

Kaukjärven kalojen sekä sulkasääsken toukkien ja muiden pohjaeläinten runsaus vuonna 2007

Tommi Malinen, Mika Vinni ja Pekka Antti-Poika

Helsingin yliopisto
Bio- ja ympäristötieteiden laitos (akvaattiset tieteet)



Sisällysluettelo

1. Tausta.....	3
2. Aineisto ja menetelmät.....	4
2.1 Kalatutkimus.....	4
2.2 Sulkasääskitutkimus.....	5
2.3 Pohjaeläintutkimus.....	5
3. Tulokset.....	6
3.1 Kalatiheydet ja -biomassat.....	6
3.2 Sulkasääskitiheydet.....	8
3.3 Pohjaeläintiheydet ja -biomassat.....	11
4. Tulosten tarkastelu.....	13
4.1 Kalat.....	13
4.2 Sulkasääsken toukat.....	14
4.3 Pohjaeläimet.....	14
5. Yhteenveto.....	15
Lähdeluettelo.....	16

Kannen kuva: Sulkasääsken toukka (ylhällä) ja kotelo (alhaalla). Toukan pituus on n. 1 cm.
Kuva: Mika Vinni

1. Tausta

Kaukjärvi on savisamea ja rehevä järvi, joka on pitkään kärsinyt tyypillisistä rehevöitymishaitoista, kuten ajoittaisista sinilevien massaesiintymistä ja alusveden happikadosta (Nyholm ym. 2003, Mäkelä 2004). Järven kunnostamista on suunniteltu tehtäväksi mm. pohjasedimentin kipsauksella. Toistaiseksi merkittäviä toimia ei järvellä ole kuitenkaan tehty. Tässä raportissa esitetään tulokset kolmesta tutkimuksesta, jotka kuuluvat EU:n, Hämeen ympäristökeskuksen ja Tammelan kunnan rahoittamaan ”Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kunnostus- ja virkistyskäytön lisääminen” -hankkeeseen. Tutkimuksissa selvitettiin kalojen, sulkasääsken toukkien ja pohjaeläinten runsautta Kaukjärvellä vuonna 2007.

Kaukjärven kalastoa on tutkittu verkkokoekalastuksilla vuonna 2001. Tuolloin verkkoyksikkösaaliit olivat järven rehevyytasoon nähden alhaisia (Ala-Opas 2004). Varsin epätyypillisten olosuhteiden (hellejakso) takia jäi kalakantojen runsaus kuitenkin hiukan epäselväksi. Verkkokoekalastuksella ei myöskään voida luotettavasti arvioida muikun ja kuoreen runsautta. Molempia lajeja on esiintynyt Kaukjärvessä, mutta varsinkin kuore on ilmeisesti voimakkaasti taantunut. Näiden lajien esiintyminen vaikuttaa sekä suorasti (muikkusaaliit) että epäsuorasti (kuore on kuhalle tärkeä ravintokohde) järven virkistyskäyttöarvoon. Kaukjärven merkittävin saalislaji on nykyään kuha, jota on myös istutettu järveen melko suuria määriä (Ala-Opas 2008).

Sulkasääsken toukat ovat selkärangattomia petoja, joilla saattaa olla suuri merkitys järvien ravintoverkoissa. Monien järvien tehokalastushankkeet ovat saattaneet epäonnistua juuri sulkasääsken toukkien takia. Runsaana esiintyessään ne aiheuttavat kovan laidunnuspaineen eläinplanktonille, jolloin planktonsyöjäkalojen vähentämisellä toteutettu ravintoverkkokunnostus ei tuota toivottua tulosta (Horppila & Liljendahl-Nurminen 2005). Sulkasääsken toukkien runsaus kalamäärältäänkin runsaiden järvien vesipatsaassa on uusi havainto (Liljendahl-Nurminen ym. 2002). Aiemmin toukkien on luultu elävän lähinnä pohjasedimentissä ja muodostavan tiheitä esiintymiä ainoastaan kalattomissa lammissa ja hapettomassa alusvedessä. Harhaluulo on johtunut siitä, että toukat eivät juuri jää vesinäytteenottiin. Koska toukilla on kaksi ilmakuplaa, ne kuitenkin näkyvät hyvin kaikuluotaimessa. Kaikuluotaushavaintojen perusteella on muutamilla Etelä-Suomen järvillä toteutettu planktonhaavitutkimuksia, ja toukkien runsaus erityisesti syvissä ja savisameissa järvissä on yllättänyt. Sameutensa ja syvyysprofiilinsa takia Kaukjärvi kuuluu niihin järviin, joissa sulkasääsken toukilla saattaa olla ravintoverkossa suuri merkitys. Tutkimustietoa Kaukjärveltä ei kuitenkaan ole.

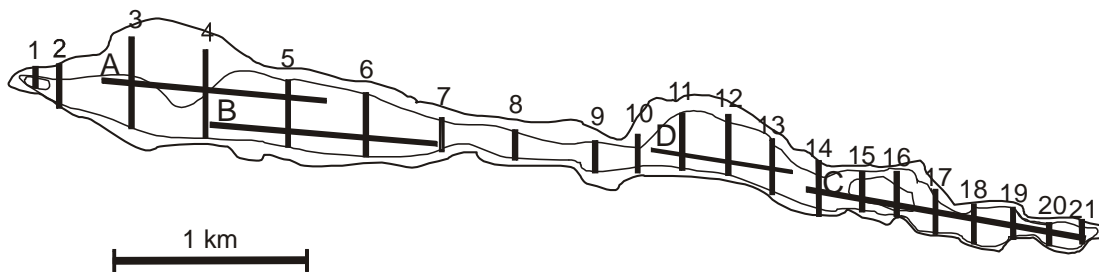
Kaukjärven pohjaeläimiä ei juuri ole tutkittu. Toistuvien alusveden happikatojen takia voidaan olettaa, että syvänteillä pohjaeläinlajisto on yksipuolista. Pohjaeläimistö on hyvin tärkeässä asemassa monen kalalajin ravinnonkäytössä. Varsinkin matalilla alueilla elävät pohjaeläimet ovat tärkeä ravintoryhmä kaloille, koska hapettomuus rajoittaa niin kalojen kuin pohjaeläintenkin esiintymistä syvänealueella. Kun pohjaeläimiä tutkitaan osana järven ravintoverkkoa, ei normaalisti toteutettu syvänealueen pohjaeläin selvitys riitä, vaan näytteenoton on oltava alueellisesti kattava. Kaukjärvessä esiintyvistä lajeista erityisesti lahna ja ahven saattavat kärsiä pohjaeläimistön köyhyydestä.

Kalatutkimuksen tavoitteena oli selvittää järven kalayhteisön rakenne ja kalakantojen runsaus kaikuluotauksen, koetroolauksen ja verkkokoekalastusten perusteella. Verkkokoekalastuksen menetelmät ja tulokset on esitetty kolmea Tammelan järveä käsittelevässä selvityksessä (Ala-Opas 2008), eikä niitä toisteta tässä raportissa. Sulkasääskitutkimuksen tavoitteena oli määrittää sulkasääsken (*Chaoborus*) toukkien alueellinen runsaus haavi- ja pohjanoudinnäytteiden sekä kaikuluotausten perusteella. Pohjaeläintutkimuksen tavoitteena oli puolestaan määrittää järven avovesialueen keskimääräiset pohjaeläintiheydet ja -biomassat. Tutkimukset oli suunniteltu siten, että niistä saatavia tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa järven mahdollisia kunnostustoimenpiteitä ja tulevaa seurantaa.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Kalatutkimus

Kalakantojen runsauden arviointiin tähtäävä kaikuluotaus ja -koetroolaustudkimus tehtiin Kaukjärvellä 7. elokuuta 2007. Tällöin kaikuluodattiin järven yli 3 m syvät alueet yhdensuuntaisia linjoja pitkin (kuva 1). Järven itäpuoliskolla linjojen välinen etäisyys oli 200 m ja länsipuoliskolla 400 m. Kaikuluotauksen kanssa tehtiin samanaikaisesti koetroolauksia kalalajikoostumuksen selvittämiseksi paikoilla ja syvyyksillä, joissa havaittiin kaikuluotaimen mukaan runsaasti kaloja. Lisäksi tehtiin pintavetoja kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärän selvittämiseksi etukäteen satunnaistetuilla paikoilla. Kalalajikoostumuksen selvittämiseksi tehtiin kaksi vetoa, linja B syvyydeltä 1,5-3,5 m ja linja C syvyydeltä 2-4 m. Pintakatvealueen kalamäärän selvittämiseksi tehtiin kolme vetoa, linja A syvyydeltä 0-1,5 m sekä linjat C ja D syvyydeltä 0-2 m. Tutkimukset tehtiin päivällä, koska Hiidenvedellä tehtyjen havaintojen mukaan kalakanta-arviota häiritsevät sulkasääsken toukat ja kalat esiintyvät tuolloin pääpiirteissään eri vesikerroksissa (julkaisematon aineisto).



