

Hämeenlinnan Alajärven ravintoverkkoselvitys vuonna 2017

Tommi Malinen
Mika Vinni

Helsingin yliopisto
Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma

Tutkimusraportti 14.2.2019



*Näkymä Alajärveltä elokuun 3. päivänä 2017, jolloin tehtiin kesän kuudes eläinplankton- ja sul-
kasääskinäytteenotto. Kuva: Mika Vinni.*

Tiivistelmä

Hämeenlinnan Alajärvellä esiintyi vuonna 2012 runsaasti sulkasääsken toukkia, jotka voivat tehokkaina eläinplanktonin säätelijöinä aiheuttaa tai voimistaa sinileväkukintoja. Järvessä ei esiintynyt tehokkaasti sulkasääsken toukkia syövää kuoretta. Tämän jälkeen kuoretta siirrettiin Alajärveen muutamana keväänä siinä toivossa, että se muodostaisi lisääntyvän kannan ja alkaisi säädellä sulkasääsken runsautta. Tässä hankkeessa selvitettiin Alajärven ulapan ravintoverkon rakennetta ja toimintaa kuoreistutuksen jälkeen.

Kuore kotiutui Alajärveen ja oli kesällä 2017 ulapan runsain kalalaji. Sulkasääsken toukat olivat poikasvaiheen ohittaneiden kuoreiden tärkein ravintokokke. Alajärven muut kalat eivät syöneet toukkia. Hankkeessa saatiin muitakin viitteitä siitä, että kuore rajoittaa sulkasääsken esiintymistä vesipatsaassa heikentäen sen elinmahdollisuuksia. Todennäköisesti sulkasääskikanta taantuu vähitellen. Sulkasääsken vaikutuksia eläinplanktoniin ei pystytty osoittamaan. Saattaa olla, että ulapan ravintoverkko on jo muuttunut sellaiseksi, että sulkasääskellä ei ole suurta vaikutusta eläinplanktoniin. Kuoreen kotiutuminen paransi petokalojen ravintotilannetta. Sekä ahvenet että kuhat söivät pääasiassa kuoreita. Melko pienetkin ahvenet ja kuhanpoikaset söivät kuoreenpoikasia. Kuore saattaa nopeuttaa Alajärven petokalojen kasvua. Kuoreen merkitys Alajärven ravintoverkossa riippuu siitä, vallitseeko kuore jatkuvasti ulapalla vai ainoastaan viileinä kesinä. Lisäksi kuorekannan nykytila on epävarma, koska hellekesä 2018 on saattanut romahduttaa kannan.

Alajärven hoidossa tärkeintä on ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Lisäksi Alajärven ulapan ravintoverkon toimintaa voi tehostaa ylläpitämällä kuorekantaa ja suuntaamalla petokalojen kalastus suuriin yksilöihin.

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	3
2. Aineisto ja menetelmät.....	3
2.1 Eläinplankton, sulkasääski ja veden laatu.....	3
2.2 Kalatiheys ja -biomassa.....	4
2.3 Kalojen ravinto.....	5
3. Tulokset.....	5
3.1 Lämpötila, happi ja muut vedenlaatumuuttajat.....	5
3.2 Eläinplankton ja sulkasääsken toukat.....	7
3.3 Ulapan kalasto.....	12
3.4 Kalojen ravinto.....	14
3.5 Ulapan kalaston rakenteeseen vaikuttavat tekijät.....	17
3.6 Muita havaintoja.....	18
3.6.1 Kaikuluotauksen kertomaa.....	18
3.6.2 Jäännemassainen.....	19
4. Tulosten tarkastelu.....	20
5. Johtopäätökset.....	22
6. Kiitokset.....	23
Lähdeluettelo.....	23

1. Johdanto

Melko hyvästä tilastaan huolimatta Hämeenlinnan Alajärvi on jo pitkään kärsinyt rehevöitymisen aiheuttamista haitoista, kuten alusveden vähähappisuudesta ja ajoittaisista sinileväkukinnoista. Vuonna 2012 tehdyn sulkasääski- ja kalastotutkimusten perusteella Alajärven sinileväongelmat saattavat ainakin osittain johtua runsaasta sulkasääskikannasta, jota järvessä esiintyvät kalakannat eivät pysty säätelemään (Malinen & Vinni 2013 a ja b). Sulkasääsken toukat ovat tehokkaita eläinplanktonin syöjiä, ja runsaan sulkasääskikannan on todettu aiheuttavan eläinplanktonille moniker-
taisen saalistuspaineen kaloihin verrattuna (Liljendahl-Nurminen ym. 2003). Tällöin eläinplankton ei enää pysty säätelemään kasviplanktonin runsautta, jolloin myös sinileväkukintojen riski kasvaa. Kotimaisista ulappakaloista tehokkaasti sulkasääsken toukkia syö ainoastaan kuore, jota ei Alajärvellä näyttänyt esiintyvän lainkaan vuoden 2012 koetroolauksen perusteella. Tämän jälkeen Alajärveen on useampana keväänä siirretty kuoreita Vanajavedeltä siinä toivossa, että ne muodostaisivat lisääntyvän kannan. Sulkasääsken toukkien saalistuksen lisäksi kuoreen toivottiin parantavan petokalojen, erityisesti kuhan, ravintotilannetta ja siten nopeuttavan niiden kasvua. Siirtoistutuksen onnistumisesta tai sen mahdollisesti aiheuttamista muutoksista ravintoverkossa ei kuitenkaan ollut tietoa ennen tätä hanketta.

Tämän hankkeen päämääränä oli arvioida Alajärven ulappa-alueen ravintoverkon rakennetta ja toimintaa sekä erityisesti sulkasääsken ja kuoreen merkitystä ravintoverkossa kuoreen siirtoistutusten jälkeen. Tavoitteena oli selvittää sulkasääsken toukkien ja eläinplanktoniyhteisön kehitys yhden kesän aikana syvänealueella ja matalammalla alueella sekä arvioida ulappa-alueen kalatiheyttä, biomassaa ja lajijakaumaa elokuussa. Lisäksi tutkittiin ulapan runsaimpien kalojen ravintoa. Tulosten perusteella pohdittiin Alajärven tilan tulevaa kehitystä sekä järven seuranta- ja hoitotarvetta.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Eläinplankton, sulkasääski ja veden laatu

Alajärven eläinplanktonia ja sulkasääsken toukkia tutkittiin läpi kesän noin kahden viikon välein toteutetulla näytteenotolla. Näytepisteitä oli kaksi, pääsyvänteellä n. 18 m syvyisellä paikalla ja Loimalahdessa n. 5 m syvyisellä paikalla (liite 1). Eläinplanktonnäytteet otettiin kaikilla kerroilla moolimiltoista pisteiltä mutta sulkasääskinäytteet otettiin pääsääntöisesti vain syvänteeltä. Ensimmäisellä kerralla sulkasääskinäytteet otettiin kuitenkin myös matalalta pisteeltä sen varmistamiseksi, että aikaisemmat havainnot pitävät edelleen paikkansa eikä sulkasääskiä esiinny näin matalalla (Malinen & Vinni 2013b).

Eläinplanktonnäytteet otettiin Limnos-putkinoutimella (pituus 1 m, halkaisija 10 cm). Matalalla pisteellä otettiin kokoomanäyte vesikerroksesta 0-4 m sekä syvänpisteeltä kerroksista 0-4 m, 4-8 m ja 8-16 m. Näytteet suodatettiin eläinplanktonhaavin (solmuväli 50 µm) läpi ja säilöttiin 5 % formaliniliuokseen. Sulkasääskinäytteet otettiin kaikilla kerroilla sekä vesipatsaasta että sedimentistä. Moolimista otettiin kolme rinnakkaista näytettä. Vesipatsaan näyte otettiin nostohaavilla (silmäkkö 183 µm, halkaisija 50 cm) ja sedimenttinäyte Ekman-pohjanoutimella (näyteala 231 cm²). Sedimenttinäytteet seulottiin 500 µm:n haavikankaan läpi. Sekä haavi- että sedimenttinäytteet pakastettiin.

Lisäksi syvännepisteellä mitattiin vesipatsaan lämpötila- ja happiprofiilit sekä otettiin 1 metrin syvyydeltä vesinäytteet klorofylli-a, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppimääryksiä varten. Myös näkösyvyys mitattiin Secchi-levyllä.

Eläinplanktonnäytteet analysoitiin käänteismikroskoopilla. Näytteistä määritettiin lajikoostumus, yksilöiden lukumäärä ja pituus 0,01 mm tarkkuudella. Laskennassa otettiin huomioon vain äyriäisplankton (hankajalkaiset ja vesikirput) ja hankajalkaisistakin vain aikuiset ja kopepodiittivaiheet (esiakuisvaiheet). Sulkasääsikinäytteistä laskettiin toukkien lukumäärä ja mitattiin kaikkien toukkien pituus (0,1 mm:n tarkkuus) keskipituuden määrittämiseksi. Haavinäytteissä esiintyi yllättäen myös jäännemassaisia (*Mysis relicta*). Myös niiden lukumäärä laskettiin ja pituudet mitattiin.

2.2 Kalatiheys ja -biomassa

Alajärven kaikuluotaus ja koetroolaus tehtiin 9. elokuuta 2017. Tutkimuspäivänä kaikuluodattiin järven yli 6 m syvät alueet yhdensuuntaisia linjoja pitkin (liite 1). Kaikuluotauslinjat olivat samat kuin vuoden 2012 kaikuluotaututkimuksessa (Malinen & Vinni 2013a). Järven itäpuoliskolla linjojen välinen etäisyys oli n. 200 m, mutta monesta pikkusyvänteestä koostuvalla länsipuoliskolla käytettiin harvempaa linjastoa. Osa linjoista kaikuluodattiin kahteen tai kolmeen kertaan. Kaikuluotauksen kanssa tehtiin samanaikaisesti koetroolauksia kalalajikoostumuksen selvittämiseksi paikoilla ja syvyyksillä, joissa havaittiin kaikuluotaimen mukaan runsaasti kaloja. Nämä vedot tehtiin pääsyvänteellä ja sen reunalla. Alueella troolattiin yhteensä kuusi vetoa eri syvyyksiltä. Vesikerroksesta 2-6 m troolattiin kolme vetoa, kerroksesta 6-10 m kaksi vetoa ja kerroksesta 10-14 m yksi veto. Lisäksi kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärän selvittämiseksi tehtiin yksi veto 0-2 m syvyydeltä.

Kaikuluotaukset tehtiin SIMRAD EY-500 -tutkimuskaikuluotaimella, joka oli varustettu lohkokeilaisella ES120-7C -anturilla. Sen lähettämän äänen taajuus on 120 kHz ja äänikeilan avautumiskulma 7° (-3 dB tasolle). Koetroolaukset tehtiin pienellä paritroolilla (korkeus 2 m, leveys 5 m ja perän silmäharvuus 3 mm), jota vedettiin kahdella moottoriveneellä. Kaikuluotausaineisto tallennettiin kannettavan tietokoneen kovalevylle ja troolisaalis pakastettiin myöhempää analysointia varten.

Laboratoriossa kunkin vedon lajikohtainen saalis punnittiin gramman tarkkuudella. Lajikohtaiset yksilömäärät laskettiin joko kaikista kaloista tai otoksesta lasketun keskipainon perusteella. Lisäksi vedoista mitattiin lajikohtaiset pituusjakaumat millimetrin tarkkuudella. Kaikuluotausaineisto analysoitiin EP500 ja Excel -ohjelmilla. Tiedostojen analysointi aloitettiin 2 m syvyydeltä ja lopetettiin 0,5 m pohjan yläpuolelle. Otosyksikköinä käytettiin kokonaisia kaikuluotauslinjoja. Linjojen kalatiheys ja kalabiomassa laskettiin samoilla menetelmillä kuin vuoden 2012 tutkimuksessa (Malinen & Vinni 2013a). Jos linja oli kaikuluodattu useampaan kertaan, käytettiin linjan kalatiheys- tai biomassa-arvona havaintojen keskiarvoa. Koko tutkimusalueen kalatiheys- ja biomassa-arvioiden laskenta perustui ositettuun otantaan. Ositteina olivat järven itäpuolisko ja länsipuolisko (rajana järven kapein kohta). Ositteen keskimääräinen kalatiheys ja -biomassa hehtaaria kohden laskettiin linjojen pituuksilla painotettuna keskiarvona. Ositteen kalatiheyden ja -biomassan keskiarvon varianssi laskettiin Shottonin ja Bazigosin (1984) esittämällä kaavalla. Koko järveä koskevat arviot laskettiin ositetun otannan kaavoilla (Pahkinen & Lehtonen 1989). Tiheys- ja biomassa-arvioiden luottamusvälit laskettiin Poisson -jakaumaan perustuen (Jolly & Hampton 1990).

