

Hiidenveden ulappa-alueen kalatiheys, -biomassa ja lajijakauma elokuussa 2013 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioituna

Tommi Malinen ja Mika Vinni
Helsingin yliopisto,
ympäristötieteiden laitos



Näkymä Hiidenveden Kiihkelyksenseltä tutkimuspäivänä 13. elokuuta 2013. Kuva: Mika Vinni.

1. Johdanto

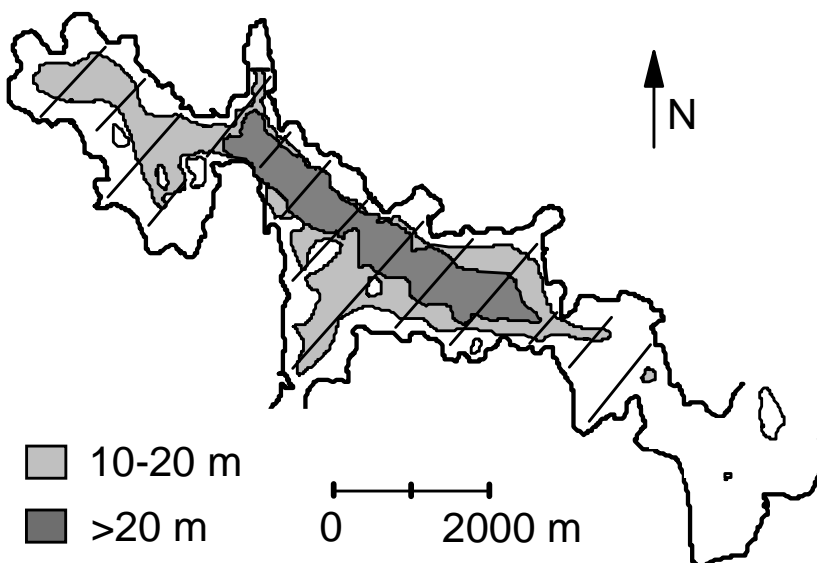
Rehevyyshaitoista pitkään kärsinyttä Hiidenvedettä yritettiin kunnostaa hoitokalastuksella vuosina 1996-2005. Järven tila ei parantunut, koska syvillä alueilla eläinplanktonia säätelivät etupäässä sulkasääsken toukat eivätkä kalat (Liljendahl-Nurminen ym. 2003) ja matalilla alueilla ulkoinen ravinnekuormitus oli paljon kriittistä kuormitusta suurempi. Viime vuosina järven kunnostuksessa onkin keskitytty valuma-alueen kunnostustoimiin (Helttunen 2012). Hiidenveden syvien alueiden kalaston valtalaji on ollut kuore särkikalojen osuuden ollessa varsin pieni (Malinen ym. 2005a ja 2008). Matalilla selillä ulapan kalastossa ovat vallinneet särkikalat, etenkin pasuri, sulkava, lahna, salakka ja särki (Olin & Ruuhijärvi 2005, Malinen ym. 2008, Sairanen 2010). Matalilla alueilla verkkokoe-kalastus on sopiva menetelmä kalaston seurantaan. Sen sijaan syvillä alueilla tarvitaan lisäksi kaikuluotausta ja koetroolausta, koska kuoreen tarttuvuus koeverkkoihin on erittäin heikko (Olin & Malinen 2003).

Vaikka Hiidenveden kalastoa seurataan verkkokoe-kalastuksilla kolmen vuoden välein, kaikuluotaustutkimus on tehty viimeksi vuonna 2007 (Malinen ym. 2008). Tämän tutkimuksen päämääränä oli selvittää Kiihkelyksenselän ja Retlahden ulappa-alueen kalatiheys, -biomassa ja lajijakauma kesällä 2013 sekä tutkia kalayhteisössä mahdollisesti kuuden vuoden aikana tapahtuneita muutoksia.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Kaikuluotaus

Kaikuluotaukset ja koetroolaukset tehtiin Hiidenveden Kiihkelyksenselän ja Retlahden yli 5 m syvillä alueilla 13.8.2013. Tutkimusalue kaikuluodattiin n. 700 m välein sijaitsevia, koillinen-lounas-suuntaisia linjoja pitkin (kuva 1). Kaikuluotaukset tehtiin Simrad EY-500 -tutkimuskaikuluotaimella, joka oli varustettu lohkokeilaisella ES120-7C -anturilla. Anturin lähettämän äänen taajuus on 120 kHz, ja äänikeilan avautumiskulma 7 astetta. Kaikuluotausaineisto tallennettiin kannettavan tietokoneen kovalevyille myöhempää analysointia varten.



Kuva 1. Kaikuluotauslinjojen sijainti Hiidenvedellä 13.8.2013.