Kuva 1. Kaikuluotauslinjojen (numerot 1-21) ja troolilinjojen (kirjaimet A-D) sijainti Kaukjärvellä 7. elokuuta 2007.

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). Koetroolaukset tehtiin pienellä paritroolilla (korkeus 1,5-2 m, leveys 5 m ja perän silmäharvuus 3 mm), jota vedettiin kahdella moottoriveneellä. Kaikuluotausaineisto tallennettiin kannettavan tietokoneen kovalevyllä ja troolisaalis pakastettiin myöhempää analysointia varten.

Laboratoriossa kunkin lajin troolivetokohtainen saalis punnittiin gramman tarkkuudella. Saaliin lajeittaiset yksilömäärät laskettiin joko kaikista kaloista tai otoksesta lasketun keskipainon perusteella. Lisäksi vedoista mitattiin lajeittaiset pituusjakaumat millimetrin tarkkuudella. Kaikuluotausaineisto analysoitiin EP500- ja Excel -ohjelmilla. Analysointi aloitettiin 2 m syvyydeltä ja lopetettiin 0,3 m ennen pohjaa. Kaukjärven yli 3 m syvät alueet kalatiheys laskettiin käyttämällä otosyksikköinä kokonaisia kaikuluotauslinjoja. Otosyksikön kalatiheys laskettiin kuten aiemmin vastaavissa tutkimuksissa (esim. Malinen ym. 2004). Kaikuluotausaineiston laskennassa käytettiin ositettua otantaa. Ositteina olivat järven itäpuolisko ja länsipuolisko (rajana järven kapein kohta). Ositteen keskimääräinen kalatiheys ja -biomassa hehtaaria kohden laskettiin otosyksikköjen pituuksilla painotettuna keskiarvona. Ositteen kalatiheyden ja -biomassan keskiarvon varianssi laskettiin Shottonin ja Bazigosin (1984) esittämällä kaavalla. Ositteet yhdistettiin ositetun otannan kaavoilla (esim. Pahkinen & Lehtonen 1989, s. 62-63), jolloin saatiin koko Kaukjärven yli 3 m syvien alueiden kalatiheys- ja biomassa-arviot. Niiden 95 % luottamusvälit laskettiin Poisson -jakaumaan perustuen (Jolly & Hampton 1990).

Kaikuluotaimen pintakatvealueen kalatiheydet ja -biomassat laskettiin troolin pyyhkäisytilavuuden perusteella (Olin & Malinen 2003). Ulappa-alueen kalalajikohtaiset biomassat laskettiin kalalajikohtaisten tiheysarvioiden ja troolisaaliin lajeittaisten keskipainojen avulla.

2.2 Sulkasääskitutkimus

Sulkasääsken toukkien runsautta arvioitiin koko järven kattavalla planktonhaavi- ja pohjaeläinnoudinnäytteillä 4. kesäkuuta ja 18. syyskuuta. Järvi jaettiin 250 m * 250 m ruutuihin, ja molemmat näytteet otettiin ruudun keskeltä. Alle 1,5 m syvät näytteenottopisteet jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska niiltä ei olisi pystytty ottamaan harhattomia näytteitä käytetyllä planktonhaavilla. Näin menetellen saatiin näytteet 28 pisteeltä kesäkuussa ja 29 pisteeltä syyskuussa. Lisäksi molemmilla kerroilla kaikuluodattiin yli 2 m syvät alueet 200 m välein sijaitsevia etelä-pohjois-suuntaisia linjoja pitkin toukkien alueellisen ja vertikaalisen esiintymisen tutkimiseksi. Kaikuluotaukset tehtiin samalla laitteistolla kuin Kaukjärven kalatutkimus (ks. edellinen luku).

Planktonhaavilla otettiin kokoomanäyte pinnasta pohjaan (silmäkoko 183 µm, halkaisija 50 cm). Sedimentistä näyte otettiin Ekman-pohjanoutimella (näyteala 225 cm²). Sedimenttinäytteet seulottiin 500 µm:n haavikankaan läpi. Haavinäytteet säilöttiin formaliinilla ja pohjaeläinnäytteet pakastettiin. Laboratoriossa laskettiin molemmista näytteistä sulkasääsken toukkien lukumäärä. Lisäksi mitattiin n. 30 yksilön pituus kaikista haavinäytteistä ja 4-5 pohjanäytteestä toukkien keskipituuden laskemiseksi.

Molemmille tutkimuspäiville laskettiin toukkatiheys neliometriä kohti vesipatsaassa ja sedimentissä. Vesipatsaan ja sedimentin arviot yhdistettiin ositetun otannan kaavoilla (esim. Pahkinen & Lehtonen 1989, s. 62-63). Näin saatiin Kaukjärven yli 1,5 m syvien alueiden toukkatiheysarvio. Arvioille laskettiin myös 95 %:n luottamusvälit Poisson-jakaumaan perustuen (Jolly & Hampton 1990). Myös kaikuluotausta voidaan käyttää vesipatsaassa olevien sulkasääsken toukkien runsauden arviointiin (Malinen ym. 2007). Menetelmä on kuitenkin vasta kehitteillä, eivätkä sillä lasketut tiheysarviot ehjät tähän raporttiin. Ne tullaan myöhemmin julkaisemaan aiheesta tehtävässä tieteellisessä artikkelissa. Joka tapauksessa Kaukjärvellä käytetty nostohaavi- ja pohjanoudinnäytteenotto oli niin kattava, että sen perusteella saadaan tarkka arvio toukkatiheydestä.

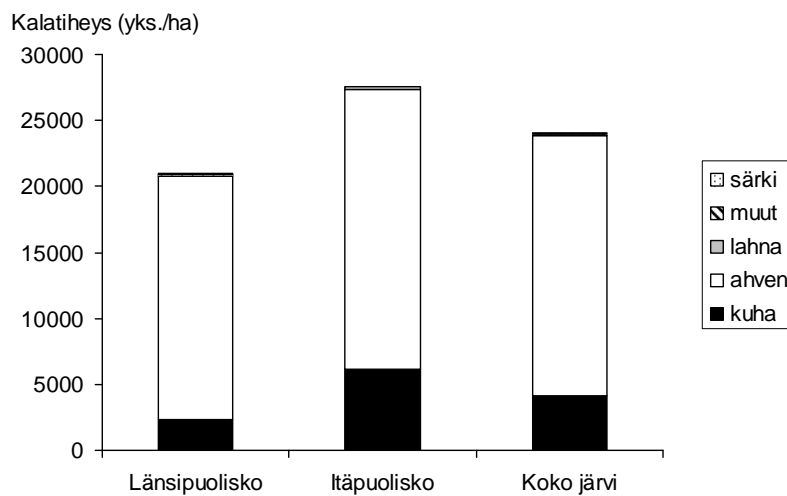
2.3 Pohjaeläintutkimus

Pohjaeläintutkimus tehtiin sulkasääskitutkimuksen yhteydessä otetuista sedimenttinäytteistä. Aineisto oli alueellisesti poikkeuksellisen kattava, ja sen avulla oli mahdollista määrittää tarkat arviot keskimääräisistä pohjaeläinmääristä ja -biomassoista. Pohjaeläimet määritettiin heimo- tai sukutasolle ja niiden lukumäärä laskettiin. Lisäksi punnittiin pohjaeläinten kokonaismärkäbiomassa 0,001 g tarkkuudella. Tähän punnitukseen ei otettu kuitenkaan mukaan muutamia näytteisiin osuneita suurikokoisia simpukoita, vaan niiden märkäpaino punnittiin erikseen. Tulokset esitettiin neliometriä kohti koko tutkimusalueella (yli 1,5 m syvät alueet) ja kahdella syvyysvyöhykkeellä: alle ja yli 5 m syvillä alueilla. Koko tutkimusalueetta koskeville arvioille laskettiin 95 %:n luottamusvälit Poisson-jakauman perusteella (Jolly & Hampton 1990). Lisäksi tarkasteltiin runsaimpien pohjaeläinryhmien yksilömäärien suhdetta näytteenottopisteen syvyyteen.