2.3 Kalojen ravinto

Alajärven runsaimpien ulappakalojen (kuore, muikku ja ahven) ravintonäytteet saatiin elokuun 9. päivän koetroolauksista. Kuore- ja muikkunäytteet saatiin kaikista troolatuista vesikerroksista (2-6 m, 6-10 m ja 10-14 m), mutta ahvenia saatiin riittävä otos ainoastaan 6-10 m syvyydeltä. Lisäksi analysoitiin kaikkien trooliin jääneiden, viiden kuhan ravinto. Ravintomääritykset tehtiin pistemennettelmällä (Hynes 1950, Windell 1971). Siinä arvioidaan ensin kalan vatsalaukun täyteisyys, jonka jälkeen kullekin ravintokohteelle annetaan pisteitä sen mukaan, miten suuren osan ne vievät mahan tilavuudesta (mahan täyteisyys 0–12, jossa 0=tyhjä maha, 8=täysi maha ja 9-12=paisunut maha). Lopuksi kunkin ravintokohteen saamat pisteet lasketaan yhteen ja ilmaistaan prosentteina kokonaispistemäärästä. Selkärangattomat ravintokohteet pyrittiin määrittämään vähintään sukutasolle.

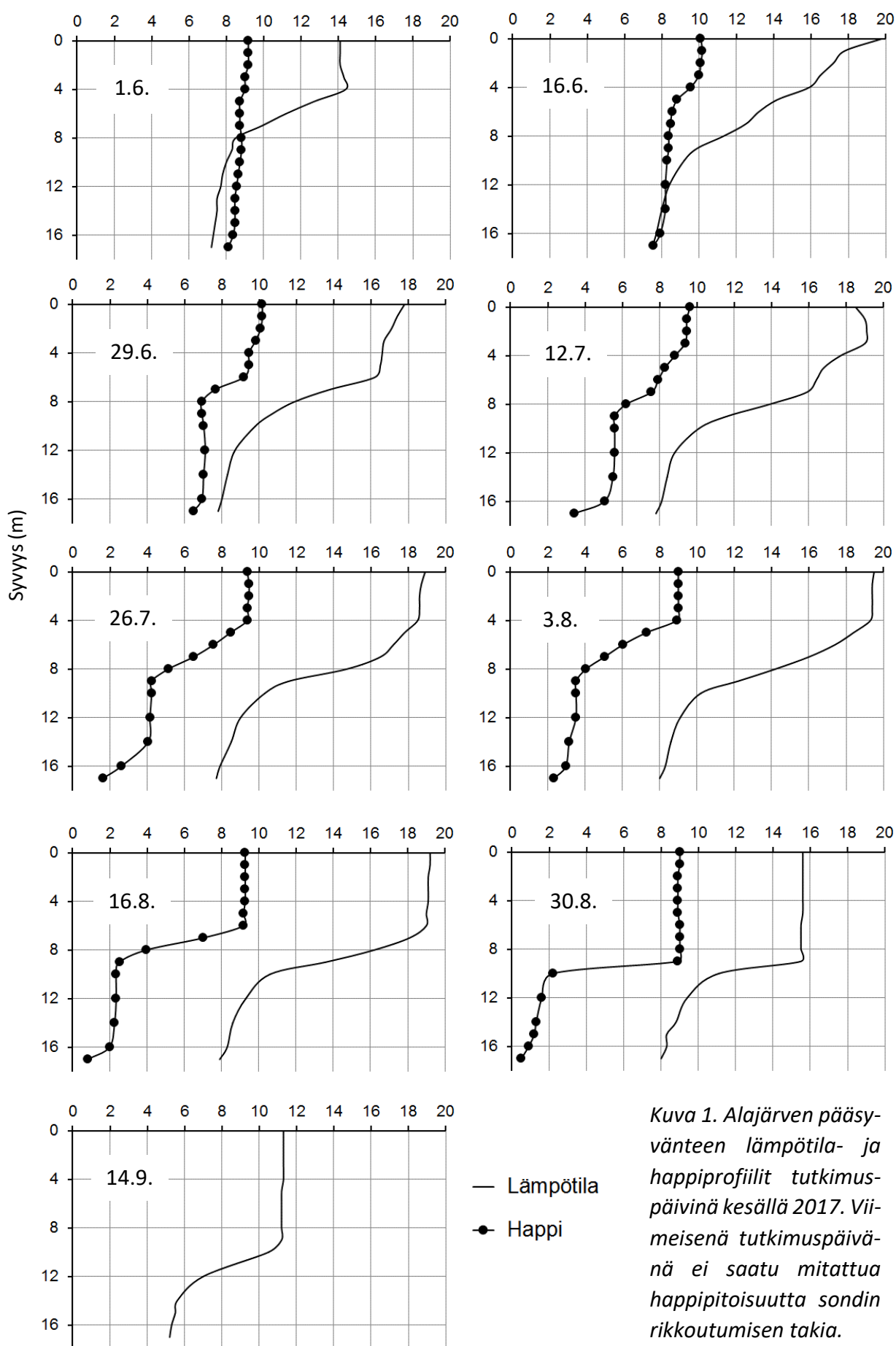
3. Tulokset

3.1 Lämpötila, happi ja muut vedenlaatumuuttujat

Tutkimuskesä oli viileä ja pintaveden lämpötila oli kaikilla näytteenottokerroilla alle 20 °C (kuva 1). Pääsyvänteellä vallitsi koko kesän selvä lämpötilakerrostuneisuus. Alusveden lämpötila pysyi jatkuvasti alle 10 asteessa. Alusveden happipitoisuus alkoi laskea kesäkuun loppupuolella ja tippui elokuun puoleenväliin mennessä niin alhaiseksi (n. 2 mg/l), että saattoi rajoittaa kalojen esiintymistä. Elokuun lopussa lämpötilakerrostuneisuus oli erityisen jyrkkärajainen: esimerkiksi happipitoisuus laski metrin matkalla (9-10 m syvyydessä) arvosta 9 mg/l arvoon 2 mg/l. Alajärven pienemmillä syvänteillä alusveden happipitoisuus oli selvästi heikompi. Alajärven ja Takajärven suojeluyhdistyksen mittausten mukaan esimerkiksi Järviöistenselän ja Soininsaaren syvänteillä happipitoisuus oli 3. elokuuta 2017 ainoastaan 1 mg/l jo 7-8 m syvyydellä.

Näkösyvyys kasvoi vähitellen kesän edetessä. Kesäkuun alussa se oli 1,8 m ja syyskuun puolivälissä jo 2,7 metriä. Tämä on varsin tyypillinen kehitys Alajärven tyyppisissä, melko hyväkuntoisissa järvissä. Pintaveden klorofylli a -pitoisuus oli kesäkuun alussa n. 8 µg/l ja tämän jälkeen koko kesän alle 7 µg/l, mikä viittaa alhaiseen kasviplanktonbiomassaan. Myös pääsyvänteen pintaveden kokonaisfosforipitoisuus oli alhainen (11-16 µg/l) lukuun ottamatta elokuun loppua, jolloin pitoisuus oli hieman kohonnut (38 µg/l). Pintaveden kokonaistyyppipitoisuus pysytteli koko kesän välillä 380-490 µg/l. Elokuun 16. päivä otettiin ravinnanäytteet myös 10 m ja 16 m syvyydeltä. Kohonnut fosforipitoisuus (10 metrissä 60 µg/l ja 16 metrissä 40 µg/l) viittaa siihen, että pääsyvänteen sedimentissä oli hapettomia alueita, joista vapautui fosforia. Elokuun lopun pintaveden hieman kohonnut fosforipitoisuus tuskin kuitenkaan johtuu syvänteen sedimentistä vapautuneesta fosforista, koska tuollain vallinnut voimakas lämpötilakerrostuneisuuden pitäisi estää fosforin siirtymisen päällysveteen. Lisäksi on huomionarvoista, että Hertta-tietokannan perusteella Alajärven pääsyvänteen alusveden kohonneet fosforipitoisuudet ovat varsin harvinaisia alusveden heikoista happioloista huolimatta.

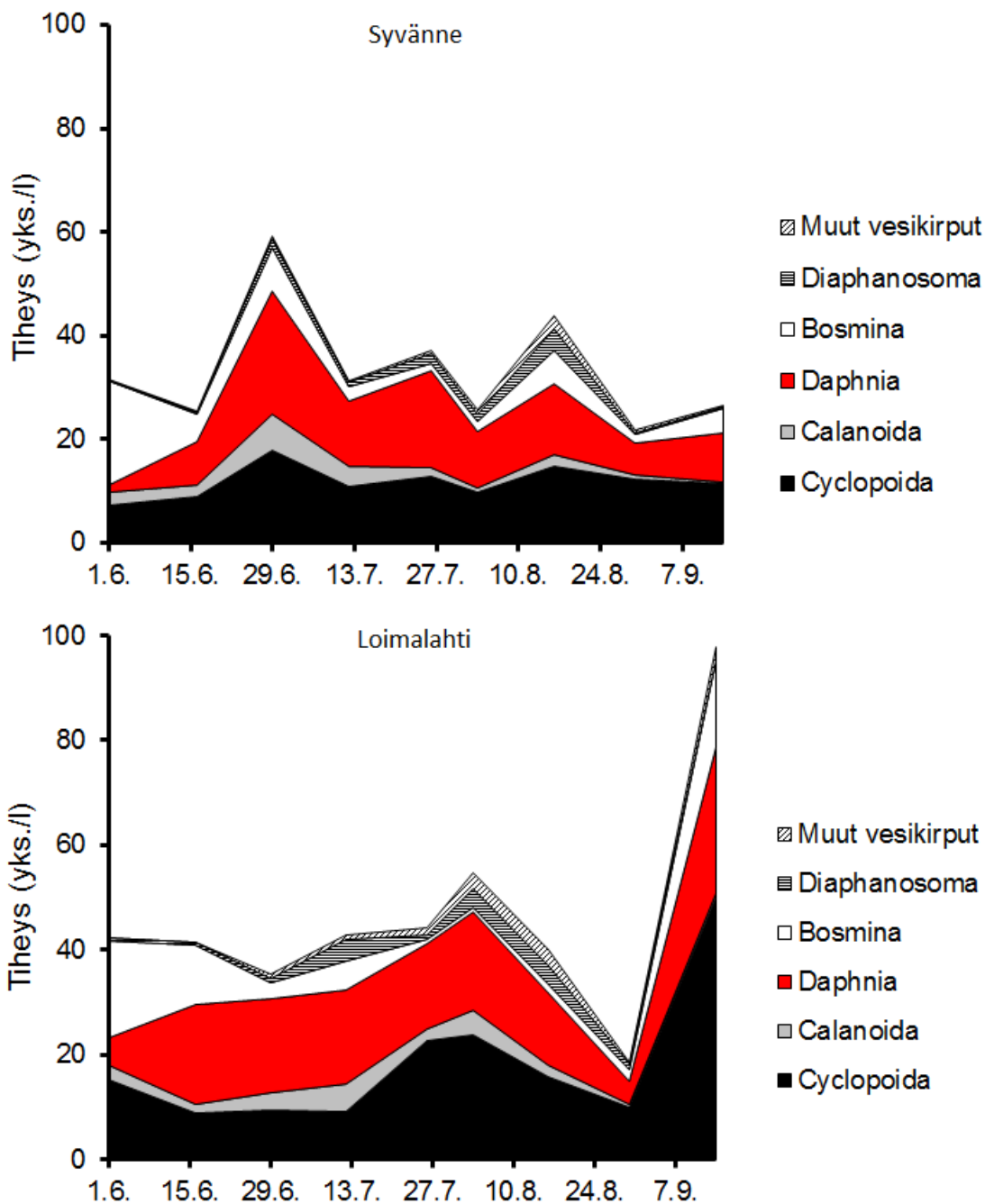
Lämpötila (°C), happipitoisuus (mg/l)



Kuva 1. Alajärven pääsyvänteen lämpötila- ja happiprofiilit tutkimuspäivinä kesällä 2017. Viimeisenä tutkimuspäivänä ei saatu mitattua happipitoisuutta sondin rikkoutumisen takia.