2.2 Koetroolaus

Koetroolauksen tavoitteena oli kalalajijakauman määrittäminen ja kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärän arviointi. Pintakatvealueen troolaukset tehtiin etukäteen satunnaistetuilla paikoilla. Sen sijaan väliveden troolaukset, jotka tähtäsivät kalakohteiden lajijakauman määrittämiseen, tehtiin paikoilla ja syvyyksillä, joissa havaittiin eniten kaloja. Troolauksissa käytettiin pientä poikastroolia, jonka suuaukon korkeus oli n. 2 m, leveys n. 5 m ja perän silmäharvuus 3 mm. Troolia vedettiin kahdella moottoriveneellä 1- 1,5 m/s nopeudella. Pintakatvealueelta tehtiin 2 ja välivedestä 5 vetoa. Troolisaaliista laskettiin lajien osuudet lukumäärä- ja painosaaliista sekä laskettiin lajikohtaiset keskipainot. Lisäksi määritettiin lajikohtaiset pituusjakaumat. Pintavedoista laskettiin kaikuluotaimen pintakatvealueen kalatiheys ja kalabiomassa-arviot troolin pyyhkäisyalan perusteella (Olin & Malinen 2003).

Kaikuluotausaineisto analysoitiin EP500 ja Excel -ohjelmilla. Kaikuluotautiedostojen analysointi aloitettiin aallokon aiheuttaman häiriön voimakkuudesta riippuen 2-3,4 m syvyydeltä ja lopetettiin 0.5 m pohjan yläpuolelle. Sulkasäaskan toukkien vaikutus kalamääräarvioihin poistettiin kala- ja toukkakaikujen erottelumenetelmällä (Malinen ym. 2005b). Otosyksikköinä käytettiin kokonaisia kaikuluotauslinjoja. Linjojen kalatiheys ja kalabiomassa laskettiin seuraavasti:

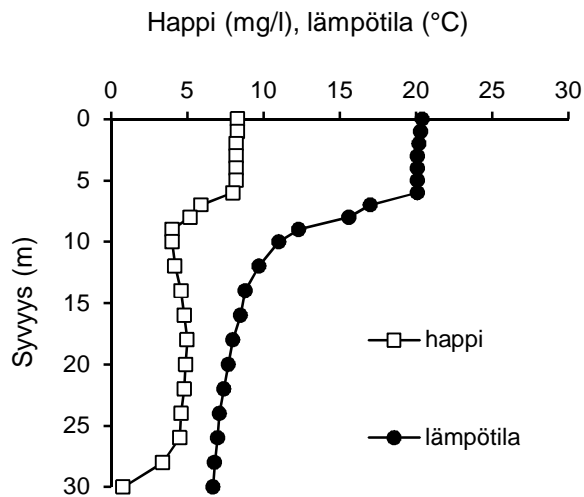
- 1) Linja jaettiin alustavan, lähinnä kaikuluotausaineiston silmämääräisen tarkastelun ja troolisaaliiden perusteella jonkin muuttujan (kalatiheys, lajijakauma, sulkasäaskitiheys) suhteen toisistaan eroaviin kerroksiin, jotka analysoitiin erikseen.
- 2) Laskettiin kunkin kerroksen kalatiheys jakamalla kaikuintegraali vesikerroksen keskimääräisellä yhdestä kalasta heijastuvalla integraalilla (σ). Tämä laskettiin kerroksen troolisaaliin pituusjakauman sekä kohdevoimakkuuden ja kalan pituuden riippuvuuden (Peltonen ym. 2006, Malinen & Tuomaala, julkaisematon) perusteella.
- 3) Laskettiin koko linjan keskimääräiset kalatiheysarvot yhdistämällä analysoitujen osien kalatiheydet.
- 4) Muunnettiin kalatiheys lajikohtaiseksi troolisaaliin lajijakauman perusteella.

Kaikuluotauslinjojen kalalajikohtaiset biomassat laskettiin lajikohtaisten tiheysarvioiden ja troolisaaliin lajikohtaisten keskipainojen avulla. Tutkimusalueen keskimääräinen kalatiheys ja -biomassa sekä niiden varianssit laskettiin linjojen pituuksilla painotettuna keskiarvona (Shotton & Bazigos 1984). Kalatiheyden ja -biomassan 95 % luottamusvälit laskettiin Poisson -jakaumaan perustuen (Jolly & Hampton 1990).

3. Tulokset

3.1 Lämpötila- ja happiprofiilit

Tutkimuspäivänä 13.8.2013 Kiihkelyksenselällä vallitsi selvä lämpötilakerrostuneisuus (kuva 2). Tasalämpöinen (20°C) päällysvesikerros ulottui 6 m syvyyteen asti. Tämän jälkeen lämpötila laski nopeasti ollen 12 m syvyydellä enää 9,7°C. Alusvesikin oli melko tasalämpöistä, ja 30 m syvyydessäkin lämpötila oli vielä 6,7°C. Happipitoisuus oli päällysvedessä korkea, mutta laski harppauskerroksessa ollen pienimmillään 4 mg/l 9-10 m syvyydessä. Tämä väliveden happiminimi ei kuitenkaan näyttänyt rajoittavan kalojen esiintymistä. Alusvedessäkin happipitoisuus oli kaloille riittävän korkea aina 28 m asti, jonka jälkeen pitoisuus alkoi nopeasti laskea. 30 m syvyydellä happipitoisuus oli enää 0,8 mg/l. Kiihkelyksenselän näkösyvyys oli 1,6 m Secchi-levyllä mitattuna.

