

Järvi Hoi -hankkeen ravintoverkkotutkimukset Hiidenvedellä ja Lohjanjärvellä

Loppuraportti 2.10.2013

Tommi Malinen ja Mika Vinni
Helsingin yliopisto
ympäristötieteiden laitos



Hiidenveden Mustionselän sulkavasaalista elokuussa 2012. Kuva: Mika Vinni.



Sisällysluettelo

1. Tausta.....	3
2. Toteutus.....	3
2.1 Lohjanjärven Maikkalanselkä.....	3
2.2 Hiidenveden Mustionselkä.....	4
2.3 Aineiston analysointi.....	5
3. Tulokset.....	5
3.1 Lämpötila ja happipitoisuus sekä kalojen ja sulkasääsken toukkien vertikaalijakauma.....	5
3.2 Sulkasääsken toukkien ja <i>Leptodora</i> -petovesikirpun tiheysarviot.....	9
3.3 Kalojen ravinto.....	10
3.3.1 Sulkava.....	10
3.3.2 Pasuri.....	11
3.3.3 Lahna.....	11
4. Tulosten tarkastelu.....	14
4.1 Lohjanjärven Maikkalanselkä.....	14
4.2 Hiidenveden Mustionselkä.....	15
5. Yhteenveto.....	16
Lähdeluettelo.....	17

1. Tausta

Sulkavaa esiintyy melko harvoissa järvissä Suomessa. Eräissä suurissa järvissä, kuten Hiidenvedellä, Lohjanjärvellä ja Vanajavedellä se esiintyy kuitenkin erittäin runsaana. Melko suurikokoiseksi kasvavana se saattaa olla biomassaltaan selvä valtalaji. Tästä huolimatta sulkavan merkitys ravintoverkossa tunnetaan huonosti. Sen tiedetään syövän pääasiassa eläinplanktonia, mutta tarkempia tutkimuksia ei juuri ole tehty. Esimerkiksi selkärangattomien petojen, kuten sulkasääsken toukkien ja *Leptodora*-petovesikirppujen merkitystä sulkavan ravinnossa ei tunneta. Muutamien suppeiden selvitysten perusteella sulkava saattaa hyödyntää myös näitä ravintokohteita (Vinni ym. 2000, Salonen 2004). Sulkavan vaikutukset ravintoverkossa alemmille trofiatasoille ovat hyvin erityyppisiä riippuen siitä, syövätkö sulkavat kasviplanktonin runsautta sääteleviä vesikirppuja vai näitä syöviä selkärangattomia petoja. Ensin mainitussa tapauksessa sulkavien hoitokalastus saattaisi olla järkevää (jos muut hoitokalastuksen edellytykset ovat olemassa) mutta jälkimmäisessä tapauksessa hoitokalastus saattaisi johtaa entistä heikompaan järven tilaan selkärangattomien petojen runsastuessa. Selkärangattomien petojen runsastuminen saattaa nimittäin johtaa sinileväkukintojen muodostumiseen (Liljendahl-Nurminen ym. 2005).

Tämän tutkimuksen päämääränä oli selvittää sulkavan ravinnonkäyttöä ja arvioida sulkavan mahdollisen hoitokalastuksen vaikutuksia ulappa-alueen ravintoverkkoon. Erityisen mielenkiinnon kohteena oli selvittää, kuinka paljon sulkava käyttää ravintonaan selkärangattomia petoja. Lohjanjärven Maikkalanselällä ravintoverkon tärkein selkärangaton peto on sulkasääsken toukka ja Hiidenveden Mustionselällä petovesikirppu *Leptodora*. Lisäksi tutkittiin myös ulapalla esiintyvien ja suuria biomassoja muodostavien pasurin ja lahnan ravinnonkäyttöä. Tutkimuksessa pyrittiin saamaan ajallisesti kattavalla aineistolla mahdollisimman edustava kuva kohdelajien ravinnonkäytöstä. Tulosten perusteella arvioitiin, ovatko sulkavan, pasurin ja lahnan hoitokalastuksen ravintoverkkovaikutukset hyödyllisiä vai haitallisia Lohjanjärven Maikkalanselällä ja/tai Hiidenveden Mustionselällä.

Tutkimus toteutettiin osana Länsi-Uusimaa/Järvi Hoi -hoitokalastuksen menetelmän kehittelyhanketta. Tutkimuksen on tilannut Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, joka toimii hankkeen koordinaattorina. Kaksivuotista Järvi Hoi -hanketta rahoitetaan Länsi-Uudellamaalla Manner-Suomen maa-seudun kehittämishjelmasta. Rahoituksen on myöntänyt Leader -toimintaryhmä Ykkösakseli ry.

2. Toteutus

2.1 Lohjanjärven Maikkalanselkä

Kenttätutkimukset aloitettiin 15.6.2012 Maikkalanselän koeluontoisella, nostohaavilla tehdyllä sulkasääskinäytteenotolla. Tämän näytteenoton tulosten perusteella pääteltiin (taulukko 1), ettei ravintokalanäytteenottoa ehditä tehdä, ennen kuin sulkasääskitiheys vesipatsaassa on kääntynyt laskuun. Koska alkukesän tutkimuskerta oli tarkoitus tehdä nimenomaan silloin, kun vesipatsaan sulkasääskitiheys on suurimmillaan, päätettiin tämä tutkimuskerta siirtää vuodelle 2013.

Taulukko 1. Sulkasääsken toukkien ja koteloiden määrät Maikkalanselän syvänteellä (> 10 m) 15.6.2012. Koteloiden suuri osuus kertoo lähestyvistä ja mahdollisesti jo alkaneesta kuoriutumisesta.

Näytepiste/ nosto	Yht. (kpl)	Koteloiden	Toukkia	Koteloiden osuus (%)	kpl/m ²
1	82	5	77	6,1	418
2	39	1	38	2,6	199
3	372	58	314	15,6	1896
4	323	34	289	10,5	1646

Ensimmäinen varsinainen tutkimuskerta toteutettiin Maikkalanselällä 17.-18. heinäkuuta 2012. Aluksi kaikuluodattiin Simrad EY-500 -tutkimuskaikuluotaimella sulkasääsken esiintymisalueen ja vertikaalijakauman selvittämiseksi. Kaikuluotausaineisto tallennettiin myöhempää tehtävää tarkempaa analysointia varten. Alustava analysointi tehtiin kuitenkin jo kentällä. Verkkopaikat sijoitettiin sulkasääsken toukkien esiintymisalueelle ja välivesiverkkojen syvyys valittiin toukkien esiintymiskerroksen ylärajan mukaan. Sulkasääskinäytteet otettiin nostohaavilla (kuusi rinnakkaista nostoa, haavin silmäkoko 183 µm ja halkaisija 50 cm). Lisäksi mitattiin YSI-sondilla lämpötila- ja happiprofiilit sekä näkösyvyys Secchi-levyllä. Nostohaavinäytteet pakastettiin myöhempää laskentaa varten. Koeverkot olivat päivällä pyynnissä 4-6 tuntia ja seuraavana yönä 8-10 tuntia. Verkkojen solmuväli oli 30-55 m, korkeus 1,8 m ja pituus 30 m. Kullakin tutkimuskerralla pyynnissä oli 8-15 kpl tällaista, erityisesti ulapalla esiintyvän, melko suurikokoisen sulkavan pyyntiin sopivaa verkkoa. Lisäksi päiväsaikaan laskettiin pyyntiin yksi Nordic-koeverkkosarja pienempien kokoluokkien esiintymisen selvittämiseksi. Seuraavat Maikkalanselän tutkimukset tehtiin 9.8.-10.8. ja 31.8.-1.9.2012. Tutkimusstrategia oli muuten samanlainen kuin ensimmäisellä kerralla, mutta verkotusaikoja säädettiin hieman auringon lasku- ja nousuaikojen muutoksen mukaan. Näytekalat pakastettiin ravintoanalyysijä varten.

Koska kesäkuun kenttätutkimus haluttiin ajoittaa sulkasääskimaksimin ajankohtaan, tehtiin Maikkalanselällä toinen ylimääräinen sulkasääskinäytteenotto toukokuun 2013 lopussa (taulukko 2). Tässä näytteenotossa käytettiin sekä nostohaavia (silmäkoko 183 µm ja halkaisija 50 cm) että Ekman-pohjanoudinta (näyteala 231 cm²). Tulosten perusteella pääteltiin vesipatsaan sulkasääskimaksimin lähestyvän nopeasti ja varsinainen näytteenotto päätettiin toteuttaa mahdollisimman pian. Kenttätyöt päästiin toteuttamaan 3.-4.6.2013. Näytteenotto tehtiin kuten vuoden 2012 varsinaisilla tutkimuskerroilla, ja siihen kuuluivat kaikuluotaus, nostohaavinäytteenotto ja verkkokalastus.

Taulukko 2. Sulkasääsken toukkien määrä vesipatsaassa ja sedimentissä Maikkalanselällä 28.5.2013. Koteloita ei näytteenottopäivänä esiintynyt lainkaan. Sedimentissä oli enemmän toukkia kuin vesipatsaassa. Pisteet 3 ja 4 ovat alle 10 m syvältä alueelta, eivätkä niiden tiheydet ole verrattavissa taulukon 1 tiheyksiin.

