

Hyttiset eli sääsket eli itikat ja niiden kiehtova elämä

Jukka Salmela*

Hyttiset eivät jätä ketään pohjoisen ihmistä kylmäksi. Niiden runsaudesta ja verenhimoisuudesta on kirjallisuudessa Olaus Magnuksesta lähtien suorastaan infernaalisia kuvauksia. Hyttysten runsaus pohjoisilla alueilla on kiistaton asia, mutta heimon monimuotoisuus on suurimmillaan vanhan maailman tropiikissa. Hyttiset levittävät useita eri tauteja, joille altistuu vuosittain miljardeja ihmisiä ja menehtyneet lasketaan sadoissa tuhansissa. Hyttiset ovat maailman eniten tutkittu hyönteisheimo ja niitä käsittelevä tieteellinen kirjallisuus täyttäisi hyvinkin yhden kirjaston. Mutta mitä muuta hyttiset ovat kuin kiusallisia verenimijöitä ja tautivektoreita?

Hyttysten synty ja monimuotoisuus

Hyttiset (Culicidae) kuuluvat kaksisiipisten (Diptera) lahkoon eli sääskiin ja kärpäsiin joilla on vain yksi siipipari ja lentoa tasapainottavat surkastuneet takasiivet, väristimet. Hyttiset sukulaisineen muodostavat niin sanotun Culicomorpha-ryhmän, johon kuuluvat mm. surviaissääsket, polttiaiset, mäkärät ja sulkahyttiset¹. Tässä ryhmässä lähes kaikki heimot ovat akvaattisia, eli niiden toukat elävät vedessä. Culicomorphan kehityshistoriallisesti vanhin heimo on surviaissääsket (Chironomidae), joka on myös ekologisesti kaikkein laaja-alaisin. Onkin oletettu, että muut akvaattiset sääskiheimot ovat poissulkevan kilpailun vuoksi joutuneet tarkemmin erikoistumaan tiettyyn elinympäristöön². Esimerkiksi norosääsket elävät kylmien virtavesien kivien päällä, joita roiskeet kastelevat ja sinkilähyttysten toukat elävät virtaavien ja seisovien vesien pintakalvoilla. Hyttiset eivät tässä suhteessa tee poikkeusta, sillä ne ovat erikoistuneet pieniin seisoviin vesiin.

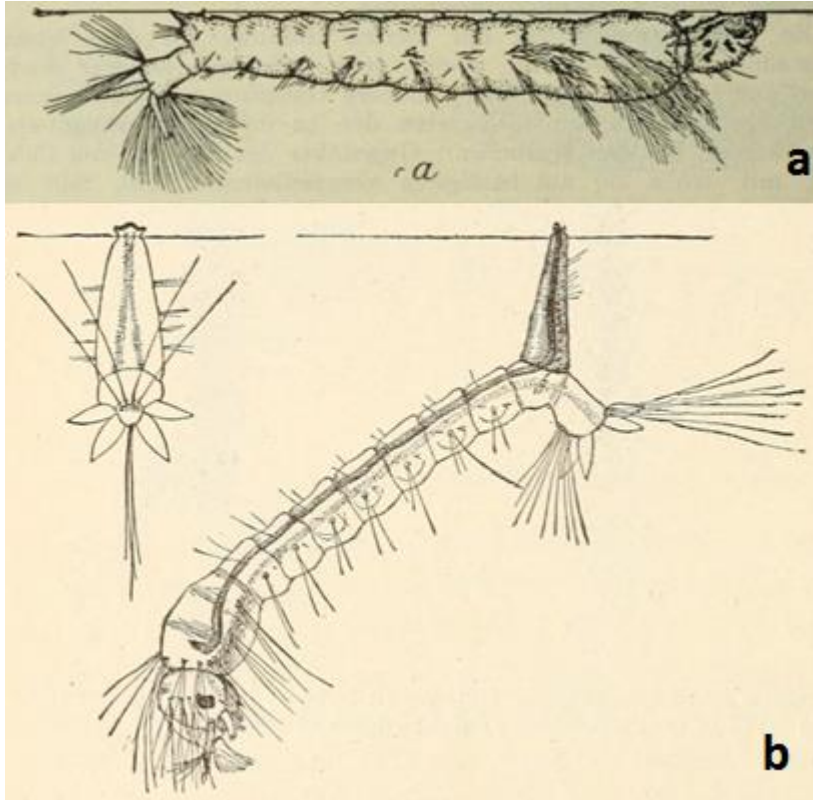
Vanhin hyttysfossiili tunnetaan liitukaudelta n. 100 miljoonan vuoden takaa. Tämä burmalaisesta meripihkasta löydetty *Burmaculex antiquus* on selvästi ollut kykenevä imemään verta, vaikka sen imukärsä on lyhyt verrattuna nykyisiin lajeihin. Vasta aivan hiljattain kuvattiin toinen yhtä vanha, niin ikään burmalaisesta meripihkasta löytynyt hyttynen, joka kuuluu selvästi horkkahyttysten (Anophelinae) alaheimoon³. Hyttiset ovat sulkahyttysten (Chaoboridae) ns. sisaryhmä, eli ne ovat toistensa läheisimpiä sukulaisia. Koska varhaisin tunnettu sulkahyttysfossiili tunnetaan jurakaudelta n. 170 miljoonan vuoden takaa, voidaan päätellä, että näiden kahden heimon yhteinen kantamuoto on elänyt tätä ennen ja kehityslinjat ovat eriytyneet todennäköisesti jurakauden alussa n. 200 miljoonaa vuotta sitten. Voidaan melko suurella varmuudella olettaa, että kantamuoto on ollut vertaimevä. Hyttysten linja jatkoi vertaimevää elintapaa, mutta aikuisten sulkahyttysten suosat surkastuivat ja niiden toukista kehittyi petoja. Jos näiden heimojen menestystä mitataan nykyisin tunnettujen lajien määrällä, on hyttysten valitsema linja ollut voitokas: hyttiset 3600 lajia, sulkahyttiset 50⁴.

Hyttysten heimo luokitellaan kahteen alaheimoon: Anophelinae (horkkahyttiset) ja Culicinae (aitohyttiset, suomennokset epävirallisia). Horkkahyttisiä tunnetaan n. 460 lajia ja tähän alaheimoon kuuluvat *Anopheles*-hyttiset, joista eräät lajit ovat malarialoision vektoreita. Horkkahyttysten toukat elävät pienten seisovien vesien pintakalvon tuntumassa,

* FT, dos., luonnontieteen amanuenssi

Lapin maakuntamuseo, Arktikum, Pohjoisranta 4, 96200 Rovaniemi; jukka.salmela@rovaniemi.fi

vaakatasossa pintaan nähden (Kuva 1a). Aitohyttiset ovat lajimäärältään ja ekologiaaltaan huomattavasti monimuotoisempi alaheimo, sillä tunnettujen lajien määrä on n. 3100⁵. Aitohyttysten toukat tyypillisesti ”roikkuvat” pää pohjaa kohti veden pintakalvossa pitkänomaisen hengitysputkensa varassa (Kuva 1b).

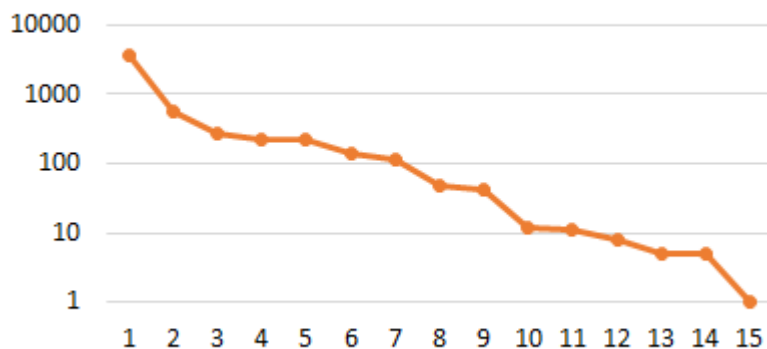


Kuva 1. a)
Horkkahyttystoukan
(Anophelinae) ja b)
aitohyttystoukan (Culicinae)
tyypilliset asennot veden
pintakalvolla. Suurin osa
hyttyslajien toukista on
riippuvaisia ilmakehän
hapestä, harvat lajit
käyttävät veteen liuennutta
happea. Kuvat: Prell (1917)
(a), Howard (1900) (b).

Hyttysten lajimäärä maapallolla on melko korkea, eikä kaikkia lajeja ole välttämättä toistaiseksi löydetty. Lajimäärä on suurimmillaan tropiikissa, varsinkin ns. orientin alueella Kaakkois-Aasiassa,

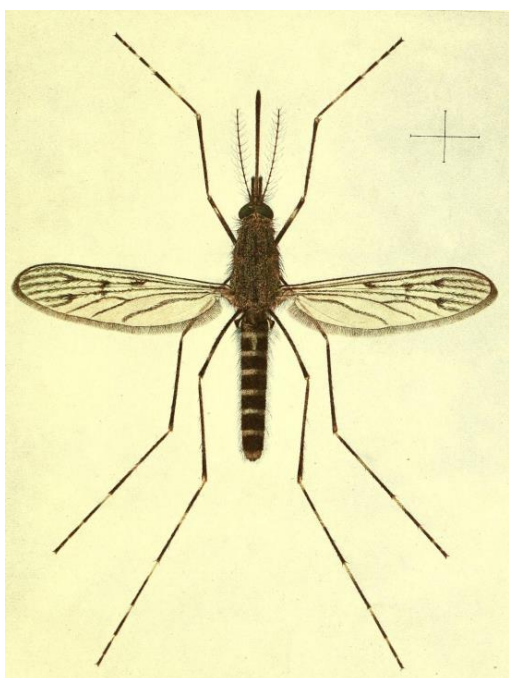
jossa tunnettujen lajien määrä on yli 1000. Länsi-Palearktiselta alueelta on havaittu 145 lajia, joista Euroopasta 104 lajia. Tieteelle uusien lajien löytyminen maanosastamme on epätodennäköistä. Saksasta tunnetaan 54 lajia, Ruotsista 52, Suomesta 41 ja Islannista ei yhtään. Mainittakoon, että Grönlannista tunnetaan vain kaksi lajia, *Ochlerotatus impiger* ja *O. nigripes*, jotka ovat maailman pohjoisimmat hyttyslajit⁶.

Pohjoismaissa hyttysten lajimäärä on suurimmillaan eteläisissä osissa. Esimerkiksi Suomessa kolmen eteläisimmän eliömaakunnan (Ahvenanmaa, Uusimaa, Varsinais-Suomi) lajimäärä on 31 ja kahden pohjoisimman maakunnan (Enontekiön ja Inarin Lappi) 16⁷. Keskisen Ruotsin Daljoen alaosalta on 17 seurantavuoden aikana havaittu peräti 30 lajia, joskin havaintomenetelmänä on käytetty vain pyydyksiä, jotka keräävät naaraita. Hiljattain tehdyssä tutkimuksessa Ahvenanmaalta havaittiin 27 lajia, jotka kerättiin kahden vuoden aikana useita eri menetelmiä käyttäen. Vuosina 1976 ja 1977 Keski-Pohjanmaalta Vihannista havaittiin toukkakeräysten perusteella 15 lajia. Aineiston runsain laji *Ochlerotatus communis* käsitti lähes 70 % kokonaisuksilömäärästä (Kuva 2). Fennoskandian hyttysille onkin tyypillistä, että pari–kolme lajia ovat erittäin runsaita loppujen ollessa vähälukuisia tai harvinaisia⁸.



Kuva 2. Hyttystoukkien runsausjakauma Vihannissa Keski-Pohjanmaalla 1976–1977. Pystyakseli logaritmisella asteikolla. Runsain laji *Ochlerotatus communis* käsitti 68 % 5248 toukan kokonaisyksilömäärästä, havaittu kokonaislajimäärä oli 15. Kuva on tehty Lumiaho & Itämies (1981) taulukon 1 mukaan.

