopheles*), joista kaikki eivät ole malariavektoreita²⁵. Torjuntatoimet tulisi kohdistaa juuri haitallisiin lajeihin. Toisaalta on tärkeä erottaa uhanalaiset tai häviämisaarassa olevat lajit oikein, koska havaintojen perusteella lajien elinympäristöt voidaan suojella tai ottaa hoidon piiriin. Väärin mennyt määrittäminen ei tässä tapauksessa uhkaa kenenkään henkeä, toisin kuin malaria, mutta se voi tuhlaata vähän luonnonsuojelun resursseja tai loukata kansalaisten oikeusturvaa²⁶.

Miksi suuret näytemäärät ovat välttämättömiä?

Kuvitellaan toinen tilanne, jossa tutkimusryhmän pitäisi selvittää pienehkön suomalaisen suojelun alueen, pinta-alaltaan sata hehtaaria, hyönteislajisto hämähäkit mukaan lukien. Kuvitellaan vielä epärealistisesti, että selvityshankkeella olisi iso budjetti, miljoona euroa. Sadan hehtaarin alue kattaisi erilaisia metsiä, soita, pienvesiä ja pari vanhaa niittyäkin. Tälle suojelun alueelle kohdistuisi ennennäkemätön pyyntiponnistus. Tutkimusryhmä asettaisi yhteensä kymmeniä valo-, syötti-, ikkuna-, kuoriutumis- ja Malaise-rysiä (Kuva 1) eri elinympäristöille, kaivaisi maahan satoja kuoppapyödyksiä, seuloisi kari-ketta, tekisi keväästä syksyyn vakioituja haavipyyntejä, karistaisi hämähäkkejä, kemppejä, kaskaita ja luteita varvikosta, potkisi pohjaeläimiä puroista ja kerran jopa sumuttaisi haapojen ja mäntyjen latvuksia.



Kuva 2.

a) Näyte- tai yksilömäärään perustuvia kertymä- eli rarefaktiokäyriä (1, 2). Rarefaktio standardisoi näytteen, jolloin eri kohteiden lajimääriä on helpompi verrata tietyn pyyntiponnistuksen suhteen (esim. 100 yksilöä, 10 kuoppapyydystä). Mikäli käyrä tasaantuu (1), lisäpyynti ei enää tuota uusia lajeja. Käyrän ollessa yhä nouseva, kuten tässä (2), voi olettaa, että tutkimusalueella on havaitsemattomia lajeja. Ennustettu lajimäärä (3) perustuu johonkin parametriseseen tai ei-parametriseseen malliin todellisesta lajimäärästä. Mikäli ennustettu ja havaittu käyrä kohtaavat toisensa, voidaan pyyntiponnistusta pitää riittävänä.

b) Lajiston runsausjakauma logaritmisella asteikolla. Yhteisön runsain laji on äärimmäisenä vasemmalla ja harvinaisin laji äärimmäisenä oikealla. Kuvan paikallisyhteisössä (havaittu jakauma) on useita yhden yksilön voimin esiintyviä lajeja, "singletoneja" (jakauman pitkä häntä). Yhtenäisellä paksulla viivalla on hahmoteltu ideaali metayhteisön lognormaali-tyyppinen runsausjakauma, jossa on eniten keskimäärin runsaita lajeja, ja harvinaiset lajit eivät ole enemmistönä. Havaittu näytteisiin perustuva jakauma on eräänlainen otos todellisesta lajien runsausjakaumasta, jota on hyönteisillä usein mahdoton suoraan laskea.

”On helppo kerätä isoja aineistoja, mutta lajilleen määrittäminen vie aikaa ja rahaa.”