Näytepiste/ nosto	Vesipatsas	Sedimentti	Yhteensä	Koteloiden osuus (%)	Vesipatsaan toukkien osuus (%)	Yhteensä, kpl/m ²
1	84	67	151	0	15	3328
2	96	110	206	0	10	5251
3	3	10	13	0	4	448
4	1	1	2	0	12	48

2.2 Hiidenveden Mustionselkä

Mustionselän kenttätutkimukset tehtiin 10.7.-11.7.2012, 7.8.-8.8.2012, 5.9.-6.9.2012 ja 13.-14.6.2013. Mustionselän mataluuden takia vertikaalisuunnassa tapahtuvaa kaikuluotusta ei voitu käyttää kala-apajien etsinnässä. Koeverkot sijoitettiin selän molemmille reunoille, jotta sulkavan liikkeillä olisi mahdollisimman pieni vaikutus saaliisiin. Verkkokalastus tehtiin muilta osin kuten Maikkalanselällä. *Leptodora*-näytteet otettiin syvänealueelta nostohaavilla (kuusi rinnakkaista nostoa). Mustionselän lämpötilaprofiili mitattiin heinäkuussa ja muilla tutkimuskerroilla mitattiin pintaveden lämpötila. Lisäksi kaikilla tutkimuskerroilla mitattiin näkösyvyys Secchi-levyllä. Nostohaavinäytteet pakastettiin myöhempää laskentaa varten.

2.3 Aineiston analysointi

Sulkavien ravinto analysoitiin pistemenetelmällä (Hynes 1950) ja tulokset esitettiin tilavuusprosentteina suolen sisällöstä. Hyvin vaihtelevien sulkavasaaliiden takia päätettiin yöllä ja päivällä saadut kalat yhdistää tuloksissa. Sulkavien lisäksi analysoitiin kattavat otokset Maikkalanselän pasureita sekä Mustionselän pasureita ja lahnoja, koska niitä esiintyi ulapalla ajoittain runsaasti. Havaittuja kalalajien välisiä ja kuukausien välisiä eroja testattiin varianssianalyysillä arcsin-muunnetusta aineistosta F-testillä. Maikkalanselän aineistosta testattiin ainoastaan sulkasääsken osuutta kalojen ravinnossa ja Mustionselän aineistosta vastaavasti ainoastaan *Leptodoran* osuutta, koska ne olivat tärkeimpinä selkärangattomina petoina tämän tutkimuksen kannalta oleellimmat ravintokohteet. Mikäli F-testin tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$), testattiin myös kalalajien/kuukausien pareittaisia eroja t-testillä. Nostohaavinäytteistä laskettiin sulkasääsken toukkien ja *Leptodoran* tiheysarviot (yks./m²) sekä tiheysarvioiden 95 %:n luottamusvälit Poisson-jakauman perusteella (Jolly & Hampton 1990).

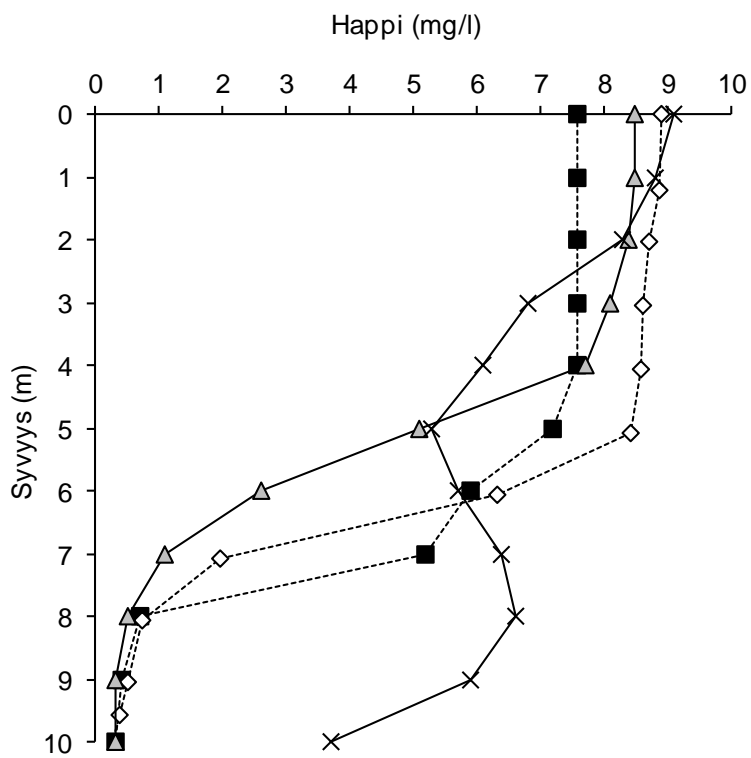
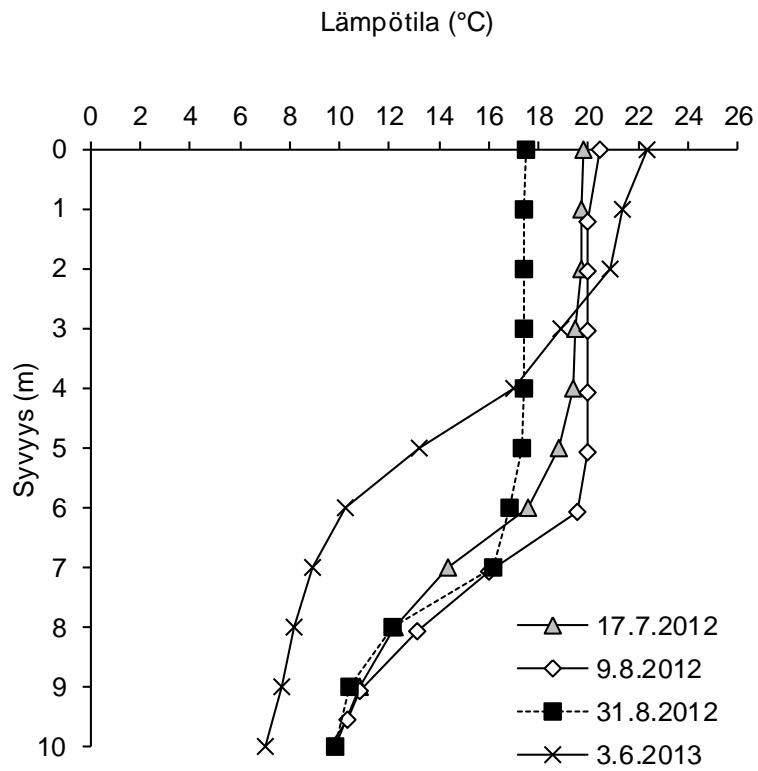
3. Tulokset

3.1 Lämpötila ja happipitoisuus sekä kalojen ja sulkasääsken toukkien vertikaalijakauma

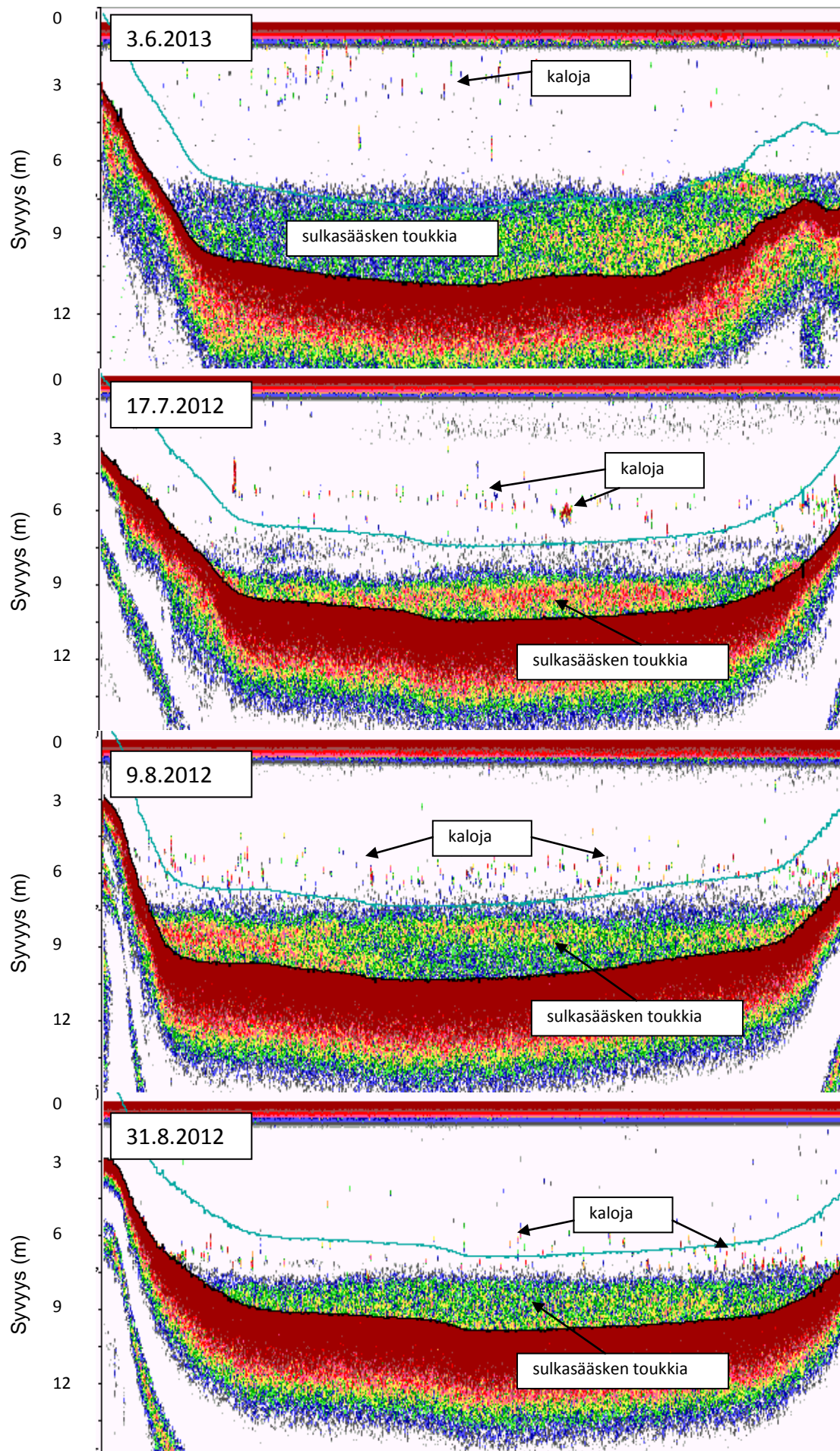
Maikkalanselällä vallitsi selvä lämpötilakerrostuneisuus kaikilla näytteenottokerroilla (kuva 1). Kesäkuussa 2013 pintavesi oli lämmintä (22°C), mutta lämpötila alkoi laskea nopeasti jo 2 m syvyydeltä alkaen ollen 6 m syvyydessä enää 10°C. Happiprofiili oli hieman tavallisesta poikkeava: välivedessä, 4-6 m syvyydessä, oli selvästi vähemmän happea kuin päälly- ja alusvedessä. Toisaalta happipitoisuus oli kuitenkin kaloille riittävän korkea koko vesipatsaassa.

