

Sulkasääsken toukkien runsaus Vanajanselällä kesällä 2013

Tommi Malinen¹

Mika Vinni¹

Jussi Iso-Tuisku²

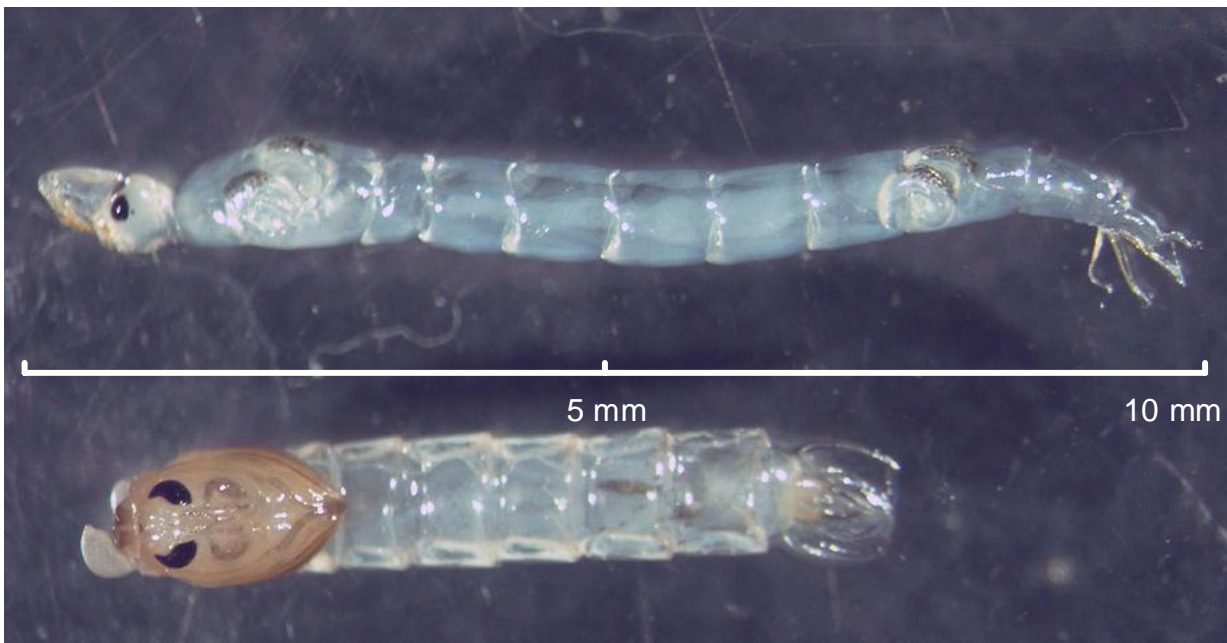
¹Helsingin yliopisto

²Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry

1. Johdanto

Sulkasääsken toukat (kuva 1) ovat eläinplanktonia syöviä petoja, jotka elävät järven pohjasedimentissä ja tietyntyyppisissä järvissä myös vesipatsaassa. Tiheä sulkasääskikanta säätelee tehokkaasti eläinplanktonin runsautta, jolloin eläinplankton ei pysty säätelemään kasviplanktonia, mikä voi aiheuttaa sinileväkukintoja. Runsaana esiintyessään sulkasääsket vaikuttavat eläinplanktoniin voimakkaammin kuin kalat (Liljendahl-Nurminen ym. 2003 ja 2005). Tällöin hoitokalastus ei sovellu sinileväkukintojen poistamiseen. Sillä voidaan jopa huonontaa järven tilaa, jos sulkasääsken toukat pääsevät runsastumaan kalojen vähetessä.

Sulkasääsken runsaus kalamäärältäänkin runsaissa järvissä on melko uusi havainto (Liljendahl-Nurminen ym. 2002). Aiemmin niiden on luultu elävän lähinnä pohjasedimentissä ja esiintyvän vesipatsaassa ainoastaan hapettomassa alusvedessä ja kalattomissa lammissa. Harhaluulo on johtunut siitä, että toukat eivät jää helposti vesinäytteenottiin. Koska toukilla on kaksi kaasurakkulaa, ne kuitenkin näkyvät hyvin kaiku-luotaimessa. Kaikuluotaushavaintojen innoittamana on viime vuosina tutkittu monien Etelä-Suomen järvien sulkasääskitiheyksiä. Toukkia on löytynyt runsaasti monista savisameista ja humuksen värjäämistä järvistä (esim. Malinen & Vinni 2013a ja b).



Kuva 1. Sulkasääsken toukka (yllä) ja kotelo (alla). Kuva: Mika Vinni.

Sulkasääsken toukkien on jo pitkään tiedetty kuuluvan Vanajanselän syvänealueen sedimentin lajistoon (Kansanen & Aho 1981) ja 2000-luvulla niiden määrä on lisääntynyt (Valkama 2013). Kiinnostus sulkasääsken runsautta kohtaan voimistui huomattavasti, kun vuonna 2011 tehdyssä Vanajanselän kaikuluotaustutkimuksessa havaittiin runsaasti sulkasääsken toukkia vesipatsaassa (Malinen 2012). Tämä antoi aiheen olettaa, että Vanajanselälläkin sulkasääski saattaa olla merkittävässä asemassa ulapan ravintoverkossa. Pelkkä kaikuluotaustutkimus ei kuitenkaan mahdollistanut toukkien runsauden arviointia.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli arvioida sulkasääsken toukkien runsaus Vanajanselän ulappa-alueella. Tulosten perusteella pohditaan sulkasääsken merkitystä Vanajanselän ulapan ravintoverkossa ja vaikutusta selän tilaan. Lisäksi arvioidaan mahdollisten jatkotutkimusten hyödyllisyyttä.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Näytteenotto

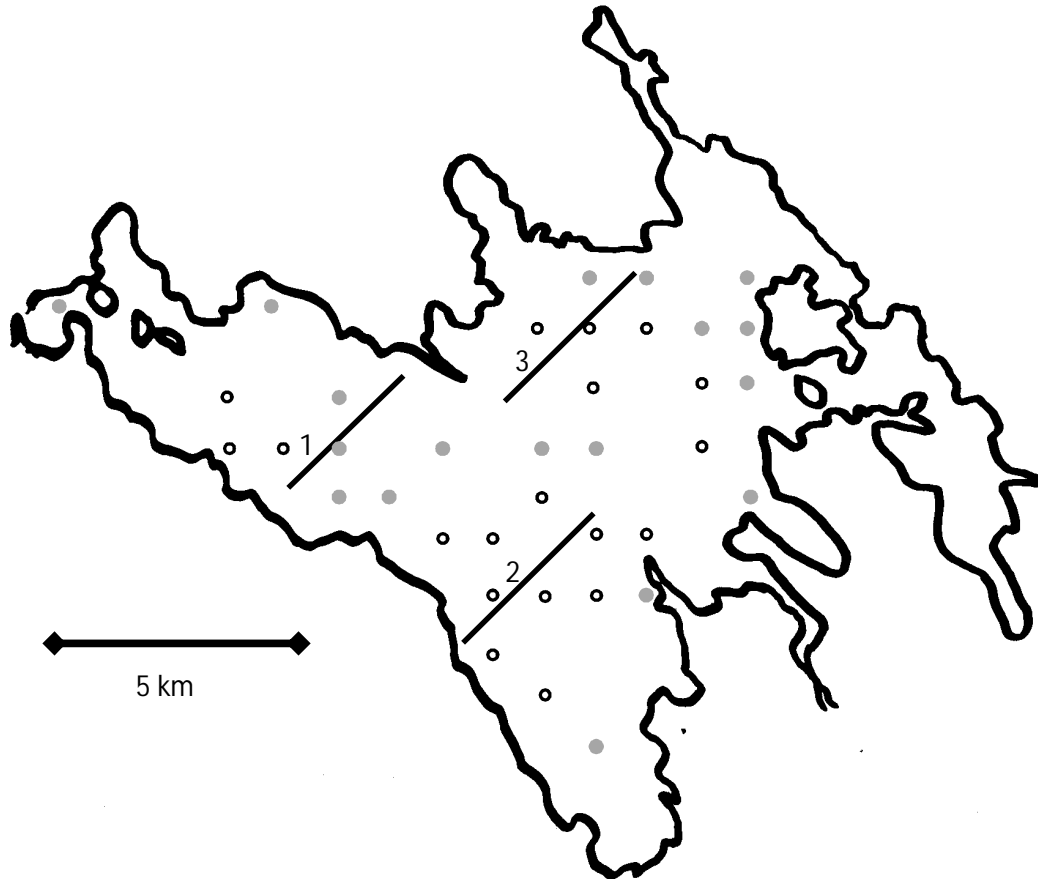
Vanajanselän sulkasääskinäytteenotto tehtiin 19.6.2013. Toukkien alueellisen jakauman ja vertikaalijakauman selvittämiseksi kaikuluodattiin kolme lounas-koillinen-suuntaista linjaa (kuva 2). Toukkien runsauden arviointia varten selkä jaettiin 1 km * 1 km ruutuihin, joiden keskelle sijoitettiin näytteenottopiste. Alle 6 m syviä pisteitä ei otettu mukaan, koska niin matalilla alueilla toukkia ei esiinny kuin poikkeuksellisen sameissa tai humuspitoisissa järvissä (Malinen, julkaisematon aineisto). Koska näytepisteiden määrä oli yhden päivän kenttätutkimukselle liian suuri, arvottiin näistä pisteistä ainoastaan osa mukaan näytteenottoon. Mukaan otettiin yhteensä 37 pistettä (kuva 2). Yli 12 m syvyyksiltä pisteitä otettiin näyte sekä sedimentistä että vesipatsaasta mutta tätä matalammilta pisteiltä otettiin ainoastaan sedimenttinäyte (kaikuluotaimen näytöltä havaittiin, että sulkasääsken toukkia ei esiintynyt vesipatsaassa alle 12 m syvyydellä).

