

Vesijärven Enonselän ravintoverkkotutkimuksen kalatutkimukset vuonna 2009

Tommi Malinen, Pekka Antti-Poika ja Mika Vinni

Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos

Jukka Ruuhijärvi ja Pasi Ala-Opas

Riistan- ja kalantutkimus, Evo

1. Johdanto

Tässä raportissa esitetään Vesijärven Enonselän ravintoverkon toimintaa ja muutoksia tutkivan hankkeen kaikuluotaus- ja koetroolaustudkimusten toteutus vuonna 2009 sekä niistä lasketut kalakanta-arviot. Lisäksi esitetään kalojen ravintotutkimukset ja lyhyt yhteenveto Enonselän verkkokoekalastuksista. Kaikuluotaus ja troolaukset ovat tärkeässä roolissa Enonselän ravintoverkon tutkimisessa. Ulappa-alueen kalayhteisön runsautta ja lajijakaumaa ei voida luotettavasti arvioida muilla menetelmillä. Kaikuluotaimella voidaan havaita pienetkin kalat, mutta nykytekniikalla ei vielä voida määrittää kalalajia. Trooli on aktiivisena, pienten kalojen osalta harhattomana ja pyyntisyvydeltään säädettävänä pyydyksenä paras menetelmä lajijakauman määrittämiseen. Kalojen ravintotutkimukset puolestaan ovat välttämättömiä ravintoverkon vuorovaikutusten selvittämisessä.

Enonselän ulappa-alueen kalakantoja on tutkittu tehokalastuksen aikana populaatioanalyysillä (esim. Horppila ja Peltonen 1994, Horppila ym. 1996) ja kaikuluotauksella (esim. Jurvelius ja Sammalkorpi 1995, Malinen ja Peltonen 1996, Peltonen ym. 1999). Näillä menetelmillä onnistuttiin arvioimaan särki- ja kuorekantojen koot. Tämän jälkeen kalakantoja on seurattu tarkemmin Vesijärvi II -projektin aikana vuosina 2002-2006. Tällöin arvioitiin ulappa-alueen kuorekannan koko kaikuluotauksella (Malinen ym. 2008) ja seurattiin muiden lajien runsauden kehitystä verkkokoekalastuksilla (Ruuhijärvi ja Ala-Opas 2007). Myös kalojen ravintotutkimuksia tehtiin aktiivisesti 1980-90 -luvulla, ja erityisesti särjen ja ahvenen ravinnosta on tuolta ajalta hyvät tiedot (Horppila ym. 2000). Sen sijaan Vesijärven ulappa-alueen runsaimman lajin, kuoreen, ravinnonkäyttöä ei selvitetty kattavasti.

Enonselän kesäkerrostuneisuuskauden heikko happitilanne vaikuttaa monin tavoin ravintoverkon rakenteeseen ja toimintaan. Yksi selvimmistä episodeista oli kuorekannan romahtaminen lämpimän kesän 2002 aikana (Malinen ym. 2008). Myös muikku- ja siikakannat sekä kaikki pohjaeläimiä hyödyntävät kalat ovat kärsineet tilanteesta pahasti. Vuonna 2009 aloitettu hapetus tulee todennäköisesti vähentämään vähähappisuuden aiheuttamia ongelmia. Toisaalta se saattaa tuoda mukanaan uusia ongelmia, koska se todennäköisesti nostaa väliveden lämpötilaa kesällä. Kuore, muikku ja siika tarvitsevat viileätä vettä kesälläkin, ja niiden kantojen kehitystä on vaikea ennustaa. Koska ulappa-

alueen kalayhteisön runsaus ja lajijakauma vaikuttavat voimakkaasti koko ravintoverkon toimintaan ja sitä kautta myös järven tilaan, saadaan tästä osatutkimuksesta arvokasta tietoa järven hoidon suunnitteluun.

Tutkimuksen päämääränä oli hankkia välttämätön pohjatieto hapetuksen vaikutusten arviointia varten. Vuoden 2009 kaikuluotaus- ja koetroolaustudkimusten tavoitteena oli arvioida Enonselän ulappa-alueen kalatiheys, kalabiomassa ja lajijakauma kolmena ajankohtana avovesikauden aikana. Ravintotutkimusten tavoitteena oli arvioida runsaimpien lajien (kuore, ahven, lahna, särki) ravinnonkäyttöä.

2. Aineisto ja menetelmät

Kaikuluotaus- ja troolaustudkimus toteutettiin kolmena ajankohtana, kesäkerrostuneisuuden alussa (1.-2.7.), kerrostuneisuuden loppupuolella (25.-26.8.) ja täyskierron jälkeen (15.-16.10.). Kaikkina ajankohtina tutkimukset tehtiin sekä päivällä että yöllä. Kaikuluotauksen kanssa tehtiin samanaikaisesti koetroolauksia kalalajikoostumuksen ja kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärän selvittämiseksi. Kalalajikoostumuksen selvittämiseen tähtäävät vedot tehtiin paikoissa, joissa havaittiin kaikuluotaimen mukaan runsaasti kaloja. Pintavedot tehtiin etukäteen satunnaistetuilla paikoilla.

Kaikuluotaukset tehtiin kaikkina tutkimusajankohtina etelä-pohjoinen -suuntaisia linjoja pitkin (kuva 1). Linjojen lukumäärä ja niiden välimatkat vaihtelivat käytettävissä olevan ajan mukaan. Käytännössä kaikkia kartaan piirrettyjä linjoja ei ehditty luodata millään tutkimuskerralla. Koetroolilinjojen sijainti vaihteli kalojen esiintymisen mukaan. Kaikkina tutkimuskertoina troolattiin ainakin yhdeltä syvyydeltä, jossa havaittiin runsaasti kaloja ja kaikuluotaimen pintakatvealueelta (0-3 m).

Kaikuluotaukset tehtiin SIMRAD EY-500 -tutkimuskaikuluotaimella, joka oli varustettu lohkokeilaisella ES120-7F tai ES120-7C -anturilla. Laitteiston lähettämän äänen taajuus on 120 kHz ja äänikeilan avautumiskulma 7° (-3 dB tasolle). Aineisto analysoitiin EP500- ja Excel -ohjelmilla. Analysointi aloitettiin 2-3 m syvyydeltä ja lopetettiin 0,5 m ennen pohjaa. Elokuussa syvännealueella esiintyneet metaanikuplat jouduttiin poistamaan aineistosta perustuen oletukseen, että niistä tuleva kaikuintegraali on samansuuruinen tilavuutta kohti sekä hapettomassa (ja kalattomassa) alusvedessä että ylempänä vesipatsaassa. Tarkkaan ottaen oletus ei aivan pidä paikkaansa, mutta virheen vaikutus kalakanta-arvioihin on pieni.