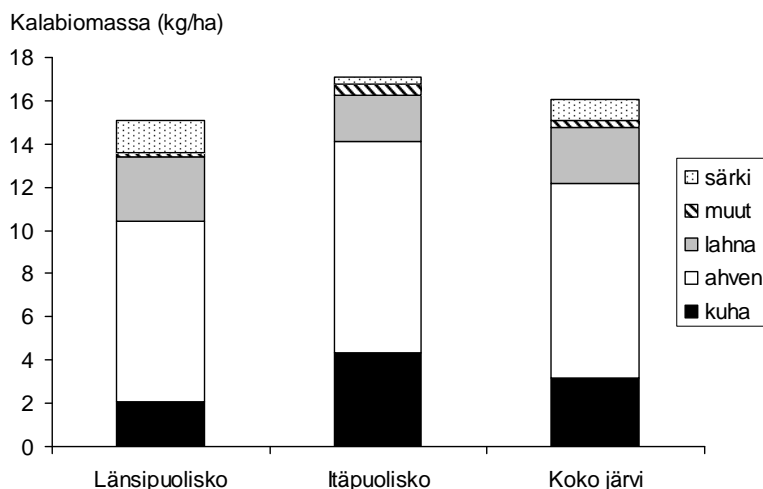
3. Tulokset

3.1 Kalatiheydet ja -biomassat

Tutkimusajankohtana Kaukjärven ulappa-alueen (yli 3 m syvät alueet) kalatiheys oli melko suuri, n. 24000 yksilöä hehtaarilla, mutta kalabiomassa melko pieni, n. 16 kg hehtaarilla (kuvat 2 ja 3). Järven molempien puoliskoien ulappa-alueen kalasto koostui lähinnä ahvenen- ja kuhanpoikasista. Ahvenitiheys oli n. 20000 ja kuhatiheys n. 4000 yksilöä hehtaarilla (kuva 2). Näistä yli 99 % oli ensimmäistä vuottaan eläviä eli 0-vuotiaita poikasista. Ahven ja kuha muodostivat myös valtaosan ulappa-alueen kalabiomassasta (kuva 3). Ahvenbiomassa oli n. 9,0 kg/ha (0-vuotiaiden poikasten osuus yli 95 %) ja kuhabiomassa n. 3,2 kg/ha (0-vuotiaiden poikasten osuus n. 80 %). Lahnabiomassa oli n. 2,6 kg/ha ja särkibiomassa n. 1,0 kg/ha. Muiden lajien (pasuri, salakka) osuus oli hyvin vähäinen. Järvessä varmuudella esiintyvää muikkua ei tavattu, kuten ei myöskään mahdollisesti harvalukuisena esiintyvää kuoretta.



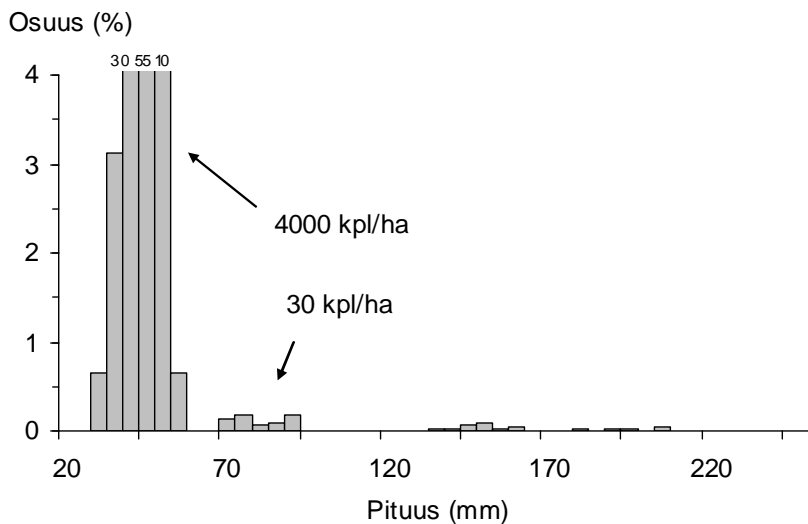
Kuva 2. Kaukjärven länsipuoliskon ja itäpuoliskon sekä koko järven kalatiheysarviot lajeittain (yli 3 m syvät alueet).



Kuva 3. Kaukjärven länsipuoliskon ja itäpuoliskon sekä koko järven kalabiomassaarviot lajeittain (yli 3 m syvät alueet).

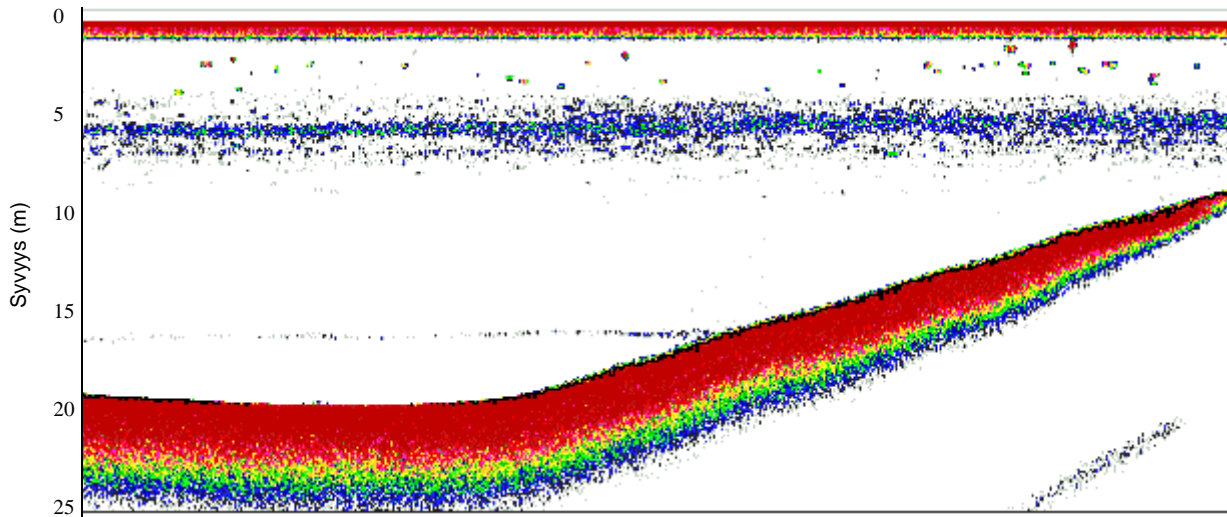
Kaukjärven lajikohtaisille kalatiheys- ja biomassa-arvioille ei ole mielekästä laskea luottamusvälejä, koska niissä on yhdistetty otosyksiköiltään eripituiset kaikuluotausarvio ja pintakatveen troolausarvio. Sen sijaan pelkälle kaikuluotausarviolle luottamusvälien laskeminen on mahdollista. Pelkkä kaikuluotausarvio kattaa vesikerroksen 2 m syvyydeltä alaspäin. Tämä arvio oli 14300 kalaa/ha (95 %:n luottamusvälin alaraja 4900 ja yläraja 28500 kalaa/ha). Pintakatveen osuus tiheydestä ja biomassasta oli suuri erityisesti ahvenella (yli 50 % tiheydestä).