Tarkoituksena oli ajoittaa kenttätutkimus ajankohtaan, jolloin mahdollisimman suuri osuus sulkasääsken toukkien populaatiosta olisi vesipatsaassa. Alkukesällä eläinplanktonbiomassa on vesien lämmitessä kasvanut ja sulkasääsken toukat esiintyvät vesipatsaassa jos esimerkiksi valon sammuminen tarjoaa niille suoja paikan kalojen saalistusta vastaan. Keskikesällä toukat kuoriutuvat ja poistuvat järvestä, mitä seuraa tiheyden romahdus muutaman viikon ajaksi.

2.2 Tutkimusvälineet

Kaikuluotaukset tehtiin SIMRAD EY-500 -tutkimuskaikuluotaimella, joka oli varustettu lohkoilaisella ES120-7C -anturilla. Sen lähettämän äänen taajuus on 120 kHz ja äänikeilan avautumiskulma 7° (-3 dB tasolle). Vastaavaa kaikuluotauslaitteistoa on käytetty monissa sulkasääskitutkimuksissa. Aineisto tallennettiin kannettavan tietokoneen kovalevyllä myöhempää analysointia varten.

Vesipatsaasta otettiin näytteet nostohaavilla, jonka silmäkoko oli 183 µm ja halkaisija 50 cm. Sedimenttinäytteet otettiin Ekman-pohjanoutimella (näyteala 230 cm²). Sedimenttinäytteet seulottiin 500 µm:n haavikankaan läpi. Haavi- ja pohjaeläinnäytteet pakastettiin. Lisäksi mitattiin syvänteeltä lämpötila- ja happiprofiilit sekä määritettiin näkösyvyys Secchi-levyllä.



Kuva 2. Kaikuluotauslinjojen ja näytteenottopisteiden sijainti Vanajanselällä 19. kesäkuuta 2013. Valkoiset ympyrät ovat syviä (> 12 m) pisteitä, joista otettiin sekä haavi- että sedimenttinäytteet. Harmaat ympyrät ovat matalampia pisteitä, joista otettiin vain sedimenttinäytteet.

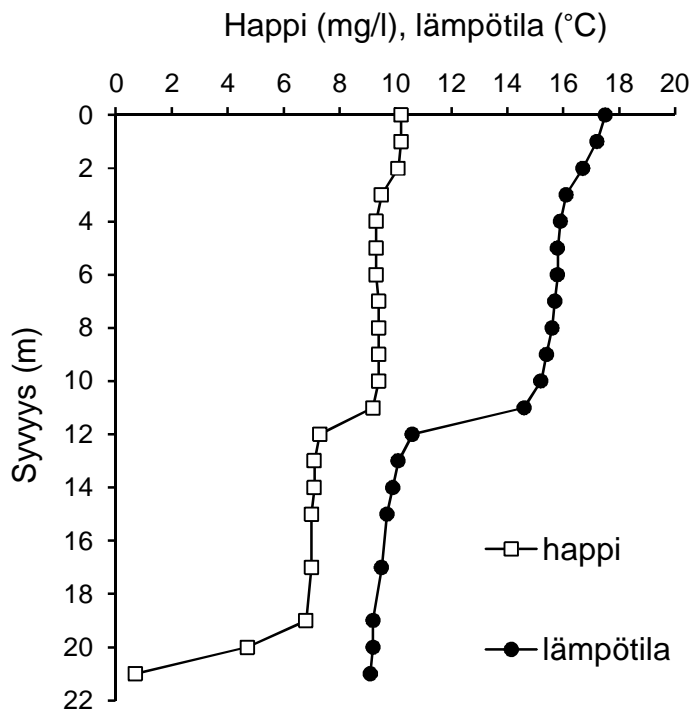
2.3 Aineiston analysointi

Sulkasääsken toukkien ja muiden pohjaeläinten lukumäärä laskettiin myöhemmin laboratoriossa. Sulkasääsken toukkien pituusjakauman ja keskipituuden määrittämiseksi mitattiin 150-200 toukan pituus (0,1 mm tarkkuus) sekä sedimentistä että vesipatsaasta. Myös kunkin näytteen taksonikohtainen märkäbiomassa punnittiin keskipainojen laskemiseksi. Sulkasääsken toukkien ja muiden pohjaeläinten tiheys laskettiin ositetulla otannalla (Pahkinen & Lehtonen 1989) käyttäen ositteina syvyysvyöhykkeitä. Arviolle laskettiin 95 %:n luottamusvälit Poisson -jakaumaan perustuen (Jolly & Hampton 1990). Lisäksi laskettiin sulkasääsken toukkien kokonaismäärä ja -biomassa tutkimusalueella. Kaikuluotausaineisto analysoitiin EP 500 -ohjelmalla. Aineistosta määritettiin sulkasääsken toukkien esiintymisen yläraja vesipatsaassa ja sen perusteella toukkien esiintymisalueen laajuus.