Maastokauden loputtua parikymmentä erikoiskoulutettua opiskelijaa ja maisteria kävisivät aineiston kimppuun eli erittelisivät saaliin heimo- ja lahkotasolle. Lopulta kymmenet asiantuntijat, lajiryhmiensä huippuosaajat, saisivat eteensä kauniin rivistön pirtuputkia tai pakastelaatikoita, joissa vesiperhoset, harsosääsket tai ryhäkärpäset odottaisivat määrittämistä ja taulukointia. Määrittäminen etenisi yllättävän nopeasti: jo yhden vuoden aikana 120 asiantuntijasta 80 prosenttia olisi saanut hommansa hoidetuksi. Tutkimusryhmän johtaja kokoaisi lajitaulukot yhdeksi massiiviseksi matriisiksi nähdäkseen, mitä on saatu aikaan: 3 000 havaittua lajia, joista 40 tieteelle kuvaamattomia ja 100 Suomelle uusia, 2 950 suojelealueelle uusia. Kerätty yksilömäärä olisi 1 000 000. Tutkimusryhmä kohottaisi saavutukselleen laseja illanvietossa, mutta itseksensä nurkassa jupiseva totuudenpuhujalataistaisi tunnelman kysymällä, oliko pyyntiponnistus kuitenkaan riittävä.

Juhlusta selvitettyään tutkimusryhmän johtaja laittaisi tietokoneen päälle, avaisi matriisin sekä pari tilasto-ohjelmaa. Muutaman minuutin kuluttua hän tarkastelisi lajiston runsausjakaumaa ja lajiston kertymäkäyrää (Kuva 2a). Kertymäkäyrä ei tasaantuisi, vaan olisi yhä nouseva (2). Kun tutkimusryhmän johtaja piirtäisi havaitun lajiston käyrän lisäksi ennustetun lajimäärän käyrän samaan kuvaan (3), hän kauhukseen huomaaisi, että käyrät eivät ”osuisi yhteen” vaan jäisivät kauaksi toisistaan. Lajien runsausjärjestystä kuvaava käyrä (Kuva 2b) osoittaisi, että muutama kymmenen lajia olisi superrunsaita käsittäen yli puolet kerätystä yksilömäärästä. Loput lajit olisivat enemmän tai vähemmän harvinaisia,

ja 15 % lajeista (450 lajia) olisi havaittu vain kerran, yhden yksilön perusteella (havaittu jakauma).

Yllä kerrottu esimerkki voisi olla totta sillä erotuksella, että tuskin kukaan myöntäisi miljoonaa euroa yhden neliökilometrin hyönteisinventointiin. Jos hyönteisten lisäksi pitäisi selvittää koko eliöstö (sammalet, jäkälät, sienet, punkit, levät, vesien meiofauna eli pohjan pieneliöstö, kalat, linnut ynnä muu), tulisi budjetti vähintään kaksinkertaista. On helppo kerätä isoja aineistoja, mutta lajilleen määrittäminen vie aikaa ja rahaa²⁷. Kertomuksen lajimäärä olisi myös mahdollinen, samoin lajiston runsausjakauma. Mutta onko totuudenpuhujan sivallus riittämättömästä pyyntiponnistuksesta perusteltu? Ideaalitulanteessa lajiston kertymäkäyrän (Kuva 2a) pitäisi tasaantua, jotta pyyntiponnistusta voisi pitää riittävänä. Jos käyrä tasaantuu (1), se tarkoittaa, että lisäpyynti ei enää tuota uusia lajeja. Tämä näkemys on toki oikea, mutta ilmiöön törmätään harvoin vaikkapa metsäkovakuoriaisten inventoinneissa²⁸. Paikallisissa yhteisöissä, joissa maantieteellinen mittakaava on satojen metrien tai kilometrien luokkaa, runsausjakauma on väistämättä ”pitkähäntäinen”, kuten esimerkissämme (Kuva 2b). Näin on aina mantereilla, kuten Suomessa. Sadan hehtaarin tutkimusala ei ole ympäristöstään riippumaton kokonaisuus, vaan se on näyteala isommasta maantieteellisestä alueesta eli metayhteisöstä (esim. Fennoskandia), johon se on upotettu. Sadan hehtaarin tutkimusalue tai plotti ei ole sisäisessä tasapainotilassa eli sen pinta-ala ei suoraan määrää sen lajimäärää²⁹. Pinta-alaan nähden lajeja on aina liikaa. Mikäli plotti irrotettaisiin alustastaan ja vietäisiin keskelle Itämeren tai Atlanttia,

sen lajimäärä alkaisi pudota välittömästi. Harvinaisuudet karsiutuisivat pois, ja jäljelle jäävän yhteisön runsausjakauma olisi todennäköisesti niin sanottu *lognormaali* (eniten keskimääräisesti runsaita lajeja)³⁰. Harvinaisuudet häviäisivät, koska niiden populaatiot eivät saisi jatkuvaa vahvistusta lähialueilta.