0-vuotiaiden ahvenenpoikasten keskipituus oli 38 mm ja keskipaino 0,4 g. Myös suurin osa kuhanpoikasista oli pieniä, 43-48 mm pituisia ja n. 0,6 g painoisia (kuva 4). Joukossa oli kuitenkin myös huomattavasti kookkaampia, 70-100 mm pituisia poikasista, joiden keskipaino oli 4,6 g. Suomuista tehtyjen ikämääritysten perusteella nämäkin olivat 0-vuotiaita. Vaikka näiden suurikokoisten kuhanpoikasten osuus oli vain n. 0,7 % kaikista kuhanpoikasista, oli niiden tiheysarvio n. 30 kpl/hehtaarilla (yli 3 m syvillä alueilla), mikä on kohtalaisen suuri määrä.



Kuva 4. Kuhanpoikasten pituusjakauma 5 mm luokissa Kaukjärvellä 7.8.2007 koetroolausten perusteella.

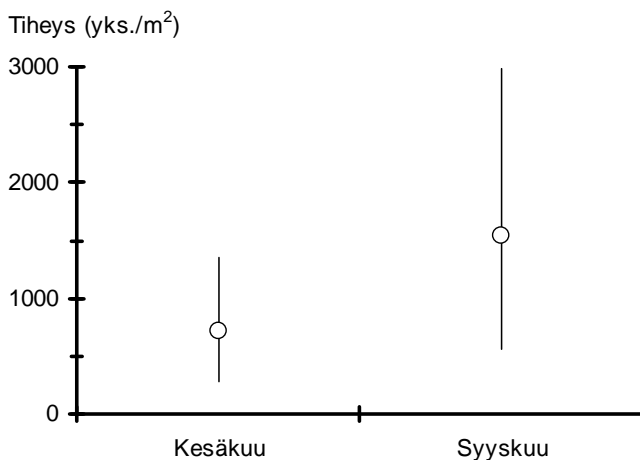
Ahvenen- ja kuhanpoikasista koostuneet parvet olivat keskittyneet 0-4 m syvyydelle (kuva 5). Troolisaaliiden perusteella ahvenparvet olivat lähempänä pintaa kuin kuhaparvet. Syvemmällä esiintyi vain muutamia kaloja. Tämä ei johdu pelkästään alhaisesta happipitoisuudesta, koska Ysi-sondilla tehtyjen mittausten mukaan happea oli kaloille riittävästi ainakin 10 m syvyydelle asti. Valitettavasti sondin rikkoontumisen takia ei happipitoisuutta saatu mitattua tätä syvemmältä. Todennäköisesti kaikuluotauksuvassa heikkona viivana näkyvä kerros 17 m syvyydellä on hapellisen ja hapettoman kerroksen raja.



Kuva 5. Kaikuluotaukku Kaukjärven itäiseltä syvänteeltä iltapäivällä 7.8.2007. Vesikerroksessa 1-4 m näkyvät kohteet ovat todennäköisesti ahvenen ja kuhan poikasista koostuvia parvia. Tasainen sininen kerros 5-7 m syvyydellä on peräisin sulkasääsken toukista.

3.2. Sulkasääskitiheydet

Kaukjärvellä oli varsin runsaasti sulkasääsken toukkia sekä vesipatsaassa että pohjalla molempina tutkimusajankohtina, kesäkuussa yhteensä n. 720 ja syyskuussa n. 1540 yksilöä neliometrillä (kuva 6). Syyskuussa havaittu suurempi toukkatiheys selittyy sillä, että kesäkuussa arvion kohteena ollut sulkasääskisukupolvi oli jo kohdannut syksyn, talven ja kevään aikana tapahtuvan kuolleisuuden. Sen sijaan syyskuussa arvioitu sukupolvi oli syntynyt kesän aikana juuri ennen tutkimusta, ja sillä em. kuolleisuus oli vielä edessä. Kesäkuussa vesipatsaassa oli 33 % ja pohjalla 67 % arvioidusta toukkamäärästä. Vastaavat luvut olivat syyskuussa 34 ja 66 %. Kaikki havaitut toukat olivat viimeisen kehitysvaiheen, eli IV-vaiheen toukkia. Lisäksi näytteissä esiintyi jonkin verran pupa- eli kotelo-vaiheen sulkasääskiä. Niiden osuus oli kesäkuussa 8,6 % vesipatsaassa havaituista sulkasääskistä. Sedimentinäytteissä ei koteloita esiintynyt. Syyskuussa koteloita ei esiintynyt myöskään vesipatsaassa. Kesäkuussa toukat olivat pidempiä kuin syyskuussa (Taulukko 1). Sedimentissä olleet toukat olivat varsinkin syyskuussa huomattavasti pidempiä kuin vesipatsaassa olleet.

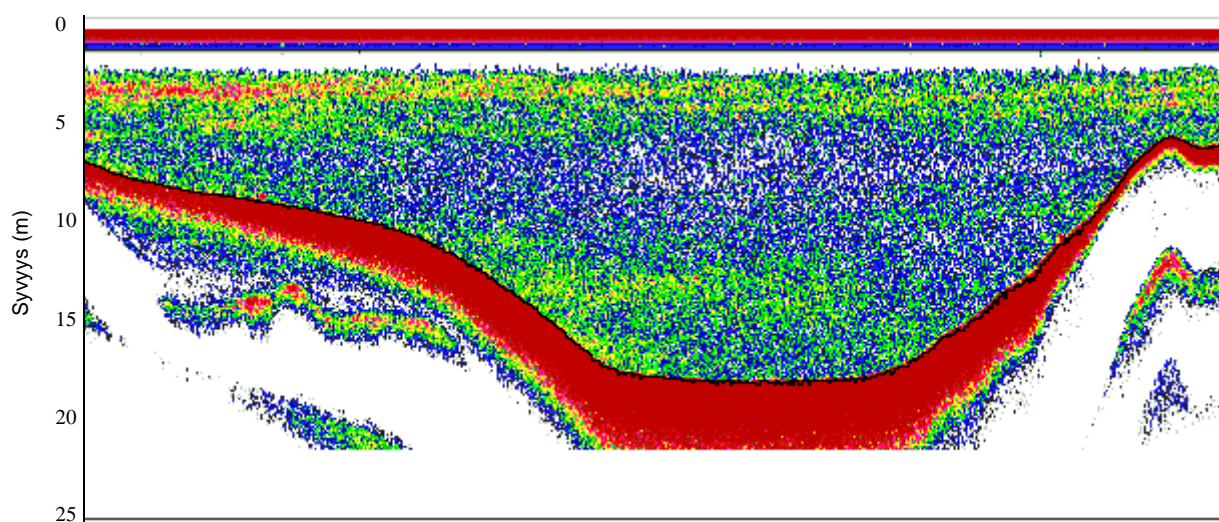


Kuva 6. Sulkasääsken toukkien keskimääräinen tiheys ja sen 95 % luottamusvälit Kaukjärven yli 1,5 m syvillä alueilla vuonna 2007. Arvioissa on yhdistetty vesipatsaan ja sedimentin toukkatihetydet.

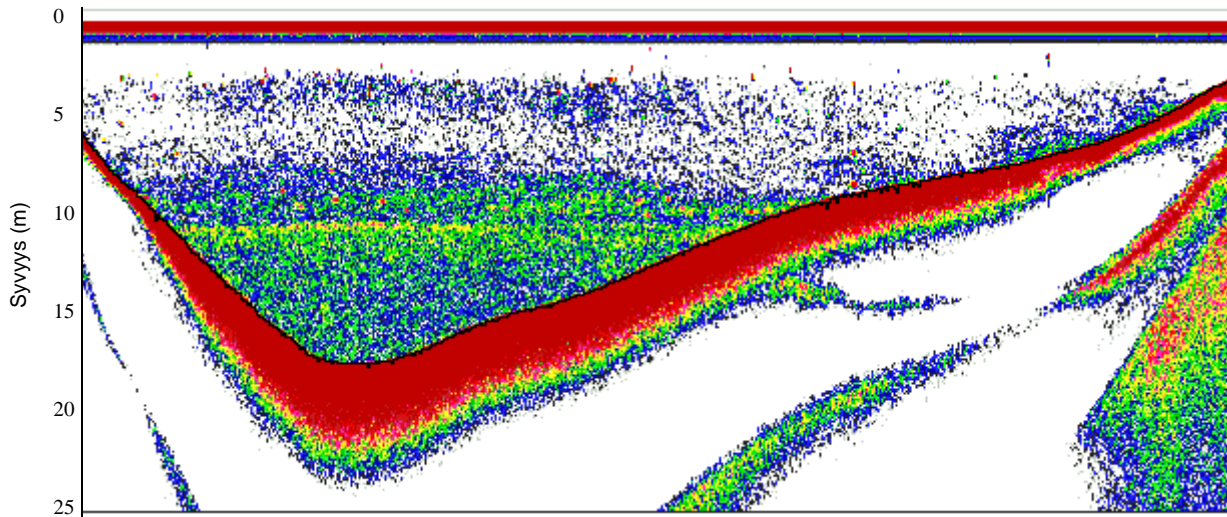
Taulukko 1. Sulkasääsken toukkien keskipituudet Kaukjärvellä vuonna 2007.