Heinä-elokuussa melko tasalämpöisen pintaveden lämpötila oli n. 20°C ja elo-syyskuun vaihteessa n. 17°C. Harppauskerros, jossa lämpötila laski nopeasti, oli 5-8 m syvyydellä ja pohjan lähellä lämpötila oli enää 8-10°C. Happipitoisuus oli korkea päällyvedessä, mutta alkoi harppauskerroksessa laskea nopeasti. Kesäkuun tutkimuskertaa lukuun ottamatta alhainen happipitoisuus alkoi rajoittaa kalojen esiintymistä 7-8 m syvyydestä alaspäin (kuvat 2 ja 3). Sulkasääsken toukkien esiintymisen yläraja oli useimmiten noin metrin kalojen esiintymisen alarajan alapuolella. Elo-syyskuun vaihteessa välimatka oli pienimmillään, ja kalat vaikuttivat syövän toukkia aivan vähähappisen vesikerroksen rajalla, noin 7,5 m syvyydellä (kuva 3). Verkkosaaliiden perusteella nämä kalat olivat nimenomaan sulkavia. Kesäkuussa tilanne oli muista ajankohdista poikkeava: kalojen pääasiallisen esiintymissyvyyden ja sulkasääskikerroksen ylärajan välimatka oli useita metrejä (kuva 4). Toukkien vertikaalijakauma kesäkuussa 2013 oli yllättäen varsin erilainen verrattuna alkukesällä 2010 havaittuun jakaumaan, jolloin toukkia esiintyi jo neljän metrin syvyydeltä alkaen (kuvat 4 ja 5). Näkösyvyys oli Maikkalanselällä kesäkuussa 80 cm, heinäkuussa 125 cm, elokuussa 110 cm ja elo-syyskuun vaihteessa 110 cm.

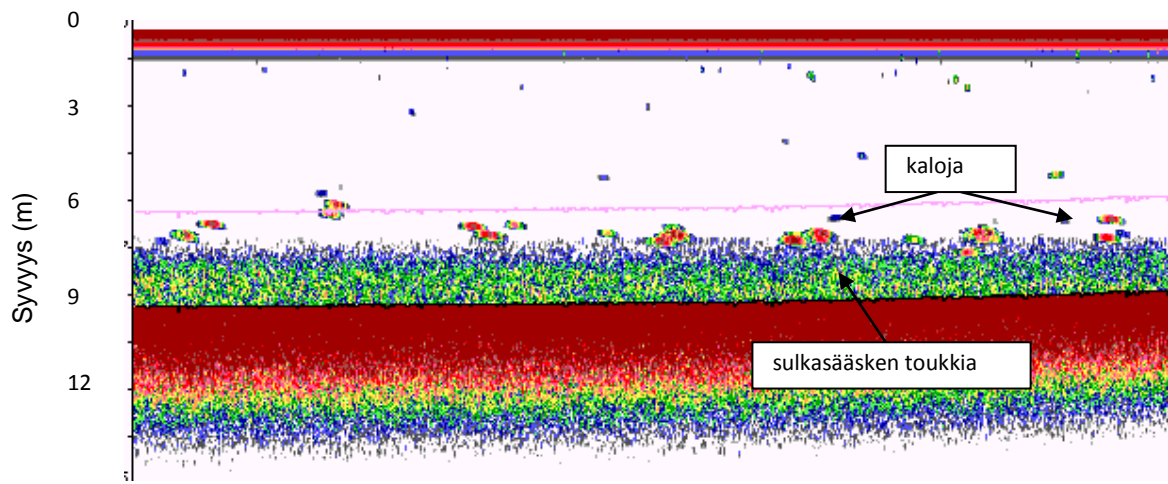
Mustionselällä ei ollut minkäänlaista lämpötilakerrostuneisuutta heinäkuussa 2012, vaan veden lämpötila oli koko vesipatsaassa 20,7-20,9°C. Muilla tutkimuskerroilla tyydyttiinkin pintaveden lämpötilan mittaamiseen. Kesäkuun 3. päivänä (v. 2013) se oli 19°C, elokuun. 7. päivänä 22°C ja syyskuun 5. päivänä 16°C. Näkösyvyys oli Mustionselällä kesäkuussa 60 cm, heinäkuussa 120 cm, elokuussa 80 cm ja syyskuussa 60 cm. Happipitoisuutta ei mitattu, mutta tasalämpöinen vesi viittaa vahvasti siihen, että happipitoisuus oli kaloille riittävän korkea koko vesipatsaassa.



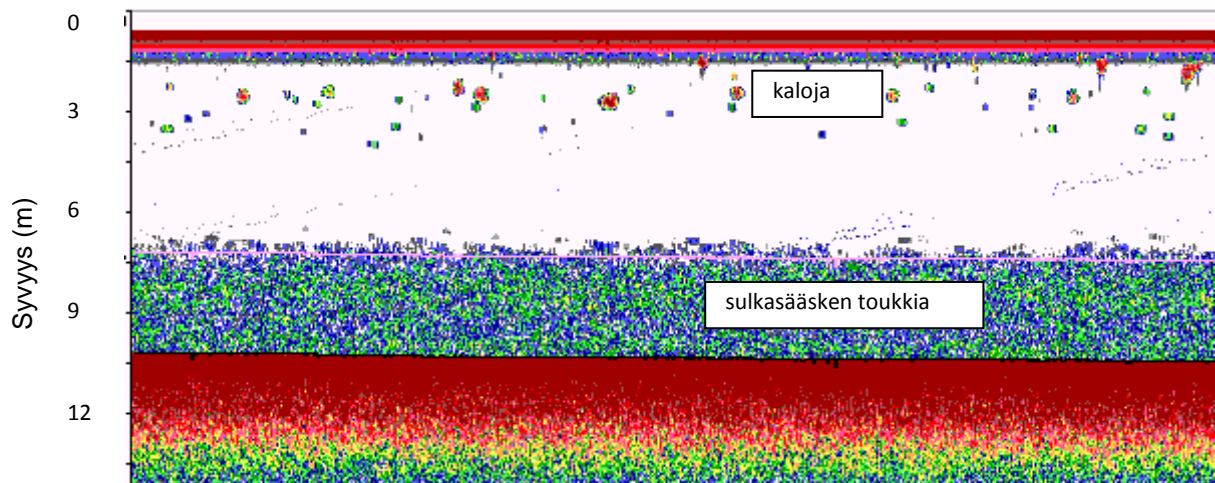
Kuva 1. Lohjanjärven Maikkalanselän syvänteen lämpötila- ja happiprofiilit tutkimuspäivinä vuosina 2012 ja 2013.



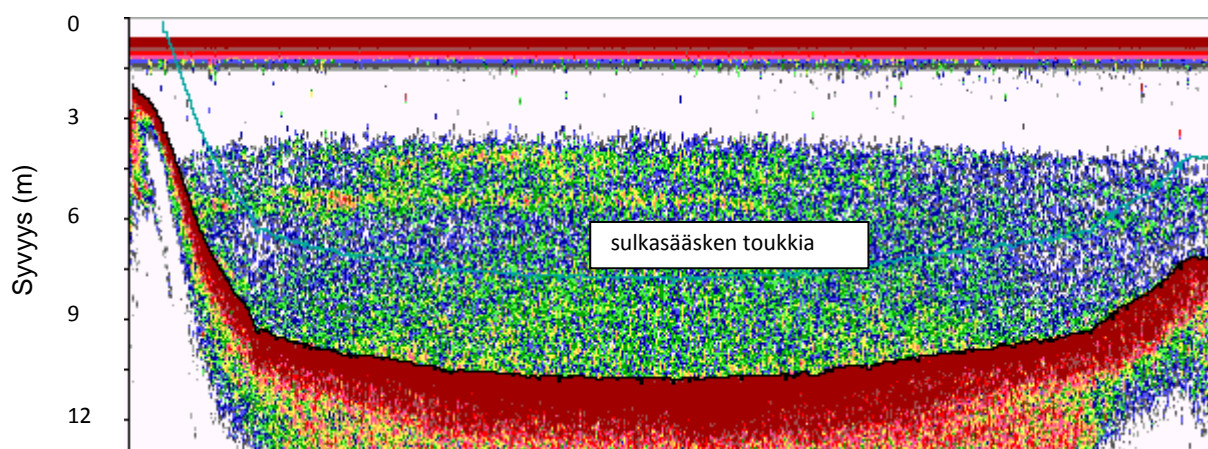
Kuva 2. Kaikuluotaukuvat Maikkalanselän syvänteeltä tutkimusajankohtina vuosina 2012-2013.