Tutkimusalueena olivat Enonselän yli 6 m syvät alueet. Niiden kalatiheys laskettiin käyttämällä otosyksikköinä kokonaisia kaikuluotauslinjoja. Linjan kalatiheys laskettiin seuraavasti:

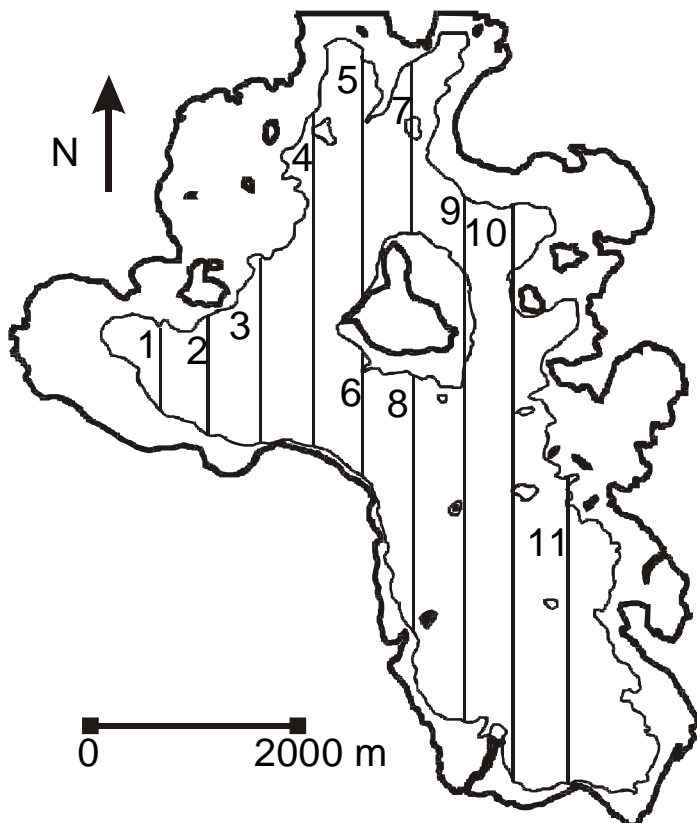
- 1) Linja jaettiin alustavan, lähinnä kaikuluotausaineiston silmämääräisen tarkastelun ja troolisaaliiden perusteella jonkin muuttujan (kalatiheys, lajijakauma, kokojakauma) suhteen toisistaan eroaviin osiin (sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa). Nämä osat analysoitiin erikseen.
- 2) Laskettiin analysoitavan osan kalatiheys jakamalla kaikuintegraali vesikerroksen keskimääräisellä yhdestä kalasta heijastuvalla integraalilla (σ). Tämä laskettiin joko kaikuluotaimen antaman kohdevoimakkuusjakauman perusteella tai troolisaaliin pituusjakauman ja pituus-kohdevoimakkuusyhtälön perusteella (Peltonen ym. 2006, Tuomaala & Malinen, julkaisematon).

- 3) Poistettiin kaikuintegraalista selvästi metaanikuplaurkauksista peräisin oleva integraali. Lisäksi heinäkuussa jätettiin kohdevoimakkuudeltaan alle -53 dB:n kohteet pois kalakanta-arvoista, koska niiden oletettiin olevan selkärangattomia ja/tai hyvin pieniä kalanpoikasia.
- 4) Kalatiheys muutettiin lajikohtaiseksi troolisaaliin lajjakauman perusteella.
- 5) Laskettiin koko linjan keskimääräinen kalatiheys yhdistämällä analysoitujen osien kalatiheydet.

Linjan lajikohtaiset biomassat laskettiin lajikohtaisten tiheysarvioiden ja troolikalojen keskipainojen avulla. Koko tutkimusalueen keskimääräinen kalatiheys ja -biomassa sekä niiden varianssit laskettiin otosyksikköjen pituuksilla painotettuna keskiarvona (Shotton ja Bazigos 1984). Kalatiheyden ja -biomassan 95 % luottamusväliä laskettiin Poisson -jakaumaan perustuen (Jolly ja Hampton 1990).

Koetroolaustutkimuksen tarkoituksena oli kalalajien runsaussuhteiden ja kokojakauman selvittäminen ulappa-alueella eri vesikerroksissa kaikuluotaustulosten laskentaa varten sekä kaikuluotaimen pintakatvealueen kalatiheyden ja -biomassan arviointi. Koetroolaukset tekivät Jyrki Hatanpää ja Hannu Ylä-Outinen samalla troolilla, millä Esko Peltomäki teki koetroolauksia vuosina 2003-2005. Troolin suuaukon korkeus on 3 m, leveys 5 m ja perän silmäharvuus 3 mm.

Kunkin lajin vetokohtainen saalis punnittiin gramman tarkkuudella. Saaliin lajeittaiset yksilömäärät laskettiin joko kaikista kaloista tai otoksesta lasketun keskipainon perusteella. Lisäksi vedoista mitattiin lajeittaiset pituusjakaumat millimetrin tarkkuudella. Kaikuluotaimen pintakatvealueen lajeittaiset kalatiheydet ja -biomassat hehtaaria kohti kunakin tutkimusajankohtana laskettiin kahden pinnassa vedetyn troolivedon perusteella (Olin ja Malinen 2003).



Kuva 1. Kaikuluotauslinjojen sijainti Vesijärven Enonselän yli 6 m syvillä alueilla.

Kalojen ravintotutkimuksen aineisto kerättiin koetroolauksen saaliista 1–2.7. ja 25–26.8. 2009. Ravintonäytteitä otettiin kaikilta yleisimmiltä lajeilta. Lisäksi kalojen ravinto analysoitiin troolin pohjakatvealueelta samanaikaisesti yleiskatsausverkoilla pyydetyistä ahvenista (317 kpl), särjistä (156 kpl) ja kuhista (51 kpl). Koska kesäaikainen pyynti yleiskatsausverkoilla tuottaa tyypillisesti saaliiksi vain vähän petokaloja, analysoitiin kuhien ravinto RKTL:n syksyisessä kuhaseurannassa 25-55 mm verkoilla pyydetyistä kaloista.

Laboratoriossa näytekalosta mitattiin kokonaispituus 1 mm:n ja paino 0,01 g:n tarkkuudella. Kalalajeilla, joilla ravinto kerääntyy säkkimäiseen vatsalaukkuun (kuore, muikku, ahven, kiiski ja kuha), käytettiin tutkimusmenetelmänä ns. pistemenetelmää (esim. Hynes 1950, Windell 1971). Menetelmässä arvioidaan ensin kalan vatsalaukun täyteisyys, jonka jälkeen kullekin ravintokohteelle annetaan pisteitä tietyn asteikon mukaisesti riippuen siitä, miten suuren osan ne vievät mahan tilavuudesta (mahan täyteisyys 0–12, 0= tyhjä maha, 8= täysi maha ja 10-12= paisunut maha). Lopuksi kunkin ravintokohteen saamat pistemäärät lasketaan yhteen ja ilmaistaan prosentteina kokonaispistemäärästä. Särkikalujen (lahna ja särki) käyttämä ravinto arvioitiin suolen ensimmäisestä kolmanneksesta tilavuusmenetelmällä (Vøllestad 1985, Rask 1989).

Selkärangattomat ravintokohteet pyrittiin määrittämään vähintään sukutasolle yleisimpien ryhmien osalta. Mikäli kalaravinto oli jo pitkälle hajonnutta, määritettiin ravintokohteet mahdollisten luutumien perusteella. Kuoreet jaettiin iän perusteella kahteen luokkaan, kesänvanhat (0+) ja aikuiset (1++), iät määritettiin kuuloluista eli otoliiteistä (esim. Raitaniemi ym. 2000). Syksyn kuhanäytteestä määritettiin mahoista löytyneiden ravintokalojen laji, määrä ja pituudet.