3.2 Eläinplankton ja sulkasääsken toukat

Alajärven äyriäiseläinplanktonin kehitys oli melko samanlaista syvänteellä ja Loimalahdessa (kuva 2). Vesikirpuista *Daphnia* (kuva 3) vallitsi koko kesän lukuun ottamatta kesäkuun alkua, jolloin *Bosmina* oli selvästi runsaampi. Muina ajankohtina *Bosminan* tiheys oli varsin alhainen. Muista vesikirpuista esiintyi merkittäviä määriä ainoastaan *Diaphanosomaa* heinä-elokuussa. Hankajalkaisia (Calanoida ja Cyclopoida) oli molemmilla alueilla melko tasaisesti läpi kesän, mutta syyskuussa Loimalahdella Cyclopoida-hankajalkaisten tiheys oli selvästi suurempi. Monille Suomen järville tyypillinen alkukesän eläinplanktonmaksimi oli syvänteellä juuri ja juuri havaittavissa kesäkuun lopussa, mutta Loimalahdella suurin eläinplanktonitiheys havaittiin vasta elokuun alussa.



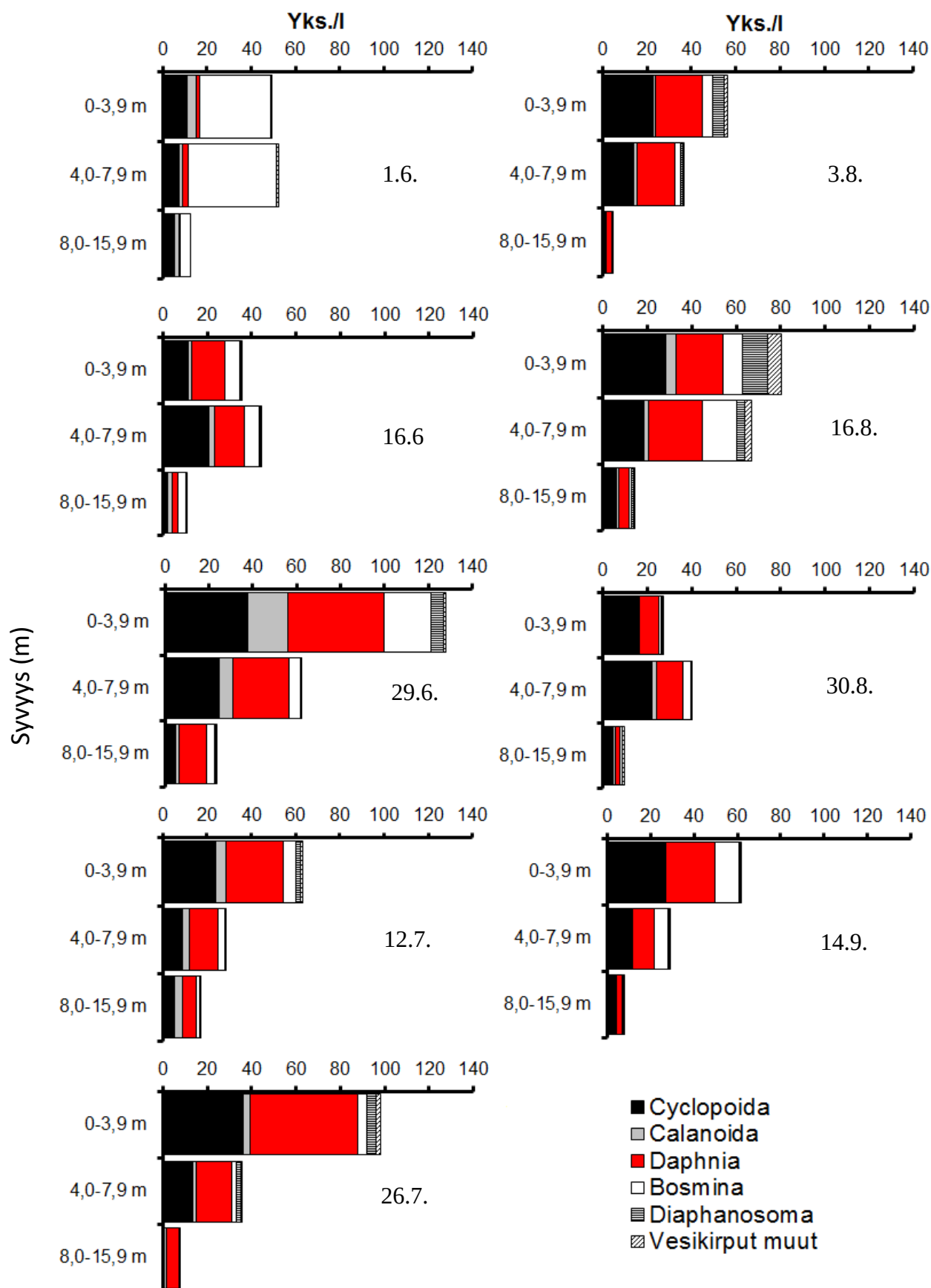
Kuva 2. Äyriäiseläinplanktonin tiheydet Alajärven pääsyvänteellä ja Loimalahdessa kesällä 2017.



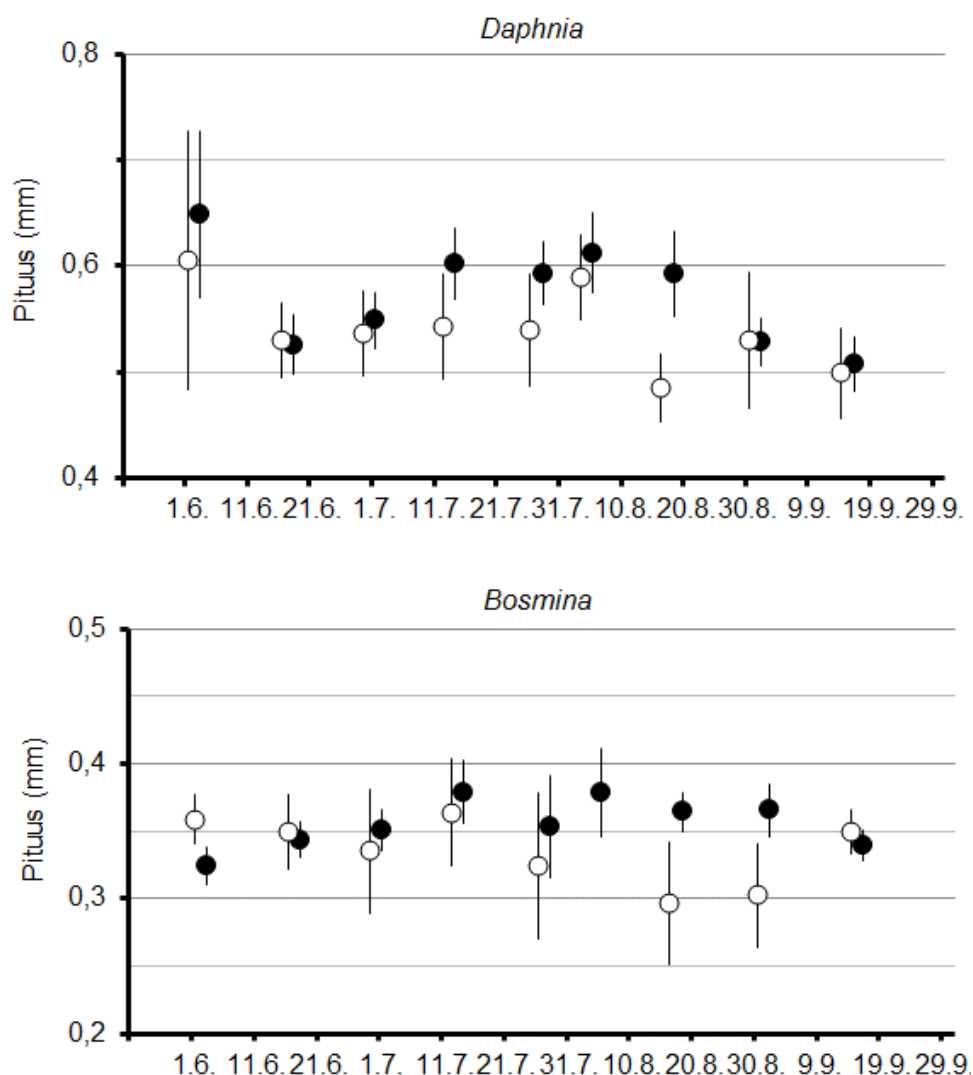
Kuva 3. Kuvia Alajärvellä esiintyvistä eläinplanktonista: a) Cyclopoida-lahkon hankajalkainen, b) *Diaphanosoma*-vesikirppu, c) *Daphnia*-vesikirppu ja d) *Bosmina*-vesikirppu. Kuvat ovat Tammelan Määrlammilta (Malinen & Vinni 2014). Valokuvat: Mika Vinni.

Syvänteellä eläinplanktonin syvyysjakauma säilyi koko kesän Suomen järville tyypillisenä: päällysvedessä eläinplanktonin tiheys oli selvästi suurempi kuin alusvedessä (kuva 4). Sekä vesikirppujen että hankajalkaisten syvyysjakauma pysyivät varsin samanlaisena koko kesän. Yli 8 m syvyydellä niiden tiheydet olivat hyvin alhaisia.

Runsaimmat Alajärven kasviplanktonia laiduntavat vesikirput (*Daphnia* ja *Bosmina*) olivat hyvin pienikokoisia (kuva 5). *Daphnia*-vesikirppujen keskipituus oli pääsääntöisesti alle 0,6 mm ja *Bosmina*-vesikirppujen keskipituus vaihteli 0,3 ja 0,4 mm:n välillä. *Daphnia*-vesikirput olivat selvästi pienempiä kuin esimerkiksi Lahden Vesijärvellä (Kuoppamäki 2018a) ja Tammelan Määrlammilla (Malinen & Vinni 2014). Hyvin rehevällä Tuusulanjärvellä *Daphnia*-vesikirput olivat kuitenkin kesällä 2017 vielä pienempiä kuin Alajärvellä (Kuoppamäki 2018b). Syvänteen ja Loimalahden vesikirput olivat muina aikoina melko samankokoisia, mutta heinäkuun puolenvälin ja elokuun lopun välisenä aikana Loimalahden vesikirput olivat selvästi syvänteen vesikirppuja pienempiä (kuva 5).



Kuva 4. Alajärven syvänte eläinplanktontihedyet eri vesikerroksissa kesällä 2017. Huomaa kuvien järjestys: ensin vasen puoli ylhäältä alas, sitten oikea ylhäältä alas.

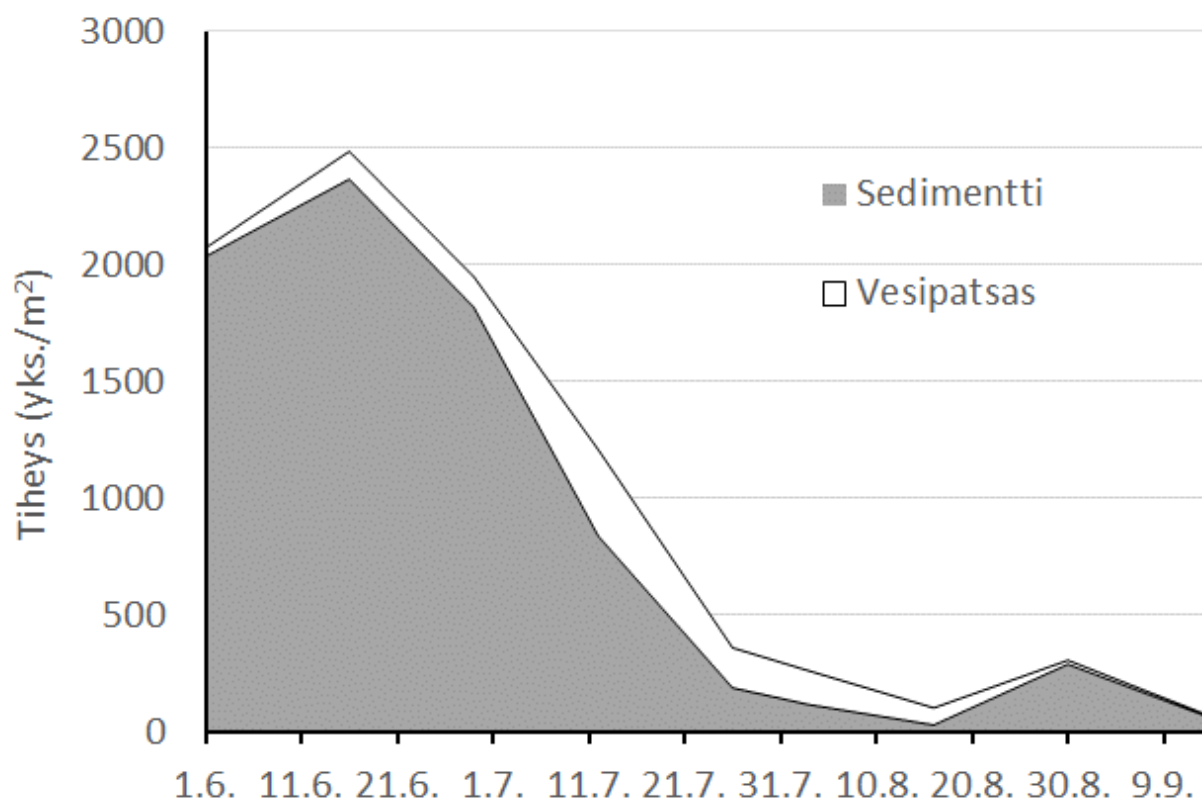


Kuva 5. Alajärven runsaimpien vesikirppujen keskipituus 95 %:n luottamusväleineen syvänteellä (mustat ympyrät) ja matalalla alueella (valkoiset ympyrät) kesän 2017 aikana.