3. Tulokset

3.1 Lämpötila- ja happiprofiilit

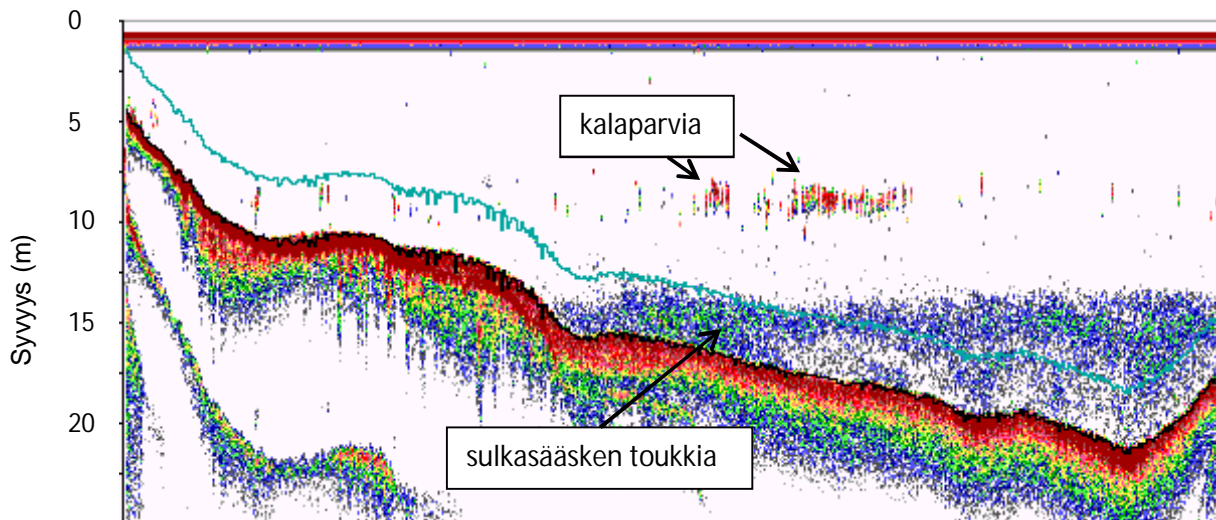
Tutkimuspäivänä Vanajanselällä vallitsi selvä lämpötilakerrostuneisuus. Päälysvesi oli melko tasalämpöistä (15-18°C), mutta n. 12 m syvyydessä lämpötila laski alle metrin matkalla lähes 5 astetta (kuva 3). Alusveden lämpötila oli 9-10°C. Happipitoisuus oli korkea 19 m syvyyteen asti, jonka jälkeen se alkoi nopeasti laskea. Pohjan lähellä, 21 m syvyydellä happipitoisuus oli enää 0,7 mg/l. Näkösyvyys oli 1,85 m Secchi-levyllä mitattuna.



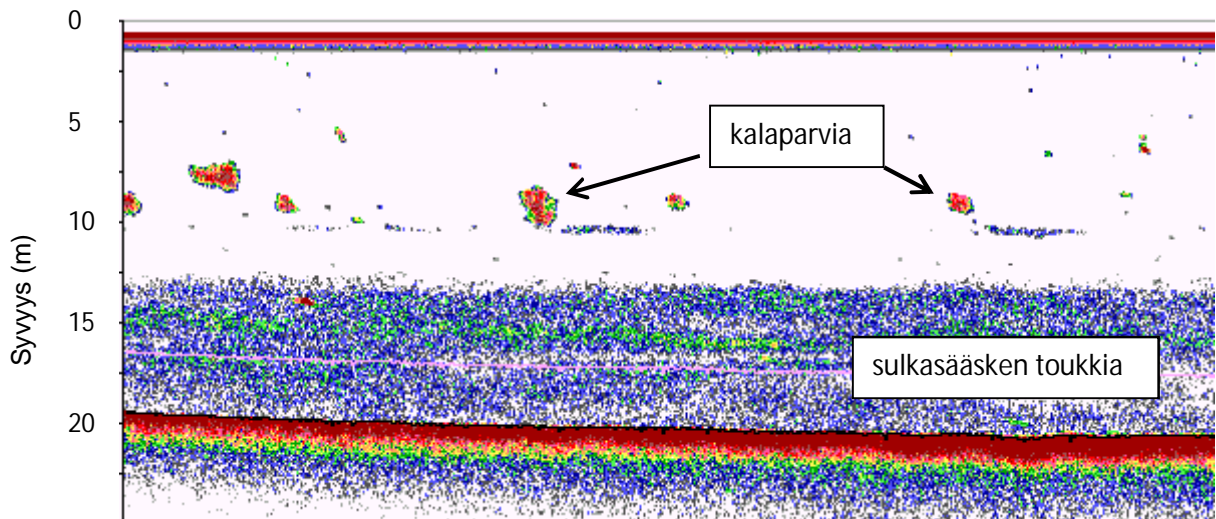
Kuva 3. Vanajanselän syvänteeseen lämpötila- ja happiprofiilit 19. kesäkuuta 2013.

3.2 Sulkasääsken toukkien vertikaalijakauma

Sulkasääsken toukkien esiintymisen yläraja vesipatsaassa oli n. 13 metriä (kuva 4). Syvimmällä alueella toukkatiheys oli suurimmillaan n. 15 m syvyydessä, mutta toukkia esiintyi melko runsaasti aina pohjaan asti. Sulkasääskikerroksen yläosassa esiintyi muutamia yksittäisiä kaloja, mutta valtaosa kaloista oli 7-10 m syvyydellä. Todennäköisesti nämä ulapalla esiintyneet kalaparvet koostuivat suurelta osin kuoreesta (Malinen 2012). Kalaparvien ja sulkasääsken toukkien välinen etäisyys vertikaalisuunnassa oli pienimmillään noin kolme metriä (kuva 5). Huomionarvoista on se, että sulkasääskikerroksen yläraja on selvästi ylempänä kuin vähähappisen vesikerroksen yläraja (kuvat 3 ja 5). Vaikka pohjan läheisen vesikerroksen vähähappisuus suosii sulkasääskeä, ei happipitoisuus näytä olevan ainakaan ainoa sulkasääsken esiintymistä säätelevä tekijä Vanajanselällä. Pelkästään valon sammuminenkin ilmeisesti riittää tarjoamaan sulkasääsken toukille suojapaikan syvillä alueilla.



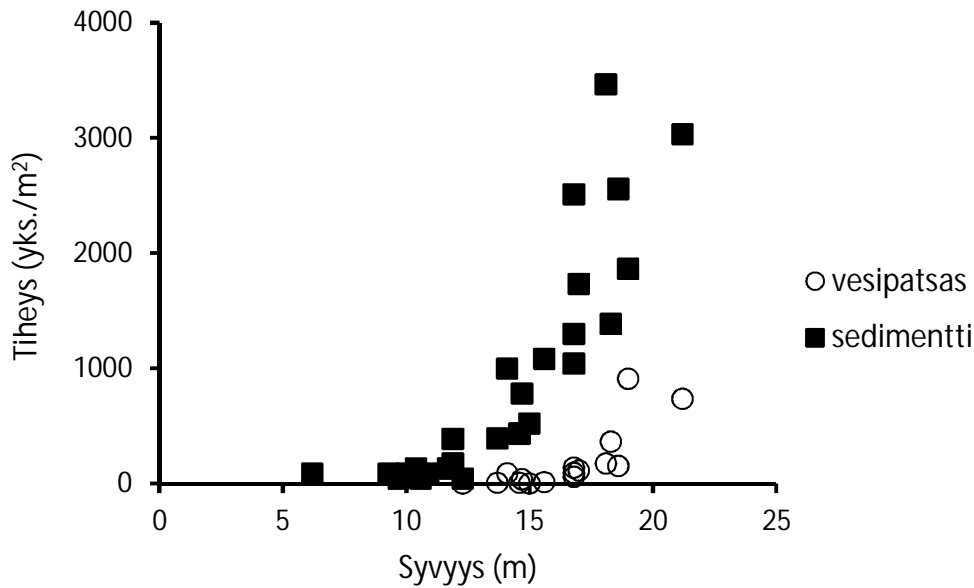
Kuva 4. Kaikuluotaukku Vanajanselältä 19. kesäkuuta 2013 (linja 3, ks. kuva 1).



Kuva 5. Kaikuluotaukku Vanajanselältä 19. kesäkuuta 2013 (linjan 1 syvimmältä kohdalta, ks. kuva 1).