Kuva 3. Kaikuluotauksen suurennos 31.8.2012 (sama linja kuin kuvassa 2). Sulkavat ovat selvästi syömässä sulkasääsken toukkia aivan vähähappisen vesikerroksen rajapinnalla.



Kuva 4. Kaikuluotauksen suurennos 3.6.2013 (sama linja kuin kuvassa 2). Ulapalla esiintyvät kalat ovat paljon korkeammalla vesipatsaassa kuin sulkasääsken toukat.

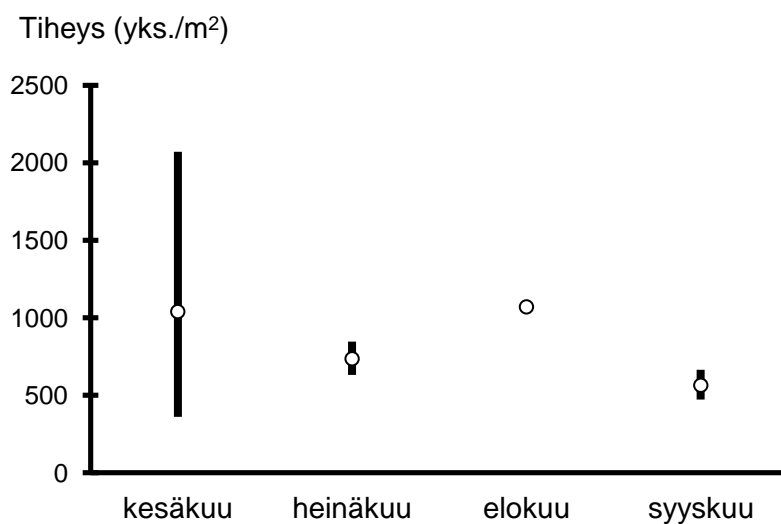


Kuva 5. Kaikuluotauskuva Maikkalanselän syvänteeltä päivällä 28.5.2010 (Malinen ym. 2011). Sulkasääsken toukkia esiintyy melko tasaisena kerroksena noin 4 m syvyydestä alaspäin. Kaloja on ulapalla erittäin vähän. Ero vuoden 2013 vastaavan ajankohtaan (kuva 4) on huomattava.

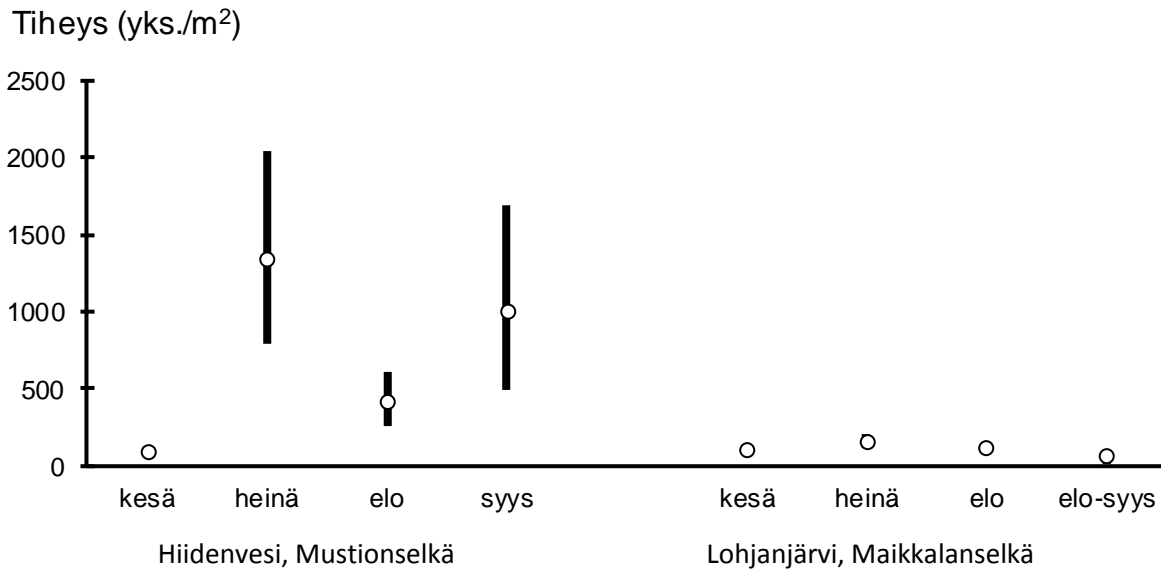
3.2 Sulkasääsken toukkien ja *Leptodora*-petovesikirpun tiheysarviot

Sulkasääsken toukkien tiheysarvio Maikkalanselän syvänealueen vesipatsaassa oli kesäkuun 3. päivänä 2013 n. 1040 yks./m² (kuva 6). Näytepisteiden välinen vaihtelu oli suurta, josta olivat seurauksena laajat luottamusvälit. Heinäkuussa, kuoriutumisen jo alettua tiheysarvio oli alhaisempi, n. 740 yks./m². Elokuussa tiheys jälleen suureni uuden sukupolven myötä ollen 7.8. n. 1070 yks./m². Elo-syyskuun vaihteessa vesipatsaan toukkatiheys oli jälleen alhaisempi, n. 560 yks./m², mikä saattoi johtua siitä, että osa toukista oli kaivautunut sedimenttiin, jossa ne tyypillisesti talvehtivat. Kesäkuuta lukuun ottamatta tiheysarvioiden luottamusvälit olivat hyvin suppeat, joten vesipatsaan toukkatiheysarvioita voidaan pitää varsin tarkkoina. Tässä tutkimuksessa seurattiin vain vesipatsaan toukkatiheyksiä. Koko sulkasääsikannan runsauden arviointiin nämä tulokset eivät sovellu, koska toukkia esiintyy aina myös sedimentissä. Mustionselältä ei saatu nostohaavilla ainoatakaan sulkasääsken toukkaa.

Leptodora-petovesikirppujen tiheys oli Hiidenveden Mustionselällä paljon suurempi kuin Lohjanjärven Maikkalanselällä (kuva 7). *Leptodoran* runsausvaihtelu oli eläinplanktonille tyypilliseen tapaan erittäin suurta. Suurimmillaan sen tiheys oli Mustionselällä heinäkuussa, n. 1350 yks./m². Arvion luottamusvälit olivat kuitenkin laajat (800-2040 yks./m²). Myös syyskuussa (5.9.2012) *Leptodoran* tiheys oli suuri, n. 1000 yks./m², luottamusvälien ollessa 500-1690 yks./m². Sen sijaan kesä- ja elokuussa *Leptodoran* tiheys oli varsin alhainen, kesäkuussa n. 90 ja elokuussa n. 420 yks./m². Mustionselän *Leptodoratiheydet* olivat kesäkuuta lukuun ottamatta hieman suurempia kuin vuonna 1999, jolloin sen runsautta arvioitiin kattavalla näytteenotolla (Uusitalo 2001). Maikkalanselälläkin *Leptodora* oli runsaimmillaan heinäkuussa, mutta silloinkin sen tiheys oli ainoastaan n. 150 yks./m² (luottamusvälit 110-200 yks./m²).



Kuva 6. Sulkasääsken toukkien tiheydet 95 %:n luottamusväleineen Lohjanjärven Maikkalanselän syvänealueen vesipatsaassa nostohaavinäytteenoton perusteella.



Kuva 7. *Leptodora* -petovesikirppujen tiheydet 95 %:n luottamusväleineen Hiidenveden Mustionselän ja Lohjanjärven Maikkalanselän syvännealueella nostohaavinäytteenoton perusteella.

3.3 Kalojen ravinto

3.3.1 Sulkava

Lohjanjärven Maikkalanselän sulkavan ravinto koostui suurelta osin vesikirpuista (kuva 8). *Daphnia* oli kesäkuuta lukuun ottamatta tärkein ravintokohteista oli heinäkuussa jopa n. 85 %. Kesäkuussa *Bosmina* oli pääravintokohte (yli 50 %), mutta myös sulkasääsken toukkien osuus oli varsin suuri, lähes 40 %. Kesäkuussa sulkavat söivät sulkasääsken toukkia ainoastaan hämärässä tai pimeässä. Yksikään päivällä pyydetyistä sulkavista (n=7) ei ollut niitä syönyt. Sulkavat söivät sulkasääsken toukkia muinakin kuukausina, mutta niiden merkitys oli kuitenkin melko vähäinen. Varianssianalyysin mukaan sulkavat söivät kesäkuussa merkitsevästi enemmän sulkasääsken toukkia kuin muina kuukausina ($p < 0,05$). Muiden kuukausien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Petovesikirppu *Leptodora* sulkavat söivät jonkin verran heinä- ja elokuussa, vaikka niiden tiheys olikin nostohaavinäytteenoton mukaan varsin alhainen (kuva 7). Muita ravintokohteita sulkavat käyttivät erittäin vähän.