	kesäkuu		syyskuu	
	keskipituus (mm)	lkm	keskipituus (mm)	lkm
vesipatsas	95,2	277	79,5	202
pohja	97,3	108	87,4	122

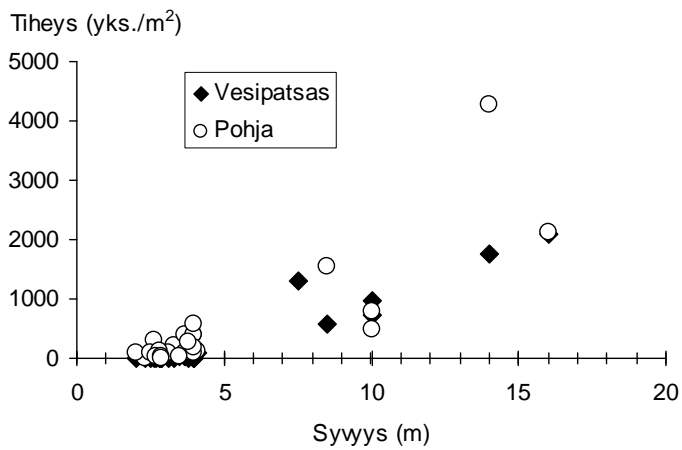
Kaikuluotauksuvista nähdään, että kesäkuussa toukkia esiintyi melko tasaisena kerroksena 2,5 m syvyydeltä pohjaan asti maksimitiheyden ollessa 3-4 m syvyydellä (kuva 7). Syyskuussa toukkia esiintyi harvakseltaan 3 m syvyydeltä pohjaan asti, mutta maksimitiheys oli n. 11 m syvyydellä (kuva 8). Nostohaavin ja pohjanoutimen perusteella lasketut toukkatiheydet antavat selkeän kuvan siitä, että toukkien määrä lisääntyy syvyyden kasvaessa (kuvat 9 ja 10). Kesäkuussa tämä suhde oli lineaarisempi, syyskuussa etenkin vesipatsaan toukkien määrä lisääntyy äkillisesti syvyyden ylittäessä 10 metriä. Tämä näkyy myös kaikuluotauksuvasta (kuva 8). Huomionarvoista on, että kesällä sulkasääsken toukkia esiintyy varsin korkealla vesipatsaassa päivälläkin, joten ne voivat saalistaa eläinplanktonia tehokkaasti läpi koko vuorokauden.



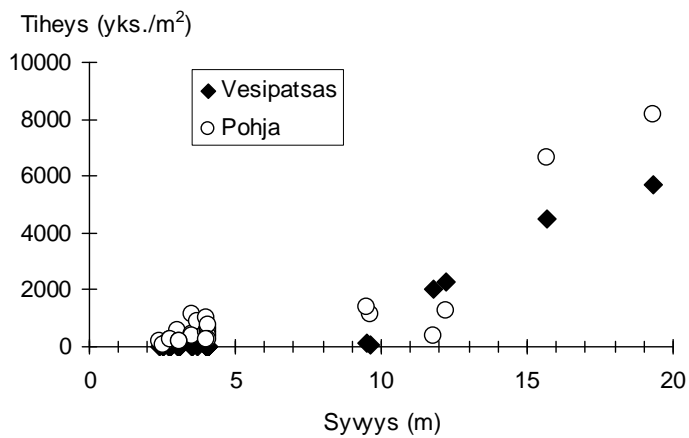
Kuva 7. Kaikuluotauksukuva iltapäivällä 4. kesäkuuta Kaukjärven itäiseltä syvänteeltä. Sulkasääsken toukat esiintyvät tiheänä mattona 2,5 m syvyydeltä pohjaan asti. Vesikerrokset, joissa sulkasääsken toukkien tiheys on suurin, näkyvät punaisena. Sininen edustaa alhaisimpia tiheyksiä. Yksittäisiä kaloja ei pysty silmällä erottamaan toukkien joukosta.



Kuva 8. Kaikuluotauskuva iltapäivällä 18. syyskuuta Kaukjärven itäiseltä syvänteeltä. Sulkasääsken toukkia esiintyy harvakseltaan 3 m syvyydeltä pohjaan asti. Toukkien joukosta erottuu myös jonkin verran punaisena näkyviä kaloja.



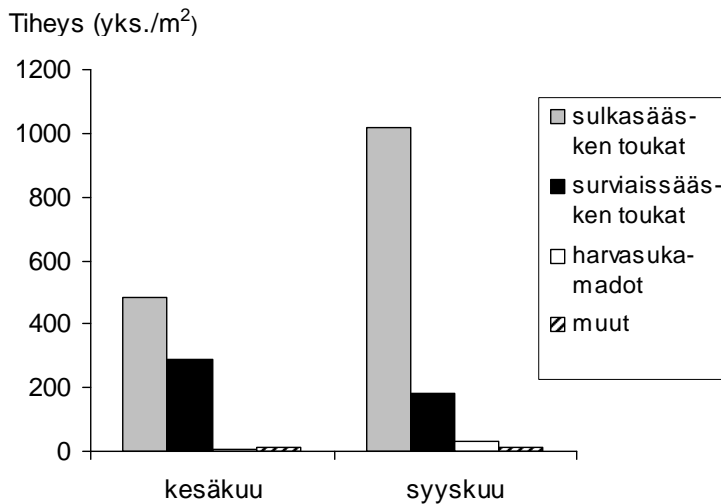
Kuva 9. Sulkasääsken toukkien tiheys vesipatsaassa ja pohjalla eri syvyisillä näytepisteillä kesäkuussa.



Kuva 10. Sulkasääsken toukkien tiheys vesipatsaassa ja pohjalla eri syvyisillä näytepisteillä syyskuussa. Huomaa erilainen y-akselin asteikko verrattuna edelliseen kuvaan.

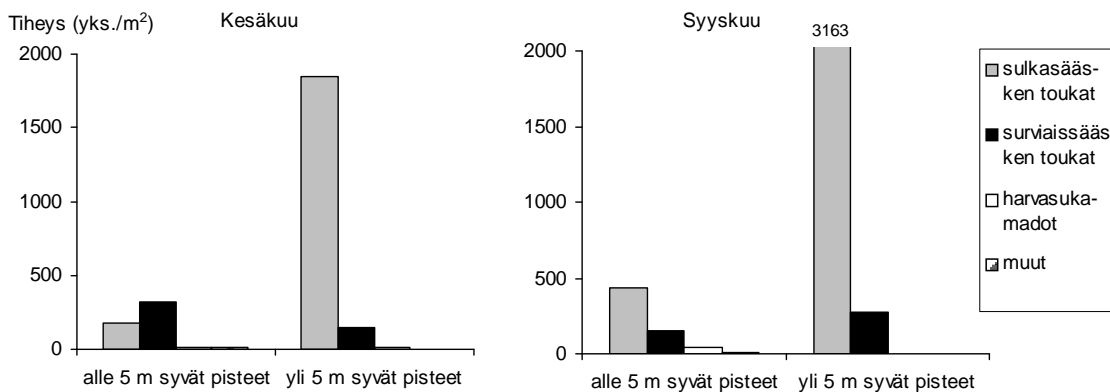
3.3 Pohjaeläintiheydet ja -biomassat

Kaukjärven pohjaeläimistöä dominoivat voimakkaasti sulkasääsken toukat. Niiden keskimääräinen tiheys tutkimusalueella (yli 1,5 m syvät alueet) oli kesäkuussa 480 ja syyskuussa 1020 yksilöä neliometrillä (kuva 11). Arvioiden 95 %:n luottamusvälit olivat kesäkuussa 200 - 890 ja syyskuussa 430 - 1840 yks./m². Niiden lisäksi esiintyi kohtalaisesti surviaissääsken toukkia, kesäkuussa keskimäärin 290 (230 - 360) ja syyskuussa 180 (120 - 250) yks./m². Muiden pohjaeläinten tiheydet olivat hyvin alhaisia. Harvasukamatojen tiheydet olivat kesäkuussa n. 10 yks./m² ja syyskuussa n. 30 yks./m². Muita havaittuja pohjaeläimiä olivat polttiaisen toukat, vesipunkit, päiväkorenon toukat ja järvisimpukat.