3.3. Sulkasääsken toukkien horisontaalijakauma sedimentissä ja vesipatsaassa

Nostohaavinäytteissä sulkasääsken toukkia alkoi esiintyä 14 m syvyydeltä alkaen (kuva 6). Tiheys alkoi kasvaa huomattavasti syvyyden ylittäessä 17 metriä. Sedimentissä tavattiin toukkia harvakseltaan aina 6 m syvyydeltä alkaen, mutta toukka tiheys alkoi kasvaa nopeasti syvyyden ylittäessä 13 metriä. Sedimentissä tiheyden kasvu syvyyden kasvaessa oli vieläkin voimakkaampaa kuin vesipatsaassa. Näiden, yli 13 m syvien alueiden osuus Vanajanselän pinta-alasta on n. 24 %.



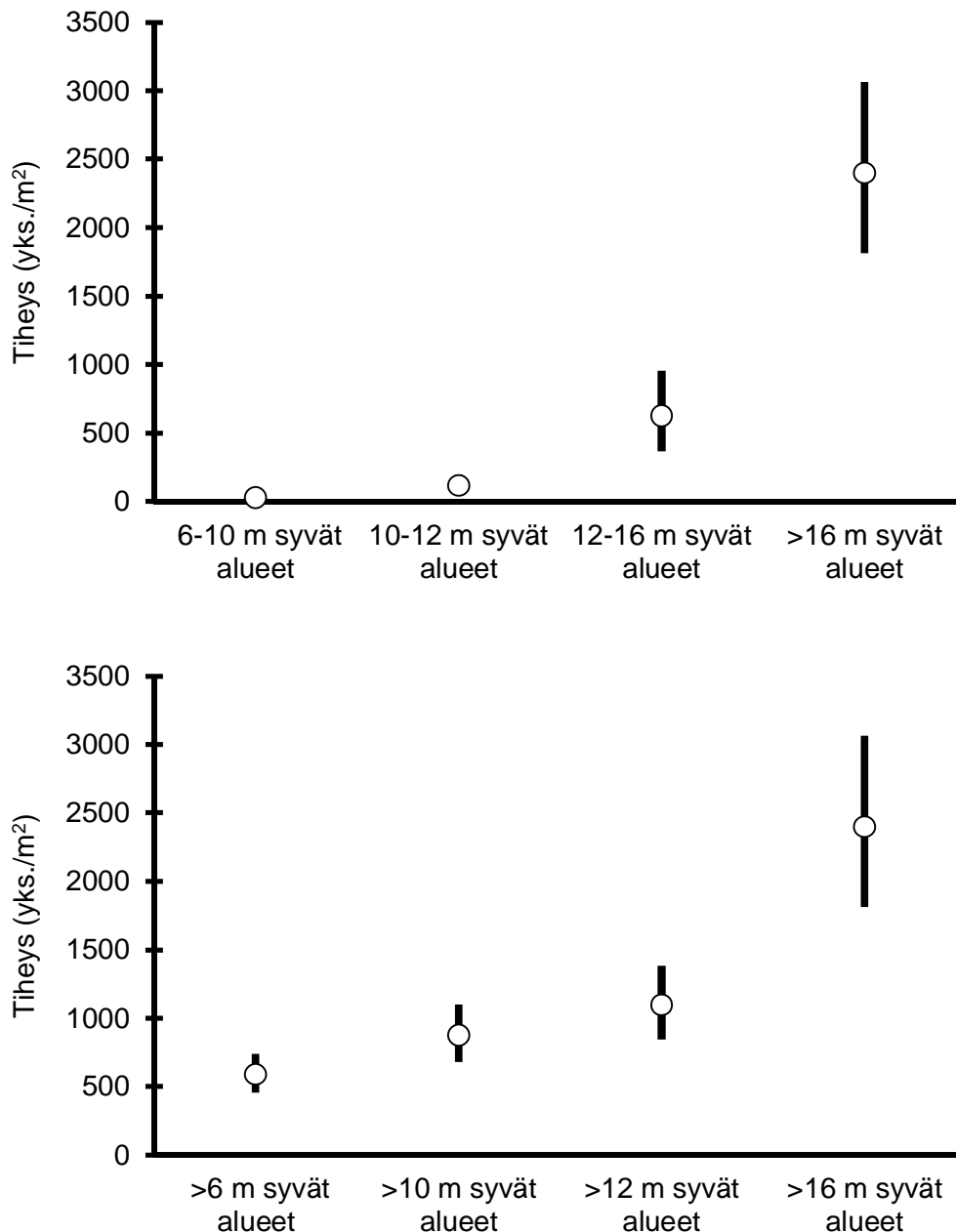
Kuva 6. Sulkasääsken toukkien tiheys Vanajanselän vesipatsaassa ja sedimentissä eri syvyisillä näytepisteillä.

3.4 Sulkasääsken toukkien tiheys

Sulkasääsken toukkien tiheys Vanajanselän yli 16 m syvillä alueilla oli n. 2400 yks./m² (kuva 7). Arvion 95 %:n luottamusvälit olivat 1820-3070 yks./m². Tällä alueella havaittu tiheys on siis varsin suuri. Muilla syvyydsvyöhykkeillä toukkatiheys oli kuitenkin selvästi pienempi ja esimerkiksi 12-16 m syvillä alueilla tiheys oli enää n. 630 yks./m². Koko tutkimusalueella eli Vanajanselän yli 6 m syvillä alueilla toukkatiheys oli n. 590 yks./m² (arvion 95 %:n luottamusvälit olivat 460-740 yks./m²). Vanajanselän ulapalla sulkasääsken toukkien tiheys on alhaisempi kuin eräissä savisameissa järvissä ja humusjärvissä mutta suunnilleen yhtä suuri kuin esimerkiksi Lohjanjärvellä (kuva 8). Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon, että aineiston järvet on valittu tutkimukseen nimenomaan sulkasääskiä suosivien ominaisuuksiensa (savisameus, humuspitoisuus, suuri syvyys, alusveden vähähappisuus) perusteella, joten tulokset eivät edusta keskimääräistä sulkasääskitilannetta Suomen järvissä.

Jos oletetaan, että Vanajanselän alle 6 m syvillä alueilla ei ole lainkaan sulkasääsken toukkia, saadaan koko toukkapopulaation kooksi n. 32,5 miljardia yksilöä. Kyseessä on siis huomattavan suuri populaatio. Se on esimerkiksi paljon suurempi kuin sulkasääskistään kuulun Hiidenveden populaatio (Malinen, julkaisematon aineisto). Koska toukan keskimääräinen märkäpaino oli 0,0040 g, oli Vanajanselän toukkapopulaation biomassa n. 130 000 kg. Hehtaaria kohti (> 6 m syvät alueet) tämä on n. 24 kg, joka on lähes 70 % ulapan kulkuluotaamalla arvioidusta kesäaikaisesta kalabiomassasta (n. 35 kg/ha, Malinen 2012). Toisaalta surviasääsken toukkien biomassa on vieläkin suurempi, koska ne ovat suurempia ja niitä esiintyy laajemmalla alueella kuin sulkasääsken toukkia (ks. luku 3.7).