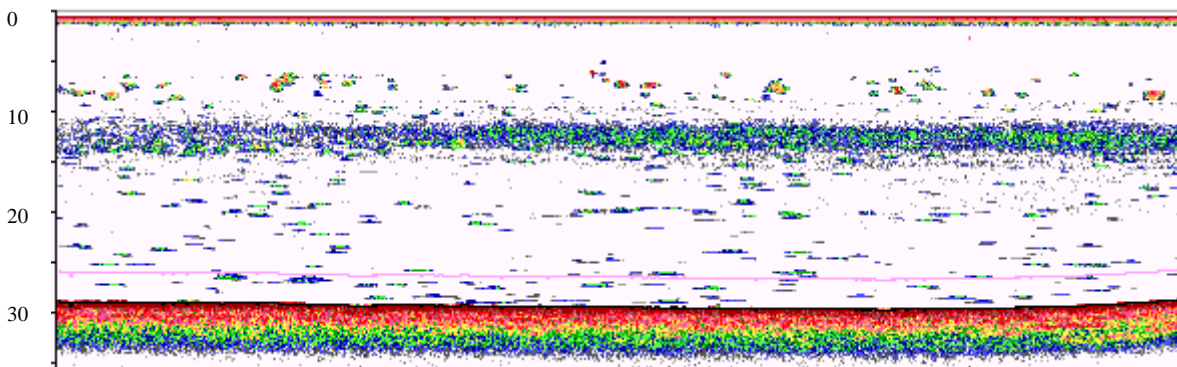


Kuva 2. Hiidenveden Kiihkelyksenselän syvänteen happi- ja lämpötilaprofiilit 13.8.2013.

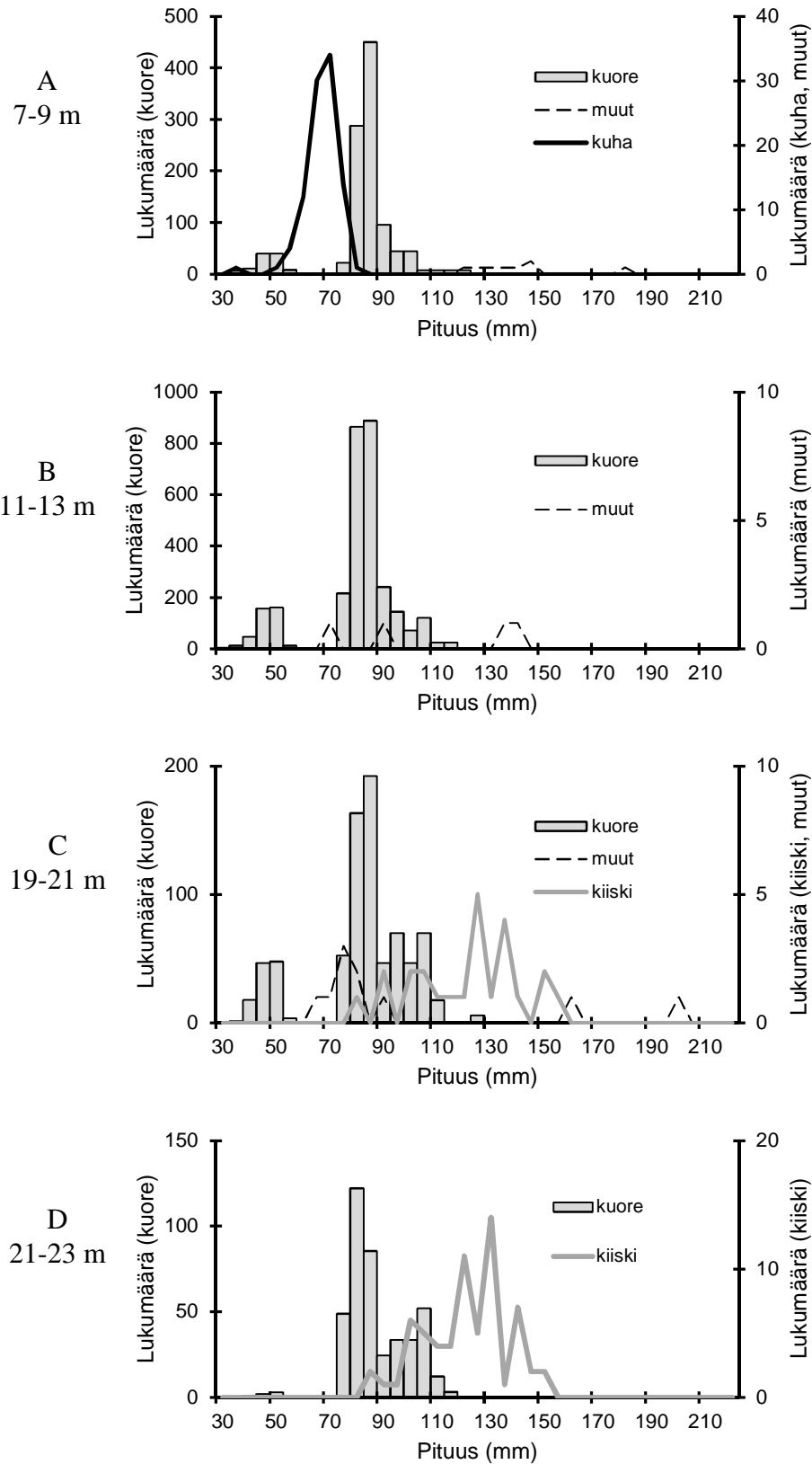
3.2 Kalojen laji- ja kokojakauma eri vesikerroksissa