Enonselän velvoitetarkkailuun kuuluvat verkkokoekalastukset tehtiin yleiskatsausverkoilla (NORDIC) neljä kertaa heinä-syyskuussa. Verkkojen pituus oli 30 m ja korkeus 1,5 m. Samassa pyydöksessä on 12 eri solmuväliä (43; 19,5; 6,25; 10; 55; 8; 12,5; 24; 15,5; 5; 35 ja 29 mm), siten että kukin silmäharvuus muodostaa 2,5 m pätkän verkosta. Otanta tehtiin syvyyssvyöhykkeittäin. Matalimmalla vyöhykkeellä (0-3 m) pyydettiin vain pohjaverkoilla. Seuraavalla vyöhykkeellä, 3-10 m syvällä alueella käytettiin pohjaverkkojen lisäksi myös pintaverkkoja (0,5 m kohotapsit). Syvyyssvyöhykkeellä 10-20 m pinta- ja pohjaverkot saivat seurakseen vielä välivesiverkot (6 m kohonarut). Syvimmillä yli 20 m selillä kalastettiin sekä pintapyydyksillä että välivesiverkoilla kahdesta syvyydestä (6 m ja 15 m). Pohjaverkkoja ei tähän syvyyssvyöhykkeeseen viritelty lainkaan alusveden vähähappisuuden takia.

Syvyyssvyöhykkeet jaettiin numeroituihin ruutuihin joista verkkopaikat arvottiin otannan satunnais-tamiseksi. Ruutujen pinta-ala oli useimmiten 25 ha, mutta tarvittaessa käytettiin myös pienempiä ruutuja. Syvyyssvyöhykekohtaisessa pyydysmäärässä otettiin huomioon vyöhykkeen pinta-ala ja tilavuus koko osa-alueesta, siten että laajemmilla ja syvemmillä vyöhykkeillä kalastettiin suuremmalla verkkomäärällä. Kalastusalueella käytetty kokonaisverkkomäärä (60 pyydystä) perustui sekä pinta-alaan sekä syvyyteen, ja kerrallaan verkkoja pidettiin pyynnissä 15 kpl/pyyntialue. Matalimmalla vyöhykkeellä arvonnin osoittamaan ruutuun laskettiin aina yksi pohjaverkko. Työmäärän kohtuullis-tamiseksi muilla vyöhykkeillä arvontaruutuun viritettiin aina jata, jossa oli kaikkia syvyyssvyöhykkeen verkkoja yksi kappale. Pyydykset pyrittiin saamaan ruudun keskustan tienoille syvyysskäyrän suuntaisesti. Verkot laskettiin klo 16-18 ja nostettiin seuraavana aamuna klo 8-10, jolloin pyyntiaikaa kertyi kutakin verkkoa kohti 14-18 tuntia.

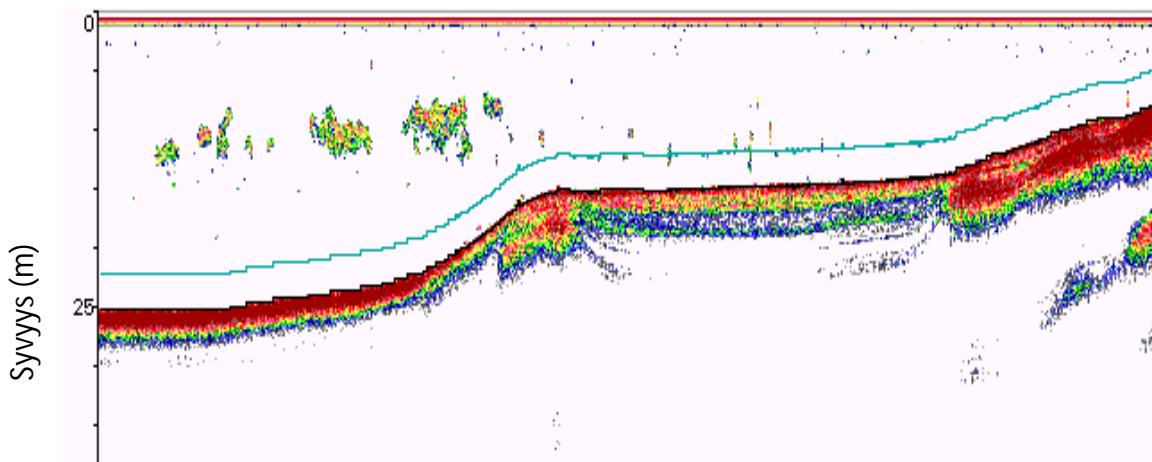
Joka pyydöksestä siis laskettiin saalislajien yksilömäärä ja yhteispaino (g tarkkuudella) lajeittain solmuvälikohtaisesti ja summattiin lopuksi. Petokaloiksi luokitellut ahvenet (>15 cm) käsiteltiin samalla

tavoin, jotta niiden lukumäärät ja painot saatiin lisättyä koko petokala -ryhmän tuloksiin. Yksilöiden pituudet mitattiin pääsääntöisesti jokaisesta mittauskelpoisesta kalasta erikseen sentin tarkkuudella ja myös joka silmäkoosta erikseen. Jos yhden lajin saalis tietystä verkon solmuvälistä ylitti 50 yksilöä, mitattiin siitä 30 kalan otos.

3. Tulokset

3.1 Kalojen horisontaali- ja vertikaalijakauma

Heinäkuussa päivällä suurimmat kalaparvet havaittiin syvänteen päällä (linjalla 4) 8-12 m syvyydellä (kuva 2). Tämän vesikerroksen kalatiheys oli selvästi suurin muuallakin syvänteellä. Pienempiä parvia havaittiin 3-5 m syvyydellä, mutta näiden kahden kerroksen välissä ei juuri esiintynyt kaloja (kuva 3). Yöllä varsinaiset parvet olivat hajaantuneet, mutta kalat esiintyivät kuitenkin varsin tarkkarajaisessa kerroksessa 3-5 m syvyydellä (kuvat 4 ja 5). Niiden horisontaalijakaumakin oli hiukan muuttunut: suurimmat kalatihentymät havaittiin syvänteen reunoilla toisin kuin päivällä (kuva 4). Troolisaaliin perusteella syvemmässä parvikerroksessa oli käytännössä pelkästään kuoretta. Sen lisäksi syvällä esiintyi hiukan ahventa ja muutamia muikkuja. Matalampi parvikerros koostui särjistä, kuhista ja ahvenista. Yöllä nämä kaikki kalalajit esiintyivät päällysvedessä, mutta vesikerroksen 3-5 m kaloista yli 90 % oli kuoretta. Lisäksi päällysvedestä saatiin muikkua, lahnaa ja salakkaa.



Kuva 2. Kaikuluotaukset syvänteen alueen yrittävältä linjalta 4 heinäkuun 1. päivänä, jolloin keskellä syväntettä oli tiheitä kalaparvia 8-12 m syvyydellä.