Hiidenveden Mustionselän sulkavan ravinto koostui miltei yksinomaan vesikirpuista (kuva 9). Kesäkuussa *Limnosida* (43 %) ja *Daphnia* (41 %) olivat selvästi tärkeimmät ravintokohteet ja *Leptodoran* merkitys oli olemattoman pieni. Tämä selittyy sillä, että *Leptodoran* tiheys oli kesäkuussa hyvin alhainen (kuva 7). Heinäkuussa Mustionselän sulkavat söivät monipuolisesti eri vesikirppuja; *Daphniaa*, *Limnosidaa*, *Leptodora* ja *Bosminaa* (kuva 9). Sulkavat siis hyödynsivät myös petovesikirppu *Leptodora* sen runsausmaksimin aikaan (kuva 7). Varianssianalyysin mukaan sulkavan *Leptodoran* syönnissä oli eroja kuukausien välillä (F-testin $p < 0,05$), mutta t-testien perusteella ainoastaan kesäkuu poikkesi muista ajankohdista. Elokuussa *Chyrodus*-vesikirppu oli hieman yllättäen tärkein sulkavan ravintokohte Mustionselällä. Sen osuus kaikista ravintokohteista oli lähes 50 %. Sulkavat söivät melko runsaasti myös *Bosminaa*, *Leptodora* ja *Daphniaa*. Syyskuussa sulkavia ei saatu riittävästi ravintoanalyysijä varten. Todennäköisesti ne olivat veden viilentymisen ja eläinplanktonin vähentymisen takia siirtyneet pois matalalta Mustionselältä.

3.3.2 Pasuri

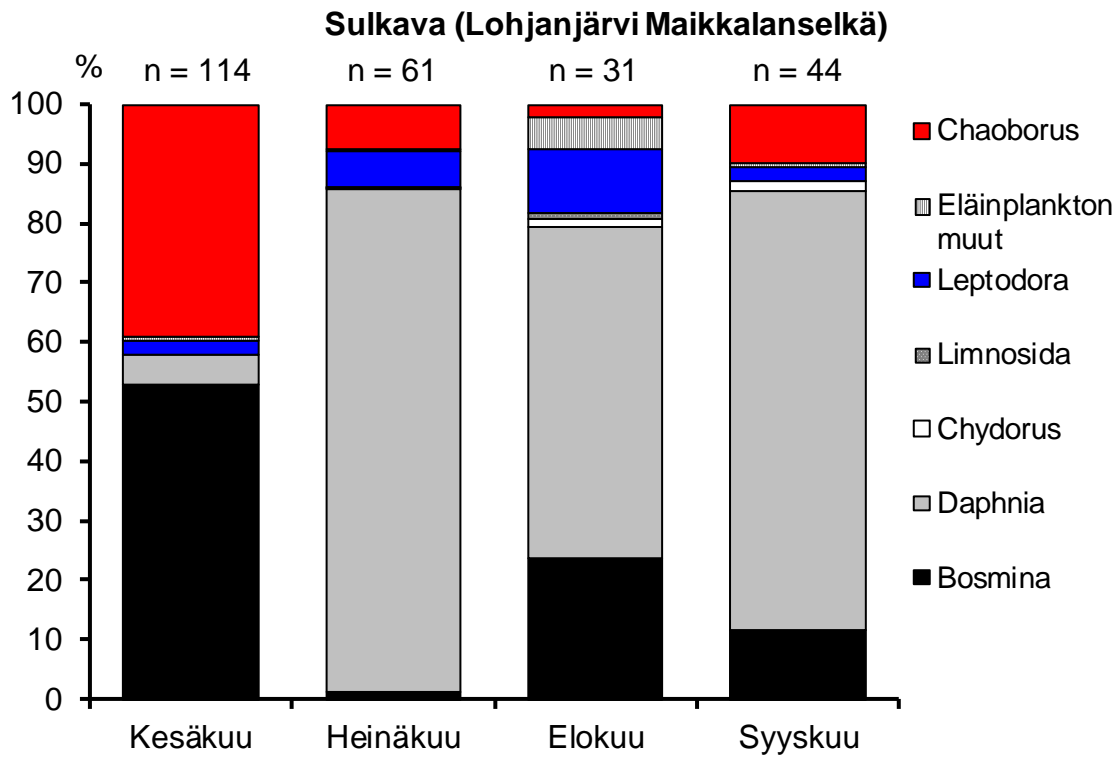
Lohjanjärven Maikkalanselän syvänteeltä pyydettyjen pasurien ravinto koostui syyskuuta lukuun ottamatta pääosin sulkasääsken toukista (kuva 10). Syyskuussa, jolloin alusveden heikko happitilanne tarjosi hyvän suojapaikan sulkasääsken toukille, pasurit kuitenkin söivät pääasiassa *Daphniaa*. Varianssianalyysinkin mukaan pasurit söivät merkitsevästi enemmän sulkasääsken toukkia kuin sulkavat kesä-, heinä- ja elokuussa ($p < 0,05$). Syyskuussa sulkavat söivät enemmän sulkasääsken toukkaa kuin pasurit, joskaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Sulkavien tapaan myös pasurit söivät jonkin verran petovesikirppu *Leptodora*, vaikka sen tiheydet olivatkin alhaisia Maikkalanselällä.

Mustionselällä pasurin ravinto oli paljon monipuolisempaa kuin Maikkalanselällä (kuva 11). Kesäkuussa ravinto oli eläinplanktonpainotteista *Daphnian* ollessa tärkein ravintokohde. Pasurit söivät kuitenkin myös runsaasti pohjaeläimiä, etenkin surviaissääsken toukkia. Heinäkuussa eläinplanktonravinnolla oli vähäisempi merkitys, ja pasurit söivät lähinnä pohjaeläimiä. Runsain ravintokohde olivat yllättäen sulkasääsken toukat, joita ei nostohaavilla saatu lainkaan. Mitä ilmeisimmin pasurit ovat saalistaneet ne joko pohjasedimentistä tai aivan sen yläpuolelta. Elokuussa eläinplanktonista merkitystä oli oikeastaan vain petovesikirppu *Leptodoralla*, ja muuten pasurin ravinto koostui pohjaeläimistä ja detrituksesta. Syyskuussa pasurin ravinto ei sisältänyt enää lainkaan eläinplanktonia. Pasurit söivät tuolloin pikkukaloja (lähinnä yksikesäisiä särkikalanpoikasia), pohjaeläimiä ja vesikasveja. Varianssianalyysin mukaan pasurin *Leptodoran* syönnissä oli eroja kuukausien välillä (F-testi, $p < 0,05$), mutta t-testien mukaan ainoastaan elokuu poikkesi kaikista muista kuukausista.

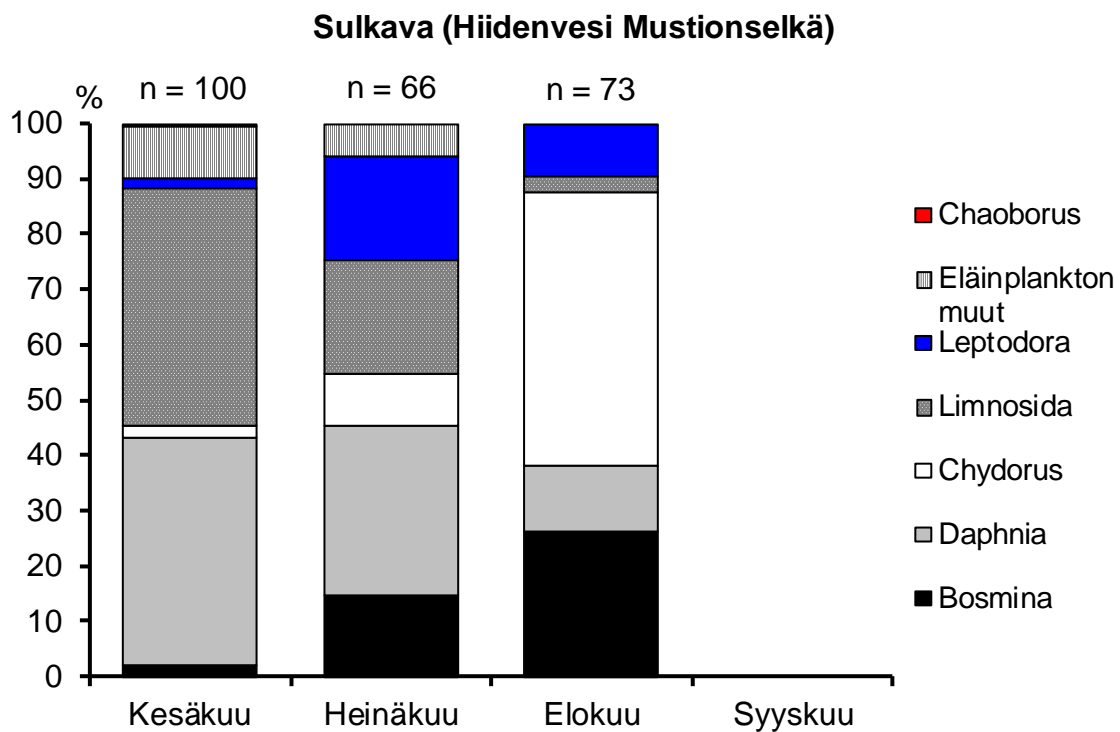
3.3.3 Lahna

Hiidenveden Mustionselän lahnat söivät pääasiassa pohjaeläimiä, joista selvästi tärkeimmässä asemassa olivat surviaissääsken toukat (kuva 12). Ne olivat kaikkina ajankohtina runsain ravintokohde-ryhmä. Kesä- ja heinäkuussa niiden osuus kaikista ravintokohteista oli yli 70 %. Elo- ja syyskuussa lahnat söivät myös eläinplanktonia, elokuussa myös petovesikirppu *Leptodora*. Sen osuus kaikista ravintokohteista oli kuitenkin tuolloinkin vain n. 10 %. Varianssianalyysillä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja lahnan *Leptodoran* syönnille kuukausien välillä (F-testi, $p > 0,05$). Lohjanjärven Maikkalanselän ulapalta ei saatu koeverkotuksissa ainoatakaan lahnaa.