Miten tutkimusryhmän johtaja voisi seuraavassa palaverissa vastata totuudenpuhujan kommenttiin? Pyyntiponnistusta monilajisten hyönteisryhmien inventoinneissa on vaikea arvioida, koska ideaalista lognormaalia jakaumaa voi olla mahdoton saavuttaa³¹. Mitä enemmän kerätään (enemmän yksilöitä, erilaisia pyyntimetoja, useita keräysvuosia), sitä enemmän näytteisiin saadaan myös harvinaisia lajeja. Vaikka yksittäiset ”singletonit” (Kuva 2b) eivät enää olisikaan lajirikkain runsausluokka, on lähes varmaa, että yhden yksilön voimin edustettuja lajeja olisi liikaa lognormaaliin malliin nähden. Mielestäni oleellista on, onko kertymäkäyrä taittunut (Kuva 2a). Mikäli rarefaktiokäyrä on jyrkästi nouseva suora, ei pyyntiponnistusta voi pitää riittävänä. Lajimääräennusteet (Chao, Jackknife, ICE yms.³²) ovat toki hyviä, ja niiden avulla voi arvioida ”todellista” lajimäärää. Ongelmana näissäkin on, että lajimääräennuste kasvaa yleensä yhtä matkaa havaittujen lajien määrän kanssa (Kuva 2a, 2 & 3). Analyysissa voi ottaa huomioon lajiston elinympäristövaatimukset. Mikäli tutkitaan vaikkapa suofaunaa, voi näytteen laadun arvioinnin tehdä erikseen suolajistolle ja kaikille havaituille lajeille, koska hyönteisnäytteet tapaavat sisältää yksilöitä tutkitavan elinympäristön ulkopuolelta³³.

Lopuksi

Hyönteislajeja on paljon, kenties miljoonia, ja niistä enemmistö on vielä tieteelle tuntemattomia. Hyönteisten yksilömäärät ovat suuria, mutta ne ovat epätasaisesti jakautuneet. Tietystä yhteisössä on tavallisesti korkeintaan muutama hyvin runsas laji, ja loput ovat enemmän tai vähemmän harvinaisia. Runsausjakauman häntäpäähän harvinaisuudet ovat usein niitä, jotka ovat uhanalaisia tai joiden vuoksi suunnitellaan elinympäristön hoitoa tai ennallistamista. Jotta näihin harvinaisiin lajeihin pääsisi käsiä eli saisi tietoa siitä, eläköö niitä jollakin paikalla vai ei, tarvitaan isoja näytteitä. Pieniin näytteisiin tulee vain yhteisön runsaimpia lajeja, jotka ovat laajalle levinneitä ja yleisiä, eivät uhanalaisia.

Hyönteisten rauhoittaminen voi joissakin tapauksissa olla perusteltua, sillä kenenkään ei Suomessa tarvitse pyydystää vaikkapa isoapollon (*Parnassius apollo*) ollakseen varma lajinmäärityksestä. Toisaalta kaikkien päiväperhosten totaalirauhoitus romuttaisi vapaaehtoisvoimin tehdyn päiväperhosseurannan, ja arvokasta aineistoa tuottanut seuranta jouduttaisiin käytännössä ajamaan alas³⁴. Suoranainen karhunpalvelus Lapin ikikuuksikoiden perhosseurannoille oli pohjanharmoyökkösen (*Xestia borealis*) rauhoittaminen muutama vuosi sitten. Koska laji kuuluu Euroopan unionin Luontodirektiivin II-liitteen lajeihin, se rauhoitettiin automaattisesti koko EU:n

alueella. Harmi vain, että pohjoisissa kuusikoissa elää kymmenkunta muuta saman suvun lajia, joista pohjanharmoyökköstä on vaikea erottaa. Lajin havaintomäärät ovat romahtaneet, koska harrastajat eivät lain rikkomisen pelossa uskalla kerätä lajin potentiaalisilla esiintymiskoilla. Koska luonnonsuojelua usein perustellaan harvinaisten lajien esiintymisellä, voi turha rauhoittaminen kääntyä paradoksaalisesti suojelua vastaan.