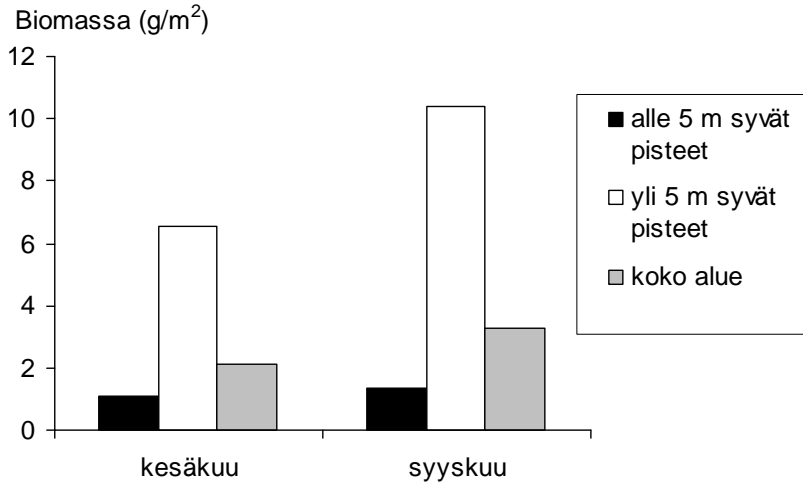
Kuva 11. Keskimääräiset pohjaeläintiheydet Kaukjärven yli 1,5 m syvillä alueilla kesä- ja syyskuussa 2007 alueellisen näytteenoton perusteella (näytepisteitä 27-28).

Pohjaeläinmäärät olivat selvästi suurempia yli 5 m syvillä alueilla kuin alle 5 m syvillä alueilla (kuva 12). Tämä johtui kuitenkin lähinnä sulkasääsken toukkien määrän kasvusta syvyyden kasvaessa (ks. kuvat 8 ja 9, edellisestä luvusta). Surviaissääsken toukkien alueellinen jakauma muuttui kesän aikana: kesäkuussa matalilla alueilla havaittiin enemmän toukkia kuin syvällä, kun taas syyskuussa tilanne oli päinvastainen (kuva 12).



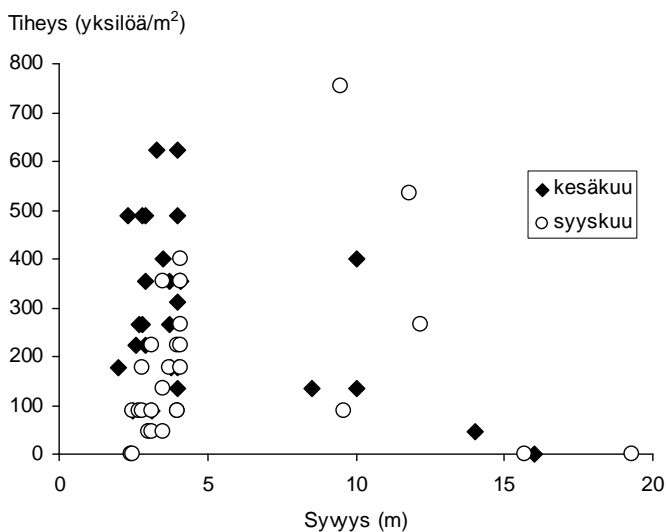
Kuva 12. Keskimääräiset pohjaeläintiheydet alle ja yli 5 m syvillä näytepisteillä Kaukjärvellä kesä- ja syyskuussa 2007.

Pohjaeläinten keskimääräinen kokonaismärkäbiomassa pohjasedimentissä oli Kaukjärven yli 1,5 m syvillä alueilla kesäkuussa 2,1 ja syyskuussa 3,3 g/m² (kuva 13). Biomassa oli selvästi keskittynyt yli 5 m syville alueille, mikä myös johtui sulkasääsken toukkien runsauden kasvusta syvyyden lisääntyessä (ks. kuvat 8 ja 9 edellisestä luvusta). Yli 5 m syvien alueiden biomassa oli kesäkuussa 6,5 ja syyskuussa 10,4 g/m², kun taas alle 5 m syvien alueiden vastaavat luvut olivat 1,1 ja 1,3 g/m². Järvisimpukat eivät ole mukana tässä esitetyissä kuvissa. Niiden biomassa oli kesäkuussa 0,02 ja syyskuussa 1,53 g/m².



Kuva 13. Keskimääräinen pohjaeläinmärkäbiomassa eri syvyydvyöhykkeillä ja koko tutkimusalueella Kaukjärvellä kesä- ja syyskuussa 2007.

Surviaissääsken toukkien runsauden suhdetta syvyyteen lähemmin tarkasteltaessa havaitaan, että niitä esiintyy runsaasti n. 12 m syvyyteen asti, jonka jälkeen tiheys romahtaa (kuva 14). Syvimmillä näytepisteillä niitä ei esiintynyt lainkaan. Kuvasta nähdään myös surviaissääsken toukkien tiheyden suuri vaihtelu eri näytepisteillä. Näytepisteiden lukumäärän merkitys korostuu näin laikuttaisesti esiintyvillä pohjaeläimillä.



Kuva 14. Surviaissääsken toukkien tiheys pohjasedimentissä eri syvyillä näytepisteillä Kaukjärvellä kesä- ja syyskuussa 2007.

4. Tulosten tarkastelu

4.1 Kalat

Kaukjärven ulappa-alueen kalatiheys oli elokuussa 2007 melko suuri, n. 25000 yksilöä hehtaarilla, mutta se koostui suurelta osin pienistä ahvenen- ja kuhanpoikasista. Tämän takia kalabiomassa-arvio oli ainoastaan 16 kg/ha. Kun kalaston rakenne on näin poikasvoittoinen, jäävät myös verkkokoekalastuksen yksikkösaaliit pieniksi (Ala-Opas 2008). Kaukjärvellä on ilmeisen vähän suuria kalatiheyksiä ja biomassoja ulappa-alueella kesällä muodostavia lajeja, kuten kuoretta ja muikkua. Särkikalat, lähinnä pienikokoinen lahna ja pasuri, saattaisivat tämäntyyppisessä järvessä esiintyä runsaina ulappa-alueella. Tällainen tilanne on suunnilleen yhtä sameavetisellä Tuusulanjärvellä (Malinen ym. 2007b). Kaukjärvellä ei tällaista ongelmaa ole. Ulappa-alueen ahvenkalavaltaisuus rehevässä järvessä on harvinaista, muttei kuitenkaan ainutlaatuista. Esimerkiksi Mäntsälän Sahajärvellä havaittiin vastaavantyyppinen tilanne elokuussa 2006 (Malinen ym. 2007c). Mielenkiintoista on, ettei sielläkään esiinny kuoretta eikä muikkua, mutta sen sijaan runsaasti sulkasääsken toukkia. Sahajärvellä ongelmana on kuhan hidas kasvu (Vinni ym. 2006). Kaukjärvelläkin kuha kasvaa melko hitaasti, mutta kuitenkin selvästi nopeammin kuin Sahajärvellä (Ala-Opas 2004).

Tulosten perusteella on kuitenkin vaikea arvioida, kuinka vahvoja vuosiluokkia 2007 ahvenesta ja kuhasta lopulta muodostuu. Kalanpoikasten luontainen kuolevuus on yleensä niin suurta, että elokuun alussa havaittu tilanne ei välttämättä kerro tulevan vuosiluokan runsaudesta. Joka tapauksessa kuhan lisääntyminen näyttäisi olevan hyvin tehokasta. Koska varsin suurikokoisiakin poikasia on runsaasti, ei kuhanpoikasten istuttaminen järveen ole kannattavaa.