Yhteenvetona sulkavan, pasurin ja lahnan merkityksestä *Leptodoran* syöjinä Mustionselällä voidaan todeta, että kaikki lajit söivät sitä heinä-elokuussa, mutta sen osuus oli kuitenkin melko pieni. Sulkava ja pasuri näyttivät syövän *Leptodora* enemmän kuin lahna, mutta varianssianalyysin mukaan tilastollisesti merkitseviä eroja lajien välillä ei kuitenkaan ollut (F-testi, $p < 0,05$).

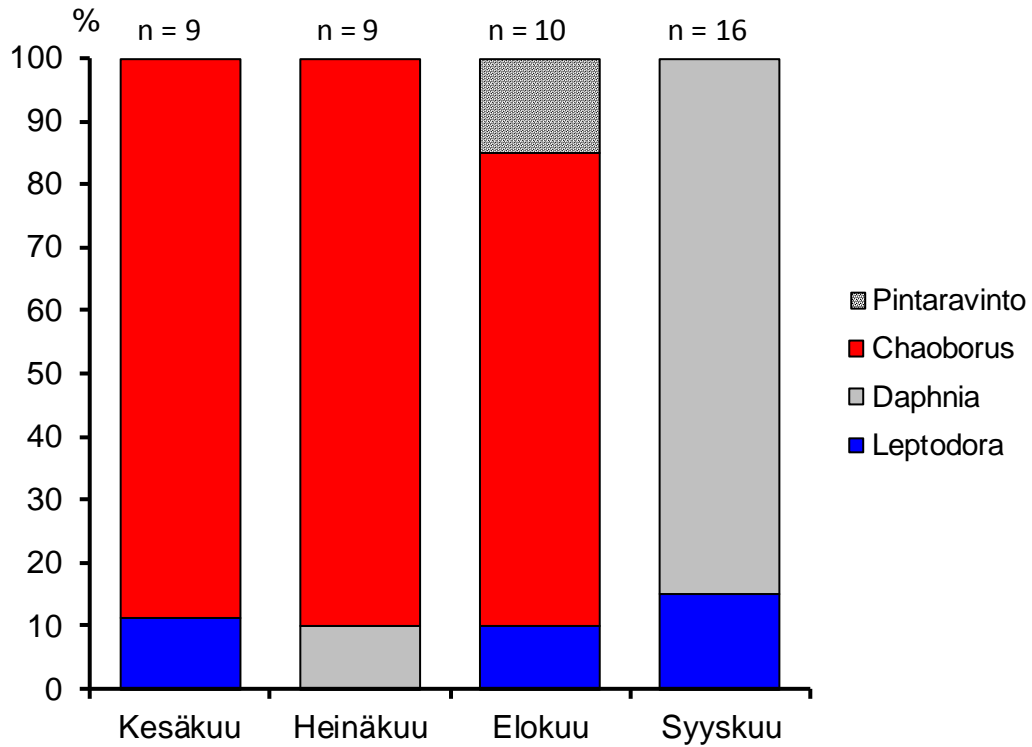


Kuva 8. Sulkavan ravinto Lohjanjärven Maikkalanselällä. Näytekalojen lukumäärä on ilmoitettu pylväiden päällä. Chaoborus = sulkasääsken toukat.



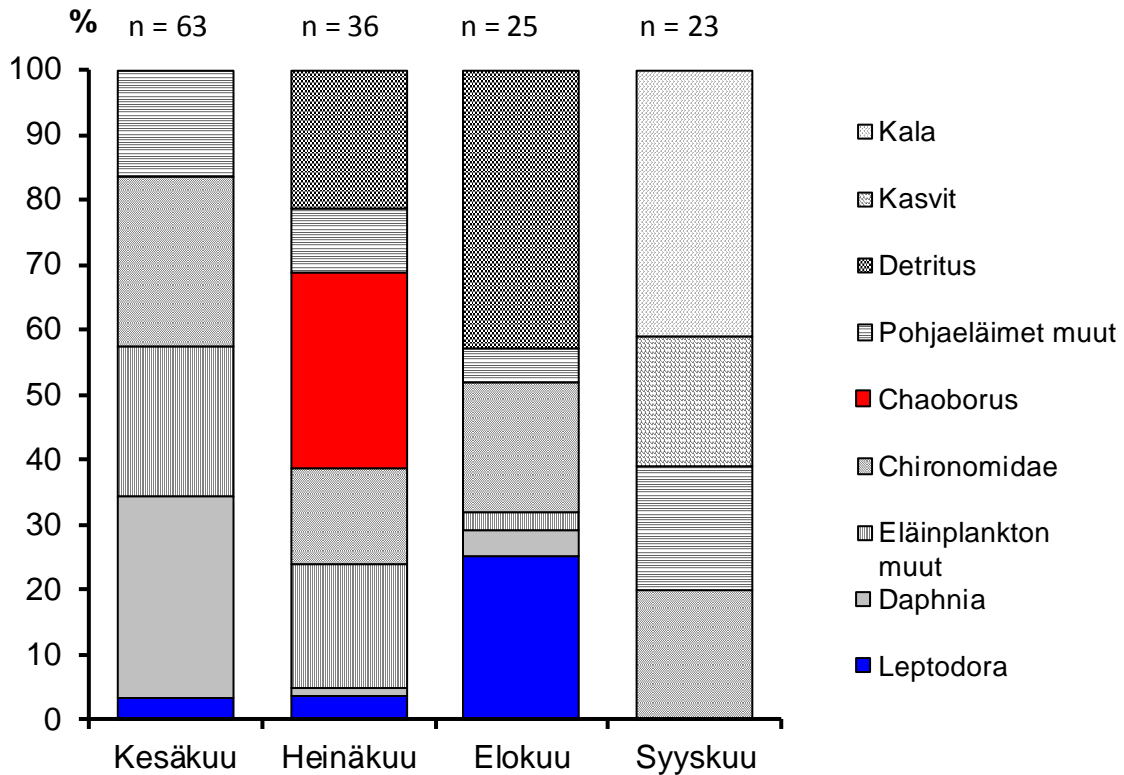
Kuva 9. Sulkavan ravinto Hiidenveden Mustionselällä. Näytekalojen lukumäärä on ilmoitettu pylväiden päällä. Syyskuussa ei saatu tarpeeksi sulkavia ravintoanalyysiä.

Pasuri (Lohjanjärvi Maikkalanselkä)



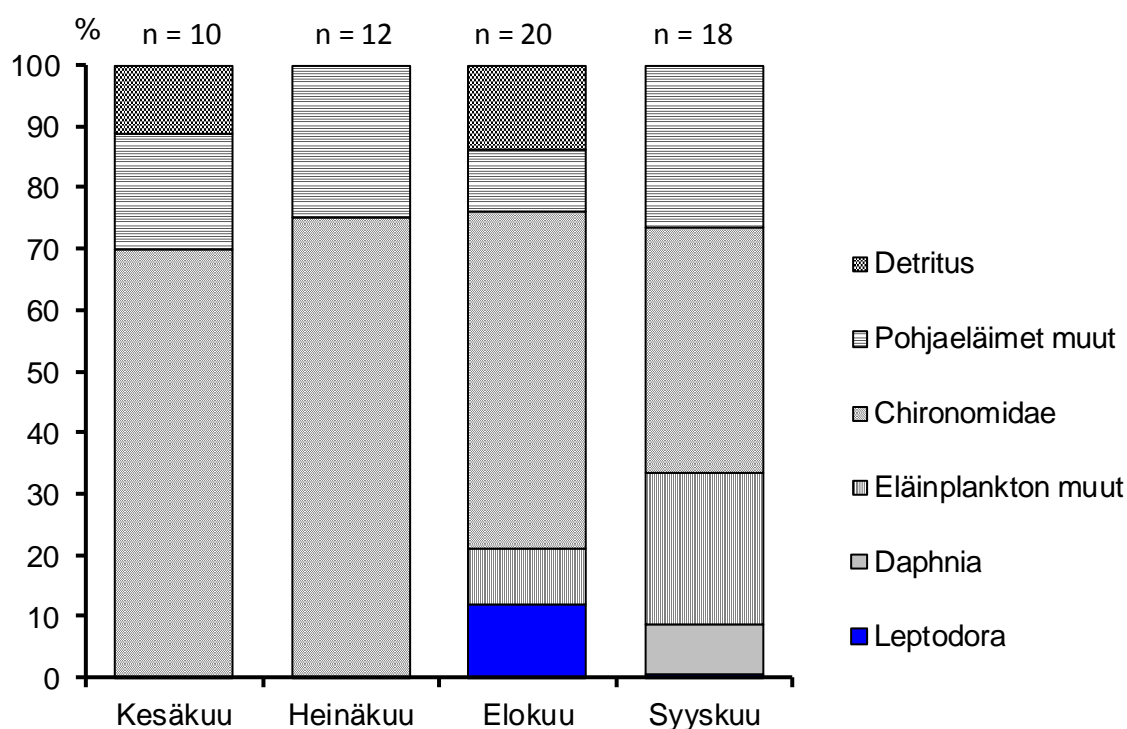
Kuva 10. Pasurin ravinto Lohjanjärven Maikkalanselällä. Chaoborus = sulkasääsken toukat.