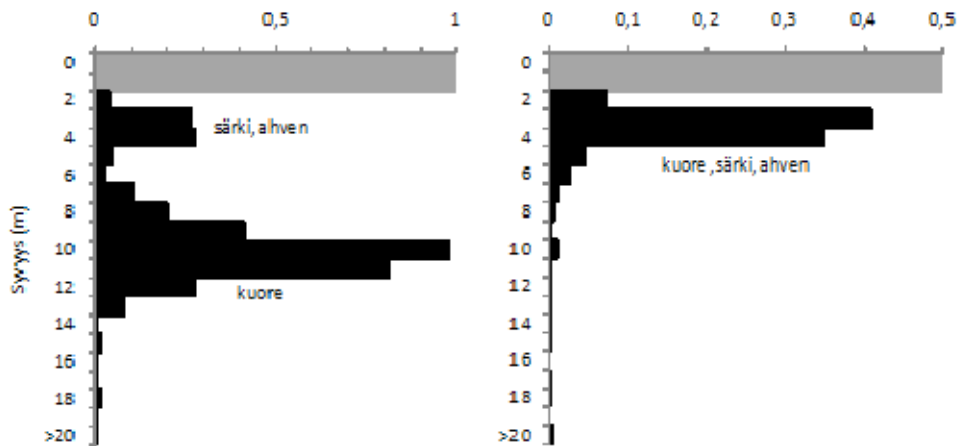
Elokuussa päivällä kalat olivat keskittyneet heinäkuun päivätilanteen tapaan kahteen kerrokseen; enemmän kalaa sisältävä parvikerros oli n. 10 m syvyydellä ja kalamäärältään vähäisempi 3-6 m syvyydellä (kuvat 3 ja 6). Molempien kerrosten selvä valtalaji oli kuore. Vähähappisessa, yli 15 m syvässä vesikerroksessa ei esiintynyt lainkaan kaloja. Yöllä kalaparvet olivat hajaantuneet ja pääosa kaloista oli 10-15 m syvyydellä (kuvat 3 ja 6). Kalatiheyden muutos vähähappisen vesimassan rajapinnalla oli hyvin suuri – kalamäärä romahti äkillisesti 15 m syvyydeltä alaspäin mentäessä (kuva 6). Osa yksikesäisistä (=nollavuotiaista) kuoreista oli kuitenkin selvästi matalammalla, 2-4 m syvyydellä.