Kiihkelyksenselän syvänteellä valtaosa kaloista oli 6-9 m syvyydellä (kuva 3). Tästä alaspäin kaloja esiintyi melko tasaisesti aina pohjaan asti. Kaikuluotauslinjoille ei sattunut osumaan yli 30 m syvyyistä aluetta, jossa alhainen happipitoisuus olisi voinut rajoittaa kalojen esiintymistä pohjan lähellä. Tiheimmässä kalakerroksessa esiintyi lähinnä kuoretta (osuus lukumäärästä 91 %) mutta myös runsaasti yksikesäisiä kuhanpoikasia (lkm-osuus 8 %) Vain pieni osa kuoreista oli 35-55 mm pituisia yksikesäisiä poikasia valtaosan ollessa 75-110 mm pituisia 1-vuotiaita ja vanhempia kuoreita (kuva 4A). Kuhanpoikasten pituus vaihteli 50 ja 90 mm välillä. Muiden lajien osuus oli alle 1 %.

Tiheimmässä sulkasääskikerroksessa, 11-13 m syvyydellä esiintyi miltei yksinomaan kuoretta (lkm-osuus 99,8 %). Tässäkin vesikerroksessa valtaosa oli 1-vuotiaita ja vanhempia kuoreita, mutta myös yksikesäisiä poikasia esiintyi jonkin verran (kuva 4B). Syvemmillä, 19-21 m syvyydessä kuore oli edelleen selvä valtalaji (lkm-osuus 96 %). Kookkaampien, 90-130 mm pituisten kuoreiden osuus oli hieman suurempi kuin ylemmissä vesikerroksissa (kuva 4C). Muista lajeista ainoastaan kiiskeä esiintyi merkittäviä määriä (lkm-osuus 3 %). Kaikkein syvimässä troolatussa vesikerroksessa (21-23 m) esiintyi 1-vuotaita ja vanhempia kuoreita sekä kiiskeä (kuva 4D). Kuoreen lkm-osuus oli 86 % ja kiisken 13 %. Tässä vesikerroksessa täytyi esiintyä erittäin runsaasti jäännemassiaisia (*Mysis Relicta*), koska niitä oli runsaasti troolikalojen joukossa.

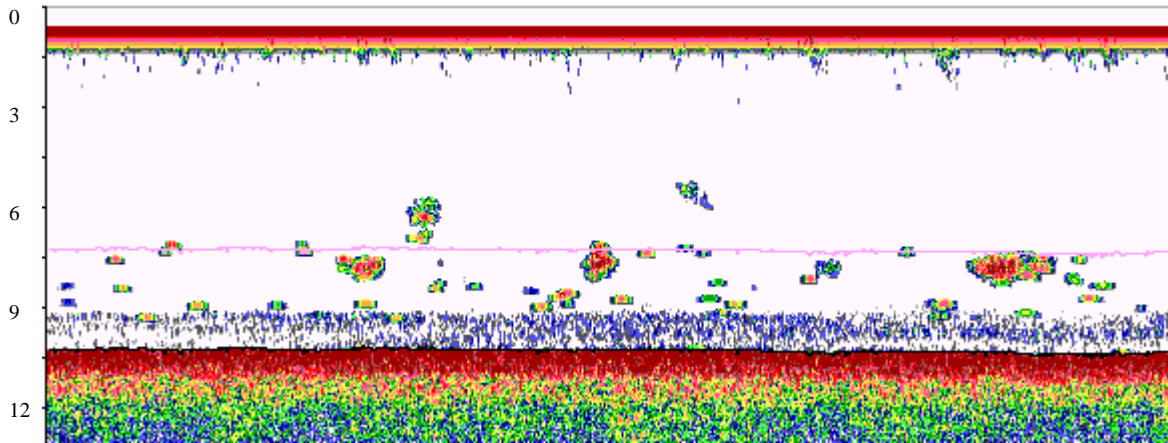


Kuva 3. Kaikuluotauskuva Kiihkelyksenselän syvänteeltä iltapäivällä 13.8.2013. Tasainen sinivihreä kerros 11-15 m syvyydellä on sulkasääsken toukkien aiheuttama. Kalaparvia esiintyy runsaasti 6-9 m syvyydellä. Tätä syvemmillä kalat ovat hajallaan ja erottuvat yksittäisinä kohteina.