Sulkasääsken toukkien tiheys syvänteellä oli suurimmillaan kesäkuun puolivälissä, jolloin yhteenlaskettu sedimentin ja vesipatsaan toukkien tiheys oli n. 2500 yks./m² (kuva 6). Tämän jälkeen tiheys putosi melko nopeasti syvänealueella ja heinäkuun lopussa se oli alle 500 yks./m². Koska sulkasääsken toukkien koteloita havaittiin vasta elokuun puolivälissä ja uuden sukupolven pieniä toukkia vasta elokuun lopussa, sulkasääsken toukkien kuoriutuminen on ilmeisesti ajoittunut elokuulle. Näin ollen syvänealueen toukkatiheyden jyrkkä lasku heinäkuussa ei voi johtua toukkien kuoriutumisesta vaan niiden levittäytymisestä matalammille alueille. Toukkien kerääntyminen syvänteisiin syksyllä ja levittäytyminen matalammalle alueelle alkukesällä on tyypillistä sulkasääskelle, ja ilmiö on havaittu mm. Hiidenvedellä (Liljendahl-Nurminen ym. 2002). Toisaalta on myös mahdollista, että kuorekannan saalistus on merkittävästi vähentänyt sulkasääsken toukkien määrää kesän aikana (ks. luku 3.4).

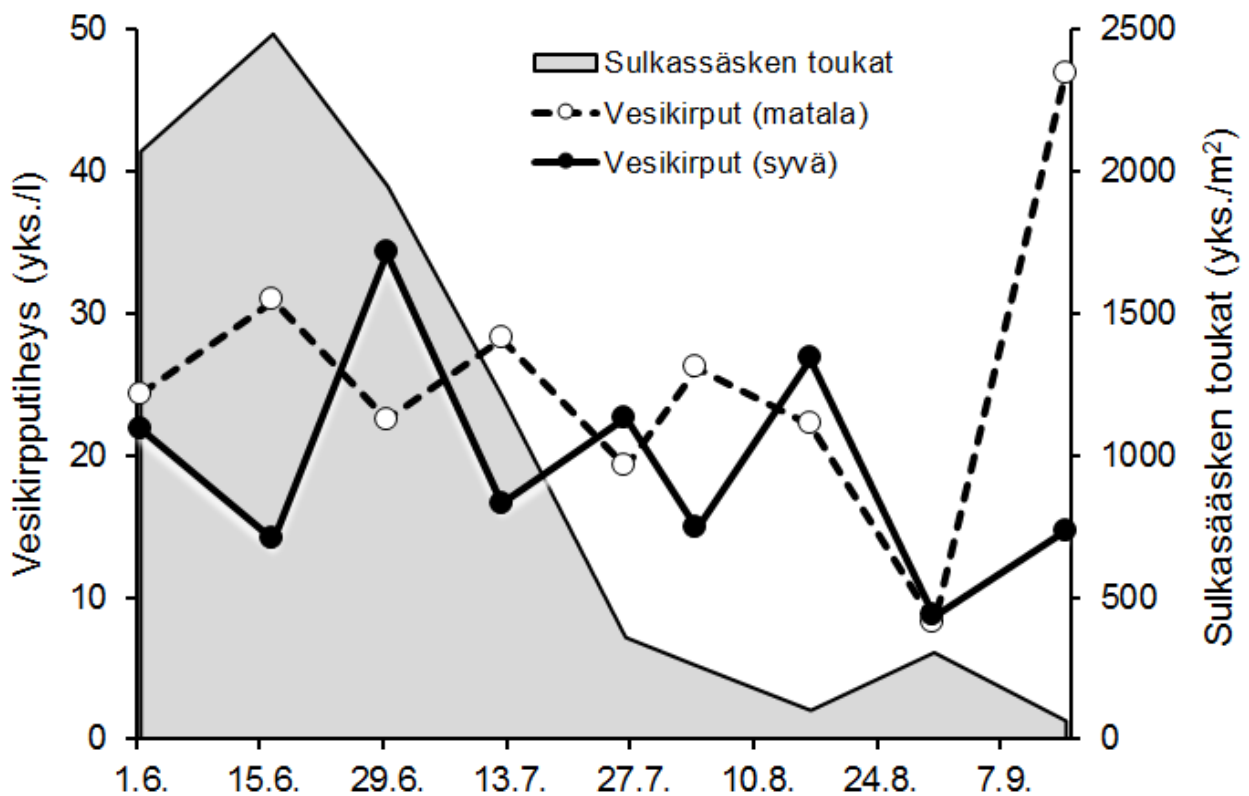
Valtaosa sulkasääsken toukista oli sedimentissä heinäkuun loppupuolelle asti. Tämä antaa vaikutelman siitä, että toukkien käyttäytyminen on muuttunut vuoden 2012 jälkeen. Kesäkuun jälkipuoliskolla 2012 vesipatsaassa esiintyi 56 % kaikista toukista, kun vastaavana ajankohtana vuonna 2017

ainoastaan 6 % toukista esiintyi vesipatsaassa. Ilmeisesti Alajärven vesipatsas ei ollut kesällä 2017 niin suotuisa elinympäristö toukille kuin se oli vuonna 2012. Sulkasääsken toukkien keskipituus oli kesäkuun loppupuoliskolla 2017 vesipatsaassa 9,24 mm (n=147) ja sedimentissä 8,90 mm (n=209). Keskipituudet ovat lähes samat kuin vastaavana ajankohtana kesällä 2012. Vuoden 2012 otanta oli kuitenkin niin suppea, että mitattujen toukkien vähäinen määrä vaikeuttaa vertailua.



Kuva 6. Sulkasääsken toukkien tiheys sedimentissä ja vesipatsaassa Alajärven syvänealueella kesällä 2017.

Verrattaessa sulkasääskitiheyttä syvänteellä sekä vesikirpputiheyttä syvänteellä ja Loimalahdessa havaitaan, että sulkasääsken toukkien vaikutusta syvänteen vesikirppujen tiheyteen on vaikea havaita kesän 2017 aineistosta (kuva 7). Jos sulkasääskellä olisi hyvin voimakas vaikutus syvänteen vesikirppuihin, olisi vesikirpputiheyden pitänyt kasvaa heinäkuussa sulkasääskitiheyden romahtamisen jälkeen. Myös syvänteen ja Loimalahden vesikirpputiheyden kehityksen samankaltaisuus viittaa siihen, ettei sulkasääsken rooli syvänteen vesikirppujen säätelijänä olisi kovin suuri. Toisaalta syvänteen vesikirppujen, erityisesti *Daphnia* keskikoon kasvu heinäkuussa (kuva 5) toukkatiheyden laskeissa saattaisi hyvinkin johtua sulkasääsken toukkien saalistuspaineen hellittämisestä (Liljendahl-Nurminen ym. 2002).



Kuva 7. Vesikirpputiheys syvän ja matalan alueen näytteenottopaikoilla sekä sulkasäksen toukka tiheys syvänpisteellä kesän 2017 aikana.

3.3 Ulapa kalasto

Alajärven yli 6 m syvien alueiden kalatiheysarvio oli n. 7100 yks./ha ja biomassa-arvio n. 13 kg/ha. Kalatiheysarvion 95 %:n luottamusväli olivat 4130-10800 yks./ha ja biomassa-arvion 7,2-21,8 kg/ha. Kaikuluotaimen pintakatvealueella, 0-2 m syvyydellä ei koetrolauksen perusteella ollut lainkaan kaloja.

Kuore oli ylivoimaisesti runsain laji varsinkin lukumäärältään (taulukko 1 ja kuva 8). Kuoreen lukumääräosuus oli peräti 98,6 %. Kuoreista n. 79 % oli yksikesäisiä, Alajärven syntyneitä poikasia. Muista kaloista ulapalla esiintyi merkittäviä määriä ainoastaan muikkua ja ahventa. Kuore oli myös biomassaltaan selvä valtalaji yli 70 % osuudellaan. Yksivuotiaiden ja vanhempien kuoreiden biomassa oli n. 7,4 kg/ha ja yksikesäisten n. 2,5 kg/ha. Muikun osuus biomassasta oli n. 14 % ja kuhan n. 11 %. Muiden lajien osuus oli alle 2 %.

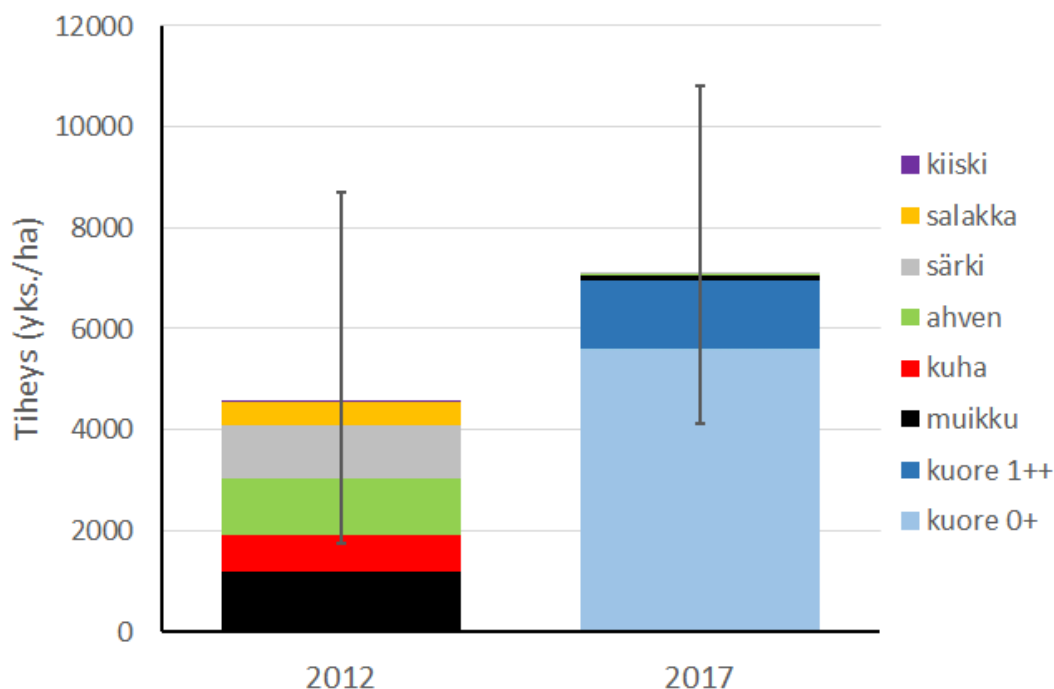
Alajärven ulapan kalasto on muuttunut voimakkaasti vuoden 2012 jälkeen (kuvat 8 ja 9). Järven siirretty kuore on vallannut ulapan ollen kesällä 2017 selvästi runsain laji. Kaikkien muiden lajien, etenkin muikun, kuhan, särjen, ahvenen ja salakan tiheys ja biomassa ovat laskeneet selvästi yli 6 m syvillä alueilla. Ulapan kalatiheys on muutoksen seurauksena hieman kasvanut, mutta kuoreen pienen koon takia kalabiomassa on laskenut. Muiden lajien väheneminen ulapalla on saattanut johtua

osittain kuoreesta mutta todennäköisesti myös muista syistä. Niitä pohditaan tarkemmin luvussa 3.5.