Entomologia on erittäin laaja tieteenala, jonka harjoittajia palvelee muun muassa asevoimien, maa-, metsä- ja puutarhatalouden, lääketieteen, ympäristönsuojelun ja useiden eri biologian haarojen alalla. Hyönteisten oikea ja tarkka määrittäminen on tärkeää, jotta voimme suojautua hyönteisiltä, suojella niiden elinympäristöjä tai ymmärtää niiden evoluutiohistoriaa. Vaikka tulevaisuudessa koneet määrittäisivät massanäytteet DNA:n emäsjärjestyksen eroihin perustuen, on meillä edelleen suuri tarve puurtajille, jotka jaksavat keskittyä ja erikoistua jonkin hyönteisryhmän asiantuntijoiksi. Motivoitunut ihminen kera haavin, näytelaatikon ja mikroskoopin on edelleen erinomainen yhdistelmä. Harva hyönteistutkija on syntynyt Darwinin tai Rotschildin tavoin niin rikkaaseen perheeseen, että voisi halutessaan perustaa oman museon tai tutkimuslaitoksen. Hyönteistutkijat tarvitsevat paikkoja joissa tutkia aineistoja ja säilyttää niitä. Jonkun täytyy pitää huoli kokoelmista vielä sadan vuoden päästäkin. Hyönteiskokoelmissa ei ole kyse estetiikasta tai harvinaisten lajien omistamisen tuomasta perverssistä tyydytyksestä. Kyse on siitä, että voimme ylipäätään ymmärtää elonkirjoa ja sen vaihtelua maapallon eri kolkissa.

Viitteet

- 1 Saalas 1929.
- 2 Saalas 1956.
- 3 Quammen 1996.
- 4 Conniff 2011.
- 5 Oksanen & Vuorisalo 2006.
- 6 Väisänen ym. 1998.
- 7 Harris ym. 2014.
- 8 Athreya 2006.
- 9 Minteer ym. 2014.
- 10 Rocha ym. 2014.
- 11 Coyne & Orr 2004.
- 12 <http://www.catalogueoflife.org/>, tosin kuvattujen lajien määrää ei tiedetä sitäkään ihan tarkalleen.
- 13 Erwin 1982.
- 14 Mora ym. 2011.
- 15 Ks. esim. Veijalainen ym. 2012.
- 16 Riedel ym. 2013; Jaschhof & Jaschhof 2014.
- 17 Vaaksiaiset (Tipuloida tai Tipulidae *sensu lato*) ovat vertaimemätömiä sääskiä, kuuluvat kaksisiipisten hyönteisten (Diptera) sääskien (Nematocera) alalahkoon. Suomesta tunnetaan 340 lajia ja maailmasta n. 15000, Salmela & Petrasäinas 2014; Salmela ym. 2014.
- 18 Pilipenko ym. 2012.
- 19 Linnaeus 1758, ks. myös International Commission on Zoological Nomenclature, <http://iczn.org/code>.
- 20 Hyvä esimerkki määrittämissä on Rintala & Rinne 2011. Mainio revisio esim. Väisänen 1984. Ero määrittämissä ja revision välillä voi olla häilyvä, ks. esim. Chvála 1975.
- 21 Mutanen ym. 2013; Salmela ym. 2014.

- 22 Hebert ym. 2003.
 23 Ks. esim. Veijalainen ym. 2012.
 24 Dinca ym. 2013 on mielenkiintoinen tutkimus Euroopan *Leptidea*-päiväperhosista ja ns. kryptisistä lajeista; Salokannel ym. 2010 tuo uutta tietoa Suomen neitseellisesti eli partenogeneettisesti lisääntyvistä *Apatania*-vesiperhosista; Wahlberg ym. 2003 on tutkimus, jossa tutkitaan pohjoisamerikkalaisen päiväperhossuvun evoluutiohistoriaa; on selvää että eräiden lajien välillä on geeninvaihtoa.
 25 Hackett 1937.
 26 Väärä määrittäminen voi loukata oikeusturvaa, jos vaikkapa suojelualue (esim. erityisesti suojeltavan lajin rajausta ELY-keskuksen päätöksellä) perustetaan yksityismaalle väärän määrityksen vuoksi.
 27 Ks. esim. Lawton ym. 1997.
 28 Ks. esim. Martikainen & Kaila 2004.
 29 Rosenzweig 1995, luku 8, Island Patterns.
 30 Ks. esim. Hubbell 2001, Magurran 2004.
 31 Coddington ym. 2009.
 32 Ks. esim. Gotelli & Colwell 2011.
 33 Autio ym. 2013.
 34 Saarinen & Jantunen 2013.