Lajimäärän ohella monimuotoisuutta voidaan arvioida toiminnallisen monimuotoisuuden perusteella. Fennoskandian hyttysset voidaan luokitella kymmeneen eri ryhmään niiden elintapojen ja -kiertojen perusteella. Esimerkiksi yhden toiminnallisen ryhmän muodostavat lajit, i) jotka talvehtivat munina, ii) elävät sulamisvesilammikoissa, iii) joilla on yksi sukupolvi vuodessa ja iv) jotka aikuisina imevät pääasiallisesti nisäkkäiden verta. Tähän ryhmään lukeutuu eniten (20) meillä tavattavista lajeista, esimerkiksi *O. communis*, *O. punctor* ja *O. intrudens*, jotka ovat laajalle levinneitä ja runsaita. Toinen merkittävä ryhmä (9 lajia) ovat tulvahyttysset, jotka ovat muutoin samanlaisia edellisen ryhmän kanssa, mutta ne elävät tulvarannoilla ja niillä voi olla useampi sukupolvi⁹. Nämä hyttysset ovat Suomessa huonosti tunnettuja, mutta niihin kuuluu mm. *O. sticticus*, joka voi esiintyä haitallisen runsaana Ruotsin Daljoen alueella, sekä *Aedes rossicus*, jonka on havaittu esiintyvän runsaana Ruotsin puoleisen Tornionjoen alaosalla¹⁰. *Culiseta morsitans*-kirsihyttynen taas edustaa melko harvinaista toukkatalvehtijaa, jonka naaraat hakevat veriateriansa etupäässä linnuilta. Horkkahyttysten enemmistö, neljä *Culiseta*-lajeja (Kuva 3) ja *Culex*-lintuhyttysset talvehtivat aikuisina ja naaraat munivat suoraan veden pintakalvolle, eivät maahan kuten edellä esitetyt lajit. Horkkahyttysset imevät nisäkkäiden verta ja lintuhyttysset nimensä mukaisesti lintujen verta, poislukien *Cx. territans*, joka on sammakkoeläinten perään¹¹.



Kuva 3. Aikuisena talvehtiva *Culiseta annulata* esiintyy Suomessa ainakin maan eteläisissä osissa. Naaraat suosivat veriaterioinnissa nisäkkäitä ja munivat suoraan veden pinnalle. Kuva Austen (1906), nimellä *Theobaldia annulata*.

Hyttysten elinkierto ja -ympäristöt

Kuten kaikki kaksisiipiset hyönteiset, hyttyssetkin ovat holometabolisia eli niillä on täydellinen elinkierto (muna, toukka, kotelo, aikuinen). Sikiönkehitys alkaa välittömästi muninnan jälkeen. Suoraan veteen munivilla lajeilla (*Anopheles*, *Culex*, *Culiseta* osin) ei ole diapaussia (ympäristö määrää) tai dormanssia

(geneettisesti määräytyneet), joten toukka kuoriutuu munasta tyypillisesti 1–3 vuorokautta muninnan jälkeen. Sulamisvesihyttysillä kuoriutuminen ei voi tapahtua ennen kuin talvi kylmine ilmoineen on alkanut; tämä diapaussi estää munien kuoriutumisen esimerkiksi runsaiden syysateiden aikaan. Keväällä lumien sulaessa kuoriutuminen tapahtuu oikeaan aikaan. Tulvahyttysillä munat kuoriutuvat, kun tulvavesien muodostamien lampareiden veden happipitoisuus alkaa laskea ja lämpötila on riittävän korkea. Liian aikainen kuoriutuminen voisi viedä toukat virtauksen mukana tai altistaa ne kalojen saalistukselle. Lisäksi riittävä lämpö takaa toukkien nopean kehittymisen. Tulvahyttysten alttius kuoriutumiseen on korkeimmillaan talven jälkeen vesien lämmettyä ja se on pieni syksyllä valoisan ajan lyhentyessä. Mikäli olosuhteet (märkyys, lämpö) ovat otolliset, voi osa myös kuluvaan kesänä munituista munista kuoriutua, jolloin puhutaan toisesta sukupolvesta tai polysyklisyydestä¹².

Munasta kuoriutuva toukka on yleensä melko lyhytikäinen, mutta kehitykseen kuluvaan aikaan vaikuttaa suuresti vedenlämpötila. Esimerkiksi tulvahyttysellä *Aedes vexans* kehittyminen toukasta aikuiseksi vie 15 asteessa reilut 20 vuorokautta, mutta 30 asteessa siihen tarvitaan vain noin viikko. Toukka luo nahkansa kolme kertaa, eli eri toukkavaiheita on neljä. Kotelo, kuten toukkakin, on tarvittaessa vilkasliikkeinen ja takaruumiin kärjessä sijaitsevat nivelikkäät perämelat (anal paddles) toimivat ikään kuin pyrstönä, joka tuottaa lisävoimaa uintiin. Kotelo on toukan tavoin riippuvainen ilmakehän hapesta. Torvimaiset hengityspotket läpäisevät veden pintakalvon ja vievät hapen keskiruumiin hengitysaukoille. Kotelon sisällä oleva ilma pitää sen kelluvana, mutta tarvittaessa kotelo voi sukeltaa. Kotelovaihe on suhteellisen lyhyt, kestäen korkeintaan muutamia päiviä¹³.

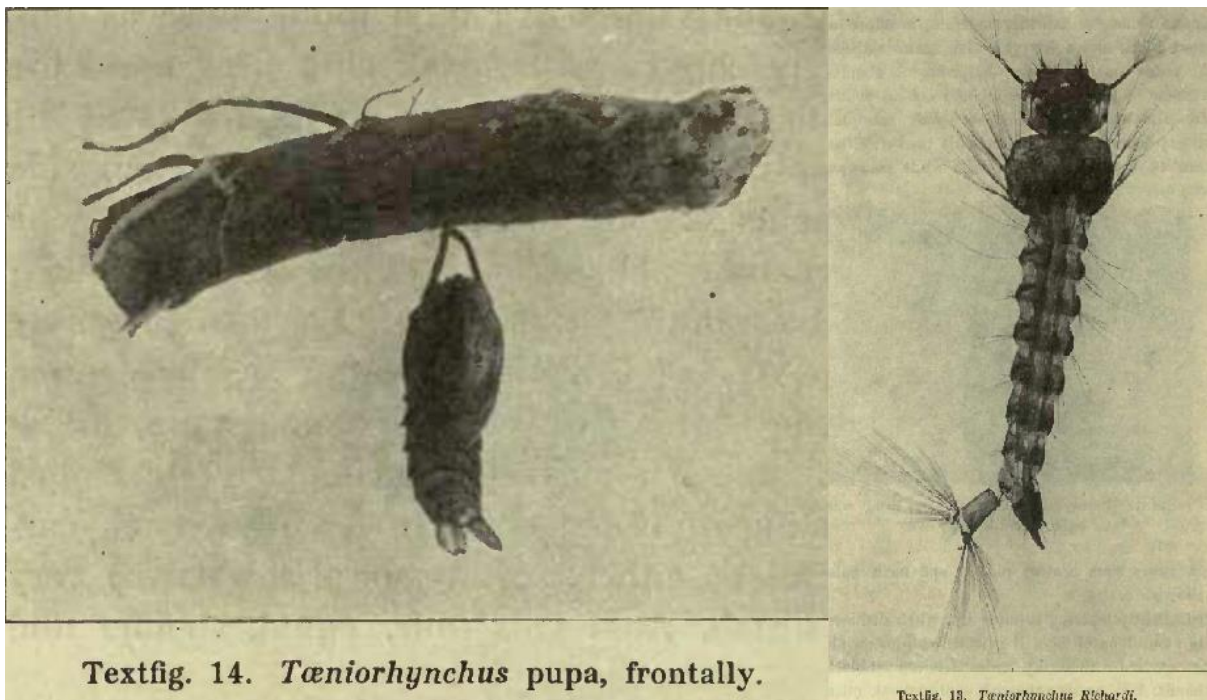
Muodonmuutokseen valmis kotelo pumppaa ilmaa kotelonahkan sisäpuolelle ja nahka halkeaa ns. cephalothoraxin (pää + keskiruumis) selkäpuolelta. Aikuinen hyönteinen työnnyttää pää edellä ulos nahkasta ja jää hetkeksi veden pintakalvolle kovettamaan siipensä. Yleensä koiraat kuoriutuvat hieman aikaisemmin kuin naaraat ja koiraat ovat valmiit paritteluun vasta kun niiden takaruumiin kärki sukuelimineen on kiertynyt 180 astetta¹⁴.

Useimpien lajien hyttyskoiraat muodostavat soidinparvia, joissa voi olla kymmeniä tai satoja yksilöitä. Soidinparveilu tapahtuu tyypillisesti ilta- tai aamuhämärässä, jonkin ”merkin” päällä joka edes jonkin verran erottuu muusta ympäristöstä (pensas tai ympäristöä vaaleampi/tummempi kohde). Koiraat tunnistavat naaraan tuntosarvillaan lentoäänien taajuuden perusteella ja ottavat naaraan ilmassa kiinni jaloillaan. On myös havaintoja, että naaraat muodostavat omia parviaan lähelle koiraiden parvia. Kopulaatio eli parittelu voi alkaa ilmassa, mutta usein se saatetaan päätökseen kiinteällä alustalla. Parittelu kestää muutamia sekunteja tai noin minuutin ja sinä aikana koiras luovuttaa naaraalle siittiöpakettin, jonka naaras säilöo erityiseen varastoon, spermathecaan. Lisäksi koiras erittää parittelun yhteydessä ns. matronae-ainetta, joka estää parittelut muiden koiraiden kanssa. Koiras voi paritella useita kertoja¹⁵.

Toki hyttysten laajaan heimoon mahtuu myös poikkeuksia, joilla suvunjatkaminen ei tarvitse parveilua. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa esiintyvän *Wyeomyia smithii* -hyttysten koiraan tuntosarvet ovat surkastuneet eikä laji parveile. Koska *Wyeomyian* elämä on sidoksissa ruukkumaiseen lihansyöjäkasviin (*Sarracenia purpurea*), kohtaavat sukupuolet toisensa ruukun sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä. Uuden-Seelannin kotoperäinen ”rock-pool mosquito” *Opifex fuscus* ei myöskään parveile. Aikaisin kuoriutuvat koiraat etsivät näköaistin perusteella pinnalla olevia koteloita, jotka ovat kuoriutumassa, ja tarttuvat niihin pitkien

etujalkojen kynsien avulla; kopulaatio tapahtuu ennen kuin naaras on kunnolla kuoriutunut. Suunnilleen samalla tavoin käyttäytyy myös Floridan ja Keski-Amerikan ”crab-hole mosquito” *Deinocerites cancer*, jonka koiraat parittelevat vastakuoriutuneiden tai vielä pupanahkan sisällä olevien naaraiden kanssa, ja koiraat taistelevat koteloiden omistuksesta. Nämä poikkeukselliset tapaukset, joissa parveilua ei ole, esiintyvät lajeilla, joiden lisääntymisympäristö on hyvin pienialainen ja joilla alttius levittäytymiseen on hyvin vähäinen¹⁶.

Hyttysten toukat tarvitsevat kehittyäkseen aina vesielinympäristön. Koska hyttystoukat ovat suhteellisen suuria ja erittäin näkyviä, ovat ne herkkiä kalojen saalistukselle. Tästä syystä hyttystoukat eivät juurikaan esiinny isommissa vesissä; ainoa meikäläinen poikkeus tähän sääntöön on erikoinen *Coquillettidia richiardii* (Kuva 4), joka ottaa tarvitsemansa hapen vesikasvien solukoista¹⁷. Näin ollen paikallaan pysyvä toukka ei ole altis näköaistin avulla saalistaville pedoille. Hyttystoukat ovat herkkiä kuivumiselle ja suurin osa toukista menehtyy suhteellisen pian, jos niiden asuttama lampi kuivuu kesken kaiken. Kuitenkin tulvahyttysten *Ae. vexans* toukka voi selvitä useita päiviä kosteassa maassa ja kuoriutua aikuiseksi vaikka vapaata vettä ympärillä ei enää olisikaan¹⁸.