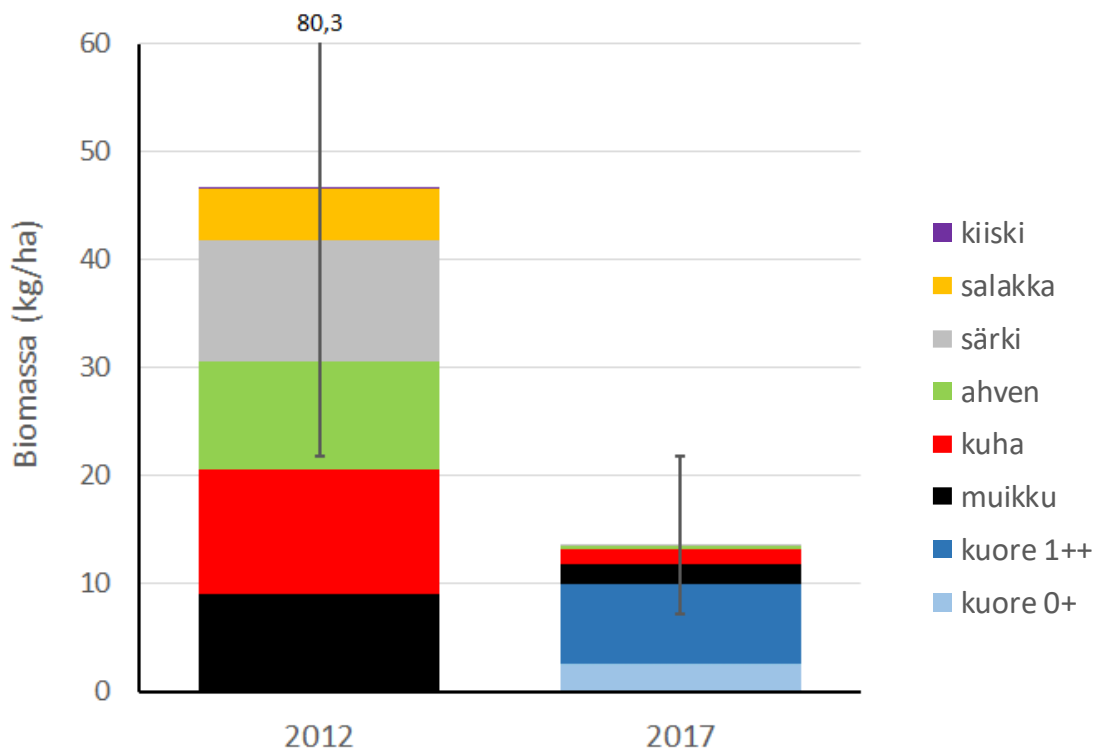
Alajärven syvänteellä kalojen syvyysjakauma oli hyvin tyyppillinen kuorejärville (kuva 10). Päällysvedessä (2-6 m) esiintyi miltei yksinomaan yksikesäisiä kuoreenpoikasia, harppauskerroksessa (6-10 m) esiintyi sekä yksikesäisiä että vanhempia kuoreita ja alusvedessä (>10 m) esiintyi ainoastaan vanhempia kuoreita. Muikkuja esiintyi eniten alusvedessä, mutta jonkin verran myös harppauskerroksessa.

Taulukko 1. Alajärven yli 6 m syvien alueiden lajikohtaiset kalatiheydet, lukumääräosuudet, biomassat ja biomassaosuudet elokuussa 2017 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioituna.

	Tiheys (yks./ha)	lkm %	Biomassa (kg/ha)	kg %
kuore (0+)	5595	79,1	2,53	18,8
kuore (1++)	1370	19,4	7,40	54,9
muikku	95	1,3	1,85	13,7
kuha	2	0,0	1,48	11,0
ahven	10	0,1	0,20	1,5
särki	2	0,0	0,02	0,2
yhteensä	7074		13,48	



Kuva 8. Alajärven yli 6 m syvien alueiden kalatiheysarviot 95 %:n luottamusväleinen kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella vuosina 2012 ja 2017. Tutkimukset tehtiin samalla laitteistolla ja samaan aikaan elokuussa, joten arviot ovat varsin vertailukelpoisia.



Kuva 9. Alajärven yli 6 m syvien alueiden kalabiomassa-arviot 95 %:n luottamusväleineen kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella vuosina 2012 ja 2017.

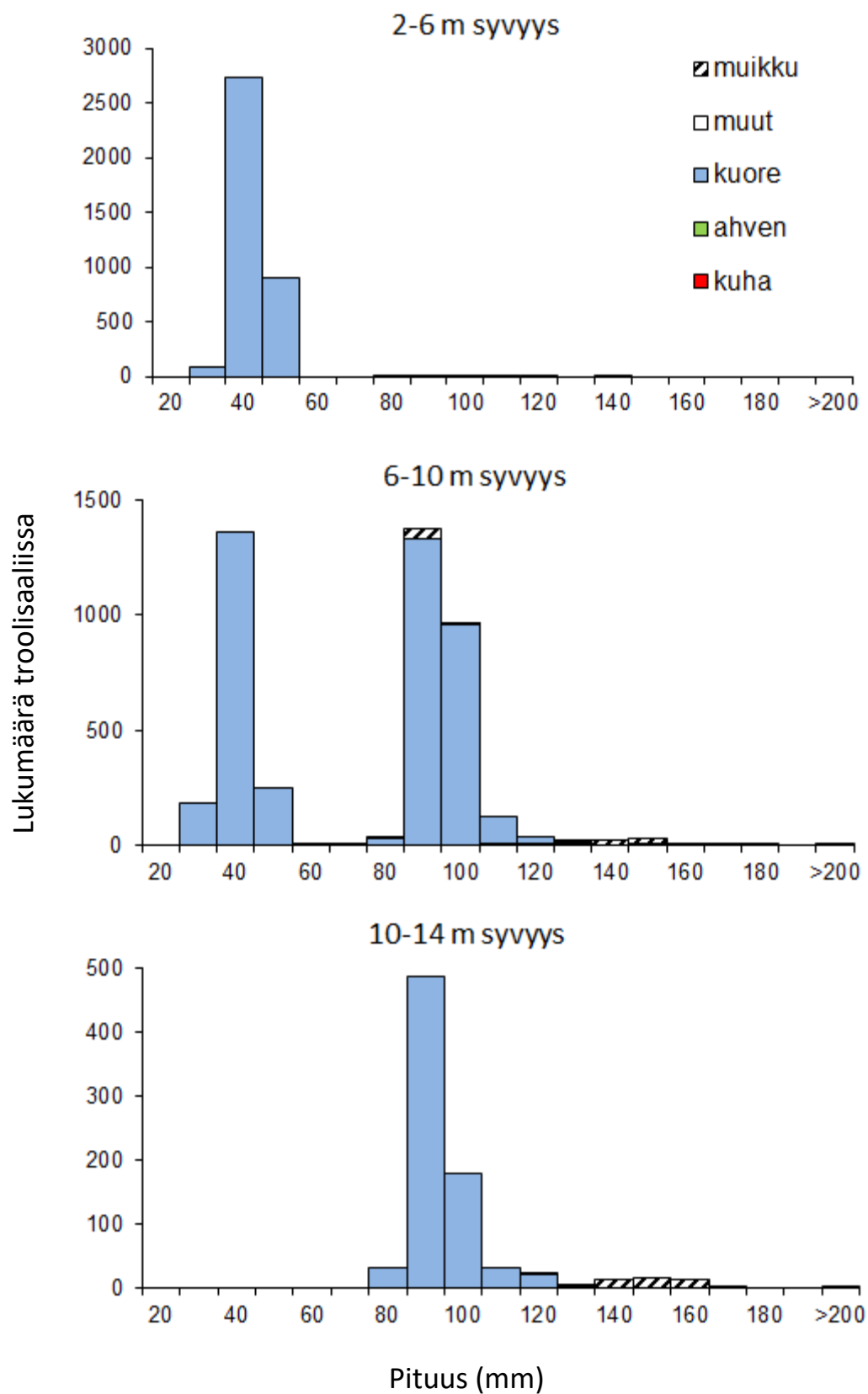
3.4 Kalojen ravinto

Yksikesäisten kuoreiden ravinto koostui elokuun 9. päivän näytteen perusteella miltei yksinomaan *Daphnia*-vesikirpusta ja hankajalkaisista (kuva 11). Äyriäiseläinplanktonista juuri nämä ravintokohteet olivat myös vallitsevia eläinplanktonnäytteissä (kuva 2). Vanhemmat kuoreet olivat syöneet monipuolisempaa ravintoa. Sulkasääsken toukat olivat runsain ravintokohte n. 30 % osuudella. Niiden lisäksi vanhemmat kuoreet olivat syöneet runsaasti *Daphniaa*, hankajalkaisia ja pieniä kuoreita. Lisäksi niiden mahoista löytyi myös jäännemassaisia ja *Leptodora*-petovesikirppuja.

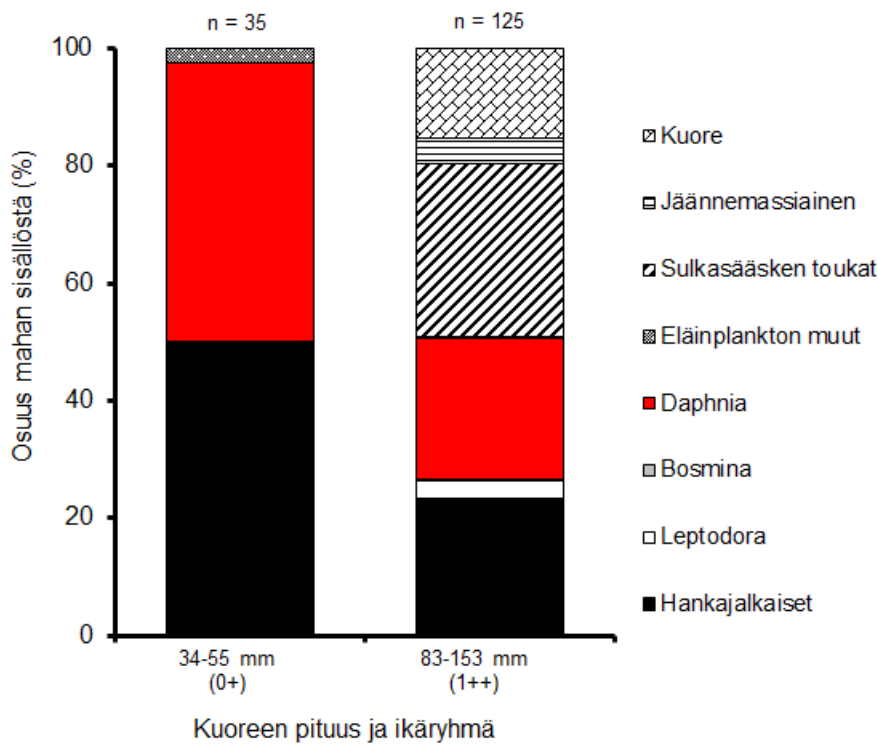
Muikut olivat syöneet pelkästään eläinplanktonia (kuva 12). Yksikesäisten poikasten ja vanhempien muikkujen ravinto oli varsin samanlaista. Hankajalkaisten osuus oli yli 50 % ja myös *Daphnian* osuus oli merkittävä. Kuoreista poiketen muikut olivat syöneet melko paljon myös *Bosmina*. Etenkin vanhemmat muikut olivat syöneet myös *Leptodora*.

Troolilla 6-10 m syvyydestä pyydetyt ahvenet olivat syöneet pääasiassa pieniä kuoreita, joiden osuus mahan sisällöstä oli peräti 83 % (kuva 13). Lisäksi ahvenet olivat syöneet jonkin verran eläinplanktonia, etenkin hankajalkaisia ja *Leptodora*. Yksikesäisiä kuoreenpoikasia olivat syöneet varsin pienetkin ahvenet. Pienin kuoretta syönyt ahven oli ainoastaan 11,3 cm pituinen. Tutkituista 27:stä ahvenesta 20 yksilön mahassa oli kuoretta.