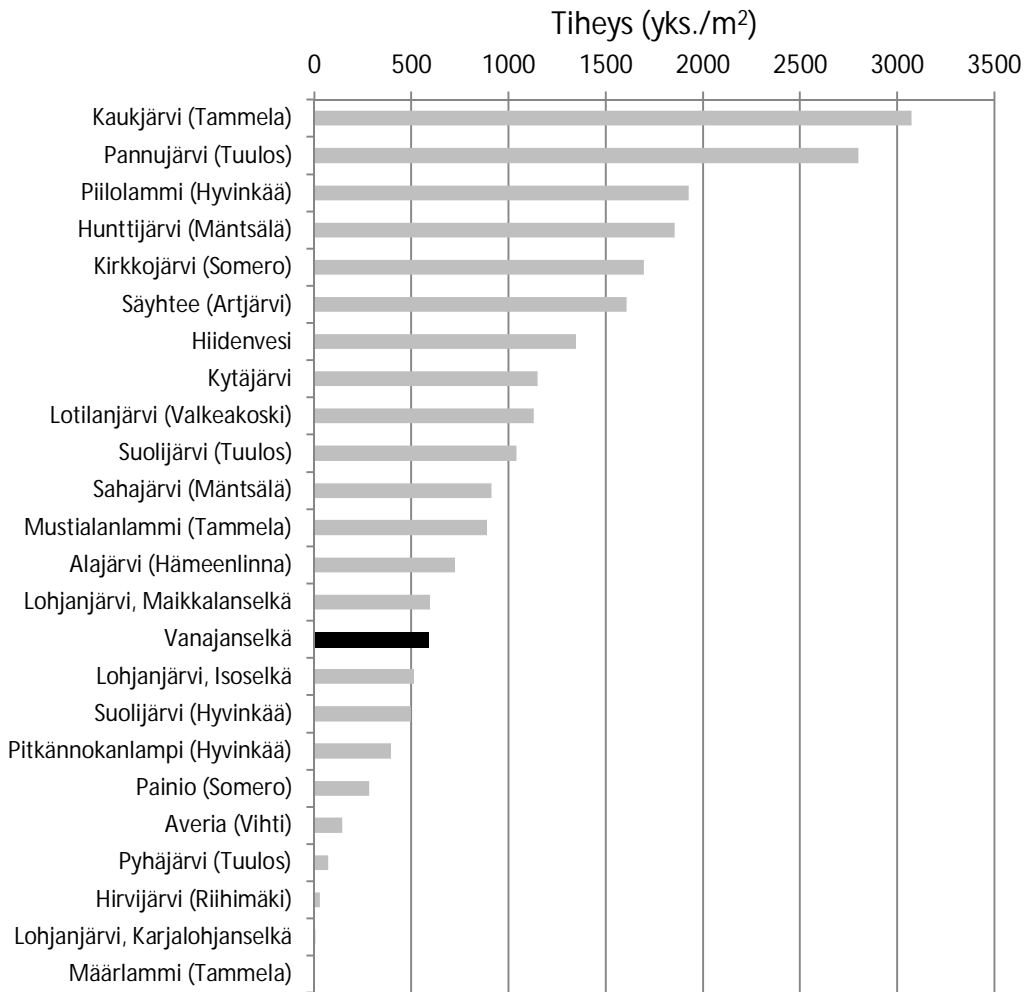
Vanajanselän sulkasääsken toukista 91,7 % oli sedimentissä ja 8,3 % vesipatsaassa. Sedimentissä oli paljon suurempi osuus toukkapopulaatiosta kuin syvissä savisameissa järvissä. Esimerkiksi Hiidenvedellä vesipatsaan toukkatiheys on usein suurempi kuin sedimentin toukkatiheys (Malinen & Vinni 2013c).



Kuva 7. Sulkasääsken toukkien keskimääräinen tiheys Vanajanselän syvyysvyöhykkeillä (yläkuva) ja toukkien tiheysarviot eri tavoin rajatulla tutkimusalueella (alakuva). Arvioille on esitetty myös 95 %:n luottamusvälit.

3.5 Jäänemassiat

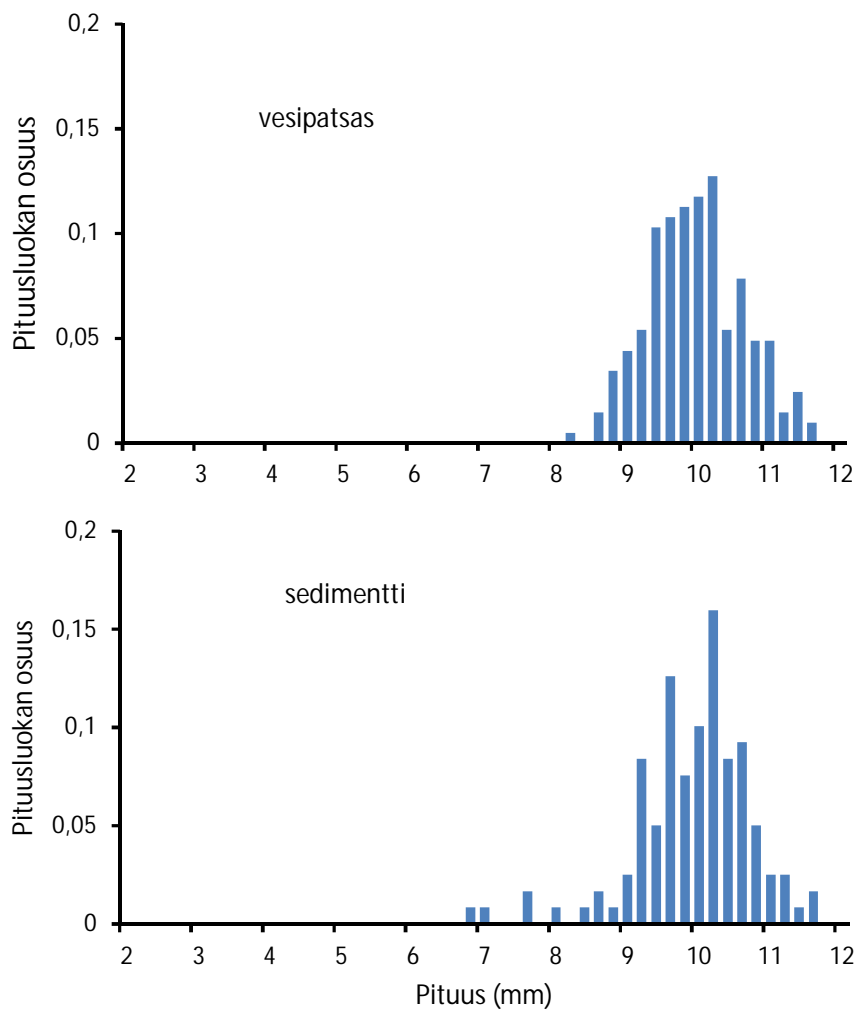
Sulkasääskinäytteenoton yhteydessä tehtiin mielenkiintoinen havainto: nostohaavilla saatiin kaikkiaan 12 jäänemassiaista (*Mysis relicta*). Sen suuntaa antava tiheys yli 12 m syvillä alueilla oli 3,2 yks./m² (95 %:n luottamusvälit 0,9-7,0 yks./m²). Haavilla saatiin sekä suurikokoisia, todennäköisesti talvehtineita yksilöitä (n. 20 mm pituisia, n=3), että selvästi pienempiä yksilöitä (alle 10 mm pituisia, n=9). Jäänemassiasien tiheys oli kuitenkin hyvin alhainen verrattuna muihin järviin, joissa sitä esiintyy. Esimerkiksi Hiidenvedellä jäänemassiasien tiheys on vaihdellut 15 ja 40 yks./m² välillä (Malinen ym. 2012, Malinen & Vinni 2013c).