Kaikuluotauksen ja koetrollauksen mukaan Kaukjärven särkikalatiheydet ja –biomassat olivat alhaisia. Myös särkikalojen verkkoyksikkösaaliit olivat alhaisia muihin reheviin järviin verrattuna (Ala-Opas 2008, Olin 2005, Malinen ym. 2006 ja Malinen ym. 2007(c)). Yhdessä aikaisempien verkkokoekalastusten kanssa (Ala-Opas 2004) tulokset antavat vahvan kuvan siitä, että särkikalakannat eivät ole runsaita. Niitä ei siis ole tarpeen vähentää hoitokalastuksella.

Kalakanta-arvioihin liittyy aina epävarmuutta. Kaikuluotaus ja kattavat koetrollaukset tulisi koeverkkokalastusten tapaan toteuttaa mieluiten muutamana ajankohtana, jotta välttyttäisiin virhepäätelmiltä. Kaukjärvellä tutkimus onnistui kuitenkin hyvin ja siihen oli yhdistetty kahtena kertana tehty koeverkkokalastus. Nämä antavat yhdessä suhteellisen luotettavan kuvan kalayhteisön rakenteesta. Valitettavasti tiheimmästä sulkasääskentoukkakerroksesta ei ehditty tehdä troolivetoa. Tämä olisi selvittänyt kaikuluotauksella hankalasti analysoitavan kerroksen kalalajijakaumaa ja kalamäärää. Todennäköisesti kerroksessa oli kuitenkin vain vähän kaloja, koska toukat pystyvät pakenemaan kaloja ja välttävät yleensä runsaskalaisia vesikerroksia (McQueen ym. 1999).

Kaukjärven kalayhteisö on melko poikkeuksellinen. Kuhan suuri määrä antaa viitteitä siitä, että se pystyy hyödyntämään sulkasääsken toukkia ravintonaan. Tämä on todettu mm. Jokioisten Rehtijärvellä ja Mäntsälän Sahajärvellä (Malinen ym. 2006, Vinni ym. 2006). Kaukjärvellä kuhanpoikasten kokojakauma oli kaksihuippuinen, pienemmät olivat vain 0,6 g ja suuremmat yli 4 g painoisia. On mahdollista, että sulkasääsken toukat toimivat kuhanpoikasilla siirtymävaiheen ravintona: suurikokoisimmat poikaset siirtyvät eläinplanktonista sulkasääsken toukkiin, niiden kasvu nopeutuu entisestään, ja pian ne voivat jo käyttää pienimpiä ahvenenpoikasia ravintonaan. Tämäntyyppisissä oloissa kuhanpoikasten kasvuerot voivat olla syksyllä hyvin suuria. Varmuutta sulkasääsken toukkien merkityksestä kuhanpoikasille ei kuitenkaan saada ilman ravintotutkimusta. Esimerkiksi Tuusulanjärvellä, jossa sulkasääsken toukkia ei juuri ole, saattavat suurimmat 0-vuotiaat olla loppusyk-

syllä yli 12 cm pituisia ja yli 12 g painoisia pienimpien ollessa alle 6 cm pituisia ja n. 1 g painoisia (Malinen & Tuomaala 2006).

4.2 Sulkasääsken toukat

Kaukjärvellä on runsaasti sulkasääsken toukkia. Jos oletetaan, ettei alle 1,5 m syvillä alueilla ollut toukkia, saadaan kesäkuun toukkatiheydeksi 430 yks./m² koko järven alaa kohti laskettuna. Hiidenveden Kiihkelyksen- ja Nummelanselällä oli vuoden 1999 kesäkuussa 710 yks./m² näiden selkien kokonaisalaa kohti (Liljendahl-Nurminen ym. 2002). Kun otetaan huomioon, että näiden Hiidenveden selkien keskisyvyys on todennäköisesti suurempi kuin Kaukjärven keskisyvyys (tarkka arvo ei tiedossa), lienevät näiden järvien toukkatiheydet tilavuutta kohti suunnilleen samansuuruisia. Kaukjärvellä sulkasääsken toukkia esiintyy huomattavan korkealla vesipatsaassa, ja ne saalistanevat eläinplanktonia tehokkaasti läpi vuorokauden. Tällöin niillä täytyy olla huomattava vaikutus järven ravintoverkossa. Hiidenvedellä niiden on havaittu vaikuttavan eläinplanktoniyhteisöön pitämällä suurikokoisten, kasviplanktonia tehokkaasti suodattavien vesikirppujen määrän pienenä (Liljendahl-Nurminen ym. 2003). Tällöin ne lisäksi kilpailevat ravinnosta planktonsyöjäkalojen kanssa. Toisaalta eräät kalalajit käyttävät toukkia ravintonaan. Ne voivat olla tärkeitä ravintokohteita esimerkiksi kuhanpoikasille (Malinen ym. 2006).

On huomattava, ettei näitä lukuja voi verrata tyypillisesti esitettyihin syvännepisteiden toukkatiheyksiin. Lisäksi ajankohta vaikuttaa tuloksiin ratkaisevasti. Syksyllä syvännepisteellä havaitut sulkasääskitiheydet voivat olla monikymmenkertaisia alkukesän koko järven alaa kohti laskettuihin arvoihin verrattuna. Kaukjärvelläkin havaittiin syyskuussa syvimmällä pisteellä n. 16000 toukkaa/m². Tässä tutkimuksessa käytetyllä otannalla saadaan kuitenkin selvitettyä paljon luotettavammin toukkien todellinen määrä järessä, jolloin voidaan arvioida sen merkitystä ravintoverkossa.

Erot sulkasääsken toukkien pituuksissa selittyvät sulkasääsken luontaisella elinkierrolla. Kesäkuussa havaitut toukat olivat talvehtineita ja maksimipituutensa saavuttaneita, kun taas syyskuussa toukat olivat vasta muutaman kuukauden ikäisiä. Sedimenttiin olivat tällöin siirtyneet vain kaikkein suurimmat yksilöt, aivan kuten Hiidenvedellä (Liljendahl-Nurminen 2000).

4.3 Pohjaeläimet

Kaukjärven pohjaeläinyhteisö oli varsin köyhä. Sulkasääsken toukkien lisäksi kohtalaisesti esiintyi ainoastaan surviaissääsken toukkia. Näin köyhä pohjaeläimistö on poikkeuksellista jopa erittäin huonokuntoisissakin järvissä. Kaukjärven pohjaeläintiheys ja -biomassa-arvojen vertailua muihin järviin vaikeuttaa se, että yleensä selvityksissä esitetään vain syvännepisteiden pohjaeläinmääriä. Kaukjärven syvimmältä pisteeltä ei löytynyt kesä- eikä syyskuussa mitään muita pohjaeläimiä kuin sulkasääsken toukkia, kesäkuussa 2100 kpl/m² ja syyskuussa 8200 kpl/m². Niiden märkäbiomassa oli kesäkuussa 6,4 g ja syyskuussa 24,0 g. Näin vähätaksonista yhteisöä Mettinen (1998) kuvaa neliluokkaisen asteikon huonoimmalla luokalla ”järkkynyt”. Tosin syyskuun suuri biomassa ei sovi tähän luokkaan. Ilmeisesti sulkasääsken toukka on sopeutunut Kaukjärven ankariin olosuhteisiin varsin hyvin. Ne pystyvät pakenemaan vesipatsaaseen sedimentin ajoittaisen happikadon tai myrkyllisyyden ajaksi.

Tässä tutkimuksessa ei pyritty suureen määritystarkkuuteen, eikä erityyppisten indikaattorilajien käyttö ollut mahdollista. Toisaalta tässä tutkimuksessa käytetty alueellinen näytteenotto antaa tavallista pohjaeläin selvitystä paremman mahdollisuuden arvioida pohjaeläinten todellista määrää ja siten

esimerkiksi kaloille käytössä olevien pohjaeläinten määrää. On selvää, että kalojen kannalta ratkaisevaa on niiden käytössä olevien vesikerrosten pohjaeläinten määrä, ei hapettoman syvännepisteen pohjaeläinten määrä. Kaukjärven pohjaeläinselvityksen arvo kasvaa tulevaisuudessa, jos järvellä (tai valuma-alueella) tehdään kunnostustoimia, ja niiden jälkeen toteutetaan uusi pohjaeläinselvitys. Tällöin voidaan arvioida, miten kunnostus on vaikuttanut pohjaeläinyhteisöön.