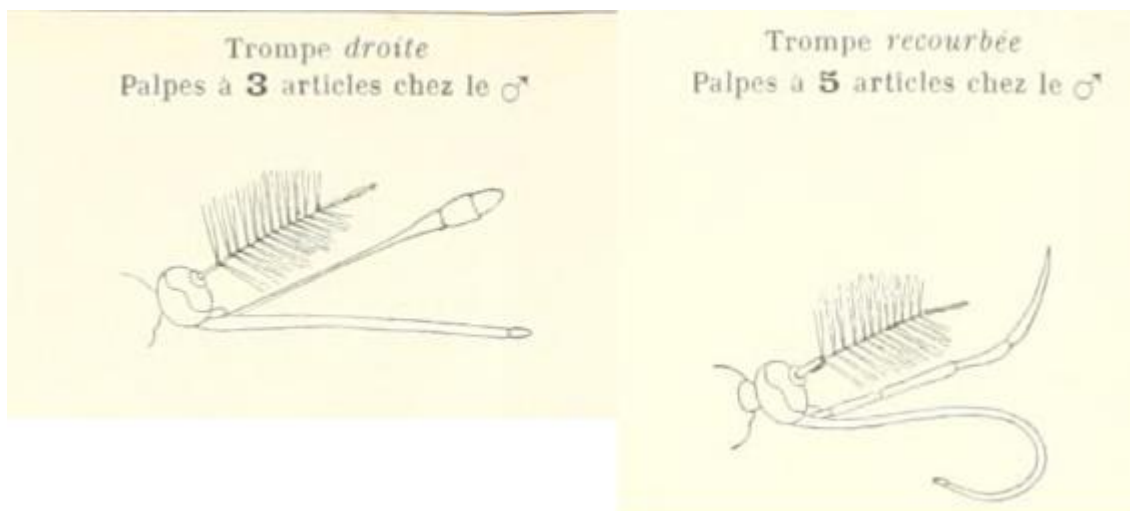
Kuva 4. *Coquillettidia richiardii*, kotelo (vas.) ja toukka (oik.). Toukka ja kotelo ottavat tarvitsemansa hapen putkilokasvien solukoista, eikä niiden tarvitse tehdä pintakäyntejä. Kuvat Wesenberg-Lund (1920).

Hyttystoukkia tavataan Suomen olosuhteissa tavallisimmin pienissä sulamisvesilammikoissa, jotka ovat kausikuivia¹⁹. Hieman suuremmissa, pysyvissä mutta kalattomissa lammissa ja suurimmissa on suuret tiheydet selkärangatonpetoja, varsinkin sulkahyttysiä, jotka saalistuksellaan rajoittavat hyttysten esiintymistä. Näissä vesissä tapaa kuitenkin *Culiseta*- ja *Anopheles*-toukkia, joiden toukkavaiheet sattuvat keski- ja loppukesään. Tässä vaiheessa tärkeimmät selkärangatonpedot (sulkahyttysset *Mochlonyx*, *Cryophila*) eivät enää ole läsnä tai ne esiintyvät pieninä toukkina (toukkina talvehtivat *Chaoborus*-lajit), kykenemättöminä saalistamaan itseään suurempia hyttysiä²⁰. Hyttystoukkia voi tavata pienistä kalliolampareista

tai puiden onkaloista joihin kerääntyy vettä, sekä tiettyjä lajeja myös lukuisista ihmisen luomista vesikokoumista (hylätyt autonrenkaat, vesisaavit, lintualtaat tai jopa sisätilojen viemärit). Eräät lajit kestävät hyvin suolapitoisuutta ja niitä tavataan merenrantakosteikoilla. Esimerkiksi *Ochlerotatus caspius* kestää huomattavaa 12 % suolapitoisuutta²¹.

Veriateria ja muninta

Parittelun jälkeen hyttysnaaras on valmis etsimään isännän veriateriaa varten. Hyvin harva hyttyslaji pystyy tuottamaan munia ilman veriateriaa, tai jos pystyykin, niin vain yhteen munimiskertaan. On kuitenkin eräitä hyttysiä, jotka eivät ime lainkaan verta. Suurikokoisten *Toxorhynchites* "elephant mosquitoes" aikuisten imukärsä on käyrä (Kuva 5) ja ne käyvät vain kukilla, ja trooppinen *Malaya jacobsoni* koittaa saada tipan nestettä suoraan bambun latvuksessa ruokailleen muurahaisen suusta. Hyttyskoiraat käyvät kukilla tai imevät kirvojen mesikastetta ja näin tekevät myös naaraat, koska elintoimintoja varten tarpeellisia sokereita ei saa verestä²².



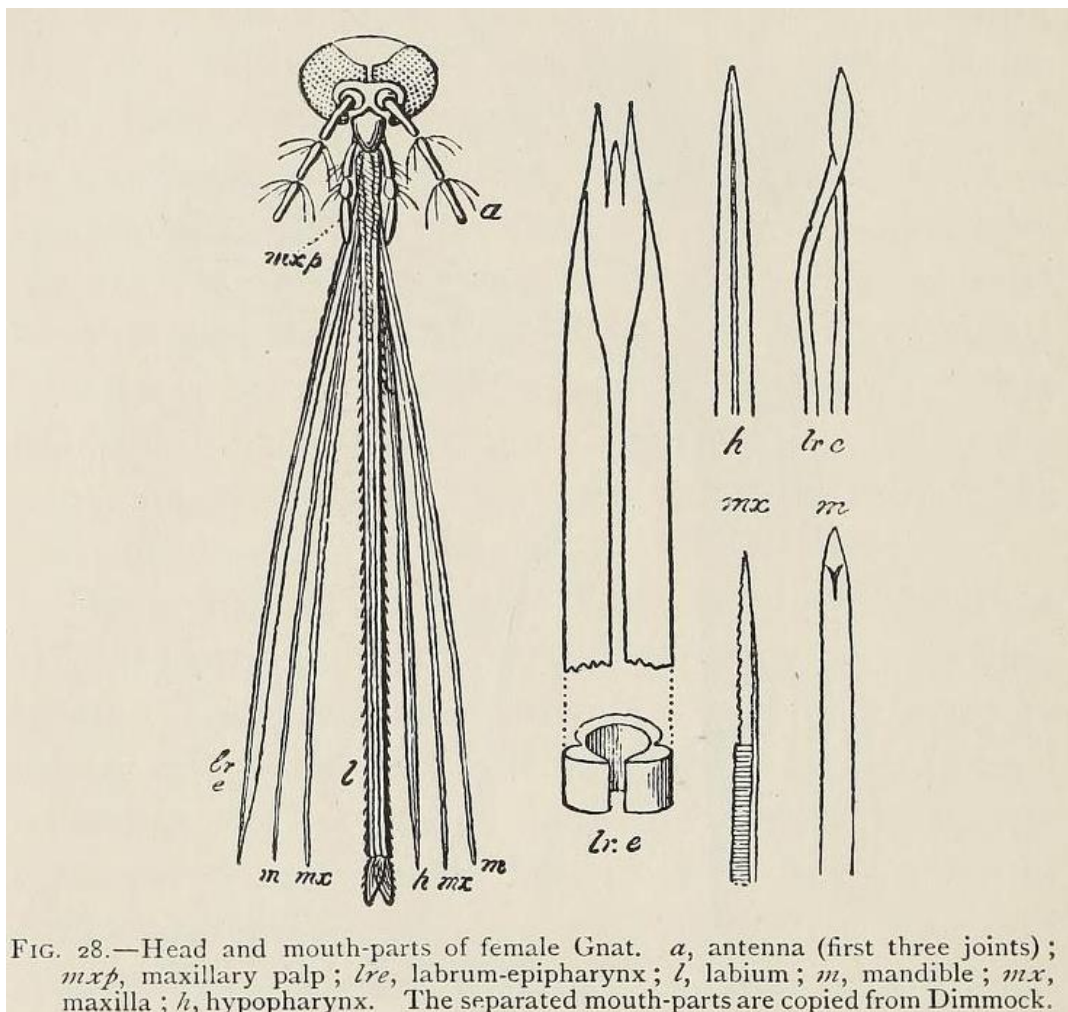
Kuva 5. Suurimmalla osalla hyttyslajeista imukärsä eli proboscis ("Trompe") on suora (vas.), mutta suvun *Toxorhynchites*-hyttysillä se on molemmilla sukupuolilla käyrä (oik.); naaraat eivät ime lainkaan verta. Kuvat Neveu-Lemaire (1902).

Hyttysten pääasialliset veriateriakohteet ovat selkärangkaisia eläimiä, kuten nisäkkäitä, lintuja, sammakkoeläimiä ja erilaisia matelijoita. Vasta aivan hiljattain havaittiin, että pohjois-amerikkalainen *Uranotaenia sapphirina* imee verta juotikkailta ja nivelmadoilta eli selkärangattomilta eläimiltä²³. Vertaimevät hyttysset eivät koskaan liene erikoistuneet vain yhteen isäntäeläimeen, mutta useimmat lajit suosivat esimerkiksi joko nisäkkäitä tai lintuja. Toisaalta esimerkiksi *Aedes cinereus* on ruokailutavoissaan hyvinkin holistinen, koska se voi imeä verta sekä linnuista että nisäkkäistä. Laji toimiikin tästä syystä ns. siltalajina, joka voi välittää Pogostan taudin aiheuttajaviruksen linnuista ihmiseen²⁴.

Kuinka hyttysnaaras löytää sopivan isännän tai veriuhrin? Hyttynen käyttää etsimisessä hajua, näkö- ja lämpöaistia, ja näiden merkitys vaihtelee etäisyyden mukaan. Isäntää etsiessään hyttynen lentää vastatuuleen tuulennopeuden ollessa alle 1 m/s, koska vastatuuleen lentäessä todennäköisyys haistaa uhri hiilidioksidin perusteella on suurin. Hyttysset pystyvät paikantamaan uhrinsa hiilidioksidin pitoisuuksien pienten eroavaisuuksien perusteella. Hieman lähempänä hyttynen voi aistia myös muita hajuja, joita erittyy varsinkin iholta (esim.

maitohappo, oktenoli, asetoni), sekä lämpöä ja vesihöyryä. Myös liike, muoto ja väri vaikuttavat isännän tunnistamisessa. Kokeiden perusteella hyttyset reagoivat etenkin siniseen, mustaan ja punaiseen. Valkoinen tai keltainen houkuttelevat niitä vähiten. Iholle päästyään naaras kokeilee pintaa imukärsänsä kärjellä (labellum), jossa on lämpöä aistivia elimiä. Sopivassa kohdassa hiussuoni on lähellä ihon pintaa ja varsinainen veriateriointi voi alkaa²⁵.

Hyttysnaaraan suuosat koostuvat neljästä terästä ja kahdesta putkesta sekä näitä suojaavasta alahuulesta (labium), joka ei lävistä ihoa (Kuva 6). Ihon pinta rikotaan parittaisilla terillä, joiden nimet ovat mandibeli ja maxilla. Tässä työssä avustavat pään liikkeet ja teriä liikuttavat lihakset. Putkista ylempi eli ylähuuli (labrum) imee veren hyttysen keskisuoleen ja alempi putkista (hypopharynx) erittää sylkeä, joka estää veren hyytymisen. Hyttysen erittämä sylki onkin syy veriaterian jälkeiseen paukamien nousuun, punoitukseen ja kutiamiseen. Veren imemisestä vastuussa ovat kaksi pumppua, jotka sijaitsevat hyttysen päässä. Imeminen kestää joitakin kymmeniä sekunteja. Tänä aikana hyttysen paino kaksin- tai kolminkertaistuu; imetyn verimäärän tilavuus vaihtelee hyttyslajin mukaan 3-6 µl välillä²⁶.



Kuva 6. Hyttysnaaraan suuosat. Varsinaiseen pistämiseen osallistuvat suuosat ovat labiumin suojaamia, joka verenimemisessä vääntyy mutkalle eikä uppoudu ihon alle. Pistivät suuosat muodostavat kimpun, fascicle, ja se työntyy ihoon yhtenä kokonaisuutena. Kuva: Miall (1895).

Veriaterian proteiini on siis tarpeen munien tuottamiseen. Veriaterian myötä laajeneva takaruumis aloittaa suhteellisen monimutkaisen tapahtumaketjun, jossa ovat mukana niin hermostollinen kuin hormonaalinen säätely. Tärkeää roolia veriaterian "sulattamisessa" aminohapoiksi ja ravinteiksi näyttölee rasvakudos (fat body), joka vastaa toiminnaltaan nisäkkään maksaa. Rasvakudos mm. ohjaa keltuaisen (yolk) proteiinien tuotantoa, jotka kulkeutuvat hemolymfan kautta munasolun yhteyteen²⁷.

Nautitun veren määrä vaikuttaa munittujen munien määrään vain tiettyyn rajaan asti. Esimerkiksi keltakuumehyttysellä (*Aedes aegypti*) 2 mg on arvo, jota suuremmat verimäärät eivät enää vaikuta munien määrään. Lajin sisällä munien määrään vaikuttaa ovariolien (putkimainen rakenne joista munasarjat koostuvat) määrä, joka taas riippuu yksilön koosta. Yleensä aikuisen kokoon vaikuttaa eniten toukan elinympäristön ravintoresurssit. Hyttyslajien välillä on vaihtelua munien määrässä, sillä esimerkiksi ensimmäistä kertaa muniva horkkahyttynen *An. melanoon* voiveriaterian jälkeen munia jopa 500 munaa ja viemärihyttynen ilman veriateriaa vain muutamia kymmeniä. Hyttysset voivat munia useita eri kertoja ja uusi veriateria tarvitaan aina munintakertaa varten. Kuitenkin munittujen munien määrä vähenee jokaista munintakertaa kohti²⁸.