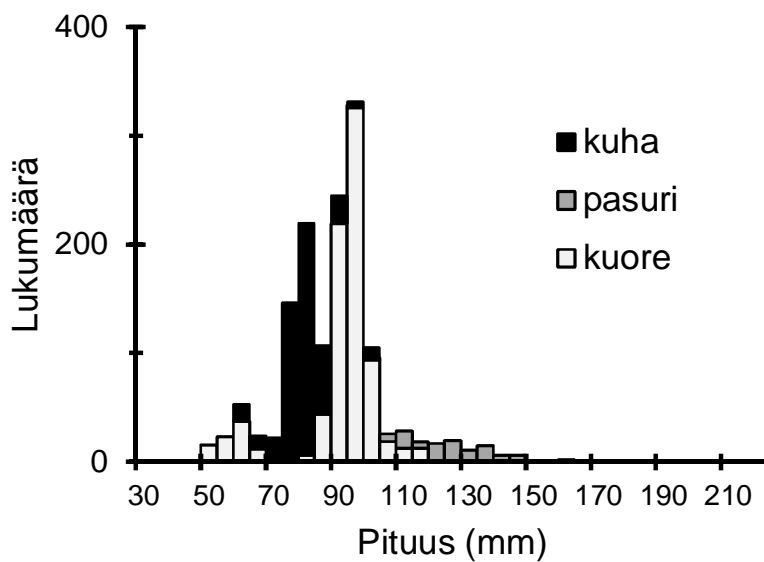


Kuva 4. Kiihkelyksenselän syvänteen eri vesikerrosten kalalajikohtaiset pituusjakaumat iltapäivällä 13.8.2013. Kaikuluotauskuva (kuva 3) on suunnilleen samasta paikasta. Huomaa, että kuoreen lukumäärä on esitetty vasemmanpuoleisella y-akselilla ja kaikkien muiden lajien oikeanpuoleisella y-akselilla.

Myös Retlahden syvänteellä suurin osa kaloista oli parvissa 6-9 m syvyydellä (kuva 5). Kuore oli sielläkin selvä valtalaji (lkm-osuus 56 %), mutta yksikesäisten kuhanpoikasten osuus oli suurempi kuin Kiihkelyksenselällä (kuva 6). Kuhanpoikasten lkm-osuus oli peräti 35 %. Myös 100-150 mm pituisia pasureita esiintyi melko runsaasti (lkm-osuus 8 %). Muiden kalalajien lkm-osuus oli ainoastaan n. 1 %.



Kuva 5. Kaikuluotaukkuva Retlahden syvänteeltä iltapäivällä 13.8.2013. Kalaparvet esiintyvät pääasiassa 6- 9 m syvyydellä. Pohjan lähellä oleva sininen kerros aiheutuu sulkasääsken toukista.

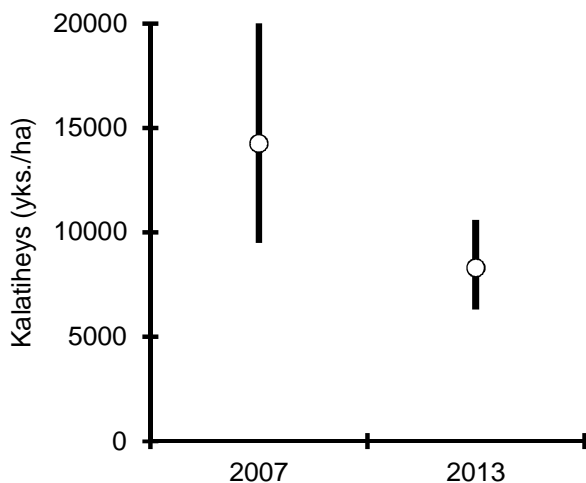


Kuva 6. Retlahdella 6-8 m syvyydeltä vedetyn troolivedon kalalajikohtaiset pituusjakaumat. Kaikuluotaukkuva (kuva 5) on suunnilleen samalta paikalta.

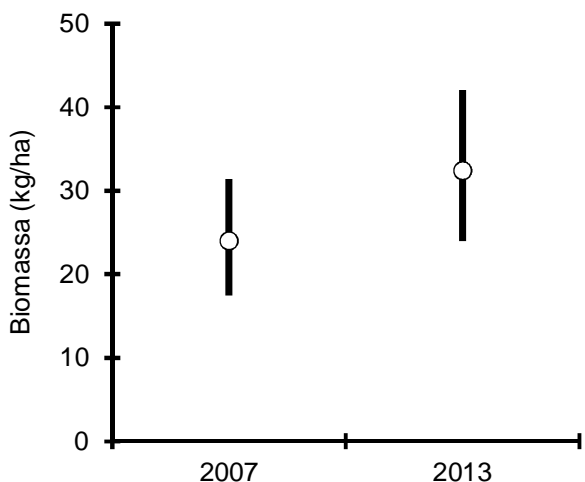
3.3 Kalatiheys- ja biomassa-arviot

Kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella Kiihkelyksenselän ja Retlahden yli 5 m syvien alueiden kalatiheys oli n. 8300 yks./ha 13.8.2013 (kuva 7). Arvion 95 %:n luottamusvälit olivat 6300-10590 yks./ha. Kalabiomassa oli vastaavalla alueella n. 32 kg/ha luottamusvälien ollessa 24-42 kg/ha (kuva 8). Kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärä oli merkityksettömän pieni (20 kalaa/ha). Tutkimusalueen kalatiheys oli pienempi mutta kalabiomassa suurempi kuin vuonna 2007. Tämä johtui pääasiassa siitä, että vuonna 2013 yksikesäisten kuoreiden osuus troolisaaliissa oli selvästi pienempi ja kuoreiden keskikoko siten selvästi suurempi kuin vuonna 2007.