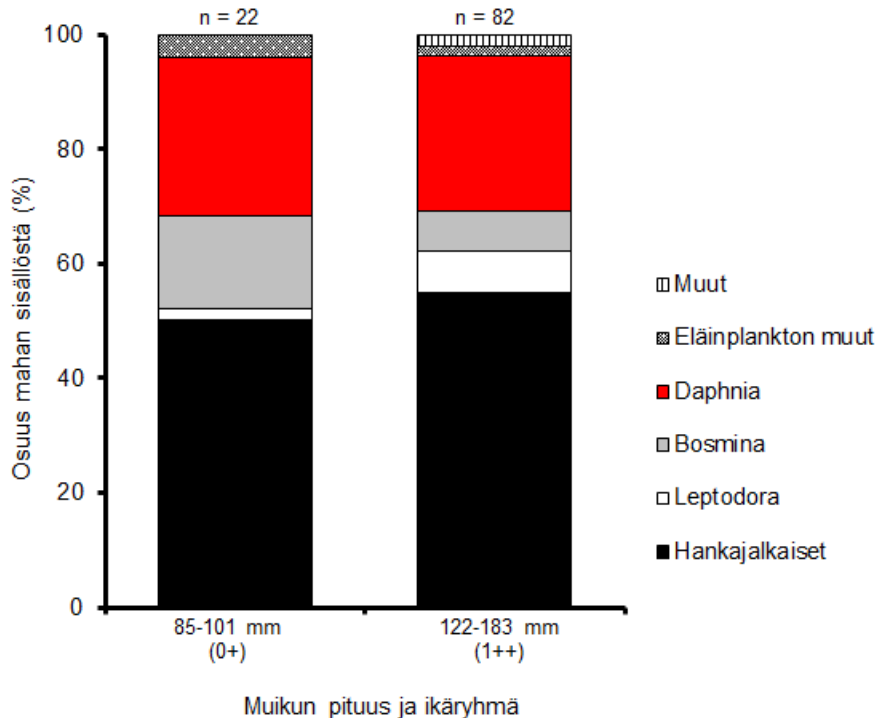
Trooliin jääneistä viidestä kuhasta (9-73 cm) neljä yksilöä oli syönyt kuoretta ja yhden maha oli tyhjä. Myös pienin, 9,0 cm pituinen kuha, oli syönyt kuoretta. Muuta ravintoa kuhien mahoissa ei ollut.



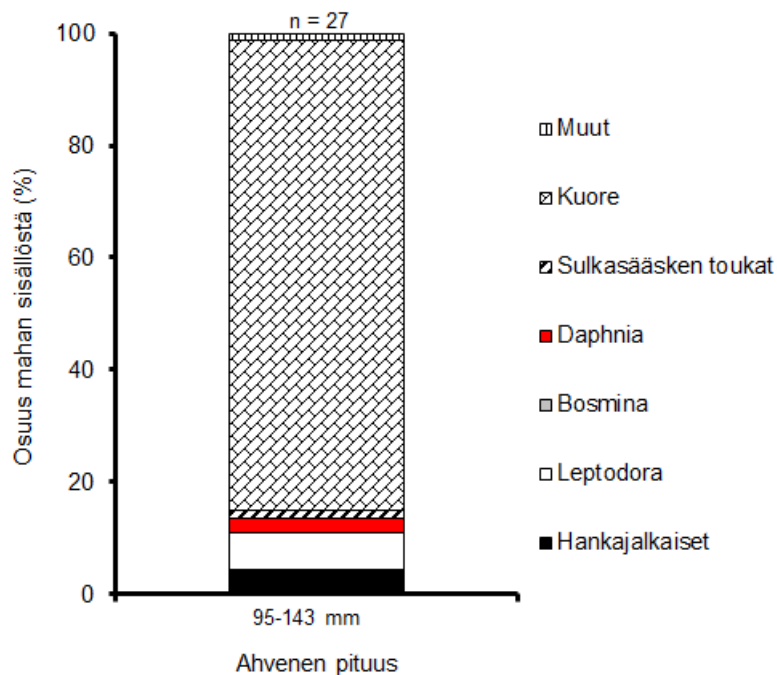
Kuva 10. Alajärven syvänteiden kalojen lajikohtaiset pituusjakaumat eri vesikerroksissa elokuun 2017 koetroolauksen perusteella. Alle 60 mm pituiset kuoreet ovat yksikesäisiä poikasia.



Kuva 11. Alajärven kuoreen ravinto elokuussa 2017. Kuoreet on jaettu kahteen luokkaan, yksikesäisiin (0+) ja vanhempiin (1++) kaloihin. Näytekalojen lukumäärä on esitetty pylväiden päällä.



Kuva 12. Alajärven muikun ravinto elokuussa 2017. Muikut on jaettu kahteen luokkaan, yksikesäisiin (0+) ja vanhempiin (1++) kaloihin. Näytekalojen lukumäärä on esitetty pylväiden päällä.



Kuva 13. Alajärven syvänteeltä troolilla pyydettyjen ahventen ravinto elokuussa 2017.

3.5 Ulapan kalaston rakenteeseen vaikuttavat tekijät

Ulapan kalastossa tapahtunut muutos viiden vuoden aikana on hämmästyttävän suuri. Kesällä 2017 kuore oli ylivoimainen valtalaji ja vuonna 2012 ulapalla melko runsaana esiintyneet muikut, ahvenet, kuhanpoikaset, särjet ja salakat olivat vähissä. Ulapan kohtalaisen suuri kuoretiheys on saattanut vaikuttaa siten, että ulapan eläinplanktonvarat eivät enää ole yhtä houkuttelevia muille kaloille kuin ennen. Toisaalta Alajärvellä havaittu kuoretiheys oli kuitenkin melko pieni verrattuna huipputiheyksiin, joiden on todettu aiheuttavan muutoksia muiden ulappakalojen elinpaikan valinnassa (Malinen & Vinni 2016). Todennäköistä onkin, että lajistomuutokset selittyvät ainakin osittain muilla tekijöillä.

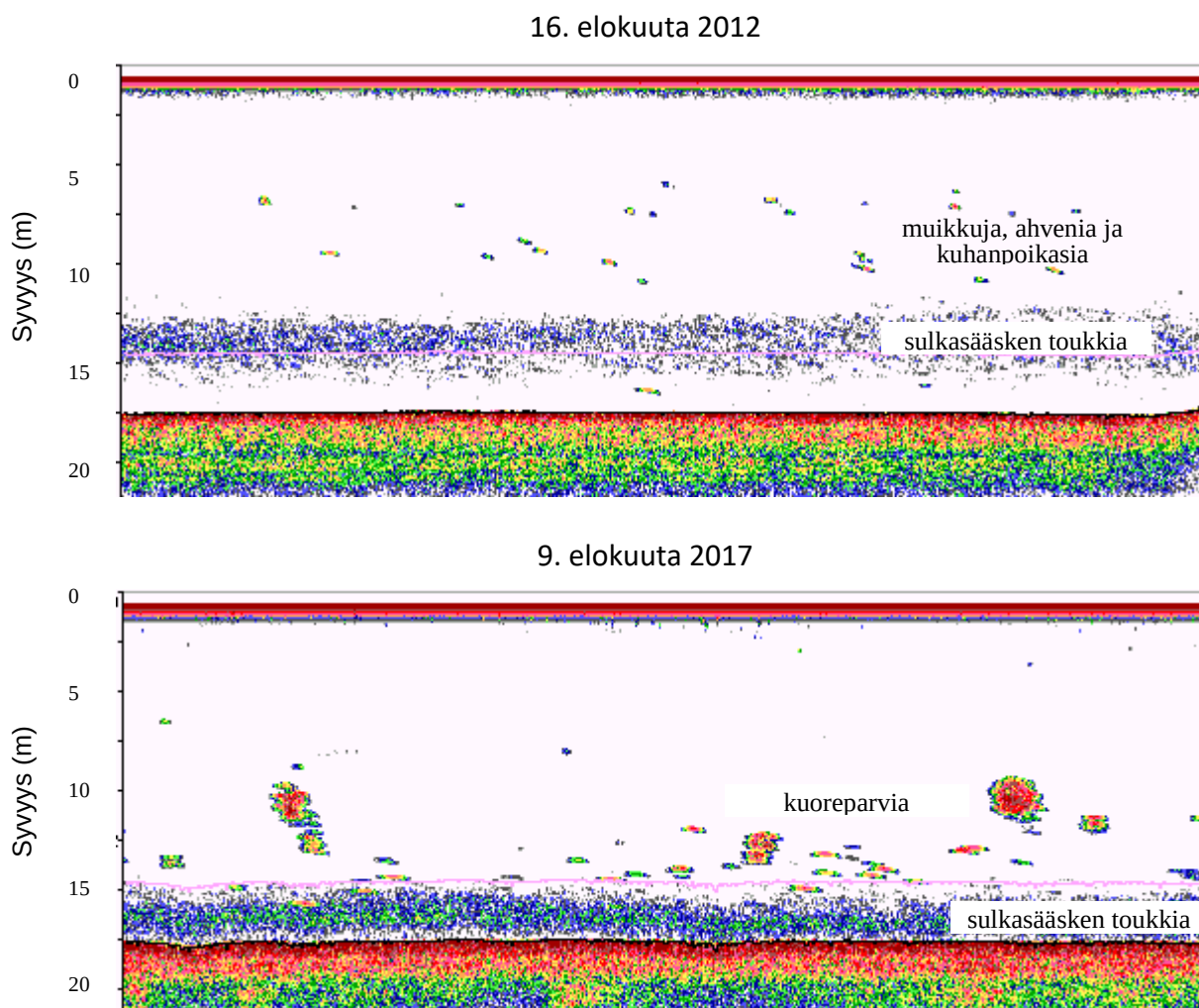
Kesän 2017 viileys selittää osittain ulapan kalalajijakaumaa. Joillekin Etelä-Suomen järville on tyyppillistä, että viileinä kesinä kuore vallitsee, mutta lämpiminä kesinä ulapalla on enemmän kuhanpoikasia, ahventa ja särkikaloja (Malinen 2017). Alajärven tapauksessa kesän 2017 alhainen kuhanpoikastiheys selittyy ilman muuta kesän viileydellä. Vuosiluokka voi olla paljonkin keskimääräistä heikompi, tai sitten kuhanpoikaset ovat suosineet matalampia alueita, kuten esimerkiksi tapahtuu viileinä kesinä Lahden Vesijärvellä (julkaisematon aineisto). Viileä kesä saattaa hyvinkin selittää myös ulapan alhaisen ahven-, särki ja salakkatiheyden.

Muikun runsaus vaihtelee Etelä-Suomen järvissä suuresti vuosiluokkien runsauden mukaan. Vuosiluokkavaihtelun syitä on tutkittu pitkään, mutta ilmiön perimmäisiä syitä ei edelleenkään tunneta hyvin. Usein valtaosa muikkukannasta on yksikesäisiä poikasia ja heikon vuosiluokan sattuessa kohdalle muikun tiheys on alhainen. Troolisaaliin perusteella muikun alhainen tiheys selittyykin ilmiselvästi sillä, että vuosiluokka 2017 oli heikko. Vanhempia muikkuja oli kuitenkin aivan riittävästi muodostaakseen jälleen uuden runsaan vuosiluokan sopivien olosuhteiden vallitessa.