Varsinainen muninta tapahtuu tyypillisesti 2–4 vuorokautta veriaterian jälkeen. Kuten edellä todettiin, esimerkiksi *Anopheles*, *Culex* ja osa *Culiseta*-lajeista munivat suoraan veden pinnalle. Naaras pystyy valikoimaan munintaan sopivan veden kemiallisten vihjeiden perusteella, joita aistitaan ainakin jaloissa olevien elimien perusteella. Esimerkiksi *Cx. pipiens* naaraat aistivat hiilidioksidin ja metaanin, jotka toimivat korvikemittoina vesialtaan rehevyydestä ja osoittavat vesiympäristön soveltuvuutta toukkien kehitykselle²⁹. Lisäksi hyttysnaaraat pystyvät aistimaan petojen (kalat, petohyönteiset) niin sanottuja kairomoneja eli kemiallisia viestejä, joista on hyöty vastaanottajalle (hyttynen), mutta ei lähettäjälle (peto). Suoraan veteen munalauttoja muniville naarailta petojen välttäminen onkin erityisen tärkeää. Lisäksi naaraat voivat suosia vesiä, joista ne aistivat oman tai lähilajien munien tai toukkien erittämiä hajuja³⁰.

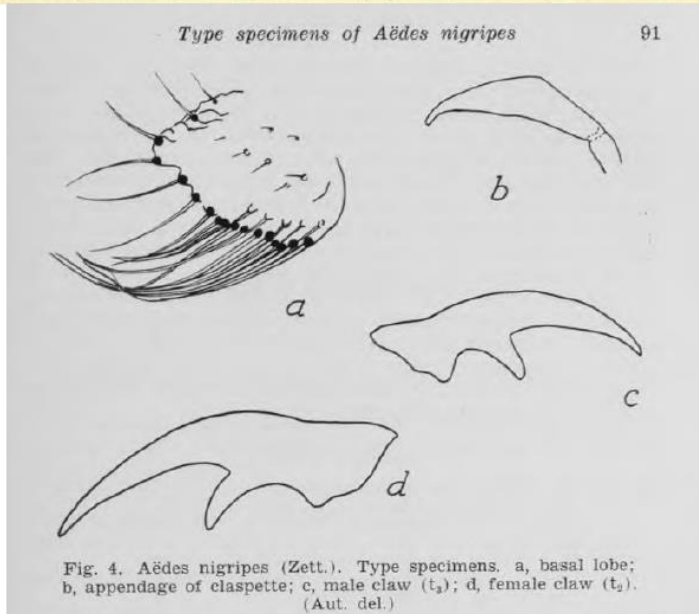
Sulamisvesi- ja tulvahyttysset munivat kosteaan maahan, eivät veteen. Takaruumiin kahdeksannen jaokkeen alapuolella on tuntoelin, jonka avulla naaras voi aistia maaperän rakennetta. Munintapaikan valintaan vaikuttavat todennäköisesti paljon myös kemialliset viestit, jotka kertovat onko paikalla vettä seuraavan kevään tai tulvan koittaessa³¹. Lisäksi sulamisvesihyttysset käyttävät apuna näköaistia ja auringonpaistetta. Arktinen hyttyslaji *O. nigripes* (Kuva 6) munii lähelle vettä paljaalle maalle tai sammaleelle, ja sen suosimat munintapaikat ovat tuulelta suojassa olevia penkkoja, joihin aurinko paistaa keskipäivän aikaan. Nämä munintapaikat ovat siten niitä, jotka ensimmäisinä sulavat keväällä ja joiden vettä aurinko lämmittää, vaikka lampare olisi vielä osittain jäässä³². Sulamisvesi- ja tulvahyttysten munat voivat säilyä elinkelpoisina maaperässä useita vuosia, joten kaikki keväällä kuoriutuvat munat eivät ole edeltävänä kesänä munittuja³³.

6. C. nigripes: totus ater, nigro-pubescens, alis hyalinis; abdominis segmentis basi in femina albo-fasciatis. ♂♀.

Sub nomine nullibi, quantum novi, publicato: *Culex borealis* WIED., a D. WESTERMANN ante paucos annos communicata.

Hab. in Groenlandia Mus. D. WESTERMANNI, in Lapp. a me frustra quaesita, vixque ibi obvia. (Groenlandia.)

Mas et Fem. Long. $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{4}$ lin. Species pulchra et distincta, *C. cantanti* affinis, sed tota atra. *Mas:* ater et atro-pubescens. Alae hyalinae. Halteres nigri. Abdomen immaculatum. Pedes testaceo-nigri. *Femina:* uigra, obscure griseo-pubescens, thoracis dorso vittis nigris et ferrugineis mixtis vestito. Alae et halteres ut in ♂. Pedes toti nigri.



Kuva 6. Yllä: *Ochlerotatus nigripes* (nimellä *Culex nigripes*) alkuperäinen lajinkuvaus (Zetterstedt 1840, s. 807). Alla: lajin tyyppiyksilöiden uudelleenkuvaus (Natvig 1954, s. 91). Suomesta *O. nigripes* tunnetaan varmuudella vain Kilpisjärveltä (Brummer-Korvenkontio ym. 1971).

Hyttysten runsaus

Havainnot ja kertomukset hyttysten paljoudesta pohjoisilla alueilla ulottuvat ainakin Olaus Magnuksen kirjaan "Pohjoisten kansojen historia" vuodelta 1567. Esimerkiksi ruotsalainen luonnontutkija J.W. Zetterstedt (1822) kuvaa hyttysten runsautta seuraavin sanankääntein: "vertaimevien

olevaisten joukot nousevat ilmaan ja peittävät taivaan. Jos valtameri jaettaisiin pisaroihin, vasta sen jälkeen olisi mahdollista aloittaa vertailu pisaroiden ja pohjoisessa olevien hyttysten määrien välillä. Kesä menettää kaiken mukavuutensa täällä, koska kesä on näiden kiusankappaleiden toiminnan ja elämisen aikaa."³⁴

Vaikka asiasta ei varsinaista tieteelliset mitat täyttävää tutkimusta olekaan, voidaan todeta hyttysiä olevan pohjoisilla (boreaalinen, arktinen) alueilla enemmän kuin etelämpänä lauhkeilla vyöhykkeillä³⁵. Saksalainen limnologi ja hyönteistutkija A. Thienemann oli ensimmäinen, joka yritti löytää selityksen hyttysten valtavalle määrälle pohjoisessa. Hänen mukaansa jäänyt maa eli routa mahdollistaa sulamisvesien seisomisen riittävän pitkän aikaa maastossa. Hyttysten toukille on siis runsaasti tarjolla sopivia elinympäristöjä, jotka eivät kuivu liian nopeasti ja jotka kuitenkin lämpenevät auringon paisteessa. Koska Thienemann oli Ruotsin Abiskossa tutkimusretkellään myyrien ja tunturisopulin runsauden huippuvuonna, hän oletti, että näiden pikkunisäkkäiden tarjoama veriresurssi on lampareiden paljouden ohella hyttysten runsautta selittävä tekijä. Hyvin kuitenkin tiedetään, että Lapin myyrä- ja sopulikannat vaihtelevat sykleissä ja huippuvuoden jälkeen kanta romahtaa. Arktisilla hyttysillä *O. impiger* ja *O. nigripes* on kyky tuottaa pieni määrä yhden kerran munia ilman veriateriaa (ns. fakultatiivinen autogenia), mutta toista munintakertaa varten veri on välttämätön. Lapissa poro lieneekin tärkein isäntä hyttysille, linnuilla ja pikkunisäkkäillä on todennäköisesti pienempi merkitys³⁶.

Vastoin yleisiä uskomuksia avosuot eivät ole erityisen hyviä hyttyspaikkoja. Varsinkin pohjoisessa rimmet ovat usein melko syviä ja niissä on suuret selkärangatonpetojen tiheydet. Petohyönteiset pitävät sulamisvesihyttysten poissa aapasoiden avorimmista ja muut rimmet ovat sammalten peittämiä, eikä niissä ole tarpeeksi vapaata vettä toukkia ajatellen. Vaikka pohjoisessa on enemmän soita kuin etelässä, eivät ne kuitenkaan ole syy hyttysten runsaudelle³⁷. Tärkeimpiä elinympäristöjä pohjoisille hyttysille ovat matalat, vähintään neljä viikkoa pysyvät kausikuivat lammet, joita voi olla puustoisilla soilla tai muissa maaston painanteissa.

Hyttysten kokonaisrunsaus voi vaihdella suuresti vuosien välillä. Sulamisvesihyttysten runsaus pohjoisilla alueilla on varsinkin riippuvainen sadannasta ja lämpötilasta. Alaskassa on kehitetty malli, jonka mukaan tulevan kesän hyttysten määrää on mahdollista ennustaa kolmen aikaisemman talven ja kesän sadantojen (prosentuaalinen poikkeama keskiarvosta) perusteella. Mallissa on kertoimet eri vuosille ja mikäli edeltävän talven ja kesän sadanta on ollut suuri, myös hyttysten määrän voi ennustaa olevan normaalia suurempi. Mallia ei ainakaan Euroopassa ole käytetty sen julkaisun (1961) jälkeen, mutta todennäköisesti sen avulla voisi karkeasti ennustaa Lapin olosuhteissa hyttysten määrää. Toisaalta mikäli alkukesä on poikkeuksellisen kuuma ja kuiva, voi hyttysmäärä jäädä ennustetta pienemmäksi³⁸.

On hyttysiä toki etelässäkin. Eteläisen Keski-Ruotsin Daljoen alajuoksu on noussut otsikoihin suurten hyttysmäärien vuoksi³⁹. Hyttysten massaesiintymiä alueella on ollut aikaisemminkin, mutta laajempaan tietoisuuteen hyttysmäärät nousivat vuonna 2000. Tuona vuonna oli tavanomaista suurempia kesäaikaisia tulvia, jotka nostivat vettä uoman yli kosteikoille, niityille ja pelloille. Nopeasti kehittyvät ja polysykliset tulvahyttysten, varsinkin *Ochlerotatus sticticus*, runsastuivat alueella niin suuriksi määriksi, että ulkona ei juuri voinut oleskella ja karjaa ei voinut pitää laitumilla. Jokilaakson hyttyslajistoa alettiin sattumalta seurata juuri vuonna 2000 ja alueen hyttystutkimukset ovat tuottaneet paljon uutta tietoa lajiston ekologiasta⁴⁰. Alueelle myös myönnettiin lupa tuhota hyttysiä Bti-bakteerilla (*Bacillus thuringiensis israeliensis*), jonka pitäisi käytetyillä määrillä vaikuttaa vain hyttystoukkiin. Bti-käsittelyitä on tehty vuodesta 2002 lähtien ja niiden avulla tulvahyttysten määrät on saatu kuriin. Bti-käsittelyn tehosta antaa kuvan Hallsjön tapaus vuodelta 2005. Ennen käsittelyä kesäkuussa tulvahyttysten tiheydet olivat erittäin korkeat, keskimäärin 504 toukkaa / litra, mutta vuorokausi käsittelyn jälkeen eläviä hyttystoukkia ei tavattu lainkaan⁴¹. Vastaavia hyttysmääriä voi eteläisessäkin Suomessa kehittyä paikallisesti, mikäli kevään sulamisvedet ja kesäsateet ovat poikkeuksellisen runsaita.

Siihen nähden miten paljon hyttysistä kirjoitetaan kotimaisessa mediassa ja mitkä ovat niiden mahdolliset uhat tautien levittämisessä, niistä tiedetään yllättävän vähän. Tietämys Suomen hyttysten alueellisesta vaihtelusta on lähes täysin arvailujen varassa tai perustuu lähes 40–50 vuotta sitten tehtyihin tutkimuksiin. Erityisen huonosti Suomessa tunnetaan tulvahyttysten levinneisyys ja runsaus. Suomeen pitäisikin saada alueellisesti kattava seurantaverkosto, jossa aineistoa kerättäisiin sekä toukkina että aikuisina⁴². Suomessa varmuudella elää lajeja, joita täältä ei toistaiseksi tunneta tai joista ei ole kuin harvoja, vanhoja havaintoja⁴³. Lisäksi satamissa ja muissa liikenteen solmukohdissa olisi syytä seurata tulokaslajeja, jotka voivat olla tautien levittäjiä, tai haitallisia alkuperäiselle luonnolle.