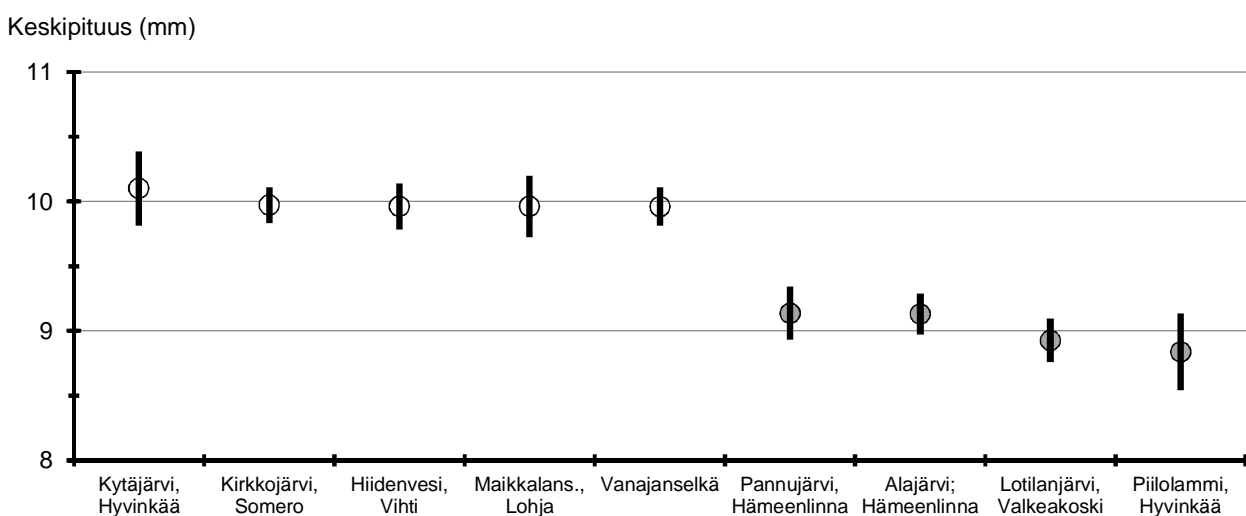
Kuva 8. Sulkasääsken toukkien tiheys vuosina 2007-2013 tutkittujen järvien yli 6 m syvyisillä alueilla (Malinen & Vinni, julkaisematon aineisto).

3.6 Sulkasääsken toukkien pituusjakauma

Sulkasääsken toukkien pituusjakaumat olivat yksihuippuisia sekä vesipatsaassa että sedimentissä (kuva 9). Näin ollen sulkasääskillä on kesällä 2012 ollut ainoastaan yksi kuoriutumiskausi kuten Suomessa yleensäkin. Toukkien keskipituus oli vesipatsaassa 10,01 mm (n=204) ja sedimentissä 9,96 mm (n=119). Toukkien keskikoko oli suunnilleen yhtä suuri kuin savisameissa sulkasääskijärvissä ja selvästi suurempi kuin tyypillisissä humusjärvissä (kuva 10). Suuri keskikoko viittaa hyvään ravintotilanteeseen.



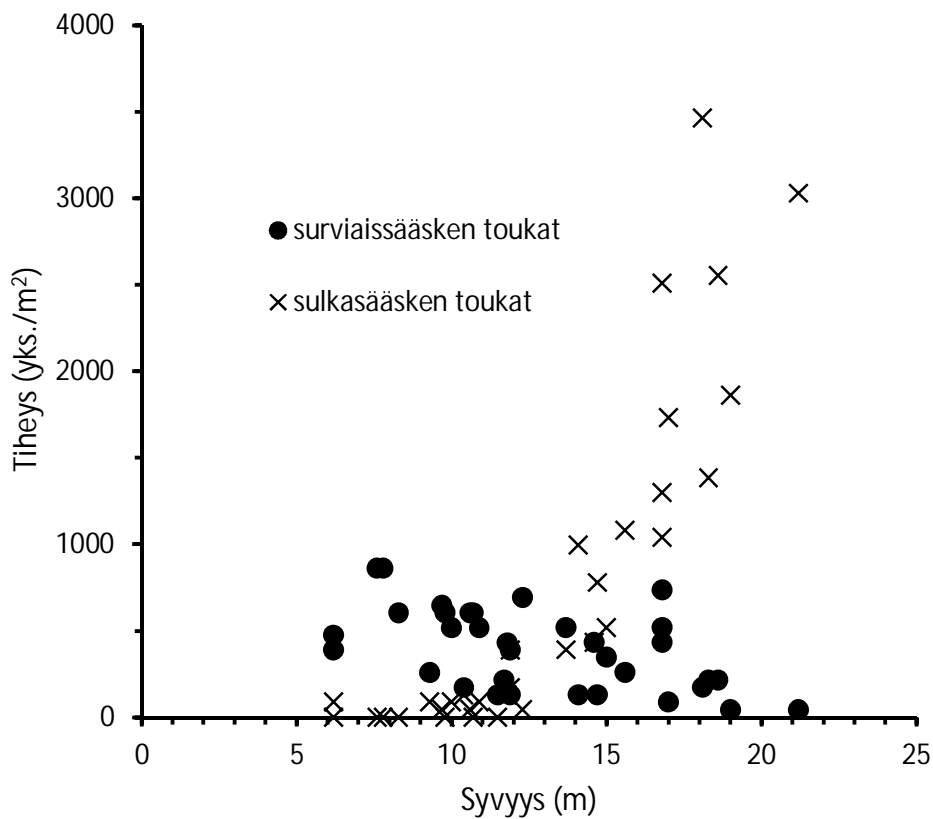
Kuva 9. Sulkasääsken toukkien pituusjakaumat Vanajanselän vesipatsaassa (yläkuva) ja sedimentissä (alakuva).



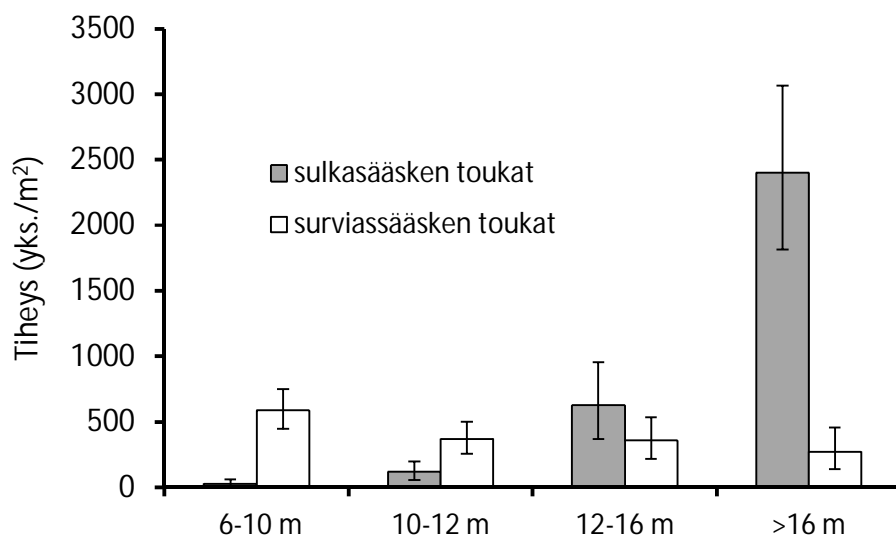
Kuva 10. Sulkasääsken toukkien keskipituus 95 %:n luottamusväleinen eräiden Etelä-Suomen järvien sedimentissä. Savisameat järvet on merkitty valkoisella ja humusjärvet harmaalla ympyrällä (Malinen & Vinni, julkaisematon aineisto).

3.7 Sulkasääsken toukat ja pohjaeläimet

Sulkasääsken toukkien lisäksi Vanajanselän sedimentissä esiintyi runsaasti ainoastaan surviaissääsken toukkia. Niiden määrä väheni syvyyden kasvaessa päinvastoin kuin sulkasääsken toukilla (kuvat 11 ja 12). Yli 14 m syvillä alueilla sulkasääsken toukat dominoivat selvästi pohjaeläinyhteisöä. Sulkasääsken ja surviaissääsken toukkien lisäksi sedimentissä esiintyi harvakseltaan harvasukasmatoja ja polttiaisen toukkia (Taulukko 1). Lisäksi näytteistä löytyi yksi valkokatka. Vanajanselän pohjaeläinyhteisö on siis varsin yksipuolinen ainakin tutkitulla, yli 6 m syvällä alueella. Toisaalta surviaissääsken toukkia esiintyi runsaasti. Yli 6 m syvien alueiden surviaissääskibiomassa oli n. 4 g/m^2 eli 40 kg/ha . Esimerkiksi sulkasääsken pahoin vaivaamaan Hiidenvedeen verrattuna Vanajanselän surviaissääskibiomassa hehtaarilla oli n. 2,5-kertainen (Malinen & Vinni, julkaisematon aineisto). Surviaissääsken toukkien kokonaisbiomassa Vanajanselän yli 6 m syvillä alueilla oli n. $230\,000 \text{ kg}$ eli selvästi enemmän kuin sulkasääsken toukkien biomassa. Lisäksi on muistettava, että surviaissääsken toukkia esiintyy myös matalammilla alueilla, jotka jäivät tämän tutkimuksen ulkopuolelle.