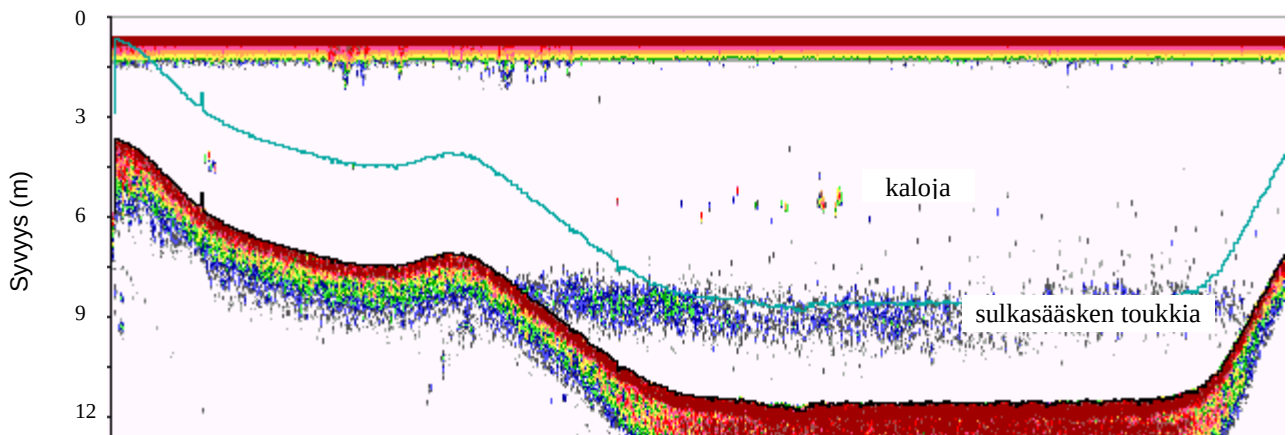
3.6 Muita havaintoja

3.6.1 Kaikuluotauksen kertomaa

Alajärven pääsyvänteeseen kaikuluotaukskuissa on selviä eroja vuosien 2012 ja 2017 välillä (kuva 14). Elokuussa 2012 syvänteellä esiintyi hajallaan yksittäisiä kaloja 7-12,5 m syvyydessä. Tätä syvemmillä oli vain vähän kaloja. Sulkasääsken toukat olivat asettuneet suojaan kalojen saalistukselta 12,5 m syvyydestä alaspäin. Sen sijaan elokuussa 2017 oli väliveteen ilmaantunut selvästi erottuvia, tiheitä kuoreparvia. Ilmeisesti tämän seurauksena sulkasääsken toukkia esiintyi vasta 15 m syvyydeltä alaspäin. Järviöistenselällä kalojen esiintymisen alaraja oli n. 7 metriä (kuva 15). Tämä selittyy alusveden heikolla happitilanteella: viikko ennen kaikuluotausta happipitoisuus oli 8 m syvyydellä ainoastaan 0,7 mg/l (Alajärven ja Takajärven suojeluyhdistys). Sulkasääsken toukat olivat vähähappisessa vedessä turvassa kalojen saalistukselta, ja niiden esiintyminen alkoi n. 7,5 m syvyydeltä. Järviöistenselän syvänteellä esiintyvien kalojen laji jäi arvoitukseksi, koska siellä ei troolattu.



Kuva 14. Kaikuluotaukset Alajärven syvänteeltä elokuussa vuosina 2012 ja 2017. Kuvat esittävät n. 80 m pituista linjan osaa.



Kuva 15. Kaikuluotaukkuva Alajärven Järviöistenselältä 9.8.2017 (n. 500 m pituinen, linjaston läntisin linja, liite 1).

3.6.2 Jäännemassiat

Alajärven pääsyvänteen haavinäytteissä esiintyi yllättäen jäännemassiaisia (*Mysis relicta*). Se on jääkauden jäljiltä joihinkin järviin jäänyt pieni äyriäinen, joka esiintyy usein järven vesipatsaassa planktonin tapaan. Koska se vaatii viileätä ja hapekasta vettä, sen löytyminen happiongelmista kärsineestä Alajärvestä oli yllättävää. Se on monille kaloille erinomaista ravintoa. Esimerkiksi kuhanpoikasilta se on parasta mahdollista ruokaa poikasten siirtyessä eläinplanktonravinnosta kalaravintoon. Kuhanpoikaset syövät sitä myös talvella, mikä saattaa parantaa ratkaisevasti poikasten selviämistä talven yli (Lappalainen ym. 2005).

Jäännemassiatien tiheys oli suurimmillaan kesäkuun 16. päivänä (n. 130 yks./m²). Jäännemassiat olivat keväällä syntyneitä ja siten melko pieniä keskipituuden ollessa 6,2 mm (n=77). Suurikokoisia, talvehtineita yksilöitä ei havaittu. Massiaisia esiintyi melko runsaasti vielä 3. elokuuta. Ne olivat selvästi kasvaneet kesän aikana, ja niiden keskipituus oli 8,7 mm (n=26). Elokuun puolenvälin jälkeen massiaisia ei enää tavattu. Ilmeisesti happitilanteen heikentyminen ja kalojen saalistus oli pienentänyt kantaa tuntuvasti. Jäännemassiaisia tavattiin jonkin verran 9. elokuuta troolattujen kuoreiden mahoista (kuva 11). Kannan romahtaminen kesän aikana on tyypillistä monissa järvissä, jotka eivät happi- ja lämpötilaolojensa puolesta ole massiaiselle optimaalisia (esim. Horppila ym. 2003).

Massiatien alkuperä jäänee arvoitukseksi. Vuoden 2012 sulkasääskitutkimuksessa niitä ei havaittu, mutta näytteiden pienen määrän takia siitä ei voida päätellä mitään varmaa. On täysin mahdollista, että massiaispopulaatio on onnistunut sinnittelemään Alajärvestä jääkaudesta asti perin heikoista happioloista huolimatta. Toisaalta on myös mahdollista, että massiat ovat siirtyneet kuoreistutusten mukana Vanajavedeltä. Siellä sitä tiedetään esiintyvän, joskin harvalukuisena (Malinen ym. 2014). Vaikka se olisikin vieraslaji, lienee se mieluummin hyödyllinen kuin haitallinen Alajärvestä.

4. Tulosten tarkastelu

Alajärven ulapan ravintoverkon rakenne on muuttunut kuoreistutusten jälkeen todella voimakkaasti. Kuore alkoi lisääntyä järvestä ja kesällä 2017 kuore oli ainakin Alajärven pääsyvänteen ylivoimainen valtalaji. Kuoreen vaikutuksista ravintoverkossa sekä alas- että ylöspäin saatiin tässä tutkimuksessa paljonkin viitteitä. Varmoja todisteita kuoreen vaikutuksesta on kuitenkin ravintoverkkodynamiikan monimutkaisuuden takia vaikea saada.

Kuore ilmiselvästi heikentää sulkasääsken toukkien elinmahdollisuuksia järvestä. Syvältä pyydetty kuoret olivat syöneet runsaasti sulkasääsken toukkia toisin kuin ulapalla 2012 esiintyneet valtalajit (muikku ja ahven). Sulkasääsken toukkia on Alajärvellä edelleen runsaasti, mutta niiden käyttäytyminen näyttää muuttuneen. Aikaisempaa suurempi osa toukista pysyttelee kasvaneen saalistusuhan takia päiväsaikaan sedimentissä ja mahdollisesti myös vesipatsaassa esiintyvät toukat joutuvat olemaan syvemmällä kuin ennen (kuva 14). Nämä kaksi asiaa aiheuttavat sen, että toukilla on heikommat ravinnonsaantimahdollisuudet kuin ennen. Näin ollen voidaan olettaa, että Alajärven sulkasääskikanta tulee taantumaan vähitellen ainakin jonkin verran.

Sulkasääsken mahdollinen vaikutus eläinplanktoniin, etenkin kasviplanktonia tehokkaasti syöviin vesikirppuihin oli myös kiinnostuksen kohteena. Sulkasääsken toukkien selvästä vaikutuksesta vesikirpputiheyteen ei saatu näyttöä, mutta vesikirppujen pieni koko viittaa kovaan saalistuspaineeseen (joko kalojen tai sulkasääsken toukkien aiheuttamaan). Vesikirppujen koon kasvu syvänteellä heinäkuussa saattaa hyvinkin johtua sulkasääsken toukkien aiheuttaman saalistuspaineen hellittämisestä. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kesällä 2017 sulkasääsken toukilla ei ollut melko suuresta alkukesän tiheydestään huolimatta ainakaan kovin voimakasta vaikutusta eläinplanktoniin. Tämä saattaa tietysti johtua runsaasta kuorekannasta, mutta jää kuitenkin arvailujen varaan aikaisempien eläinplanktontietojen puuttuessa.

Kuore vaikutti ilmiselvästi myös ravintoverkossa ylöspäin. Valtaosa ulapalta troolatuista ahvenista ja kuhista oli herkutellut kuoreilla. Yksikesäiset kuoreenpoikaset ovat mitä parhaita ravintoa kalaravintoon siirtyville ahvenille ja kuhille. Vaikuttaa ilmeiseltä, että kuorekanta parantaa pitkällä aikavälillä sekä ahvenen että kuhan kasvunopeutta. Lisäksi se voi lisätä järven kuhatiheyttä, koska kalaravintoon siirtyneiden poikasten eloonjäänti on parempi kuin pelkästään eläinplanktonia syöneiden poikasten. Kuhanpoikasten eloonjääntiä voi lisätä myös jäännemassiaisen ilmaantuminen Alajärven syvänteelle.

Kuoreen siirtoistutus vaikuttaa onnistuneelta toimenpiteeltä. Kesällä 2017 ulapan ravintoverkon tilaa voidaan luonnehtia melko hyväksi. Ulapalla ei juuri ollut särkikaloja ja valtaosa järven planktonituotannosta kanavoitui kuoreen kautta petokaloihin. Kasviplanktonia laiduntavat vesikirput olivat kylläkin niin pienikokoisia, että sinileväkukintojen puuttuminen ei voi selittyä pelkästään eläinplanktonin säätelyvaikutuksella. Viileä kesä saattoi osaltaan estää sinilevien massaesiintymien muodostumisen.

Vaikka kuore on kotiutunut Alajärveen, ei kannan tulevaisuudesta ole täyttä varmuutta. Kuore on viileän veden kala ja hellekesät saattavat koitua kannan kohtaloksi (Malinen ym. 2008, Keskinen ym. 2012). Vaikka kanta ei järvestä häviäisikään, saattaa lämpimänä kesänä ulapan kalasto olla hyvin

toisenlainen. Särkikalat sekä ahvenen- ja kuhanpoikaset saattavat tällöin vallita ulappaa. Silloin ravintoverkon toiminta voi olla täysin erilainen verrattuna viileään kesään 2017. Ratkaisevaa Alajärven tilan kannalta lienee se, kuinka usein nämä vaihtoehdot tulevat jatkossa esiintymään. Jos kuorekanta on runsas joka vuosi, tilanne on paljon parempi kuin siinä tapauksessa, että kuore vallitsee ulappaa ainoastaan viileinä kesinä. Näiden vaihtoehtojen todennäköisyyksien arviointi ei luonnollisestiikaan ole mahdollista yhden kesän aineiston perusteella.

Tätä kirjoitettaessa ei ole tietoa siitä, miten Alajärven kuorekanta on selvinnyt poikkeuksellisen lämpimästä kesästä 2018. Muilta Etelä-Suomen kuorejärveltä saadut seurantalutokset antavat toiveita siitä, että kanta on saattanut säilyä. Lahden Vesijärvellä ja Tuusulanjärvellä kuorekannat kyllä harvenivat tuntuvasti, mutta eivät näyttäneet ainakaan elokuun havaintojen perusteella olevan vaarassa kadota (Malinen & Vinni 2019 ja julkaisematon aineisto). Toisaalta Alajärven pääsyvänteen happitilanne oli 5. elokuuta 2018 huolestuttavan heikko (5-17 m syvyydessä ainoastaan 2-3,3 mg/l). Tuolloin vallinneissa oloissa kuore vielä selviää, mutta kun Alajärvellä happitilanne saattaa heiketä elokuussa nopeasti (kuva 1), on elokuun lopussa voinut olla jo kriittinen. Syyskuun 6. päivänä tilanne oli kuitenkin jo kuoreiden kannalta hieman parantunut vähähappisen vesikerroksen ylärajan siirryttyä muutaman metrin syvemmälle.

Alajärven kuorekannan runsautta olisi hyvä seurata muutaman vuoden välein. Seurannassa ei voida käyttää verkkokoekalastusta, koska kuoreen tarttuvuus koeverkkoihin on heikko (Olin & Malinen 2003). Koetroolaukseen ei vaikuta erityisen houkuttelevalta seurantamenetelmältä melko korkeiden kustannustensa takia. Eräs mahdollisuus toteuttaa seuranta pienillä kustannuksilla olisi petokalojen ravinnon tutkiminen. Tämän tutkimuksen perusteella Alajärven ulapan petokalat syövät mielellä kuoretta jos sitä on tarjolla. Elokussa ulapalta pyydettyjen kuhien ja ahventen ravinnon tutkiminen muutamasta kymmenestä yksilöstä saattaisi riittää sen toteamiseksi, onko kyseisenä vuonna syntynyt kuorevuosiluokka heikko vai voimakas. Jos kuoretta ei esiinny lainkaan ravinnossa, voitaisiin harkita uuden siirtoistutuksen tekemistä seuraavan keväänä.