Tulokaslajit

Eräitä hyttysiä tavataan nykyisin maailmanlaajuisesti lähes kaikilta mantereilta, kuten keltakuumehyttystä (*Aedes aegypti*) ja (Aasian) tiikerihyttystä (*Aedes albopictus*). Hyttyslajien esiintyminen luontaisen levinneisyytensä ulkopuolella ei ole aivan uusi ilmiö, sillä keltakuumehyttynen esiintyi Yhdysvaltojen eteläosissa jo 1800-luvun loppupuolella⁴⁴. Tulokaslajeista haitallisimmat ovat kaksi edellä mainittua, koska ne levittävät useita vaarallisia tauteja, kuten keltakuumetta, Dengue-kuumetta ja Länsi-Niilin virusta. Muita Euroopasta havaittuja ja täältä jalansijan saaneita tulokaslajeja ovat alun perin itä-aasialaiset *Aedes japonicus* ja *A. koreicus* sekä pohjois-amerikkalainen *Ochlerotatus atropalpus*. Tulokaslajeille on tyypillistä, että ne pystyvät lisääntymään ns. anthropotelmassa eli ihmisen tekemissä keinotekoisissa vesikokoumissa. Lajit voivat siirtyä mantereelta toiselle esimerkiksi laivojen kansilla käytetyissä autonrenkaissa tai kukkaruukuissa (happy bamboo). Esimerkiksi tiikerihyttynen on jo levinnyt laajalti Euroopassa: se on tavallinen Välimeren alueella ja pohjoisimpana se tunnetaan Hollannista. Eräät tiikerihyttysen kannat ovat sopeutuneet lauhkeaan ilmastoon, koska niiden munat talvehtivat ja kestävät kylmyyttä. Lajin esiintyminen Itä- ja Pohjois-Euroopassa on kuitenkin epätodennäköistä, koska olosuhteet sen ilmastollisiin vaatimuksiin nähden (tammikuun keskilämpötila >0 C astetta, vuoden keskilämpötila >11 C astetta ja vuotuinen sadanta >500 mm) ovat liian ankarat⁴⁵. Kuitenkin laji voi lyhytaikaisesti esiintyä vaikkapa Fennoskandiassa lämpimän ja kostean kesän vallitessa.

Hyttysset tautivektoreina

Vertaimevät hyönteiset levittävät tauteja, eli ne toimivat taudinaiheuttajien vektoreina. Merkittävimpiä vertaimeviä hyönteisiä ovat hyttysset, johtuen niiden suuresta lajimäärästä ja esiintymisestä kaikkialla muualla paitsi Etelämantereella. Hyttysten levittämät taudinaiheuttajat ovat viruksia, bakteereita, itiöeläimiä tai monisoluisia eliöitä. Tautien vakavuus ja haitta vaihtelevat suuresti: malariaan kuolee vuosittain satoja tuhansia ihmisiä, mutta Inkoon tauti aiheuttaa yleensä vain lyhytaikaisen kesäkuumeen. Kiusallinen kokijalleen on takuulla sukkulamadon (*Wuchereria bancrofti*) aiheuttama elefantiaasi, joka voi turvottaa jalan norsun jalkaa muistuttavaksi pötkelöksi. Ihmisten ohella hyttysset levittävät lintujen ja muiden nisäkkäiden tauteja, joista tunnetuimpia lienevät lintumalariat ja koiran sydänmato (*Dirofilaria immitis*)⁴⁶.

Malarian aiheuttaa *Plasmodium*-itiöeläin, joka on veriloisio. Ihmisellä esiintyy neljää eri *Plasmodium*-lajia ja niiden aiheuttamat oireet vaihtelevat lajien välillä. Nykyisin malaria on haitallinen oikeastaan vain tropiikissa, jossa tautiin vuonna 2015 sairastui 212 miljoonaa ihmistä ja 429 000 menehtyi (suurin osa Saharan eteläpuolisessa Afrikassa)⁴⁷. Malarian vaarallisin tautimuoto on *P. falciparum*-loisen aiheuttama, jossa kuume vaihtelee epäsäännöllisesti eikä parempia, kuumeettomia päiviä ole. Falciparum-malaria voi hoitamattomana johtaa verisuonten tukkeutumisen kautta kudosten hapenpuutteeseen ja seurauksena voi olla mm. munuais- tai maksavaurioita. Tämä malarialoinen tarvitsee kuitenkin vähintään kolmen viikon jakson, jonka aikana keskilämpötila on 28 C astetta⁴⁸. Suomessa, ja muualla Euroopassa, aikaisemmin esiintynyt *P. vivax*-loinen, tarvitsee lisääntymiseen alhaisemman lämpötilan, 16 C astetta⁴⁹.

Malarian elinkierto on suhteellisen monipolvinen. Siihen kuuluu elinvaiheita hyttysen suolessa, sylkirauhasessa, ihmisen maksassa ja punasolussa. Loisen suvullinen lisääntyminen

tapahtuu hyttysessä ja luonnollisesti loisen leviäminen voi tapahtua vain jos hyttynen imee verta enemmän kuin yhden kerran. Ainakin *P. vivax*-loisella niin sanottu hypnozootti voi elää huomaamattomana maksassa useiden vuosien ajan. Malariaa voi levittää n. 40 horkkahyttyslajia (*Anopheles*)⁵⁰, esimerkiksi Euroopassa *An. messeae*⁵¹.

Eurooppa julistettiin malariasta vapaaksi vuonna 1975. Suomesta malaria hävisi käytännössä 1920-luvulle tultaessa, mutta vielä 1800-luvulla tauti oli tavallinen. Malariaa esiintyi Suomessa lähes koko maassa, mutta tavallisin se oli Oulun ja Koillismaan eteläpuolella. Suomessa tauti levisi talvella ihmisestä toiseen, koska asunnoissa talvehtivat myös horkkahyttysset. 1900-luvun alusta alkaen samassa tilassa nukkuvien ihmisten määrä kuitenkin väheni ja tauti ei enää levinnyt ihmisten välillä. Malaria hävisi Suomesta, ei niinkään torjuntatoimien vaan asuinolojen paranemisen seurauksena⁵². Jatkosodan aikaan, erityisesti 1942 ja 1943, Karjalan kannaksella malariaa esiintyi Suomessa toistaiseksi viimeisen kerran epidemiana. Taudin ilmestymiselle ehdotettiin aikaisemmin syyksi loision leviäminen Neuvostoliiton sotilaiden mukana, mutta mahdollisesti loinen esiintyi uinuvana hypnozootti-muotona suomalaissotilaiden maksassa. Altistuminen horkkahyttysten puremille toimii virikkeenä, joka saa loisen muodostamaan punasoluissa esiintyviä elinmuotoja. Useiden sotilaiden nukkuminen samoissa korsiissa mahdollisti loisen leviämisen talvehtivien horkkahyttysten välityksellä⁵³.

Tularemian eli jänisruton aiheuttaa bakteeri *Francisella tularensis holarctica*, joka voi levitä hyönteisten välityksellä, hengityksen kautta tai vedestä. Euroopassa esiintyvä bakteerikanta aiheuttaa melko lievän taudin, jonka oireisiin kuuluvat haavat hyönteisten pistokohdissa, kuume ja imusolmukkeiden suureneminen⁵⁴. Tautia esiintyy tyypillisesti loppukesästä ja alkusyksystä, erityisesti hyvinä hyttysvuosina tai myyrien runsaushuippujen jälkeisinä vuosina⁵⁵. Bakteeri leviää pienvesien alkueläimistä hyttystoukkiin ja muodonmuutoksen kautta aikuisiin hyttysiin⁵⁶. Suomessa tautia esiintyy eniten Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa, joissa todettujen infektioiden määrä on noin 10–40 sataatuhatta asukasta kohti⁵⁷.

Siinä missä malaria on Suomesta hävinnyt ja tularemia on harvinainen, ovat hyttysten levittämät virustaudit paljon tavallisimpia. Tavallisin näistä taudeista on Inkoon tauti, joka lukeutuu California-seroryhmän *Bunyaviridae*-viruksiin, joihin kuuluu myös useita muita hyttyslevitteisiä tauteja⁵⁸. Ihmisten verinäytteistä määritettyjen vasta-aineiden yleisyyden perusteella Inkoon tauti on hyvin tavallinen Suomessa⁵⁹. Eräissä tämän virusryhmän taudeissa oireet ovat vakavia aivokalvontulehduksia tai aivokuumeita, mutta Inkoon taudissa oireita ovat kuume, pahoinvointi, niskan jäykkyys, päänsärky⁶⁰. Inkoon taudille hyvin läheinen virustauti on Chatanga, joka havaittiin Suomesta vasta 2007. Koska suomalainen viruskanta poikkeaa hieman venäläisistä kannoista, annettiin sille nimi ”Möhkö”, pohjois-karjalaisen kylän mukaan⁶¹. Inkoon taudin virusta esiintyy ihmisten lisäksi useilla nisäkkäillä, kuten ketuilla, hirvillä, lehmillä ja poroilla, mutta se on harvinainen linnuilla. Vektoreita ovat sulamisvesilammissa elävät hyttysset kuten *O. communis*, *O. punctor*, *O. cantans* ja *A. cinereus*. Tauti voi levitä myös ns. transovariaalisesti, eli hyttysaikuisesta munan kautta toukkaan⁶². Suomessa on tavattu myös Batai-virusta, jota esiintyy erityisesti naudoilla. Tauti on erittäin harvinainen ihmisellä ja sen vektorina toimivat *Anopheles*-hyttysset⁶³. Keski-Euroopassa esiintyy Tahyna-virusta, jonka oireet ihmisellä ovat vakavammat kuin Inkoon tai Chatanga virusten aiheuttamisessa infektioiden⁶⁴.

Pogostan tauti eli niverokko on niin ikään virustauti. Taudinaiheuttaja on *Togaviridae* heimoon kuuluva Sindbis-RNA virus, joka löydettiin Egyptistä 1952. Euroopassa virusta tavataan etenkin Suomessa, Ruotsissa ja Venäjän Karjalassa, joissa tauti tunnetaan nimillä Ockelbo disease ja Karelian fever. Suomen ensimmäinen epidemia todettiin 1974, mutta todennäköisesti tautia on esiintynyt jo 1960-luvulla, jolloin Sindbis-virus havaittiin Suomessa ensimmäisen kerran. Pogostan taudin oireita ovat niveltulehdus ja ihottuma, joskus myös kuume ja päänsärky, ja joillakin sairastuneilla niveleoireet voivat kestää vuosikausia. Tautia esiintyy varsinkin loppukesällä ja se on tavallisin Itä-, Keski-Suomessa ja Pohjanmaalla. Tyypillisesti tautia on tavattu seitsemän vuoden sykleissä, mutta vuonna 2009, kun taudin ennustettiin esiintyvän epidemiana, esiintyvyys jäi vähäiseksi. Huippuvuonna 1995 tautia diagnosoitiin 1310 tapausta, huippujen välisinä vuosina vain muutamia tai muutamia kymmeniä. Verestä määritettyjen vasta-aineiden perusteella taudin esiintyvyys Suomen väestössä on 5,2 %, mutta esiintyvyys vaihtelee Pohjois-Karjalan 9,9 %:sta Hämeen 1,0 %:iin⁶⁵. Sindbis-virusta esiintyy erityisesti linnuilla, varsinkin metsolla ja teerellä, harvemmin muuttolinnuilla. Onkin esitetty, että epidemioiden syklisyys on yhteydessä metsäkanalintujen kannanvaihteluihin, mutta myös loppupalven lumensyvyydellä ja kesän kosteusoloilla, jotka vaikuttavat hyttyspopulaatioiden kokoon, otaksutaan olevan merkitystä taudin esiintyvyydelle⁶⁶. Lintujen välillä virusta levittävät *Culex*- ja *Culiseta*-hyttysset, ja todennäköisesti tärkein siltalaji linnuista nisäkkäisiin on *Aedes cinereus*. Myös *Ochlerotatus communis* ja *O. excrucians* voivat toimia viruksen vektoreina. Virus voi levitä transovariaalisesti eli aikuisesta toukkaan, ainakin lajien *O. communis*, *O. punctor* ja *O. dianteus* tapauksissa⁶⁷.

Maailma ilman hyttysiä?