Pasuri (Hiidenvesi Mustionselkä)



Kuva 11. Pasurin ravinto Hiidenveden Mustionselällä. Chaoborus = sulkasääsken toukat.

Lahna (Hiidenvesi Mustionselkä)



Kuva 12. Lahnan ravinto Hiidenveden Mustionselällä.

4. Tulosten tarkastelu

4.1 Lohjanjärven Maikkalanselkä

Maikkalanselän sulkavat söivät runsaasti sulkasääsken toukkia kesäkuussa, jolloin niiden tiheys on suurimmillaan vesipatsaassa. Sen sijaan muina tutkimusajankohtina ne söivät lähinnä herbivorisia vesikirppuja, *Daphniaa*, *Chyrodusta* ja *Bosminaa*. Toisaalta elo-syyskuun vaihteessa havaittiin sulkavien saalistavan sulkasääsken toukkia aivan vähähappisen alusveden ja sulkasääskikerroksen yläreunalla. Tämä käyttäytyminen viittaa siihen, että sulkavat ovat sopeutuneet hyvin Maikkalanselän ravinto-olosuhteisiin, ja ne hyödyntävät sulkasääsken toukkia ravintonaan aina kun se on energeettisesti järkevää. Aikana, jolloin muuta eläinplanktonia (lähinnä vesikirppuja) on runsaasti, kannattaa sulkavien mieluummin keskittyä niiden saalistamiseen. *Leptodora*-petovesikirpun tiheydet olivat Maikkalanselällä varsin alhaisia, ja sulkasääsken toukilla on paljon suurempi merkitys järven ravintoverkossa kuin *Leptodoralla*. Sulkavat kyllä söivät *Leptodora*akin silloin kun sitä oli runsaasti tarjolla.

Maikkalanselältä koeverkoilla saadut pasurit vaikuttivat suorastaan erikoistuneen sulkasääsken toukkien hyödyntämiseen. Syyskuussa alusveden heikko happitilanne rajoitti selvästi pasurien sulkasääskiin kohdistuvaa saalistusta, mutta muina ajankohtina pasurit söivät miltei yksinomaan sulkasääsken toukkia. Sulkavien tapaan pasuritkin söivät petovesikirppu *Leptodora* sikäli kun sitä oli tarjolla. Pasurin ja sulkavan merkitystä ravintoverkossa arvioitaessa tulee ottaa huomioon, että Maikkalanselän syvänteeltä saatiin koeverkoilla sulkavaa n. 110 kg, mutta pasureita vain muutamia kiloja. Vaikka koeverkkojen lajiosuuksista ei voidakaan suoraan päätellä lajien runsaussuhteita, lienee kuitenkin sulkavalla suurempi merkitys Maikkalanselän sulkasääskikannan säätelijänä kuin pasurilla. Muita lajeja saatiin koeverkoilla hyvin vähän. Tässä tutkimuksessa käytettiin pääosin harvoja verkkoja, joilla ei saada pienikokoisia kaloja, etenkin kuoreita. Maikkalanselän ajoittain runsaalla

kuorekannalla saattaa olla sulkava- ja pasurikantoja suurempi merkitys sulkasääsikannan säätelyssä (Malinen ym. 2011). Sen sijaan muiden kalalajien merkitys lienee merkitysettömän pieni.

Kalojen vaikutusta sulkasääsikannan elinmahdollisuuksiin ei kuitenkaan voida selvittää pelkästään kalojen ravintoa tutkimalla. Sulkasääsken toukat pystyvät aistimaan kalojen läsnäolon ja pakenemaan syvemmälle joko pimeyden tai vähähappisen vesikerroksen tarjoamaan suojaan saalistukselta. Toisin sanoen, vaikka kalat eivät saisi syötyä lainkaan sulkasääsken toukkia, kalojen esiintyminen ulapalla välivedessä saattaa pakottaa toukat syvemmälle, jossa niillä on huomattavasti heikommat mahdollisuudet syödä eläinplanktonravintoa päiväsaikaan. Tällä saattaa olla suuri vaikutus sulkasääsken toukkien elinmahdollisuuksiin, koska savisameissa järvissä eläinplankton on yleensä erittäin voimakkaasti keskittynyt ylimpiin vesikerroksiin (esim. Horppila ym. 2009).

Maikkalanselällä sulkasääsken toukat käyttävät vähähappista alusvettä suojapaikkanaan heinä-syyskuussa. Niiden käyttäytyminen poikkeaa selvästi Hiidenveden Kiihkelyksenselän sulkasääsikistä, joiden esiintymissyvyyden tärkein säätelijä näyttäisi olevan veden sameus ja sen aiheuttama valon sammuminen (esim. Malinen & Vinni 2013). Maikkalanselällä vähähappisen vesikerroksen yläraja on ilmeisesti usein ylempänä vesipatsaassa kuin pimeän kerroksen raja. Maikkalanselän mataluuden huomioon ottaen vaikuttaa siltä, sulkasääsikannan tilanne ei ole yhtä turvattu kuin Hiidenveden syvillä alueilla. Vähäinenkin happitilanteen kohentuminen ja veden kirkastuminen saattavat heikentää tuntuvasti Maikkalanselän sulkasääsikantaa. Happitilanteen kohentumisella olisi todennäköisesti myös merkittävä epäsuora vaikutus sulkasääsikantaan. Parempi happitilanne nimittäin voimistaisi kuorekanta, joka on tärkeä sulkasääsikannan säätelijä (Horppila ym. 2004). Hapetus ei kuitenkaan tule kyseeseen kunnostusmenetelmänä, koska se purkaisi lämpötilakerrostuneisuuden, mitä kuore ei viileän veden lajina kestä (Malinen ym. 2004).

Maikkalanselän kunnostukseen ei voida suositella hoitokalastusta. Tämän, varsin kattavankaan tutkimuksen perusteella ei voida varmuudella sanoa, olisiko sulkavan ja pasurin hoitokalastuksella positiivinen vai negatiivinen vaikutus Maikkalanselän tilaan.

4.2 Hiidenveden Mustionselkä

Mustionselän sulkavat söivät pelkästään eläinplanktonia. Erityisen suuri merkitys oli herbivorisilla vesikirpuilla; *Limnosedalla*, *Chyroduksella*, *Daphnialla* ja *Bosminalla*. Sulkavat söivät myös petovesikirppu *Leptodora*, kun sitä oli runsaasti tarjolla. Pasurien ravinto oli paljon monipuolisempaa, ja eläinplanktonin osuus oli pienempi. Petovesikirppu *Leptodora* merkitys oli keskimäärin melko pieni. Lahna oli näistä kolmesta lajista selvästi voimakkaimmin keskittynyt pohjaeläimiin. Surviaissääsken toukat dominoivat ravinnossa, ja eläinplanktonin merkitys oli vähäinen. Petovesikirppu *Leptodora* merkitys oli vielä pienempi kuin pasurilla.

Leptodora -petovesikirppun tiheydet olivat Mustionselällä niin suuria, että sillä on todennäköisesti vaikutusta kasviplanktonia sääteleviin vesikirppuihin (Uusitalo ym. 2003). *Leptodora* -tiheyden kesäaikainen kehitys oli vuonna 2012 kuitenkin selvästi erilainen verrattuna vuoteen 1999, jolloin loppukesän tiheyshuippua ei havaittu (Uusitalo 2001). *Leptodora* runsastuminen loppukesällä yhdessä kalojen saalistuksen kanssa on todennäköisesti johtanut muiden vesikirppujen tiheyden romahtamiseen ja on sitä kautta saattanut aiheuttaa sulkavien siirtymiseen pois Mustionselältä. Tämän tutkimuksen perusteella näyttää siltä, ettei sulkavalla, pasurilla eikä varsinkaan lahnalla ole *Leptodora* säätelijänä merkitystä. Sulkavan esiintyminen Mustionselällä näyttäisi liittyvän runsaampien lajien, herbivoristen *Daphnian*, *Chyroduksen* ja *Bosminan* esiintymiseen. Sulkavat ja pasurit syövät *Leptodora*akin näiden ohella, mutta kun vesikirpputiheys romahtaa, kalat siirtyvät hyödyntämään muita ravintovaroja ja sulkavat mitä ilmeisimmin vaeltavat kokonaan pois Mustionselältä. Sulkavien katoaminen loppukesällä on havaittu myös vuosituhannen vaihteen hoitokalastuksissa (Petri Savola, suullinen tiedonanto).