5. Yhteenveto

Tähän raporttiin on koottu tulokset Kaukjärven kalastosta, sulkasääsken toukista ja muista pohjaeläimistä. Näiden perusteella voidaan tehdä joitain päätelmiä Kaukjärven ravintoverkon toiminnasta ja sen vaikutuksesta järven tilaan. Puuttuvia palasia on kuitenkin niin paljon (esimerkiksi kalojen ravintotiedot ja eläinplanktonin kokojakauma), että tässä yhteenvedossa esitettyihin päätelmiin tulee suhtautua varauksella.

Kaukjärven ulappa-alueen kalasto on ahvenkalavaltainen. Särkikalojen määrä on melko vähäinen, eikä niiden määrää kannata vähentää hoitokalastuksella. Kuhan lisääntyminen on tehokasta, eikä lajia kannata nykytilassa istuttaa. Muihinkaan kalastonhoidollisiin toimiin ei liene erityistä tarvetta. Harvalukuisen muikkukannan elpymiseen on mahdotonta vaikuttaa muuten kuin happiolojen parantamisen kautta. Jos kuhan heikohko kasvu koetaan ongelmaksi, saattaisi kyseeseen tulla mahdollisesti järven alkuperäiseen kalastoon kuuluneen kuoreen kotiuttaminen. Kaukjärvi on kuitenkin kuoreelle vaativa ympäristö heikkojen happiolojen takia, eikä takeita lajin menestymisestä ole. Kaukjärven veden laatu ei nykyisellään mahdollista muiden lohikalojen istutuksia. Muista hoitolajeista kyseeseen voisi tulla ankerias, joka kestää hyvin vähähappisia oloja.

Sulkasääsken toukkia on järvessä niin paljon ja laajalla alueella, että niillä on todennäköisesti suuri merkitys eläinplanktonin säätelijänä. Siten toukat vaikuttavat epäsuorasti myös kasviplanktoniin ja järven tilaan. Vaikka sulkasääsken toukat ovat monille kaloille ravintokohteita, vaikuttaa niiden aiheuttama kilpailu eläinplanktonravinnosta todennäköisesti järven kalantuotantoa pienentävästi. Sulkasääsken toukkien suuri määrä johtunee järven sameudesta ja toukkia tehokkaasti syövien kalalajien (esim. kuore) vähyydestä. Kaikki toimenpiteet, jotka vähentävät saviaineksen huuhtoutumista järveen, heikentävät sulkasääsken toukkien elinmahdollisuuksia järvessä. Siten valuma-alueella tehtävät vesiensuojelutoimenpiteet saattavat vaikuttaa ravinnekuormituksen vähenemisen lisäksi myös sulkasääsken toukkien vähenemisen kautta järven tilaan.

Kaukjärven pohjaeläimistö on poikkeuksellisen köyhä. Sedimentissä esiintyy syvimmillä alueella ainoastaan sulkasääsken toukkia ja matalammalla lisäksi surviaissääsken toukkia. Syvänealueen happitilanteen parantaminen rikastuttaisi pohjaeläinyhteisöä ja tarjoaisi kaloille paremmat ravintovarat. Pohjaeläinten runsastumisesta hyötyisivät ainakin lahna ja ahven. Happitilannetta pitkällä aikavälillä mahdollisesti parantavien valuma-alueen vesiensuojelutoimien lisäksi voidaan harkita alusveden hapettamista. Se on nykytekniikalla toteutettavissa, mutta aiheuttaa jatkuvia kuluja. Kesäkerrostuneisuuskautena alusveden hapettamisessa tulee mieluiten käyttää lämpötilakerrostuneisuuden säilyttävää menetelmää, koska muikku (ja kuore) vaativat menestyäkseen viileätä alusvettä.

Lähdeluettelo

- Ala-Opas, P. 2004: Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten kokonaisvaltainen hallinta ja valuma-alueeseen soveltaminen – Kalatutkimukset. Lammin Biologinen asema. Moniste, 20 s.
- Ala-Opas, P. 2008: Tammelan Kauk-, Kuiva- ja Pyhäjärven koekalastukset v. 2007. Lammin Biologinen asema. Moniste.
- Horppila, J. ja Liljendahl-Nurminen, A. 2005: Clay-turbid interactions may not cascade – a reminder for lake managers. *Restoration ecology* 13: 242-246.
- Jolly, G. M. ja 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.
- Liljendahl-Nurminen, A. 2000: Sulkasääsken (*Chaoborus flavicans* (Meigen)) populaatiodynamiikka ja vaikutus Hiidenveden ravintoverkossa. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. 52 s.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Malinen, T. ja 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., Malinen, T., Eloranta, P., Vinni, M., Alajärvi, E., ja 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.
- Malinen, T. ja Tuomaala, A. 2006: Tuusulanjärven kalatiheys ja –biomassa vuonna 2005 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 17 s.
- Malinen, T., Peltonen, H., Vinni, M. ja Tuomaala, A. 2007(a): Kaikuluotaus sulkasääsken toukkien runsauden arvioinnissa – uusi menetelmä järvien kunnostusmahdollisuuksien selvittämisessä. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 13 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A. ja Pekcan-Hekim, Z. 2004: Tuusulanjärven ulappa-alueen kalatiheys ja –biomassa vuosina 2000-2003 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Julkaisussa: Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.): Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurinon kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. Kala- ja riistaraportteja nro 324. s. 23-34.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Antti-Poika, P. ja Pekcan-Hekim, Z. 2007(b): Tuusulanjärven kalatiheys ja –biomassa vuonna 2006 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 14 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Vinni, M., Ruuhijärvi, J., Lappalainen, J., Määttänen, K., Sairanen, S. ja Vesala, S. 2007(c): Johtuuko Mäntsälän Sahajärven kuhan hidaskasvuisuus sopivan kalaravinnon puutteesta – kalayhteisön laji- ja kokojakauman selvittäminen kaikuluotauksen, verkkokoekalastuksen ja koetroolauksen avulla. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 11 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Vinni, M., Vesala, S., Horppila, J., Niemistö, J., Ruuhijärvi, J., Pekcan-Hekim, Z. ja Ojala, T. 2006: Jokioisten Rehtijärven kalasto vuonna 2005. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Tutkimusraportti. 23 s.
- McQueen, D. J., Ramcharan, C. W., Demers, E., Yan, N. D., Conforti, L. M. ja Perez-Fuentetaja, A. 1999. *Chaoborus* behavioural responses to changes in fish density. *Arch. Hydrobiol.* 145: 165-179.
- Mettinen, A. 1998: lohjanjärven yhteistarkkailun pohjaeläintutkimus vuodelta 1997. Julkaisu 79, Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. 28 s.
- Mäkelä, S. 2004: Tammelan Kaukjärven, Mustialanlammen, Kuivajärven ja Pyhäjärven tila ja veden laatu – Kaukjärven, Kuivajärven ja Pyhäjärven kunnostustoimenpide-ehdotuksia.
- Nyholm, A.-M., Jansson, H., Puronummi, N., Nyholm, R., Ala-Opas, P., Hakala, I., Huitu, E., Mäkelä, S., Tulonen, T. ja Arvola, L. 2003: Valuma-alueen ja vesistön välisen vuorovaikutuksen arviointi. *Maa- ja elintarviketalous* 38. 75 s.

- Olin, M. ja Malinen, T. 2003: Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia* 506-509: 443-449.
- Pahkinen E. ja Lehtonen, R. 1989: Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi. Gaudeamus. Helsinki, 1989. 286 s.
- Shotton, R. ja Bazigos, G. P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic surveys. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 184: 34-57.
- Vinni, M., Malinen, T. ja Lappalainen, J. 2006: Kuhan kasvu ja ravinto Mäntsälän Sahajärvessä. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 14 s.