Kuva 11. Surviais- ja sulkasääsken toukkien tiheys Vanajanselän sedimentissä eri syvyisillä näytepisteillä.



Kuva 12. Sulka- ja surviaissääsken toukkien tiheys syvyysvyöhykkeittäin Vanajanselällä (sedimentti + vesipatsas). Arvioille on esitetty myös 95 %:n luottamusvälit.

Taulukko 1. Pohjaeläinten tiheys ja biomassa Vanajanselän yli 6 m syvillä alueilla.

	Keskimääräinen tiheys (yks./m ²)	Tiheyden 95 %:n luottamusväli	Keskimääräinen märkäbiomassa (g/m ²)
Surviaissääsken toukat	426	347-513	4,150
Harvasukasmadot	41	30-55	0,053
Polttaisen toukat	5,5	1,4-12,1	0,021
Valkokatka	1,8	0-7,3	0,003
Sulkasääsken toukat ¹	590	459-739	2,364

¹sisältää sekä sedimentin että vesipatsaan toukat

4. Tulosten tarkastelu

Vanajanselän syvänealueella esiintyy runsaasti sulkasääsken toukkia. Sulkasääsken tiheästi kansoittama alue kattaa noin neljäsosan Vanajanselän pinta-alasta. Tehokkaana eläinplanktonin syöjänä sulkasääsken toukilla saattaa olla suuri merkitys ulapan ravintoverkossa. Tämän tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä varmoja johtopäätöksiä sulkasääsken vaikutuksesta eläinplanktoniin ja sitä kautta mahdollisesti sinileväkukintojen muodostumiseen. Tutkimushetkellä vesipatsaassa olleet toukat olivat kalojen pakottamina varsin syvällä, jossa ne eivät pysty hyödyntämään päällysveden runsasta eläinplanktonia. Todennäköisesti ne kuitenkin nousevat hämärän tullen päällysvedeen ruokailemaan (Horppila ym. 2000). Myös sedimentissä päiväsaikaan olleet toukat saattavat siirtyä vesipatsaaseen ja vaeltaa päällysveden asti. Sulkasääsken vaikutus eläinplanktoniyhteisöön riippuu tämän vaelluksen voimakkuudesta. Toukkien vuorokausivaellusta Vanajanselällä ei ole toistaiseksi selvitetty.

Todennäköisesti sulkasääsken toukkien esiintymiskerroksen yläraja vaihtelee kesän aikana. Siihen vaikuttavat ainakin valaistusolosuhteet, veden kirkkaus, kalojen esiintymissyvyys ja happitilanne. Esimerkiksi Hii-denvedellä näkösyvyyden ja esiintymiskerroksen ylärajan välillä on selvä positiivinen riippuvuus (Malinen & Vinni 2013c). Vanajanselän valtalaji, kuore, puolestaan hakeutuu keski- ja loppukesällä mahdollisimman viileään veteen eli mahdollisimman syvälle. Tällöin toukat joutuvat pakenemaan vielä syvemmälle. Esimerkiksi heinäkuun lopussa 2011 kuoreita esiintyi 13 m syvyyteen asti, ja toukkakerroksen yläraja asettui n. 15 m syvyyteen (Malinen 2012). Tällöin sulkasääsken toukkien esiintymistä vesipatsaassa auttoi suuresti alusveden heikko happitilanne, joka alkoi rajoittaa kalojen esiintymistä 13 m syvyydestä alkaen.

Kesällä 2011 tehdyn kaikuluotaustutkimuksen (Malinen 2012) perusteella ulapan selvä valtalaji on kuore ja särkikalojen biomassa on pieni. Näin ollen hoitokalastuksella ei voida parantaa Vanajanselän tilaa. Kuoretta ei missään tapauksessa kannata kalastaa tehokkaasti, koska kuorekanta säätelee sulkasääsken runsautta (Horppila ym. 2003 ja 2004). Sulkasääsken runsastuminen todennäköisesti kasvattaisi entisestään eläinplanktoniin kohdistuvaa saalistusta, mikä saattaisi lisätä ja/tai voimistaa sinileväkukintoja. Kalastonhoidollisena toimenä voidaan tehdä särkikalojen hoitokalastusta, mutta vedenlaatuvaikutuksia siltä on turha odottaa.

Sulkasääsken runsauteen on lähes mahdotonta vaikuttaa varsinkaan näin suuressa järvessä. Vanajanselän kuorevaltainen kalayhteisö on jo sellainen, että se säätelee sulkasääskikantaa mahdollisimman tehokkaasti. Toisaalta kaikki valuma-alueen vesiensuojelutoimet, jotka pienentävät kiintoainekuormitusta, heikentävät sulkasääsken elinmahdollisuuksia pitkällä tähtäimellä. Kiintoainekuormituksen väheneminen edesauttaisi veden kirkastumista, jolloin sulkasääsken toukille riittävän pimeä kerros vesipatsaassa ohenisi, mikä heikentäisi niiden ravinnonsaantimahdollisuuksia ja vaikutusta eläinplanktoniyhteisöön. Myös järven yleisen rehevyytason laskuun ja alusveden happitilanteen parantamiseen tähtäävät vesiensuojelutoimet ovat sulkasääskiongelman kannalta hyödyllisiä pitkällä tähtäimellä.

Vaikka runsasta sulkasääskikantaa voidaan pitää järven tilan kannalta haitallisena asiana, on muistettava, että eräät kalalajit käyttävät sulkasääsken toukkia ravintonaan. Kuoreen lisäksi niitä saattavat syödä mm. kuhanpoikaset (Vinni M., julkaisematon aineisto sekä Malinen ym. 2006). Tämä eläinplanktonia suurempi ravintokohde saattaa nopeuttaa kuhanpoikasten siirtymistä kalaravintoon. On kuitenkin vaikea sanoa, käyttävätkö Vanajanselän kuhanpoikaset sulkasääsken toukkia ravintonaan. Toukat esiintyivät ainakin päiväsai-kaan huomattavasti syvemmällä kuin kuhanpoikaset (Malinen 2012), mutta yöllä ne saattavat hyvinkin olla kuhanpoikasten ulottuvilla. Kuhanpoikasten ravintoa ei ole Vanajanselällä toistaiseksi tutkittu.

Jäänmassiaisten löytyminen haavinäytteistä oli positiivinen havainto. Sen on tiedetty kuuluvan Vanajanselän lajistoon, koska sitä on havaittu satunnaisesti sedimenttinäytteissä (Kansanen & Aho 1981). Pohjanäytteenottimet eivät kuitenkaan sovellu sen runsauden arviointiin, koska se esiintyy pääasiassa vesipatsaassa. Jäänmassiainen vaatii viileätä ja hapekasta vettä selvitäkseen, ja sen esiintyminen alusveden happiongelmista kärsineellä Vanajanselällä on hyvä merkki. Se kertoo siitä, alusveden yläosassa happipitoisuus ei ainakaan kaikkina kesinä laske kovin alhaiseksi. Jäänmassiainen on erittäin hyvää ravintoa monille kaloille, myös kuoreelle, muikulle ja ahvenelle, joten sen esiintymistä voidaan pitää kalantuotannon kannalta hyödyllisenä.

Myös valkokatkan esiintyminen sedimenttinäytteissä on hyvä uutinen. Se oli 1960-luvulla hyvin runsas, mutta taantui sen jälkeen voimakkaasti (Kansanen & Aho 1981), eikä sitä enää ole viime vuosina löydetty

pohjaeläinseurannan sedimenttinäytteistä (Valkama 2013). Tässä tutkimuksessa löydetty yksi yksilö paljasti, että laji ei ole kokonaan kadonnut Vanajanselältä. Runsastuessaan sekin olisi arvokas ravintovara monille kalalajeille.