Päivä

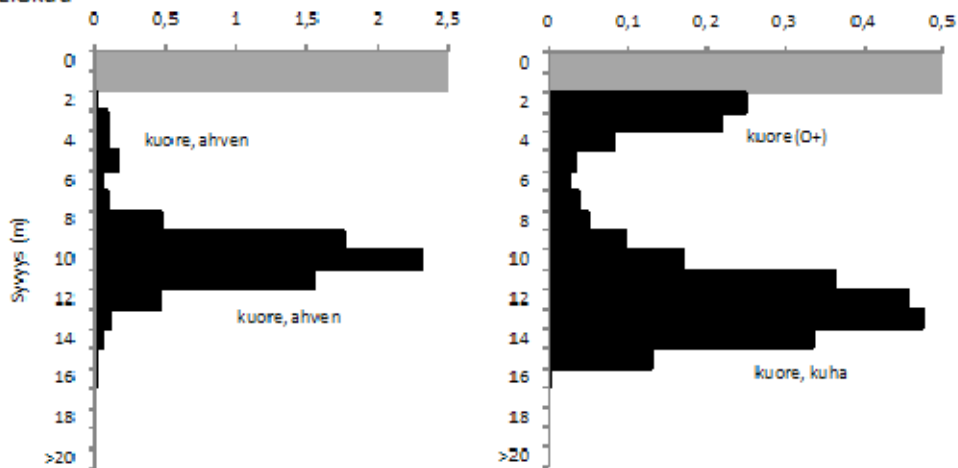
Yö

Kaikuintegraali

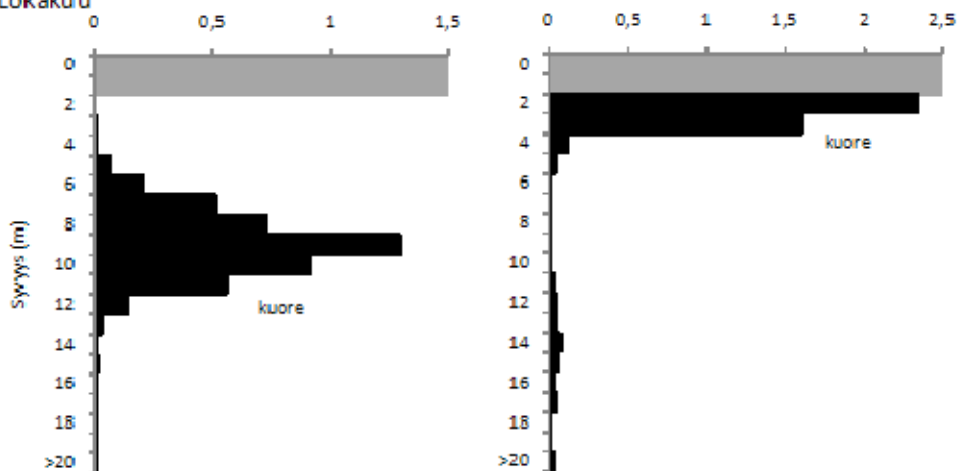
Heinäkuu



Elokuu

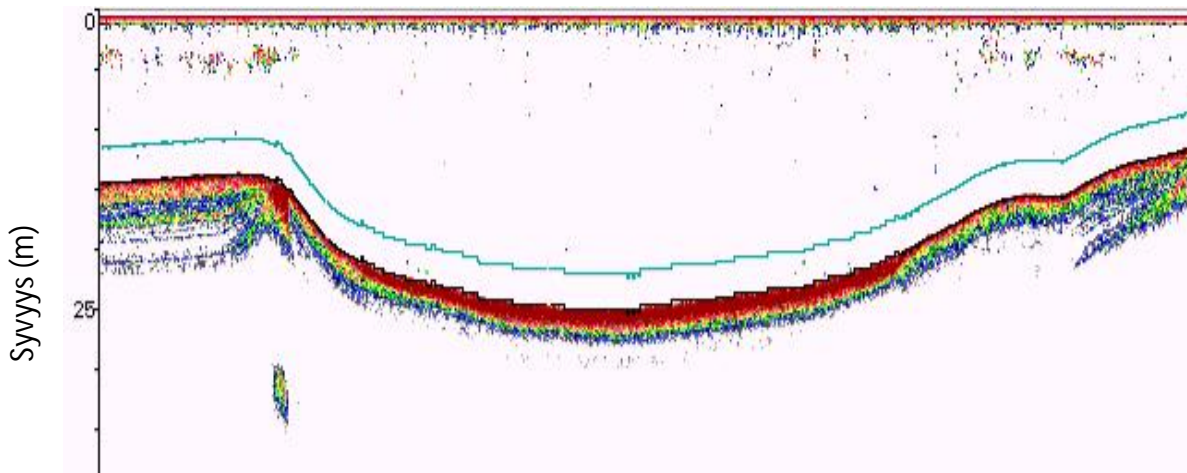


Lokakuu

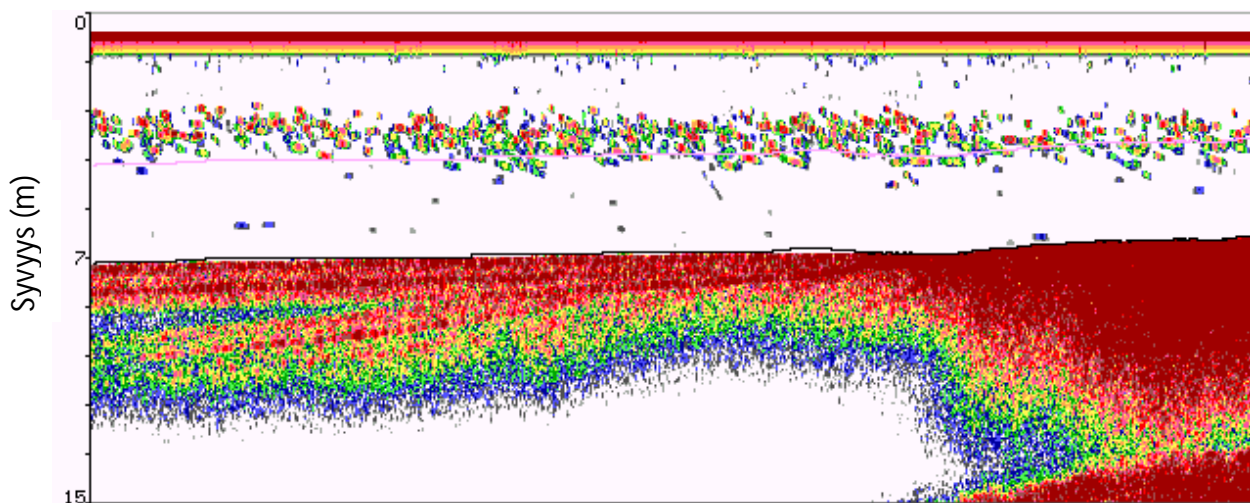


Kuva 3. Kaikuintegraalin vertikaalijakauma vuoden 2009 tutkimusajankohtina ja kalakeskittymien runsaimmat lajit. Kaikuintegraali on suoraan verrannollinen kalatiheyteen. Kaikuluotaimen pintakatvealue on merkitty harmaalla. Huomaa vaihtelevat asteikot kaikuintegraalilla.

Lokakuussa päivällä valtaosa kaloista esiintyi 7-11 m syvyydellä (kuvat 3 ja 7). Tätä matalammalla kalatiheys oli selvästi pienempi kuin kesällä. Myöskään tätä kerrosta syvemmällä ei juuri ollut kalaa, vaikka happipitoisuus oli korkea koko vesipatsaassa. Yöllä kalat nousivat pinnan tuntumaan, ja pintatroulausten mukaan suuri osa nousi kaikuluotaimen pintakatvealueelle asti.

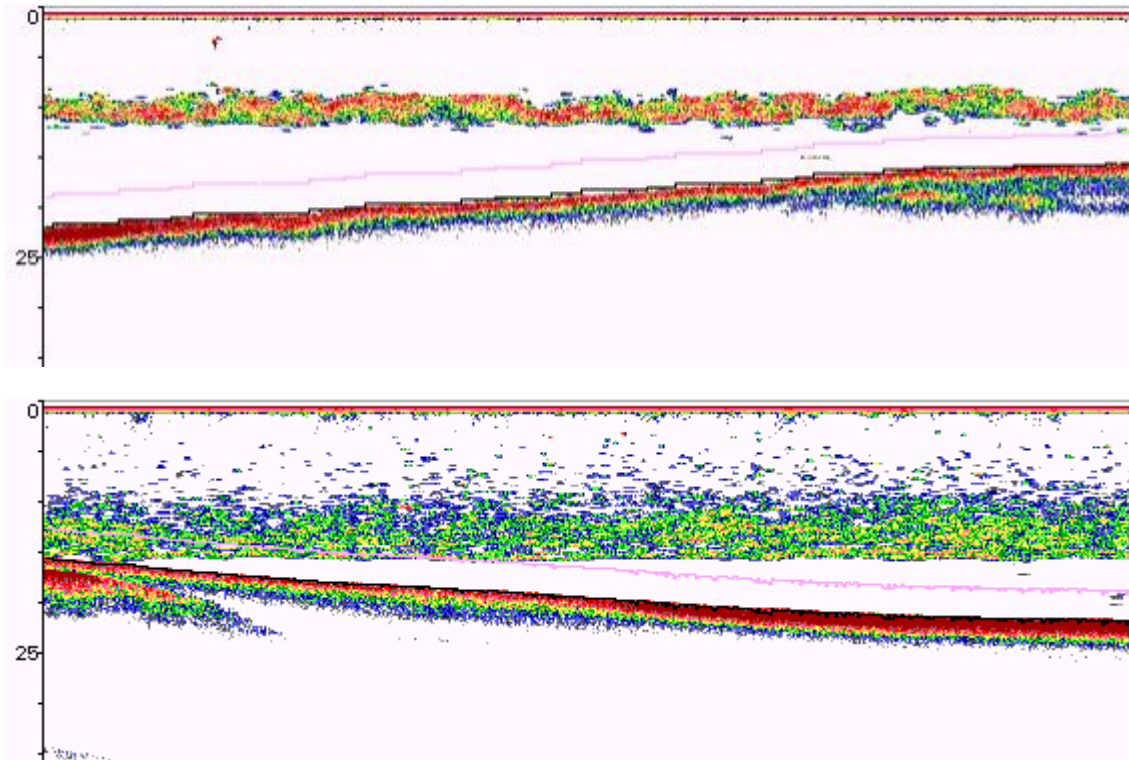


Kuva 4. Yötilanne samalta linjalta kuin kuvassa 2 (huomaa erilainen skaala horisontaalisuunnassa). Kalaparvet ovat hajaantuneet, nousseet 3-5 m syvyydelle ja keskittyneet syvänteen reunalle.

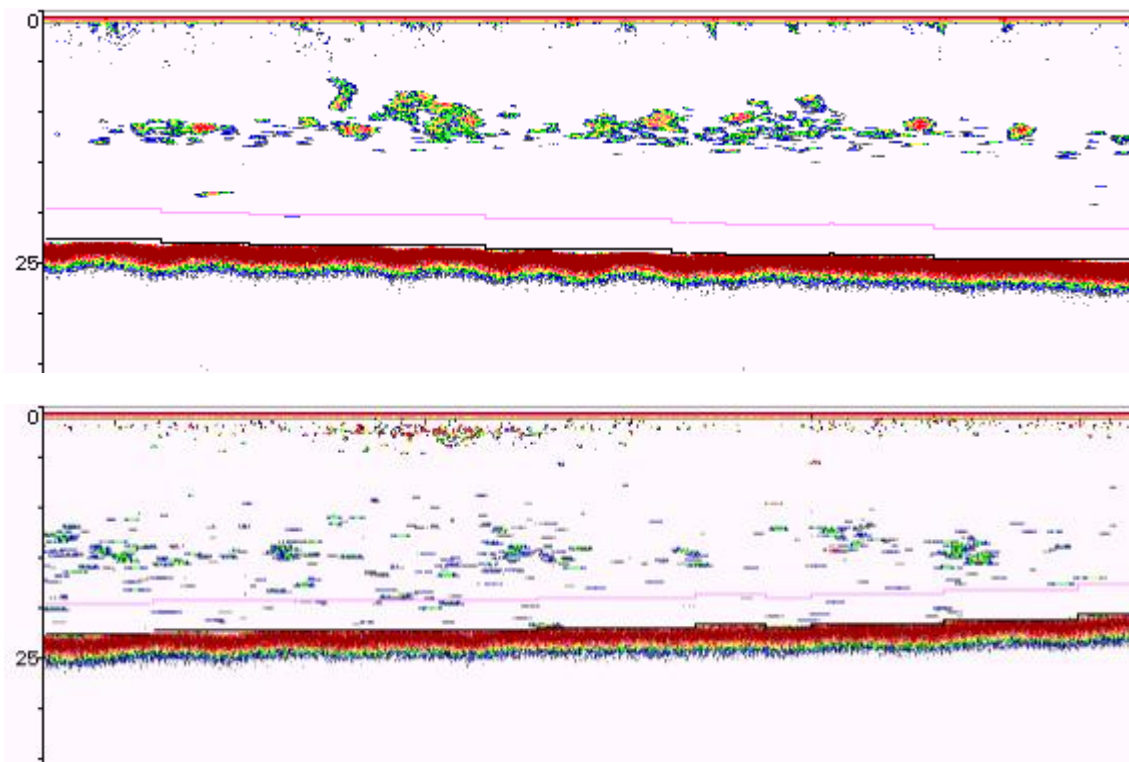


Kuva 5. Suurennoa kuvasta 3, mistä käy hyvin ilmi parvien hajaantuminen yöllä ja tarkkarajainen esiintyminen 3-5 m vesikerroksessa.