Tässä tutkimuksessa keskityttiin sulkavaan, ja sen takia käytetyt verkot olivat solmuväliltään pääasiassa harvoja. Näin ollen pienikokoisia näytekaloja, etenkin pasureita, oli aineistossa paljon vähemmän kuin mitä olisi ollut kannasta otetussa satunnaisotoksessa. Tällä on vaikutusta tuloksiin, koska Vinnin ym. (2000) tutkimuksen mukaan nimenomaan pienikokoiset sulkavat ja pasurit söivät melko runsaasti petovesikirppu *Leptodora*. Sen sijaan pienikokoiset lahnat eivät sitä syöneet. Joka tapauksessa sulkavan ja pasurin lisäksi *Leptodora* syövät monet muutkin Mustionselän kalalajit, kuten ahven ja kiiski (Horppila & Vinni 2005) sekä salakka (Vinni ym. 2000). Koska lisäksi Mustionselän *Leptodora* runsausvaihtelut ovat hyvin suuria ja vaikutus herbivorisiin vesikirppuihin ainoastaan ajoittainen, vaikuttaa selkärangattomien petojen merkitys ravintoverkossa paljon pienemmältä kuin Lohjanjärven Maikkalanselällä.

Vaikka ravintoverkon toiminnan kannalta sulkavan, pasurin ja lahnan hoitokalastuksella tuskin olisi mitään haitallisia vaikutuksia Mustionselällä, ei sitä silti voi nykytilassa suositella järven kunnostusmenetelmäksi. Saavutettavat positiiviset tulokset veden laadussa olisivat todennäköisesti hyvin lyhytaikaisia, koska valuma-alueelta tuleva ravinnekuormitus ylittää kriittisen tason. Näin ollen resurssien uhraaminen hoitokalastukseen ei vaikuta toistaiseksi mielekkäältä. Mikäli kuormitusta saadaan oleellisesti vähennettyä, sulkavaan, pasuriin ja lahnaan kohdistuvaa tehokasta hoitokalastusta voidaan mahdollisesti soveltaa tulevaisuudessa (Alaja ym. 2012).

Kalastonhoidollisena toimenpiteenä voitaisiin kuitenkin sulkavan, pasurin ja lahnan hoitokalastusta tehdä. Poistamalla näitä kuhalle huonosti ravinnoksi sopivia kaloja voidaan mahdollisesti ohjata nykyistä suurempi osa Mustionselän kalantuotannosta petokalatuotannoksi. Petokalakantojen kasvaminen parantaisi järven kalataloudellista arvoa, koska nykyään kalastus kohdistuu miltei pelkästään niihin. Kalastonhoitoon tähtäävä hoitokalastus kannattaa kohdistaa mieluiten keskikokoisiin ja suuriin kaloihin, koska pienempiä kokoluokkia Mustionselän petokalat, kuha, hauki ja ahven, jossain määrin hyödyntävät ravintonaan.

5. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa selvitettiin sulkavan, pasurin ja lahnan ravinnonkäyttöä Lohjanjärven Maikkalanselällä ja Hiidenveden Mustionselällä sekä arvioitiin mahdollisen hoitokalastuksen ravintoverkkovaiikutuksia. Nämä kalalajit muodostavat ulapalle suuria kalabiomassoja ja niillä on keskeinen asema ulapan ravintoverkon toiminnassa. Niiden vaikutukset ravintoverkossa ovat hyvin erityyppisiä riippuen siitä, syövätkö ne kasviplanktonin runsautta sääteleviä vesikirppuja vai vesikirppuja syöviä selkärangattomia petoja. Ensin mainitussa tapauksessa hoitokalastus saattaisi olla järkevää (jos muut hoitokalastuksen edellytykset ovat olemassa) mutta jälkimmäisessä tapauksessa hoitokalastus saattaisi johtaa entistä heikompaan järven tilaan selkärangattomien petojen runsastuessa. Lohjanjärven Maikkalanselällä ravintoverkon tärkein selkärangaton peto on sulkasääsken toukka ja Hiidenveden Mustionselällä petovesikirppu *Leptodora*.

Sulkavan, pasurin ja lahnan ravinnonkäyttöä seurattiin ajallisesti kattavalla näytteenotolla (päivä- ja yönäytteet kesäkuusta syyskuuhun). Lisäksi seurattiin sulkasääsken toukkien tiheyttä ja vertikaalija-kaumaa Maikkalanselällä ja *Leptodora*-petovesikirppun tiheyttä Mustionselällä. Tutkimuksessa käytettiin erityisesti sulkavan pyyntiin sopivia verkkosarjoja, tutkimuskaikuluotainta ja nostohaavia.

Maikkalanselällä esiintyi runsaasti sulkasääsken toukkia kaikilla tutkimuskerroilla. Sulkavat söivät niitä runsaasti etenkin kesäkuussa. Pasurit söivät miltei yksinomaan sulkasääsken toukkia elo-syyskuun vaihdetta lukuun ottamatta, jolloin alusveden alhainen happipitoisuus tarjosi sulkasääsken toukille hyvän suojapaikan. Sulkavalla on pasuria suurempi merkitys Maikkalanselän sulkasääskikannan säätelijänä kuin pasurilla suuremman tiheydensä ansiosta. Lahnoja ei Maikkalanselän ulapalta saatu lainkaan. *Leptodora*-tiheydet olivat Maikkalanselällä alhaisia.

Maikkalanselän kunnostukseen ei voida suositella hoitokalastusta. Tämän, varsin kattavankaan tutkimuksen perusteella ei voida varmuudella sanoa, olisiko sulkavan ja pasurin hoitokalastuksella positiivinen vai negatiivinen vaikutus Maikkalanselän tilaan.

Mustionselän tärkeimmän selkärangattoman pedon, *Leptodoran* tiheys vaihteli voimakkaasti ollen suurimmillaan heinäkuussa. Sulkavat ja pasurit söivät sitä kohtuullisen runsaasti, mutta lahnojen ravinnossa sen merkitys oli vähäinen. Todennäköisesti muilla kalalajeilla, etenkin ahvenella ja salakalla on sulkavaa, pasuria ja lahnaa suurempi merkitys Mustionselän *Leptodoran* säätelijöinä.

Vaikka sulkavan, pasurin ja lahnan hoitokalastuksella tuskin olisi haitallisia ravintoverkko-vaikauksia Mustionselällä, ei sitä silti voi nykytilassa suositella järven kunnostusmenetelmäksi. Saavutettavat positiiviset tulokset veden laadussa olisivat todennäköisesti hyvin lyhytaikaisia, koska valuma-alueelta tuleva ravinnekuormitus ylittää kriittisen tason. Näin ollen resurssien uhraaminen hoitokalastukseen ei vaikuta toistaiseksi mielekkäältä. Mikäli kuormitusta saadaan oleellisesti vähennettyä, sulkavaan, pasuriin ja lahnaan kohdistuvaa tehokasta hoitokalastusta voidaan mahdollisesti soveltaa tulevaisuudessa. Kalastonhoidollisena toimenpiteenä voitaisiin kuitenkin sulkavan, pasurin ja lahnan hoitokalastusta tehdä. Poistamalla suurikokoisia särkikalajoja saattaisi olla mahdollista ohjata nykyistä suurempi osa järven tuotannosta petokalatuotannoksi ja siten parantaa järven kalataloudellista arvoa.

Lähdeluettelo

- Alaja, H., Sundell, P., Palomäki, A. & Hynynen, J. 2012: Hiidenveden kunnostus- ja hoitosuunnitelma – Osa II Ravintoketjukunnostus. Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 194/2012. 71 s. ja 8 liitettä.
- 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. & Vinni M. 2005: Diurnal variations in the diet composition of three fish species showing different feeding habits, and consequences on food consumption estimates. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 189-205.
- Hynes, H.B.N. 1950: The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.* 19: 35-58.
- Jolly, G. M. & Hampton, I. 1990: Some problems in the statistical design and analysis of acoustic surveys to assess fish biomass. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 189: 415-420.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horppila, J., Eloranta, P., Valtonen, S. & Pekcan-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., Antti-Poika, P. & Vinni, M. 2011: Kalojen ja sulkasääsken toukkien runsaus Lohjanjärven Maikkalanselällä kesällä 2010. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 11 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A. & 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 ravintoketjukunnostuksen kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. Kala- ja Riistaraportteja 324.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2013: Sulkasääsken runsaus Hiidenvedellä vuonna 2012. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 9 s.
- Salonen, M. 2004: Kalojen ravinnonkäyttö ja sulkasääsken toukan (*Chaoborus flavicans* (Meigen)) merkitys kalojen ravintokohteena Hiidenvedellä. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos/ limnologia. 47 s.
- Uusitalo, L. 2001: Selkärangattomien petojen *Leptodora kindti* (Focke) ja *Mysis relicta* Loven merkitys Hiidenveden ravintoverkossa. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos/ limnologia. 46 s.

- Uusitalo, L., Horppila, J., Eloranta, P., Liljendahl-Nurminen, A., Malinen, T., Salonen, M. & Vinni, M. 2002: *Leptodora kindtii* and flexible foraging behaviour of fish – factors behind the delayed biomass peak of cladocerans in Lake Hiidenvesi. *International Review of Hydrobiology* 88: 32-46.
- Vinni, M., Horppila, J., Olin, M., Ruuhijärvi, J. & Nyberg, K. 2000: The food, growth and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphometry and water quality. *Aquatic Ecology* 34: 421-431.