Vanajanselän sulkasääskinäytteenotto oli varsin kattava, ja tiheysarviota voidaan pitää melko tarkkana. Jonkin verran virhettä on aiheuttanut se, että kaikilta näytepisteiltä ei saatu kunnollista näytettä Ekman-pohjanoutimella kovan pohjan takia. Nämä pisteet jätettiin pois tiheysarvioita laskettaessa. Koska sulkasääsken toukkien tiheys lienee kovilla pohjilla alhaisempi kuin pehmeillä pohjilla, on tämä menettely johtanut jonkinasteiseen yliarvioon. Toisaalta muut merkittävät virhelähteet, kuten haavin heikko pyytävyyys pohjan lähellä, vaikuttavat enimmäkseen toiseen suuntaan. Johtopäätökseen runsaasta sulkasääskikanasta eivät nämä virhelähteet missään nimessä vaikuta.

5. Suositukset jatkotoimiksi

Jos Vanajanselän ulapan ravintoverkon toimintaa halutaan ymmärtää, tulisi jatkossa selvittää sulkasääsken toukkien vertikaalivaellusten voimakkuus sekä sulkasääskipopulaation ja eläinplanktonyhteisön kesänaikainen kehitys. Jos suuri osa sulkasääsken toukkapopulaatiosta vaeltaa yöllä päällysveteen asti ja eläinplanktonin määrä saavuttaa huippunsa vasta keski-loppukesällä sulkasääsken toukkien kuoriuduttua, säätelevät sulkasääsken toukat eläinplanktonin runsautta. Tällainen tilanne vallitsee esimerkiksi savisamealla Hiidenvedellä (Liljendahl-Nurminen ym. 2003 ja 2005) ja Rehtijärvellä (Horppila ym. 2009). Vanajanselän tyyppisissä, rehevissä mutta suhteellisen kirkasvetisissä järvissä ei vastaavia tutkimuksia ole tehty. Lisäksi ulapan tärkeimpien kalojen (kuore, kuhanpoikaset, muikku) ravintotutkimus parantaisi mahdollisuuksia arvioida sulkasääsken merkitystä ravintoverkossa. Tällöin olisi mahdollista ymmärtää ravintoverkossa ja järven tilassa tapahtuvia muutoksia, jos sulkasääsken tai tärkeimpien kalojen runsaus muuttuu. Sulkasääsken runsastumisen (Valkama 2013) lisäksi voi tapahtua myös muita, äkillisiäkin muutoksia. Esimerkiksi kuorekanta saattaa romahtaa lämpiminä kesinä (Keskinen ym. 2012, Malinen ym. 2008) ja sulkasääskikanta voi puolestaan romahtaa viileän, tuulisen ja sateisen kesän seurauksena (Malinen & Vinni 2013c).

Vanajanselän pohjaeläinseurannan lisäksi olisi perusteltua ottaa nostohaavilla näytteet vesipatsaasta, koska ajoittain saattaa suurikin osa sulkasääsken toukkapopulaatiosta olla nimenomaan vesipatsaassa. Samalla saataisiin tietoa jäännemassaisen runsauden kehityksestä. Nostohaavinäytteenotto tulisi kuitenkin olla alueellisesti kattava. Kaikkein luotettavimmat seurantatulokset saataisiin tässä tutkimuksessa käytetyllä, eri syvyysvyöhykkeet kattavalla näytteenotolla, jossa on käytetty sekä pohjanoudinta että nostohaavia.

Lähdeluettelo

- Horppila, J., Eloranta, P., Liljendahl-Nurminen, A., Niemistö, J. & Pekcan-Hekim, Z. 2009: Refuge availability and sequence of predators determine the seasonal succession of crustacean zooplankton in a clay-turbid lake. *Aquat. Ecol.* 43: 91-103.
- Horppila, J., Liljendahl-Nurminen, A. & Malinen, T. 2004: Effects of clay turbidity and light on the predator-prey interaction between smelts and chaoborids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 1862-1870.

- Horppila, J., Liljendahl-Nurminen, A., Malinen, T., Salonen, M., Tuomaala, A., Uusitalo, L. & Vinni, M. 2003: *Mysis relicta* in a eutrophic lake – consequences of obligatory habitat shifts. *Limnology and Oceanography* 48: 1214-1222.
- Horppila, J., Malinen, T., Nurminen, L., Tallberg, P. & Vinni, M. 2000: A metalimnetic oxygen minimum indirectly contributing to the low biomass of cladocerans in Lake Hiidenvesi – a diurnal study on the refuge effect. *Hydrobiologia* 436: 81-90.
- Jolly, G. M. & Hampton, I. 1990: Some problems in the statistical design and analysis of acoustic surveys to assess fish biomass. *Rapp. P.-v Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 189: 415-420.
- Kansanen, P. H. & Aho, J. 1981: Changes in the macrozoobenthos associations of polluted Lake Vanajavesi, Southern Finland, over a period of 50 years. *Ann. Zool. Fennici* 18: 73-101.
- Keskinen, T., Lilja, J., Högmander, P., Holmes, J. A., Karjalainen, J. & Marjomäki, T. J. 2012: Collapse and recovery of the European smelt (*Osmerus eperlanus*) population in a small boreal lake – an early warning of the consequences of climate change. *Boreal Environment Research* 17: 398-410.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Malinen, T. & Uusitalo, L. 2002: The seasonal dynamics and distribution of *Chaoborus flavicans* larvae in adjacent lake basins of different morphometry and degree of eutrophication. *Freshwater Biology* 47: 1283-1295.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Valtonen, S., Peckan-Hekim, Z. 2005: Searching for the missing peak – an enclosure study on seasonal succession of cladocerans in Lake Hiidenvesi. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 85-103.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Malinen, T., Eloranta, P., Vinni, M., Alajärvi, E., & Valtonen, S. 2003: The supremacy of invertebrate predators over fish – factors behind the unconventional seasonal dynamics of cladocerans in Lake Hiidenvesi. *Arch. Hydrobiol.* 158: 75-96.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Valtonen, S. & Peckan-Hekim, Z. 2005: Searching for the missing peak – an enclosure study on seasonal succession of cladocerans in Lake Hiidenvesi. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 85-103.
- Malinen, T. 2012: Vanajanselän ulappa-alueen kalatiheys ja -biomassa kesällä 2011 kaikuluotauksen perusteella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 10 s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2013(a): Sulkasääsken toukkien runsaus Someron Kirkkojärvellä. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 7 s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2013(b): Sulkasääsken runsaus ja merkitys Hämeenlinnan Tuuloksen Pyhä-, Suolija Pannujärvessä. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos ja Hämeenlinnan ympäristöjulkaisuja 23. 21 s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2013(c): Sulkasääsken runsaus Hiidenvedellä vuonna 2013. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 8 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Antti-Poika, P. & Salonen, M. 2008: Vesijärven Enonselän ulappa-alueen kalayhteisön kehitys vuosina 2002-2006. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristöekologian laitos sekä bio- ja ympäristötieteiden laitos. 16 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Vinni, M., Vesala, S., Horppila, J., Niemistö, J., Ruuhijärvi, J., Pekcan-Hekim, Z. & Ojala, T. 2006: Jokioisten Rehtijärven kalasto vuonna 2005. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 23 s.
- Malinen, T., Vinni, M. & Antti-Poika, P. 2012: Sulkasääsken runsaus Hiidenvedellä vuonna 2011. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 6 s.
- Pahkinen E. & Lehtonen, R. 1989: Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi. *Gaudeamus*. Helsinki, 1989. 286 s.
- Valkama, J. 2013: Vanajaveden-Pyhäjärven reitin pohjaeläintarkkailu 2011. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu nro 685. 24 s.