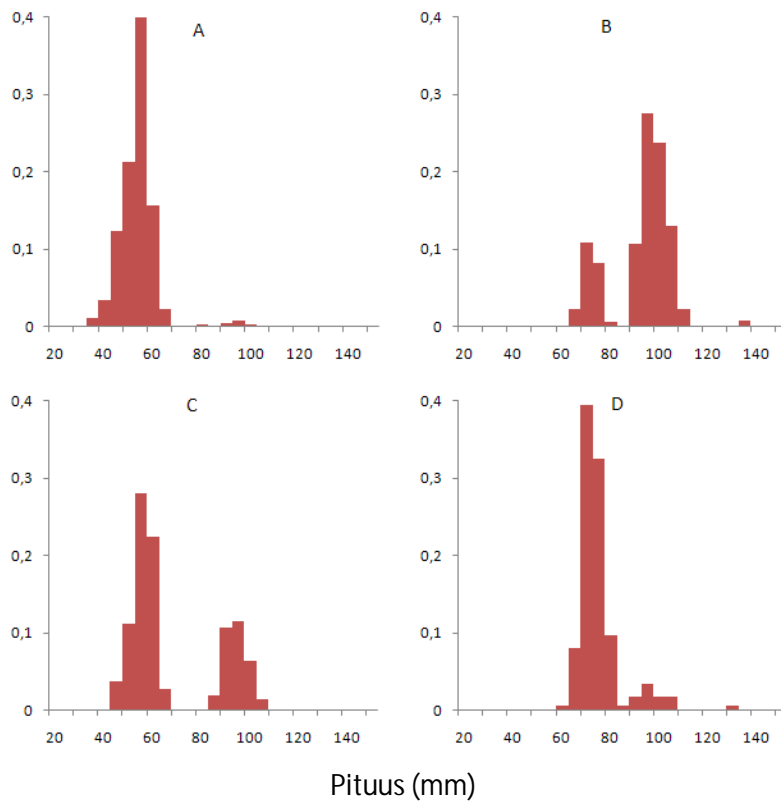
Kuoreiden ikäryhmittäinen vertikaalijakauma vaihteli vuodenajan mukaan. Päiväsaikaan 0-vuotiaat ja vanhemmat kuoret olivat pääosin samassa kerroksessa syvemmällä. Yöllä osa kuoreista nousi pinnan tuntumaan; elokuussa pintatroulauksissa saatiin käytännössä vain 0-vuotiaista, kun taas lokakuussa pintaan nousivat nimenomaan vanhemmat kuoret (kuva 8).



Kuva 6. Kaikuluotaukset samalta paikalta (linja 3 kuvassa 1) 25.8.2009 päivällä (yläkuva) ja yöllä (alakuva). Pohjanmuodot eroavat kuvissa, koska linja on ajettu päivällä etelästä pohjoiseen ja yöllä päinvastaiseen suuntaan.



Kuva 7. Kaikuluotaukset linjalta 4 (ks. kuva 1) 15.10.2009 päivällä (yläkuva) ja yöllä (alakuva).



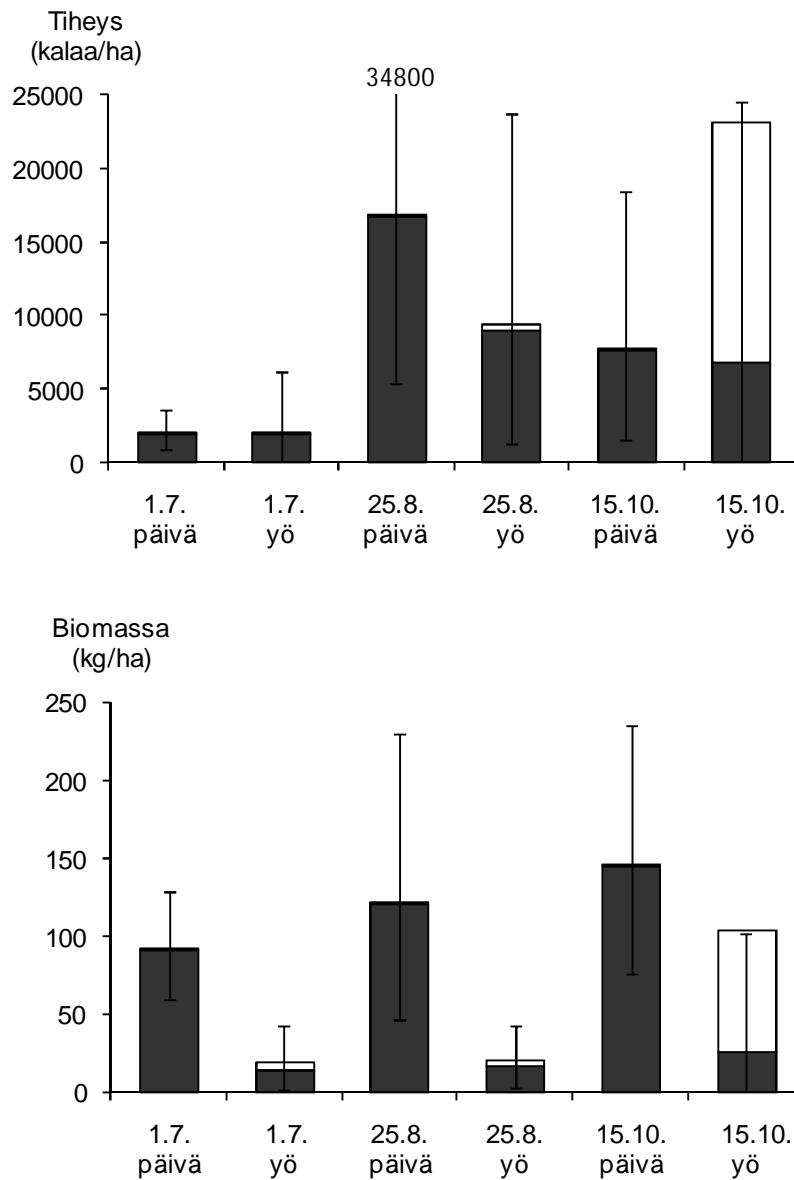
Kuva 8. Kuoreen suhteellinen pituusjakauma yötroolauksissa elokuussa pinnassa (A), lokakuussa pinnassa (B), elokuussa syvällä (C) ja lokakuussa syvällä (D).