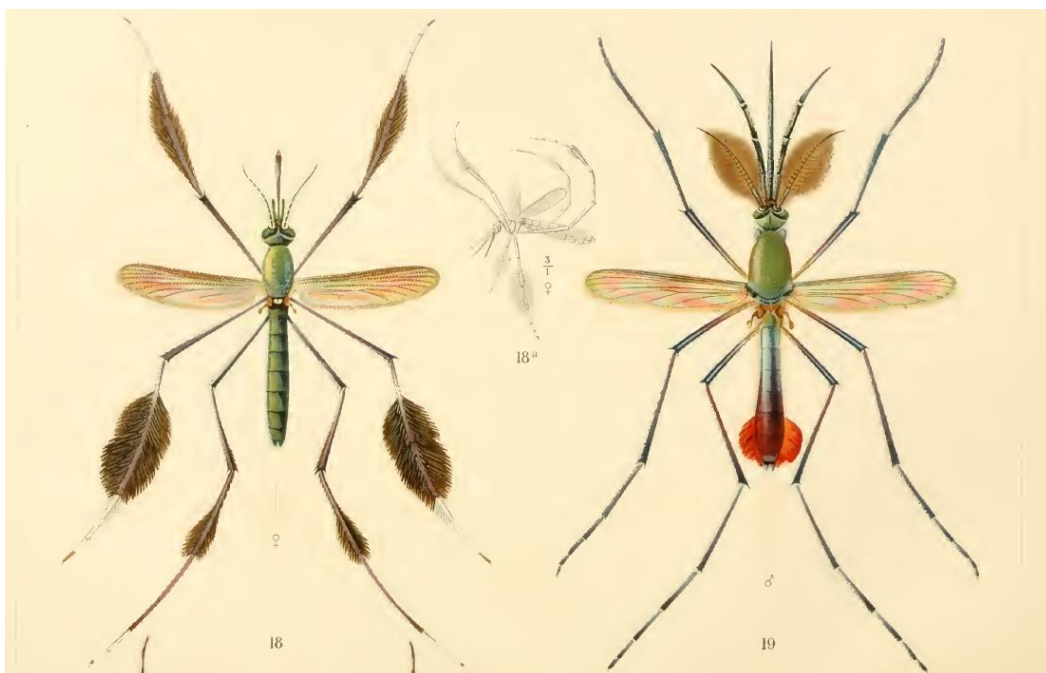
Usein kysytään mikä on hyttysten merkitys, mihin niitä tarvitaan? Millainen olisi maailma, jos hyttysset hävitettäisiin maan päältä? Hyttysset ovat erittäin monimuotoinen ryhmä, eivätkä läheskään kaikki lajit ole ihmiselle harmiksi. Osa lajeista on tärkeitä pölytyksessä, osa muiden eläinten, varsinkin selkärangatonpetojen, ravintona. Ihmiselle merkittävien ravintokasvien pölyttäjiä hyttysset eivät kylläkään ole, ja todennäköisesti pedoille on matalissa vesissä muutakin ravintoa tarjolla. Hyttyslajien populaatioita on yritetty hävittää paikallisesti ja siinä on joskus onnistuttu. Esimerkkeinä voisi mainita malarian hävittämisen Rio de Janeirosta tai keltakuumeen hävittämisen New Orleansista yli 100 vuotta sitten. Hyttysten torjunnassa on käytetty DDT-myrkkyä, joka toki on tehokas hyönteisten tappaja, mutta myös vaarallinen ympäristömyrky. Myrkkujen käyttämisessä ongelmaksi voi koitua myös resistanssi, eli eräät populaatiot kehittyvät vastustuskykyisiksi. Näin kävi myös DDT:n suhteen, jolle ensimmäiset resistentit hyttyskannat havaittiin jo 1956⁶⁸. Tällä hetkellä DDT on laajalti kielletty. Hyttysten torjunnassa ympäristön kannalta ehkä paras vaihtoehto on Bti-bakteerikäsittely, jota on menestyksellä käytetty mm. Ruotsissa. Pienissä vesikokoumissa eläville keltakuume- ja tiikerihyttyselle toimivia torjuntakeinoja ovat pyynti ja steriilien koiraiden tuottaminen⁶⁹.

Hyttysistä tuskin päästään kokonaan eroon, koska haitallisten vieraslajien (erityisesti keltakuume- ja tiikerihyttynen) hallinta paikallisestikin voi olla hankalaa, tai ainakin se on erittäin kallista. Pohjoisilla alueilla, jossa hyttysten aiheuttama haitta liittyy enemmänkin runsauteen kuin vaarallisten tautien levittämiseen, luvassa voi olla entistä pahempia tai helpompia hyttysvuosia. Pitenevä kasvukausi yhdistettynä suurempaan kosteuteen lisää varsinkin polysyklisten tulvahyttysten määrää. Vähälumiset talvet ja kuivat alkukesät taas olisivat omiaan vähentämään sulamisvesihyttysten runsautta. Mahdollisesti eräät pohjoiset

lajit, kuten *O. impiger* ja *O. nigripes* tulevat taantumaan. Suomeen voi levitä eteläisiä lajeja kuten Länsi-Niilin viruksen vektori *Culex modestus*, joka on jo havaittu Ruotsista⁷⁰, tai vieraslajit *A. japonicus* ja *A. koreicus*.

Vaikka hyttysset ovat maailmanmitassa eniten tutkittu hyönteisryhmä, on Suomessakin tilausta hyttystutkimukselle. Hyttysten määrittäminen ei ole aivan helppoa, koska erot lajien välillä ovat melko pienet ja määrittämiseen tarvitaan mikroskooppia. Määrittäminen ei kuitenkaan ole mitenkään mahdotonta harjoittelun ja kirjallisuuteen perehtymisen jälkeen. Olisikin toivottavaa, että Suomessa olisi edes muutama hyttysharrastaja, jotka lisäisivät tietämystä lajien ekologiasta ja levinneisyydestä. Harrastajien lisäksi tarvittaisiin koordinoitu seuranta, jossa käytettäisiin useita eri menetelmiä (hiilidioksidipyydykset, toukkien kerääminen, kansalaistiede). Aika voisi tiedon lisääntyessä olla jopa kypsä hyttyslajistomme uhanalaisuuden arvioinnille⁷¹.

Hyttysset eivät pelkästään ole haitallisia tautivektoreita ja verenimijöitä. Hyttysset ovat olleet maapallolla n. 200 miljoonaa vuotta ja tällä hetkellä tunnettujen lajien määrä on 3600. Tähän joukkoon mahtuu niin trooppisia kuin arktisia lajeja, ekspansivisia tulokaslajeja ja kotoperäisiä harvinaisuuksia. Hyttysset ovat onnistuneet valtaamaan käytännössä kaiken tyyppiset pienet seisovat vedet vuorovesirannoilta lihansyöjäkasvien nesteruukkuihin, joihin useimmat muut hyönteiset menehtyvät. Pohjoismaissa tavattavat hyttysset ovat suhteellisen vaatimattomia ulkonäöltään, mutta mikroskoopilla katsoessa paljastuu jokaiselle lajille omintakeinen suomukirjailu tai mitä erilaisimpien karvojen, väkästen ja hampaiden vaihtelu. Eräät trooppiset lajit hohtavat värikkäinä, ollen ikään kuin sääskimaaailman vastine paratiisilinnuille (Kuva 7). Kaikesta kiusasta huolimatta hyttynen herättää ainakin luonnontutkijassa ihailua: miten lajit ovat sopeutuneet elinympäristöihinsä ja miten hyvät aistit niillä on. Vaikka hyttysten määriä voi olla paikallisesti tarpeen vähentää ja haitallisista tulokaslajeista on syytä pyrkiä kokonaan eroon, ovat hyttysset merkittävä osa maapallon elonkirjoa, pidimme niistä tai emme.



Kuva 7. Etelä-amerikkalaisen *Johnbelkinia longipes*-hyttysen kauneutta, naaras (vas.) ja koiras (oik.). Kuva Goeldi (1906), nimellä *Sabethes longipes*.

Kirjallisuus:

- Aksenova AS & Anufrieva VN (1969) Fauna i nekotoryye voprosy biologii gnusa v rayone almaznykh razrabotok v yakutskoi ASSR. Medicinskaâ parazitologiâ i parazitarnye bolezni 47: 8-16 (venäjäksi).
- Attardo GM ym. (2005) Nutritional regulation of vitellogenesis in mosquitoes: Implications for anautogeny. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 35: 661-675.
- Austen EE (1906) Illustrations of British blood-sucking flies. British Museum of Natural History, 74 s.
- Becker N ym. (2010) Mosquitoes and their control. Springer, 577 s.
- Bentley MD ym. (1976) Studies of *Aedes triseriatus* oviposition attractants produced by larvae of *Aedes triseriatus* and *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 13: 112-115.
- Blomgren E ym. (2018) Pest occurrence of *Aedes rossicus* close to the Arctic Circle in northern Sweden. *Journal of Vector Ecology* 43: 36-43.
- Borkent A (2012) The Pupae of Culicomorpha—Morphology and a New Phylogenetic Tree. *Zootaxa* 3396: 1-98.
- Borkent A & Grimaldi DA (2004) The Earliest Fossil Mosquito (Diptera: Culicidae), in Mid-Cretaceous Burmese Amber. *Annals of the Entomological Society of America* 97: 882-888.
- Brummer-Korvenkontio M ym. (1971) Ecology and phenology of mosquitoes (Dipt. Culicidae) inhabiting small pools in Finland. *Acta Entomologica Fennica* 28: 51-73.
- Brummer-Korvenkontio M & Saikku P (1975) Mosquito-borne viruses in Finland. *Medical Biology* 53: 279-281.
- Brummer-Korvenkontio M & Kuusisto P (1981) Onko Suomen länsiosa säästynyt "Pogostalta"? Suomen Lääkärilehti 32/81 36: 2606-2607.
- Brummer-Korvenkontio M ym. (2002) Epidemiology of Sindbis virus infections in Finland 1981-96: possible factors explaining a peculiar disease pattern. *Epidemiology and Infection* 129: 335-345.
- Carpenter SJ & LaCasse WJ (1955) Mosquitoes of North America (north of Mexico). University of California Press, 360 s.
- Clements AN (1963) The physiology of mosquitoes. Vol 17. The International Series of Monographs of Pure and Applied Biology. Pergamon Press, 393 s.
- Connif R (2012) The Species Seekers: Heroes, Fools, and the Mad Pursuit of Life on Earth. W. W. Norton & Company, 464 s.
- Corbet PS (1967) Facultative autogeny in arctic mosquitoes. *Nature* 215: 662-663.
- Corbet PS & Downe AER (1966) Natural Hosts of Mosquitoes in Northern Ellesmere Island. *Arctic* 19: 153-161.
- Corbet PS & Danks HV (1975) Egg-laying habits of mosquitoes in the high Arctic. *Mosquito News* 35: 8-14.
- Culverwell L (2017) A report on the mosquitoes of mainland Åland, southwestern Finland and revised list of Finnish mosquitoes. *Medical and Veterinary Entomology*, doi: 10.1111/mve.12272
- Cunze S ym. (2016) *Aedes albopictus* and Its Environmental Limits in Europe. *PLoS ONE* 11(9): e0162116. doi:10.1371/journal.pone.0162116
- Dahl C (2015) 17.4 Culicidae. Teoksessa: Böcher J ym. (toim.) The Greenland Entomofauna. *Fauna Entomologica Scandinavica* 44: 409-416.
- Danilov VN (1974) On the restoration of the name *Aedes* (O.) *mercurator* Dyar for a mosquito known in the USSR as *Aedes riparius ater* Gutsevich (Diptera, Culicidae). *Parazitologiya* 8: 322-328 (venäjäksi).
- Fang J (2010) A world without mosquitoes. *Nature* 466: 432-434.
- Eliasson H ym. (2006) Tularemia: Current Epidemiology and Disease Management. *Infectious Disease Clinics of North America* 20: 289-311.
- Francy DB, ym. (1989) Ecologic studies of mosquitoes and birds as hosts of Ockelbo virus in Sweden and isolation of Inkoo and Batai viruses from mosquitoes. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 41: 355-363.
- Gjullin CM ym. (1961) The Mosquitoes of Alaska. Agriculture Handbook nr. 182, U.S. Department of Agriculture, 98 s.
- Goeldi EA (1906) Os mosquitos no Para. *Memorias do Museu Goeldi* IV, 154 s.
- Grimaldi D & Engel MS (2005) Evolution of the Insects. Cambridge University Press, 755 s.