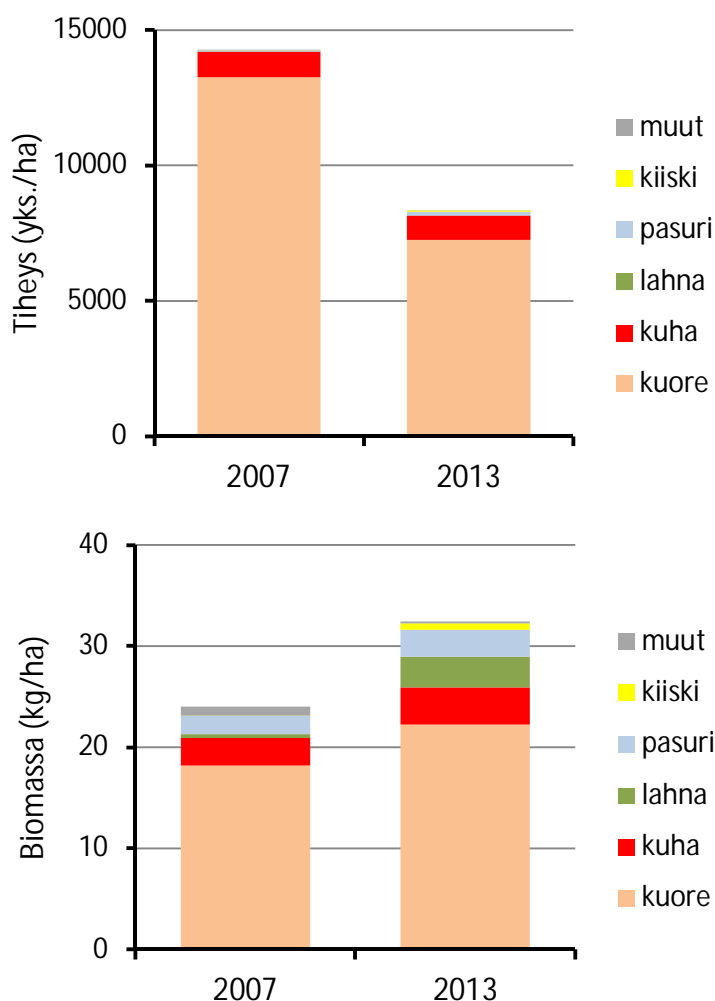
Kalalajijakaumassa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia kuuden vuoden aikana (kuva 9). Kuore oli edelleen lukumäärältään ylivoimainen valtalaji ja sen osuus biomassastakin oli lähes 70 %. Yksikesäisiä kuhanpoikasia esiintyi runsaasti, molempina vuosina n. 900 yks./ha. Pasurin biomassaosuus oli molempina vuosina n. 8 %. Lahnan biomassaosuus kasvoi ollen v. 2013 n. 9 %. Tästä ei kuitenkaan kannata vetää vahvoja johtopäätöksiä, koska muutamien suurikokoisten lahnojen osuminen trooliin vaikuttaa tuloksiin voimakkaasti. Esimerkiksi vuonna 2013 saatiin troolilla yhteensä vain 11 lahnaa. Kiisken biomassaosuuden kasvu saattaa olla seurausta hetkellisestä hyvästä ravintotilanteesta n. 20 m syvyydellä, koska saaliin joukossa oli todella runsaasti jäännemasiisia. Kiisken biomassaosuus oli kuitenkin vain n. 2 %. Muikun osuus oli molempina tutkimusvuosina merkityksettömän pieni. Vuonna 2013 saatiin koetroolauksissa ainoastaan kaksi muikkua.



Kuva 7. Kiihkelyksenselän ja Retlahden yli 5 m syvien alueiden kalatiheysarviot 95 %:n luottamusväleineen kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella elokuussa 2007 ja 2013.



Kuva 8. Kiihkelyksenselän ja Retlahden yli 5 m syvien alueiden kalabiomassaarviot 95 %:n luottamusväleineen kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella elokuussa 2007 ja 2013.



Kuva 9. Kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioidut kalalajijakaumat tiheyden (yläkuva) ja biomassan (alakuva) mukaan Kiihkelyksenselän ja Retlahden yli 5 m syvillä alueilla elokuussa 2007 ja 2013.

4. Tulosten tarkastelu

Kiihkelyksenselän ja Retlahden ulappa-alueen kalastossa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia kuuden vuoden aikana. Kalasto oli hyvin samantyyppinen myös vuosituhaten vaihteessa, jolloin sitä tutkittiin kattavasti monen vuoden ajan (Malinen ym. 2005a). Kuore on ulapan selvä valtalaji ja kuha runsain petokala. Muiden lajien merkitys etenkin Kiihkelyksenselän ulapan ravintoverkossa näyttäisi olevan pieni, vaikka ajoittain ulapalla saattaakin esiintyä melko runsaasti särkikaloja (Malinen ym. 2008, Vesala & Sairanen 2008, Sairanen 2010).