Kirjallisuus

- Athreya, Ramana, A new species of *Liocichla* (Aves: Timaliidae) from Eaglenest Wildlife Sanctuary, Arunachal Pradesh, India. *Indian Birds*. Vol. 2, No. 4, 2006, 82–94.
- Autio, Olli, Salmela, Jukka & Suhonen, Jukka, Species richness and rarity of crane flies (Diptera, Tipuloidea) in a boreal mire. *Journal of Insect Conservation*. Vol. 17, 2013, 1125–1136.
- Chvála, Milan, The Tachydromiinae (Dipt. Empididae) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica*. Vol. 3, 1975, 1–336.
- Coddington, Jonathan A., Agnarsson, Ingi, Miller, Jeremy A., Kuntner, Matjaž & Hormiga, Gustavo, Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *Journal of Animal Ecology*. Vol. 78, No. 3, 2009, 573–584.
- Conniff, Richard, *Species Seekers. Heroes, Fools, and the Mad Pursuit of Life on Earth*. W. W. Norton, New York and London 2011.
- Coyne, Jerry A. & Orr, H. Allen, *Speciation*. Sinauer, Sunderland 2004.
- Dinca, V., Wiklund, C., Lukhtanov, V. A., Kodandaramaiah, U., Norén, K., Dapporto, L., Wahlberg, N., Vila, R. & Friberg, M., Reproductive isolation and patterns of genetic and ecological variation in a cryptic butterfly species complex. *Journal of Evolutionary Biology*. Vol. 26, No. 10, 2013, 2095–2106.
- Erwin, Terry, Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and Other Arthropod Species. *The Coleopterists Bulletin*. Vol. 36, No. 1, 1982, 74–75.
- Gotelli, Nicholas J. & Colwell, Robert K., Estimating species richness. Teoksessa *Biological Diversity. Frontiers in Measurement and Assessment*. Toim. Anne E Magurran & Brian J. McGill. Oxford University Press, Oxford 2011, 39–65
- Hackett, Lewis W., *Malaria in Europe*. Oxford University Press, London 1937.
- Harris, J. Berton C., Rasmussen, Pamela C., Yong, Ding Li, Prawiradilaga, Dewi M., Putra, Dadang Dwi, Round, Philip D. & Rheindt, Frank E., A New Species of *Muscicapa* Flycatcher from Sulawesi, Indonesia. *PlosOne*. 2014, DOI: 10.1371/journal.pone.0112657.
- Hebert, Paul D. N., Cywinska, Alina, Ball, Shelley L. & deWaard, Jeremy R., Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Vol. 270, 2003, 313–321.
- Hubbell, Stephen P., *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Monographs in population biology 32. Princeton University, Princeton and Oxford 2001.
- Jaschhof, Mathias & Jaschhof, Catrin, Zadbimya, a new genus of asynaptine Porricondyliinae (Diptera: Cecidomyiidae) with twenty-two new species from the cloud forest of Costa Rica. *Zootaxa*. Vol. 3866, No. 1, 2014, 1–29.
- Lawton, J. H., Bignell, D. E., Bolton, B., Bloemers, G. F., Eggleton, P., Hammond, P. M., Hodda, M., Holt, R. D., Larsen, T. B., Mawdsley, N.A., Stork, N. E., Srivastava, D. S. & Watt, A. D., Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*. Vol. 391, 1997, 72–76.
- Linnaeus, Carolus, *Systema nature per regna tria nature, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata*. Tukholma 1758.
- Magurran, Anne E., *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Oxford 2004.
- Martikainen, Petri & Kaila, Lauri, Sampling saproxylic beetles: lessons from a 10-year monitoring study. *Biological Conservation*. Vol. 120, 2004, 171–181.
- Minteer, Ben A., Collins, James P., Love, Karen E. & Puschendorf, Robert, Avoiding (Re)extinction. *Science*. Vol. 344, No. 6181, 2014, 260–261.