- Gutsevich A.V. ym. (1974) Fauna of the U.S.S.R. Diptera Volume III No. 4. Mosquitoes Family Culicidae. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute, Israel Program for Scientific Translations, 408 s.
- Haarto A ym. (2019) Kärpäset – Diptera: Brachycera. Teoksessa: Hyvärinen E. ym (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, s. 531-548.
- Hesson JC ym. (2016) Temporal Variation in Sindbis Virus Antibody Prevalence in Bird Hosts in an Endemic Area in Sweden. PLoS ONE 11(8): e0162005. doi:10.1371/journal.pone.0162005
- Howard LO (1901) Mosquitoes; how they live; how they carry disease; how they are classified; how they may be destroyed. McClure, Phillips & Co., 241 s.
- Huldén L (2008) The decline of northern malaria and population dynamics of Plasmodium vivax. Dissertationes Forestales 73, 28 s.
- Huldén L ym. (2005) Endemic malaria: an 'indoor' disease in northern Europe: Historical data analyzed. Malaria Journal 4: 1-13. doi:10.1186/1475-2875-4-19.
- Huldén L. & Huldén L (2008) Dynamics of positional warfare malaria: Finland and Korea compared. Malaria Journal 7: 1-13 doi:10.1186/1475-2875-7-171.
- Huldén L. & Huldén L (2009) The decline of malaria in Finland – the impact of the vector and social variables. Malaria Journal 8: 94 doi:10.1186/1475-2875-8-94.
- Jones R (2012) Mosquito. Reaktion Books Ltd, 216 s.
- Kurkela S ym. (2008) Sindbis Virus Infection in Resident Birds, Migratory Birds, and Humans, Finland. Emerging Infectious Diseases 14: 41-47.
- Kutty SN ym. (2018) A phylogenomic analysis of Culicomorpha (Diptera) resolves the relationships among the eight constituent families. Systematic Entomology (2018), DOI: 10.1111/syen.12285.
- Lindström A & Lilja T (2018) First finding of the West Nile virus vector Culex modestus Ficalbi 1889 (Diptera; Culicidae) in Sweden. Journal of the European Mosquito Control Association 36: 1-2.
- Lokki J ym. (1979) Diagnosing adult Anopheles mosquitoes. Aquilo ser. Zool. 20: 5-12.
- Lumiaho I & Itämielä J (1981) On the phenology and ecology of the mosquito larvae (Diptera, Culicidae) at Vihanti, Central Finland. Annales Entomologici Fennici 47: 1-10.
- Lundström JO ym. (2010) Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using Bacillus thuringiensis israelensis for mosquito control. Bulletin of Entomological Research 100: 117-125.
- Lundström JO ym. (2013) The geographic distribution of mosquito species in Sweden. Journal of the European Mosquito Control Association 31: 21-35.
- McIver SB (1982) Sensilla of mosquitoes (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology 19: 489-535.
- McKie BG ym. (2015) Kvantifiering av ekosystemeffekter av Bti-användning i Nedre Dalälven. Sveriges Lantbruksuniversitet, 31 s.
- Medlock JM ym. (2012) A Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. Vector-borne and zoonotic diseases 12: 435-447.
- Miall LC (1895) The Natural History of Aquatic Insects. MacMillan & Co., 395 s.
- Mohrig W (1969) Die Culiciden Deutschlands. Jena: Gustav Fischer; 1969: 260, Parasitologische Schriftenreihe, vol. 18.
- Natvig LR (1948) Contributions to the knowledge of the Danish and Fennoscandian mosquitoes. Culicini. Supplement Norsk entomologisk tidsskrift I, 567 s.
- Neveu-Lemaire M (1902) Classification de la famille des Culicidae. Mémoires de la Société zoologique de France 15: 195-227.
- Poinar G ym. (2019) Priscoculex burmanicus n. gen. et sp. (Diptera: Culicidae: Anophelinae) from mid-Cretaceous Myanmar amber. Historical Biology DOI: 10.1080/08912963.2019.1570185
- Prell H (1917) Biologische Beobachtungen an Anopheles in Württemberg. Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie 13: 257-271.
- Provost MV & Haeger JS (1967) Mating and Pupal Attendance in Deinocerites cancer and Comparisons with Opifex fuscus (Diptera: Culicidae). Annales of the Entomological Society of America 60: 565-574.
- Putkuri N. ym. (2007) Prevalence and Protein Specificity of Human Antibodies to Inkoo Virus Infection. Clinical and Vaccine Immunology 14: 1555-1562.
- Putkuri N. ym. (2014) Isolation and characterization of a California encephalitis serogroup orthobunyavirus from Finnish mosquitoes. Infection, Genetics and Evolution 22: 164-173.
- Putkuri N. ym. (2016) Acute Human Inkoo and Chatanga Virus Infections, Finland. Emerging Infectious Diseases 22: 810-817.

- Reeves LE ym. (2018) Identification of *Uranotaenia sapphirina* as a specialist of annelids broadens known mosquito host use patterns. *Communications Biology* 1:92. DOI: 10.1038/s42003-018-0096-5
- Robert V ym. (2019) Distribution chart for Euro-Mediterranean mosquitoes (western Palaearctic region). *Journal of the European Mosquito Control Association* 37: 1-28.
- Rossow H ym. (2015) Incidence and seroprevalence of tularaemia in Finland, 1995 to 2013: regional epidemics with cyclic pattern. *Euro Surveillance* 20(33): pii=21209 <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=21209>
- Rueda LM (2008) Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:477-487.
- Russo R (1978) Substrate texture as an oviposition stimulus for *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 15: 17-20
- Ryden P ym. (2012) Outbreaks of Tularemia in a Boreal Forest Region Depends on Mosquito Prevalence. *The Journal of Infectious Diseases* 205: 297-304.
- Salmela J ym. (2019). Sääsket – Diptera: Nematocera. Teoksessa: Hyvärinen E. ym (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, s. 514-531.
- Sane J ym. (2009) Pogostantautiepidemia – joko taas? *Duodecim* 125: 1261-1268.
- Schäfer ML ym. (2004) Biological diversity versus risk for mosquito nuisance and disease transmission in constructed wetlands in southern Sweden. *Medical and Veterinary Entomology*, 18, 256–267.
- Schäfer ML & Lundström JO (2006) Different responses of two floodwater mosquito species, *Aedes vexans* and *Ochlerotatus sticticus* (Diptera: Culicidae), to larval habitat drying. *Journal of Vector Ecology* 31:123-128.
- Schäfer ML ym. (2008) Comparison of mosquito (Diptera : Culicidae) populations by wetland type and year in the lower River Dalälven region , Central Sweden. *Journal of Vector Ecology* 33: 150-157.
- Schäfer ML & Lundström JO (2014) Efficiency of Bti-based floodwater mosquito control in Sweden – four examples. *Journal of the European Mosquito Control Association* 32: 1-8.
- Schäfer ML ym. (2018) The Nedre Dalälven River Landscape in Central Sweden - a hot-spot for mosquito (Diptera: Culicidae) diversity. *Journal of the European Mosquito Control Association* 36: 17-22.
- Silberbush A & Blaustein L (2008) Oviposition habitat selection by a mosquito in response to a predator: Are predator-released kairomones air-borne cues? *Journal of Vector Ecology* 33: 208-211.
- Silberbush A ym. (2010) Predator-released hydrocarbons repel oviposition by a mosquito. *Ecology Letters* 13: 1129-1138.
- Sinka ME ym. (2010) The dominant *Anopheles* vectors of human malaria in Africa, Europe and the Middle East: occurrence data, distribution maps and bionomic précis. *Parasites & Vectors* 2010, 3:117 <http://www.parasitesandvectors.com/content/3/1/117>
- Tessier C ym. (1981) Productivité en larves de moustiques (Diptera: Culicidae) des milieux aquatiques peu profonds d'un secteur du Moyen-Nord Québécois (LG-1, Territoire de la Baie de James). *Canadian Journal of Zoology* 59: 738-749.
- Thelaus J ym. (2014) *Francisella tularensis* Subspecies *holarctica* Occurs in Swedish Mosquitoes, Persists Through the Developmental Stages of Laboratory-Infected Mosquitoes and Is Transmissible During Blood Feeding. *Microbial Ecology* 67:96-107.
- Thienemann A (1938) Frostboden und Sonnenstrahlung als limnologische Faktoren. Ein Beitrag zum Problem der Stechmückenplage in Lappland. *Archiv für Hydrobiologie* 34: 306-345.
- Tingström O ym. (2016) Detection of Sindbis and Inkoo Virus RNA in Genetically Typed Mosquito Larvae Sampled in Northern Sweden. *Vector borne and zoonotic diseases* DOI: 10.1089/vbz.2016.1940.
- Turell MJ ym. (1990) Transmission of Ockelbo virus by *Aedes cinereus*, *Ae. communis* and *Ae. excrucians* (Diptera: Culicidae) collected in an enzootic area in central Sweden. *Journal of Medical Entomology* 27: 266-268.
- Utrio P (1976) Identification key to Finnish mosquito larvae (Diptera, Culicidae). *Annales Agricolturae Fenniae* 15: 128-136.
- Utrio P (1979) Geographic distribution of mosquitoes (Diptera, Culicidae) in eastern Fennoscandia. *Notulae Entomologicae* 59: 105-123.
- Walther D & Kampen H (2017) The Citizen Science Project 'Mueckenatlas' Helps Monitor the Distribution and Spread of Invasive Mosquito Species in Germany. *Journal of Medical Entomology* 54: 1790-1794.

Wesenberg-Lund C (1920-1921) Contributions to the Biology of the Danish Culicidae, Danske Vid. Selsk. Skr. Nat.-Mat. Afd. (8) 7, 1, 210 s.
Wood DM ym. (1979) The Mosquitoes of Canada, Diptera, Culicidae. The Insects and Arachnids of Canada, Part 6. Biosystematics Research Institute, Ottawa, Ontario, 390 s.
Zetterstedt JW (1840) Insecta Lapponica. Lipsiae, 1139 s.

¹ Borkent 2012, Kutty ym. 2018.

² Borkent 2012: surviaissääskiä tavataan käytännössä kaikista makean veden elinympäristöistä, murtovedestä ja jopa merissä elää joitakin lajeja.

³ Borkent & Grimaldi 2004 kuvasivat uutena fossiililajin *Burmaculex antiquus*, holotyypistä on habituskuva Grimaldi & Engel 2005 s. 506; Anophelinae alaheimoon sijoitettu, yhtä vanha fossiililaji *Priscoculex burmanicus* kuvattiin julkaisussa Poinar ym. 2019.

⁴ Borkent 2012: mahdollisesti koko Culicomorphan kantalaji on ollut vertaimevä, mutta ei ole täyttä varmuutta onko se imenyt selkärankaisten verta vaiko muiden hyönteisten hemolymfaa.

⁵ Hyttysten lajimäärien lähteenä käytetty Systematic Catalog of Culicidae (<http://www.mosquitocatalog.org/default.aspx>) ja Mosquito Taxonomic Inventory (<http://www.mosquito-taxonomic-inventory.info/>)

⁶ Hyttysmäärien vaihtelu eri osissa maapalloa, Rueda 2008; Euroopan lajimäärä Fauna Europaea sivusto (<https://fauna-eu.org/>) ja Robert ym. 2019; Grönlannin kaksi lajia, Dahl 2015.

⁷ Lajimäärät perustuvat Utrion 1979 artikkeliin, joka on tietysti hieman vanhentunut, mutta soveltuu alueellisten vertailujen tekemiseen.

⁸ Daljoen alajuoksun lajimäärä, Schäfer ym. 2018; Ahvenanmaan faunistinen tutkimus, Culverwell 2017; Vihannin toukkatutkimus, Lumiaho & Itämies 1981

⁹ Fennoskandian hyttysten toiminnalliset ryhmät perustuvat Schäfer ym. 2004 sekä Lundström ym. 2013 julkaisuihin.

¹⁰ *Ochlerotatus sticticus* ja sen runsaus Daljoella, ks. esim. Schäfer ym. 2008; *Aedes rossicus* Ruotsinpuoleisella Tornionjoella, Blomgren ym. 2018.

¹¹ *Culiseta morsitans*, toukkaekologiaa on käsitelty mm. Wesenberg-Lund 1920, joka on Tanskassa havainnut satoja toukkia hitaasti virtaavista puroista vesikasveihin (*Callitriche*) kiinnittyneenä. *C. morsitans* ja *Culex*-lajien muninta ja aikuisen naaraan veriateria, ks. esim. Becker ym. 2010.

¹² Lähteenä käytetty pääosin Becker ym. 2010.

¹³ Wesenberg-Lund 1920, Clements 1963, Becker ym. 2010.

¹⁴ Becker ym. 2010.

¹⁵ Becker ym. 2010, Clements 1963.

¹⁶ Clements 1963; Provost & Haeger 1967; Carpenter & LeCasse 1955.

¹⁷ Esim. Wesenberg-Lund 1920, nimellä *Taeniorhynchus Richardi*. Kyseissä teoksessa kerrotaan seikkaperäisesti kirjoittajan hyttysten biologiaa koskevista havainnoista. Tämän lajin kohdalla Wesenberg-Lund (s. 108) mm. kirjoittaa: "On summer evenings I lay in the grass, hoping that some mosquito, new to our fauna, would come and suck my blood".