Hiidenveden kuhanpoikastuotanto näyttäisi olevan varsin voimakasta. Molempina tutkimusvuosina kuhanpoikaset ovat myös kasvaneet nopeasti. Tämä on tärkeää poikasten selviämisen kannalta, koska suurikokoisilla poikasilla on oleellisesti paremmat mahdollisuudet selvitä ensimmäisestä talvestaan kuin pienikokoisilla poikasilla. Hiidenvedellä kuhanpoikaset pystyvät sujuvasti siirtymään

ravinnonkäytössään eläinplanktonista selkärangattomiin petoihin, sulkasääsken toukkiin ja jäänne-massiaisiin. Tämä puolestaan mahdollistaa aikaisen siirtymisen kalaravintoon. Elokuussa 2013 kuhanpoikaset olivat jo paljon suurempia kuin kuoreenpoikaset ja varmasti suuri osa kuhanpoikasista oli jo siirtynyt syömään kuoreita. Kuhanpoikasten keskikoko (keskipituus 70 mm ja -paino 2,04 g) olivatkin selvästi suurempia kuin esimerkiksi toisella hyvällä kuhajärvellä, Tuusulanjärvellä, kaksi viikkoa myöhemmin (Malinen 2013). Hiidenveden luontainen kuhantuotanto vaikuttaa niin hyvältä, että kuhanpoikasten istuttaminen ei ole mielekäästä.

Sen sijaan Hiidenveden muikkukanta on taantunut voimakkaasti. Vuonna 2013 saatiin koetroolilla ainoastaan kaksi muikkua, vaikka trooliotanta oli vertikaalisuunnassa varsin kattava. 2000-luvun puolenvälin paikkeilla syntyneet muutamat vahvat vuosiluokat ovat jääneet poikkeustapauksiksi. Muikkukannan ongelma Hiidenvedellä täytyy olla heikosti onnistuvassa lisääntymisessä, koska muikulle sopivaa ravintoa on runsaasti tarjolla ja syvänteen happitilanne on kohtuullisen hyvä. Hiidenveden kaltaisille reheville järville on tyypillistä, että muikun lisääntyminen onnistuu huonosti. Yleensä syynä on mädin tuhoutuminen talvella sedimentin pintakerroksen happikadon takia. Hiidenvedellä monena vuonna epäonnistunut lisääntyminen on johtanut siihen, että muikun emokanta on jo huolestuttavan pieni. Kannan merkittävä elpyminen todennäköisesti edellyttäisi ainakin kahta muikun lisääntymiselle suotuisaa talvea muutaman vuoden sisällä.

Hiidenveden syvien alueiden kesäaikainen kalabiomassa on järven rehevyystasoon suhteutettuna varsin pieni. Toisaalta tämä on tyypillistä kuorevaltaisille järville. Kuore ei pienikokoisen kalana muodosta suuria biomassoja. Lisäksi se on petokaloille, etenkin kuhalle niin sopiva ravintokala, että sen kuolevuus on suurta. Ravintoketju eläinplanktonista kuoreeseen ja kuhaan lienee varsin tehokas, ja suuri osa Hiidenveden tuotannosta päättyy kuhantuotannoksi. Sulkasääsken toukkien runsaus heikentää hieman ravintoketjun tehokkuutta, koska suuri osa eläinplanktonituotannosta päättyy sulkasääsken toukkiin ja poistuu järvestä toukkien kuoriuduttua. Kuore on kuitenkin tässäkin suhteessa hyvä kalalaji, koska se syö sulkasääsken toukkia enemmän kuin muut rehevien järvien yleiset kalalajit. Kuore pystyy saalistamaan sulkasääsken toukkia hämärässä tai pimeässä (Horppila ym. 2004) paremmin kuin useimmat kalalajit. Näin ollen Hiidenveden kuorekannan vaaliminen on tärkeää. Sitä ei kannata kalastaa ainakaan tehokkaasti ja sen kutupaikat tulee säilyttää. Kaiken kaikkiaan Hiidenveden syvien alueiden ravintoverkon nykytilaa voidaan pitää melko hyvänä, eikä aihetta erityisille toimenpiteille näytä olevan.