3.2 Kalatiheys- ja biomassa-arviot

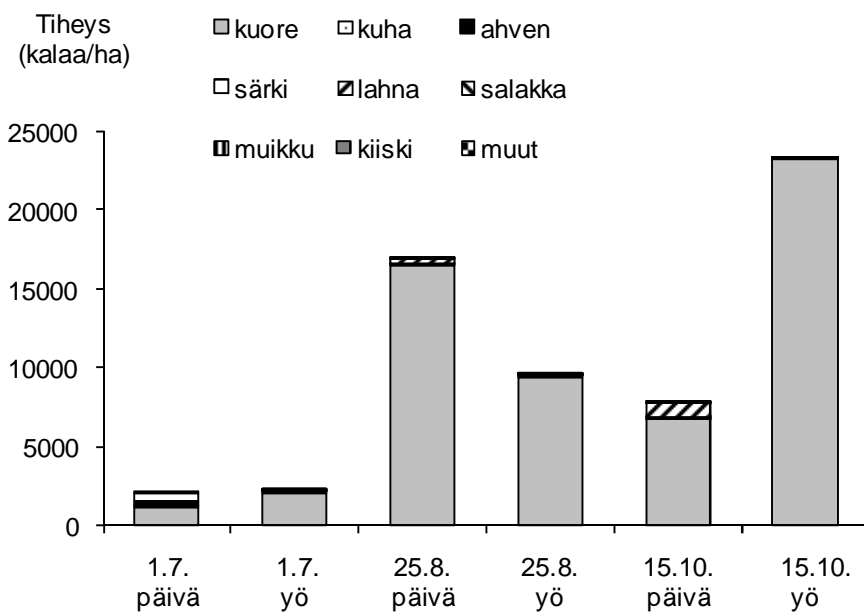
Enonselän yli 6 m syvien alueiden kalatiheysarvio oli heinäkuussa n. 2000 yks./ha, elokuussa vuorokaudenajasta riippuen 10000-17000 yks./ha ja lokakuussa päivällä n. 8000 yks./ha (kuva 9). Lokakuun yöarvioita ei kannata syvällisemmin tarkastella, koska kahteen pintatrootivetoon perustuva arvio (kalat kaikuluotaimen pintakatvealueella) on aivan liian epätarkka. Enonselän ulappa-alueen kalatiheys näytti määräytyvän kuorekannan dynamiikan mukaan. Heinäkuun alussa pienet kuoreenpoikaset eivät vielä olleet havaittavissa, ja kalatiheys oli pieni. Elokuussa ne sen sijaan muodostivat valtaosan varsin suuresta kalatiheydestä (kuva 10). Suuren kuolevuuden takia ne kuitenkin vähenivät selvästi lokakuuhun mentäessä ja kalatiheys oli jälleen pienempi kuin kesällä.

Kalabiomassa-arvion vaihtelu oli toisentyypistä. Se vaihteli voimakkaasti vuorokauden ajan mukaan: päivällä arviot olivat 90-150 kg/ha, kun taas yöllä ne vaihtelivat 14 ja 30 kg/ha välillä (kuva 9). Vaihtelu johtui lähinnä särkikalojen esiintymisestä – niitä esiintyi ulappa-alueella etupäässä päiväsai-kaan (kuva 11). Yöllä vähäinen biomassa koostui lähinnä kuoreesta. Kalatiheysarvioissa särkikalojen päiväaktiivisuus ei näkynyt selvästi, koska niiden lukumäärä oli varsin pieni kuoreeseen verrattuna.

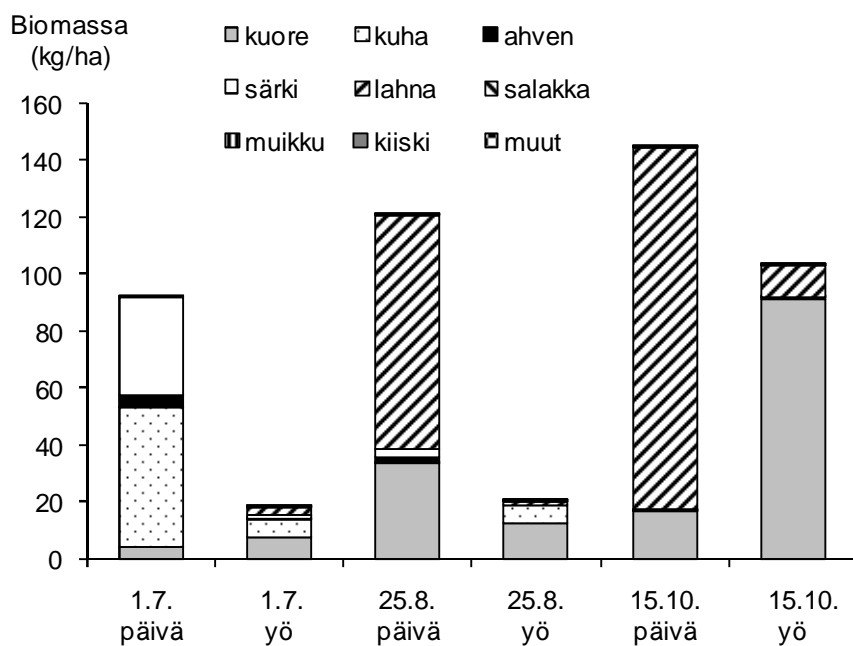
Kaikuluotausarvioilla oli tyypillisesti laajat luottamusvälit johtuen kalamäärän suuresta horisontaalisuuntaisesta vaihtelusta. Kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärä oli merkityksettömän pieni (suosien kaikuluotausarviointia) kaikkina muina ajankohtina paitsi lokakuussa yöllä.



Kuva 9. Enonselän yli 6 m syvien alueiden kalatiheysarvio (yläkuva) ja kalabiomassa-arvio (alakuva) kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella päivällä ja yöllä. Kaikuluotausarvioille on annettu myös 95 %:n luottamusvälit. Kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärät näkyvät valkoisella päällimmäisenä.



Kuva 10. Lukumääräinen kalalajijakauma kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioituna.