¹⁸ Schäfer & Lundström 2006, tulvahyttysten vaste kuivumiseen voi vaihdella lajista riippuen: *Ochlerotatus sticticus* nopeuttaa kehittymistään mutta *Aedes vexans* voi selviytyä toukasta aikuiseksi vaikka vapaata vettä ei olisikaan.

¹⁹ Ks. esim. Brummer-Korvenkontio ym. 1971.

²⁰ Omat havainnot kymmeniltä lammilta Lapista, erityisesti vuosina 2017 ja 2018.

Sulamisvesihyttysten toukkia voi tavata myös lammista, joissa esiintyy talvehtivia *Chaoborus*-sulkasääskentoukkia, mutta tällöin jälkimmäisten tiheydet ovat yleensä pienet. Aitohyttystoukkia esiintyy varsinkin tilanteissa, joissa lammen vedenpinta on edeltävänä kesänä ollut alhaalla ja rannalle on jäänyt kaistale maata, joka muistuttaa kausikuivan lampareen pohjaa. Oletukseni mukaan hyttysnaaraat ovat munineet tälle kaistaleelle.

²¹ Becker ym. 2010.

²² Clements 1963.

²³ Reeves ym. 2018.

²⁴ Francyn ym. 1989 mukaan Pogostan taudin tärkeimpiä levittäjiä lintujen välillä ovat *Culiseta morsitans* ja *Culex*-hyttiset, ja mahdollisesti *Aedes cinereus* on ns. siltalaji joka levittää virusta linnuista ihmisiin. Turellin ym. 1990 mukaan myös *Ochlerotatus communis* ja *O. excrucians* voivat toimia taudin siltalajeina.

²⁵ Clements 1963; Becker ym. 2010.

²⁶ Clements 1963; Becker ym. 2010.

²⁷ Attardo ym. 2005.

²⁸ Clements 1963; Becker ym. 2010.

-
- ²⁹ Becker ym. 2010.
- ³⁰ Kairomoneista, ks. Silberbush & Blaustein 2008, Silberbush ym. 2010; eräiden lajien on havaittu suosivan muninnassa vesiä, joista ne aistivat oman tai lähilajin toukkien hajuja, esim. Bentley ym. 1976.
- ³¹ Russo ym. 1978; McIver 1982; Becker ym. 2010.
- ³² Corbet & Danks 1975, tutkimus tehtiin Kanadan Ellesmeren saarella (81°49'N), ja tutkitut hyttyspopulaatiot ovat maailman pohjoisimpia.
- ³³ Becker ym. 2010.
- ³⁴ Suomennot Natvigin 1948 s. 78 mukaan.
- ³⁵ Fang 2010 ei ole paras mahdollinen viite tähän yhteyteen, mutta perustuen useisiin havaintoihin (ml. matkakertomukset, joista Natvig 1948 sisältää useita esimerkkejä) voidaan olettaa että arktisilla/subarktisilla alueilla hyttysten runsaus on suurimmillaan.
- ³⁶ Thienemann 1938 ja Natvigin 1948 tähän liittyvä kritiikki sivuilla 84-88; Corbet 1967, autogenia on termi jolla tarkoitetaan munien tuottamista ilman veriateriaa. Fakultatiivinen autogenia viittaa tilanteeseen, jossa hyttysnaaras voi ilman veriateriaa tuottaa pienen määrän munia jos verta ei ole saatavilla; Corbetin ja Downen 1966 mukaan *O. impiger* ja *O. nigripes* käyttävät laajasti saatavilla olevia selkärangaisia veriaterian lähteinä, etenkin myskihätkää ja hautovia lintuja; Fennoskandiassa Natvig 1948 korostaa perojen merkitystä.
- ³⁷ Nämä väitteet perustuvat paljolti omaan kokemukseen ja havaintoihin. Avosuorimmissä toki esiintyy hyttysiä, mutta vähemmässä määrin kuin puustoisilla paikoilla. Tämä käy ilmi Brummer-Korvenkontion ym. 1971 julkaisusta, jossa tutkittiin erilaisia lammikoita kolmella paikalla (Tvärminne, Nilsia, Kilpisjärvi). Nilsissä viisi lampareta luokiteltiin ”boggy pools”, mutta ne eivät olleet varsinaisia avosuorimpia (ks. ko. julkaisun taulukko 3). Tästä huolimatta hyttysten runsaus suoallikoissa oli alhaisempi kuin metsäisten ympäristöjen allikoissa (taulukko 6); sama asia käy ilmi myös Tessier ym. 1981 subarktisen suoalueen tutkimuksesta, jossa toukkien tiheydet olivat suurimmillaan muualla kuin soilla ja suotyypin välillä oli suuria eroja hyttysten tuottavuudessa.
- ³⁸ Malli on julkaistu Gjullin ym. 1961 kirjassa Alaskan hyttysistä. Tähän julkaisuun on Google Scholarin mukaan (haettu 5.3.2019) viitattu 38 kertaa, mutta yksikään näistä julkaisuista ei käsittele hyttysten runsauden ennustamista.
- ³⁹ <http://mygg.se/> verkkosivulta saa tietoa Daljoen hyttysseurannasta ja hyttysten torjunnasta.
- ⁴⁰ Daljoen alueelta on useita julkaisuja, kuten Schäfer & Lundström 2006, Schäfer ym. 2008, 2018
- ⁴¹ Bti-käsittelyn vaikutuksesta Daljoen alueella Schäfer & Lundström 2014; Lundströmin ym. 2010 mukaan Bti-käsittelyllä ei ole havaittu merkittäviä vaikutuksia surviaissääskien runsauteen tai monimuotoisuuteen. McKien ym. 2015 raportin mukaan Bti-käsittelyjen tulvaniittyjen ja kontrollialueiden maaperän punkki- ja nivelmadoissa on havaittavissa hiilen isotooppieroja ja raportin mukaan vaikutuksia on havaittavissa myös hämähäkeissä ja kovakuoriaisissa. Bti-käsittely johtaa myös rehevöitymiseen, koska käsittelyn seurauksena hyttystoukat kuolevat niille sijoilleen eivätkä aikuisina levittäydy laajemmalle alueelle. Bti-levitetään maissiseoksessa joka lisää orgaanisen hiilen määrää. Raportin mukaan on kuitenkin vaikea osoittaa varsinaista ekosysteemitason haittaa joka aiheutuisia isotooppimuutoksista.
- ⁴² Seurannassa voisi käyttää myös ns. citizen science lähestymistapaa jossa näytteitä pyydetäisiin kansalaisilta. Näin on menestyksekkäästi tehty Saksassa, ks. Walther & Kampen 2017.
- ⁴³ Tällaisia lajeja ovat mm. *Aedes rossicus*, joka on havaittu Ruotsin puoleiselta Tornionjoelta (Blomgern ym. 2018) sekä *Ochlerotatus cyprius*, *O. nigrinus* ja *O. nigripes*, joista ei ole viimeaikaisia havaintoja (Utrio 1979). Mahdollisesti myös esim. *Ochlerotatus rempeli* ja *O. mercurator* voisivat esiintyä Suomessa, erityisesti Lapissa (ks. Becker ym. 2010, Aksenova & Anufrieva 1969, Danilov 1974).
- ⁴⁴ Carpenter & LeCasse 1955; Connif 2012.
- ⁴⁵ Euroopan tulokaslajit, ks. Medlock ym. 2012; tiikerihyttysen ilmastolliset raja-arvot Cunze ym. 2016.
- ⁴⁶ Becker ym. 2010.
- ⁴⁷ WHO World malaria report 2016 (<https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2016/en/>).
- ⁴⁸ Duodecim Terveyskirjasto (https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00620).
- ⁴⁹ Huldén 2008.
- ⁵⁰ Becker ym. 2010 s. 25, ”noin 40 *Anopheles*-lajeja ovat merkittäviä malarian vektoreita”, vapaa suomennos. Sinkan ym. 2010 malariektoreiden yhteenvedossa listataan 41 lajia.
- ⁵¹ *Anopheles messae* kuuluu ns. *maculipennis*-kompleksiin, jossa on useita vaikeasti tunnistettavia lajeja. Lokin ym. 1979 mukaan *A. messae* esiintyy Etelä-Suomessa ja se on yksi malariektoreista (Sinka ym. 2010).
- ⁵² Huldén ym. 2005; Huldén & Huldén 2009.

-
- ⁵³ Huldén & Huldén 2008.
- ⁵⁴ Eliasson ym. 2006 on hyvä yleiskatsaus tularemiaan.
- ⁵⁵ Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan (Rossow ym. 2015) tularemien esiintyvyys on yhteydessä myyrien runsauden huippuvuosiin; ruotsalaisten tutkijoiden mukaan (Ryden ym. 2012) tautia tavataan runsaina hyttysvuosina.
- ⁵⁶ Thelaus ym. 2014.
- ⁵⁷ Rossow ym. 2015
- ⁵⁸ Brummer-Korvenkontio & Saikku 1975; Becker ym. 2010.
- ⁵⁹ Putkurin ym. 2016 mukaan hyttyskauden aikana Suomessa pitäisi Inkoon taudille altistua vähintään 20 000 ihmistä; Putkurin ym. 2007 mukaan Inkoon taudin seroprevalenssi Suomen väestössä on 51,3 %, mutta se vaihtelee alueittain, ollen tavallisin Lapissa (61,4 %) ja harvinaisin Ahvenanmaalla (5,5 %).
- ⁶⁰ Putkuri ym. 2016.
- ⁶¹ Putkuri ym. 2014, Chatanga tunnettiin tätä ennen vain Venäjältä.
- ⁶² Inkoon taudin viruksen esiintyminen eläimissä, Brummer-Korvenkontio & Saikku 1975; Inkoon taudin viruksen RNA:ta on eritetty *O. communis*-toukasta, joten virus voi talvehtia hyttysten munissa, Tingström ym. 2016; alun perin tauti havaittiin *O. communis* ja *O. punctator*-hyttysistä, ks. myös Putkuri ym. 2014 taulukko 1.
- ⁶³ Brummer-Korvenkontio & Saikku 1975.
- ⁶⁴ Becker ym. 2010.
- ⁶⁵ Hyvä yleiskatsaus Pogostan tautiin, Sane ym. 2009; taudin ensimmäiset epidemiat Suomessa, Brummer-Korvenkontio & Kuusisto 1981;
- ⁶⁶ Sindbis-viruksen seroprevalenssi teerellä vuonna 2003, yksi vuosi tautihuipun jälkeen, oli n. 27,4 %, mutta vuosi tämän jälkeen vain 1,4 %, Kurkela ym. 2008; talven lumisyvyyden ja kesän sääolojen merkityksestä taudin esiintyvyydelle, Brummer-Korvenkontio ym. 2002; Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan (Hesson ym. 2016) Sindbis-virus on yleinen varsinkin rastailla, ja tutkijoiden mukaan rastaat ja varpuslinnut ovat tärkeämpiä taudin esiintyvyyden kannalta kuin metso, joka on Ruotsissa tautialueella harvinaisen. Ruotsissa ja Suomessa taudin tärkeimmät isäntälinnut eivät välttämättä ole samat.
- ⁶⁷ Turell ym. 1990 on kokeellinen tutkimus kolmen lajin (*A. cinereus*, *O. excrucians* ja *O. communis*) kyvystä toimia Sindbis-viruksen vektoreina; viruksen transovariaalinen leviäminen, ks. Tingström ym. 2016.
- ⁶⁸ Jonesin kirja *Mosquito* (2012) kertoo populaarilla tavalla hyttysistä ja hyttysiin liittyvästä kulttuurihistoriasta.
- ⁶⁹ Fang 2010, Schafer & Lundström 2014
- ⁷⁰ Lindström & Lilja 2018
- ⁷¹ Toukkina kerättävät hyttysset voi määrittää etanolissa tai niistä voi tehdä kestopreparaatteja lasille. Aikuiset naaraat pitää määrittää kuivina ja ne suositellaan neulattavaksi mikroneuloille kuin. Aikuiset koiraat voi säilöä joko etanolissa tai neulattuina. Euroopassa esiintyvien hyttysten määrittämiseen on runsaasti kirjallisuutta, kuten Gutsevich ym. 1974, Mohrig 1969, Utrio 1976, Wood ym. 1979, Becker ym. 2010. Suomessa on jo arvioitu mäkärin ja paarmojen uhanalaisuus (Salmela ym. 2019, Haarto ym. 2019), hyttysiä ei ole voitu arvioida huonon tietämyksen vuoksi.