Vaikka kaikuluotauksella ja koetroolauksella voidaan hyvin arvioida ulapan väliveden kalaston runsautta, tulee tulosten tulkinnassa muistaa myös menetelmän heikkoudet. Pohjan lähellä olevien kalojen runsaus aliarvioituu, eikä trooliotannasta saada alueellisesti kovin kattavaa käytettävissä olevilla resursseilla. Kiihkelyksenselän verkkokoekalastuksissa runsaimmat lajit ovat vuosina 2007-2013 olleet särki, pasuri ja ahven (Vesala & Sairanen 2008, Sairanen 2010 ja julkaisematon aineisto). Erot kaikuluotauksen ja koetroolauksen tuloksiin nähden johtunevat ainakin neljästä syystä. Ensinnäkin kuoreen tarttuvuus koeverkkoihin on erittäin heikko (Olin & Malinen 2003), ja sen osuus aliarvioituu käytännössä aina verkkotuloksissa. Toiseksi särkikalat ja ahven ovat tyypillisesti keskittyneet selän matalille alueille, kun taas kaikuluotaus on kattanut ainoastaan yli 5 m syvät alueet. Ainakin vuoden 2007 verkkoaineiston syvyysvyöhykkeittäisessä tarkastelussa tämä ilmiö näkyi selvästi. Kolmanneksi kaikuluotaus ja verkkokoekalastus toteutetaan eri vuorokaudenaikana. Hiidenvedellä kaikuluotaukset on tehty päivällä ja verkot ovat olleet pyynnissä illasta aamuun. Särkikalat saattavat vaeltaa ranta-alueelta ulapalle illalla (Bohl 1980), jolloin ne luonnollisesti näkyvät vain verkkotuloksissa. Neljänneksi verkkokoekalastuksella voidaan paremmin arvioida pohjan lähellä olevia kaloja. Kaikuluotaimessa on n. 0,5 m korkea pohjakatvealue, eikä käytössä ollut välivesitrooliakaan voida vetää aivan pohjaa pitkin. Yhteenvetona voidaan todeta, ettei

kumpikaan menetelmä anna täysin oikeaa kuvaa kalastosta, vaan ne ovat toisiaan täydentäviä. Kiihkelyksenselän kaltaisella syvällä altaalla kalaston seurannassa tarvitaan molempia menetelmiä.

5. Johtopäätökset

Hiidenveden Kiihkelyksenselän ja Retlahden ulappa-alueen ylivoimainen valtalaji on kuore. Myös särkikaloja esiintyy ajoittain ulapalla, mutta niiden merkitys ravintoverkossa on vähäinen. Hoitokalastus ei sovellu näiden alueiden kunnostamiseen sulkasääsken toukkien runsauden takia. Kalaston rakenteen puolestakaan hoitokalastukselle ei ole mitään tarvetta.

Kuhan lisääntyminen Hiidenvedellä on tehokasta. Kuhanpoikastiheys oli suuri ulapalla ja poikaset olivat kasvaneet nopeasti. Ravintoketju eläinplankton-kuore-kuha lienee melko tehokas ja suuri osa Kiihkelyksenselän ja Retlahden tuotannosta päätyy kuhantuotannoksi. Kuhaistutuksille ei ole tarvetta.

Hiidenveden muikkukanta on taantunut voimakkaasti, eikä sen tulevaisuus näytä valoisalta. Koska ravintotilanne ja veden laatu mahdollistaisivat runsaan muikkukannan, kadon syynä ovat todennäköisesti ongelmat lisääntymisessä.

Hiidenveden syvien alueiden kalastoseurannassa tarvitaan sekä kaikuluotausta ja koetroolausta että verkkokoekalastuksia. Kumpikaan ei yksinään anna luotettavaa kokonaiskuvaa kalaston kehityksestä.

Lähdeluettelo

- Bohl, E. 1980: Diel pattern of pelagic distribution and feeding in planktivorous fish. *Oecologia* 44: 368-375.
- Helttunen, S. (toim.) 2012: Hiidenveden kunnostus 2008-2011 – Loppuraportti. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Julkaisu 228/2012. 130 s.
- 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.
- 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.
- 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. 2013: Tuusulanjärven ulappa-alueen kalasto vuosina 1997-2013 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioituna. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos. 14 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A. & Peltonen, H. 2005a: Vertical and horizontal distribution of smelt (*Osmerus eperlanus*) and implications of distribution patterns on stock assessment. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 141-159.
- Malinen, T., Tuomaala, A. & Peltonen, H. 2005b: Hydroacoustic fish stock assessment in the presence of dense aggregations of *Chaoborus* larvae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 245-249.

- Malinen, T., Vinni, M., Tuomaala, A. & Antti-Poika, P. 2008: Kalojen ja sulkasääsken toukkien runsaus Hiidenvedellä vuonna 2007. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 18 s.
- Olin, M. & Malinen, T. 2003: Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia* 506-509: 443-449.
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. 2005: Fish communities in the different basins of L. Hiidenvesi in 1997-2001: effects of trophic status and basin morphology. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* 59: 125-140.
- Pahkinen E. ja Lehtonen, R. 1989: Otanta-asetelmat ja tilastollinen analyysi. Gaudeamus. Helsinki, 1989. 286 s.
- Peltonen, H., Malinen, T. & Tuomaala, A. 2006: Hydroacoustic in situ target strength of smelt (*Osmerus eperlanus* (L.)). *Fish. Res.* 80: 190-195.
- Sairanen, S. 2010: Hiidenveden verkkokoekalastukset vuonna 2010. Moniste. RKTL, Evon kalantutkimusasema. 12 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.
- Vesala, S. & Sairanen, S. 2008: Hiidenveden verkkokoekalastukset vuonna 2007. Moniste. RKTL, Evon kalantutkimusasema. 11 s.