Tämä tutkimus keskittyi voimakkaasti Alajärven pääsyvänteelle. Muilla, järven länsipuolen pienemmillä syvänteillä tehtiin ainoastaan kaikuluotaus. Näillä syvänteillä happitilanne on Ala- ja Takajärven suojeluyhdistyksen tekemien mittauksen perusteella selvästi huonompi kuin pääsyvänteellä. Tämä näkyy myös sulkasääsken toukkien syvyysjakaumassa (kuva 15). Järviöistenselän syvänteellä toukkien esiintymisen yläraja oli 7,5- 8 metriä, kun se pääsyvänteellä oli n. 15 metriä.

Näillä pikkusyvänteillä toukilla on hyvä suojapaikka lähes hapettomassa vedessä ja voi hyvin olla, että kuoreen kotiutuminen ei siellä heikennä toukkien elinmahdollisuuksia lainkaan. Todennäköisesti näiden syvänteiden ravintoverkon toiminta on paljon pääsyvännettä ”heikompa”, mutta varmuutta tästä ei tietenkään ole aineiston puuttuessa. Lisäksi näiden syvänteiden tila on muutenkin huonompi. Kerrostuneisuuskausina hapettomasta sedimentistä vapautuu fosforia, joka voi myös päätyä levien käyttöön kun lämpötilakerrostuneisuus purkautuu.

Nykyisin yleisesti käytettävät, itse järveen kohdistuvat kunnostustoimet eivät sovellu kovin hyvin Alajärvelle. Tehokalastuksella tuskin voidaan vaikuttaa järven tilaan, koska särkikalakannat eivät ole erityisen runsaita, vaan ulapan kalastoa vallitsevat kuore ja muikku. Alusveden kesäaikainen sekoi-tushapetus ei myöskään sovi kunnostukseen, koska se hävittäisi järvestä kuorelle ja muikulle elin-tärkeän, viileän alusveden.

Hiljattain toteutettu kuoreen siirtoistutus sulkasääsikannan säätelijäksi vaikuttaa oikeasuuntaiselta toimelta. Kuorekannan tilan seuranta ja mahdollinen istutuksen uusiminen erityisen huonojen kesien jälkeen olisi varmasti hyödyllistä ravintoverkon toiminnan kannalta. Lisäksi Alajärven petokalantoja tulisi vaalia kaikin mahdollisin keinoin. Runsaat hauki-, kuha- ja ahvenkannat tekevät arvokasta työtä pienten särkikalojen säätelijänä. Erityisen suuri merkitys niillä on silloin, kun esimerkiksi lämpimän kesän seurauksena syntyy poikkeuksellisen runsaita särkikalavuosisluokkia. Koska erittäin tiheänä kantana esiintyessään kuorekin voi aiheuttaa ongelmia tehokkaalla eläinplanktonin saalistuksellaan (Malinen & Vinni 2019, Kuoppamäki 2018a), ovat vahvat ulapan petokalakannat (kuha, ahven) tärkeitä kuoreistutuksen hyödyn varmistajina. Kuhankalastusta kannattaa ohjata siten, että kalastus keskittyy suuriin, mielellään yli 45 cm pituisiin yksilöihin. Tällöin kuhakanta pysyy niin runsaana, että se säätelee kuorekanta ja muuttaa nopeasti poikkeuksellisen runsaat vuosiluokat kalastajille mieluisaan muotoon, kuhantuotannoksi.

Kuore- ja petokalakantojen vaaliminen vaikuttavat ainoilta mielekkäiltä itse järveen kohdistuvilta hoitotoimilta. Alajärven hoidon painopiste kannattaakin suunnata valuma-alueelle. Ulkoisen kuormituksen vähentämisellä voidaan pitkällä aikavälillä varmistaa, että Alajärven tila vähitellen kohe-
nee.

5. Johtopäätökset

Kuore on kotiutunut Alajärveen ja oli kesällä 2017 ylivoimaisesti ulapan runsain laji.

Kuoreet syövät tehokkaasti sulkasääsken toukkia toisin kuin muut Alajärvessä esiintyvät kalat. Tutkimuksessa saatiin muitakin viitteitä siitä, että kuorekanta rajoittaa sulkasääsken toukkien esiintymistä vesipatsaassa ja siten heikentää niiden elinmahdollisuuksia. Näiden muutosten seurauksena sulkasääsikanta luultavasti taantuu vähitellen.

Selviä sulkasääsken vaikutuksia eläinplanktoniin ei pystytty osoittamaan. Ulapan ravintoverkon rakenne ja toiminta on jo saattanut muuttua sellaiseksi, että sulkasääskellä ei ole kovin suurta vaikutusta eläinplanktoniin.

Kuoreen kotiutuminen paransi ulapan petokalojen ravintotilannetta. Sekä ahvenet että kuhat söivät tehokkaasti kuoreita. Jo varsin pienetkin ahvenet ja kuhanpoikaset pystyivät syömään yksikesäisiä kuoreenpoikasia. Kuorekanta saattaa nopeuttaa petokalojen kasvua ja suurentaa järven kuhatiheyttä.

Kuorekannan tulevaisuus on kuitenkin epävarma, koska kuore vaatii viileää vettä. Ei ole tiedossa, miten kannalle on käynyt hellekesänä 2018. Kuoreen merkitys Alajärven ravintoverkossa riippuu siitä, vallitseeko kuore jatkuvasti ulapalla vai ainoastaan viileinä kesinä.

Alajärven hoidossa painopiste kannattaa siirtää ulkoisen kuormituksen vähentämiseen. Lisäksi Alajärven ulapan ravintoverkon toimintaa voi tehostaa seuraavin toimenpitein:

- seurataan kuorekanta ja uusitaan istutus jos kanta taantuu selvästi
- suunnataan petokalojen kalastus suuriin yksilöihin (kuhalla yli 45 cm pituisiin)

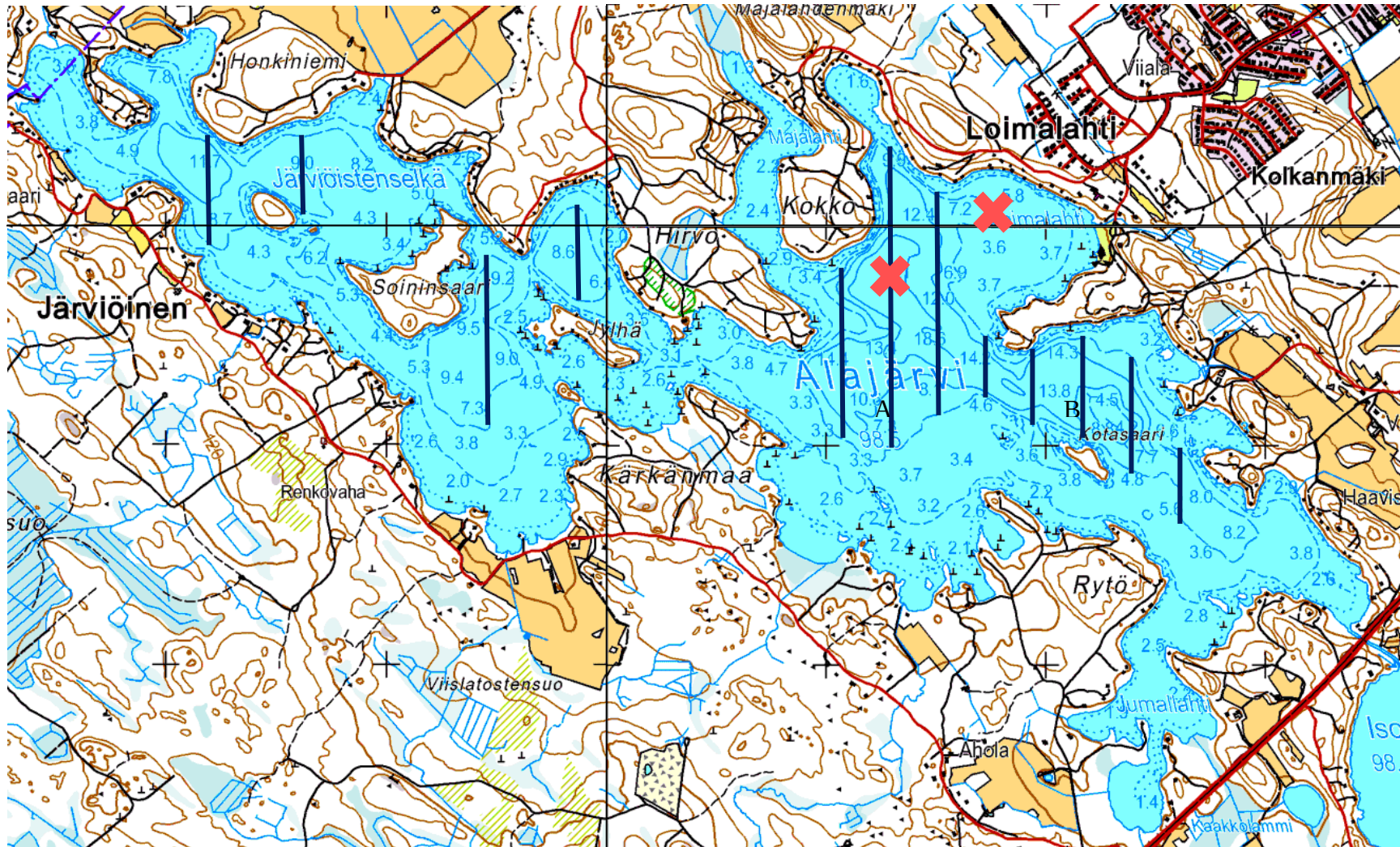
6. Kiitokset

Kiitämme Kari Kohtalaa ja Hannu Kilpeä korvaamattomasta avusta näytteenotossa ja Sami Haapanalaa sujuvasta yhteistyöstä hankkeen kaikissa vaiheissa. Tätä hanketta ovat rahoittaneet Linnaseutu ry Leader-rahoinnalla, Luolajan osakaskunta sekä Alajärven ja Takajärven suojeluyhdistys ry.

Lähdeluettelo

- 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. *Limnol. Oceanogr.* 48: 1214-1222.
- 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 Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 189: 415-420.
- 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 Environ. Res.* 17: 398-410.
- Kuoppamäki, K. 2018(a): Vesijärven Enonselän ulappa-alueen eläinplanktontutkimus. Tutkimusraportti. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö ja Helsingin yliopisto. 24 s.
- Kuoppamäki, K. 2018(b): Tuusulanjärven eläinplankton vuosina 2016-2018. Tutkimusraportti. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun liikelaitoskuntayhtymä. 9 s.
- Lappalainen, J., Vinni M. & Kjellman, J. 2005: Diet, condition and mortality of pikeperch (*Sander lucioperca*) during their first winter. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 207-217.
- 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., 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.
- Malinen, T. 2017: Tuusulanjärven ulapan kalasto vuosina 1997-2016 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 12 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. & Vinni, M. 2013(a): Hämeenlinnan Alajärven ulappa-alueen kalatiheys, -biomassa ja lajijakauma elokuussa 2012. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 11s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2013(b): Sulkasääsken toukkien runsaus Alajärvellä, Lotilanjärvellä ja Määrämmilla kesällä 2012. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 19 s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2014: Määrämmien eläinplankton kesällä 2014. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 10 s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2016: Vesijärven Enonselän ulapan kalayhteisö kesällä 2016. Tutkimusraportti. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö ja Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 16 s.
- Malinen, T. & Vinni, M. 2019: Vesijärven Enonselän ulapan kalayhteisön kehitys vuosina 2017 ja 2018. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma. 14 s.

- Malinen, T., Vinni, M. & Iso-Tuisku, J. 2014: Sulkasääsken toukkien runsaus Vanajanselällä kesällä 2013. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto ja Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 14 s.
- Olin, M. & Malinen, T. 2003: Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia* 506-509: 443-449.
- Pahkinen, E. & Lehtonen, R. 1989: Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi. Gaudeamus. Helsinki, 1989. 286 s.
- Shotton, R. & Bazigos, G. P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic surveys. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 184: 34-57.
- Windell, J. T. 1971: Food analysis and rate of digestion. Teoksessa: Ricker, W. E. (toim.). - Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook, s. 197-203.



Liite 1. Alajärven kaikuluotauslinjat (mustat viivat) ja näytteenottopisteet (punaiset rastit). Kartta ladattu Maanmittauslaitoksen Maastokarttarasterista (1:50000) 2.1.2013 (lisenssi: http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501).