- Mora, Camilo, Tittensor, Derek P., Adl, Sina, Simpson, Alastair G. B. & Worm, Boris, How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PlosOne*. 2011, DOI: 10.1371/journal.pbio.1001127.
- Mutanen, Marko, Kaila, Lauri & Tabell, Jukka, Wide-ranging barcoding aids discovery of one-third increase of species richness in presumably well-investigated moths. *Scientific Reports*. Vol. 3: 2901, 2013, DOI: 10.1038/srep02901.
- Oksanen, Markku & Vuorisalo, Timo, Ekologisten kokeiden etiikka. *Tieteessä tapahtuu*. 7/2006, 5–17.
- Pilipenko, Valentin E., Salmela, Jukka & Vesterinen, Eero, Description and DNA barcoding of *Tipula* (*Pterelachisus*) *recondita* sp. n. from the Palaearctic region (Diptera, Tipulidae). *ZooKeys*. Vol. 192, 2012, 51–65.
- Quammen, David, *The Song of the Dodo. Island Biogeography in an Age of Extinction*. Scribner, New York 1996.
- Riedel, Alexander, Sagata, Katayo, Surbakti, Suriani, Tänzler, Rene & Balke, Michael, One hundred and one new species of Trigonopterus weevils from New Guinea. *ZooKeys*. Vol. 280, 2013, 1–150.
- Rintala, Teemu & Rinne, Veikko, *Suomen luteet*. Tibiale, Helsinki 2011.
- Rocha, Luiz A. & 124 muuta kirjoittajaa, Specimen Collection: an Essential Tool. *Science*. Vol. 344, No. 6186, 2014, 814–815.
- Rosenzweig, Michael L., *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge, Mass. 1995.
- Saalas, Uunio, *Suomalaisen luonnontutkijan matka maapallon ympäri 1839-43*. Otava, Helsinki 1929.
- Saalas, Uunio, *Carl Reinhold Sahlberg. Luonnontutkija, yliopisto- ja maatalousmies 1779-1860*. Historiallisia tutkimuksia 48. Suomen Historiallinen Seura, Helsinki 1956.
- Saarinen, Kimmo & Jantunen, Juha, *Päiväperhosen matkalla pohjoiseen*. Tibiale, Helsinki, 2013.
- Salmela, Jukka & Petrašiūnas, Andrius, Checklist of the infraorder Tipulomorpha (Trichoceridae, Tipuloidea) (Diptera) of Finland. Teoksessa *Checklist of the Diptera of Finland*. Toim. Jere Kahanpää ja Jukka Salmela, *ZooKeys*. Vol. 441, 2014, 21–36.
- Salmela, Jukka, Kaunisto, Kari & Vahtera, Varpu, Unveiling of a cryptic *Dicranomyia* (*Idiopyga*) from northern Finland using integrative approach (Diptera, Limoniidae). *Biodiversity Data Journal* 2: e4238, 2014.
- Salokannel, Juha, Rantala, Markus J., & Wahlberg, Niklas, DNA-barcoding clarifies species definitions of Finnish *Apatania* (Trichoptera: Apataniidae). *Entomologica Fennica*. Vol. 21, 2010, 1–11.
- Veijalainen, Anu, Wahlberg, Niklas, Broad, Gavin R., Erwin, Terry L., Longino, John T. & Sääksjärvi, Ilari E., Unprecedented ichneumonid parasitoid wasp diversity in tropical forests. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Vol. 279, No. 1748, 2012, 4694–4698.
- Väisänen, Rauno, A monograph of the genus *Mycomya* Rondani in the Holarctic region (Diptera, Mycetophilidae). *Acta Zoologica Fennica*. Vol. 177, 1984, 1–346.
- Väisänen, Risto A., Lammi, Esa & Koskimies, Pertti, *Muuttuva pesimälinnusto*. Otava, Helsinki 1998.
- Wahlberg, Niklas, Oliveira, Rita & Scott, James A., Phylogenetic relationships of Phyciodes butterfly species (Lepidoptera: Nymphalidae): complex mtDNA variation and species delimitations. *Systematic Entomology*. Vol. 28, 2003, 257–273.