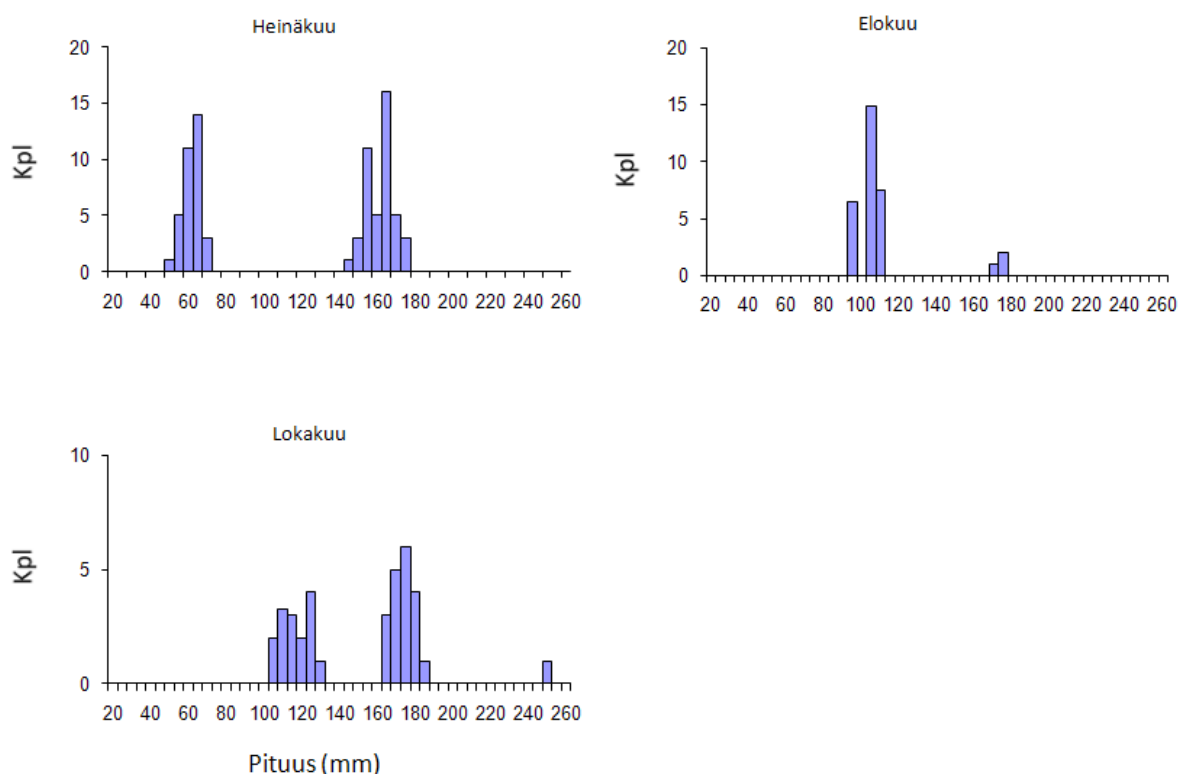


Kuva 11. Kalabiomassan lajijakauma kaikuluotauksen ja koetroolauksen mukaan.

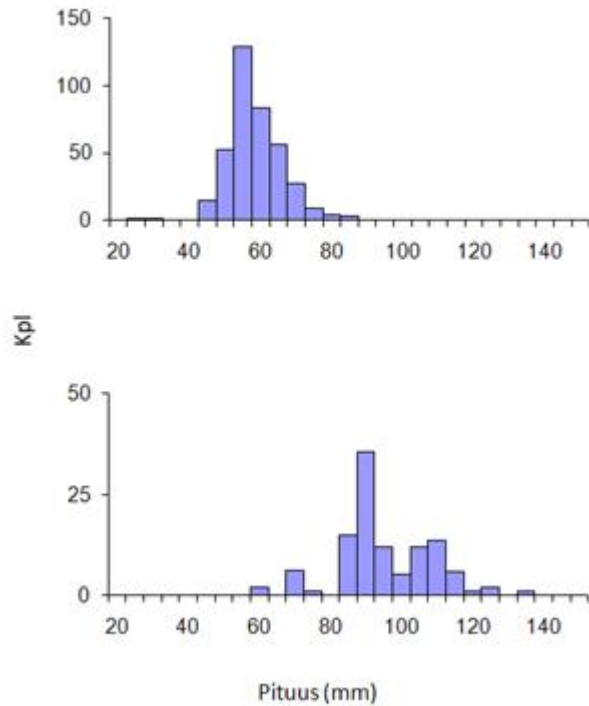
3.3 Kuore, muikku ja kuha

Ulappa-aluetta dominoivat elokuusta lähtien 0-vuotiaat kuoreet, joita oli yli reilusti yli puolet koko kuorekannasta. 0-vuotiaiden kuoreiden keskipituus oli elokuussa 57,9 mm ja lokakuussa 74,3 mm (kuva 8), mikä kertoo sunnilleen yhtä nopeasta kasvusta kuin 1990-luvun puolivälissä (Lehtonen ym. 1997). Kuoreen ohella toinen ulappa-alueella esiintyvä ja mahdollisesti hapetuksesta epäsuorasti kärsivä laji on muikku. 2000-luvulla ei ole syntynyt runsaita vuosiluokkia (Malinen ym. 2008), eikä vuosi 2009 tuonut tähän poikkeusta. Muikkusaalis jäi troolilla vähäiseksi: 0-vuotiaita muikkuja saatiin yhteensä 55 kappaletta, mikä on vähän verrattuna esimerkiksi hyvään muikkuvuoteen 1996 (Lehtonen ym. 1997). Harvat 0-vuotiaat muikut kasvoivat kuitenkin nopeasti: heinäkuun alussa niiden keskipituus oli 62,8 mm ja lokakuun puolivälissä jo 117 mm (kuva 12). Isommat, 15-18 cm muikut eivät kuitenkaan näyttäneet kasvavan paljoa kesän aikana, mikä saattaa johtua hapekkaan ja viileän alusveden puutteesta.

Kuhanpoikasia sen sijaan saatiin melko runsaasti, varsinkin elokuussa, jolloin 0-vuotiaiden kuhien keskipituus oli 60,4 mm (kuva 13). Poikaset kasvoivat vielä syksyn aikana, ja 15. lokakuuta niiden keskipituus oli jo 97,2 mm. Tämä on selvästi enemmän kuin esimerkiksi Tuusulanjärvellä samaan aikaan (Malinen ja Antti-Poika 2010), joten kuhanpoikasillakin on ollut runsaasti ravintoa.



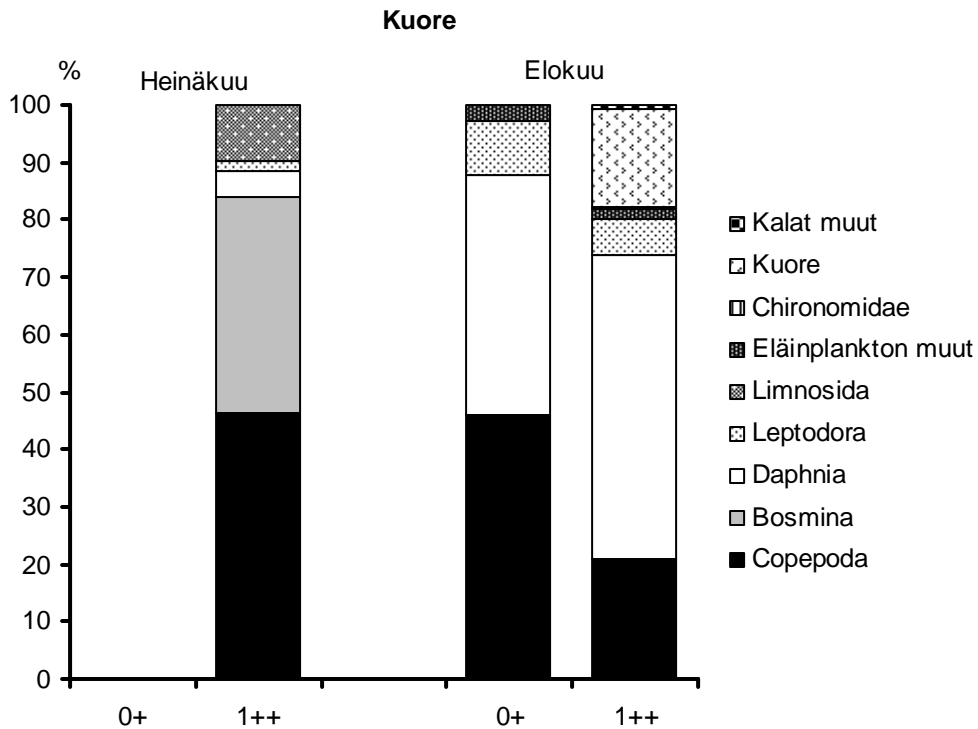
Kuva 12. Muikun pituusjakauma troolisaaliissa. Huomaa lokakuun erilainen y-asteikko.



Kuva 13. Kuhanpoikasten pituusjakauma troolisaaliissa 15.-16.8.2009 (yläkuva) ja 15-16.10.2009 (alakuva). Heinäkuun alussa poikasia ei vielä saatu.

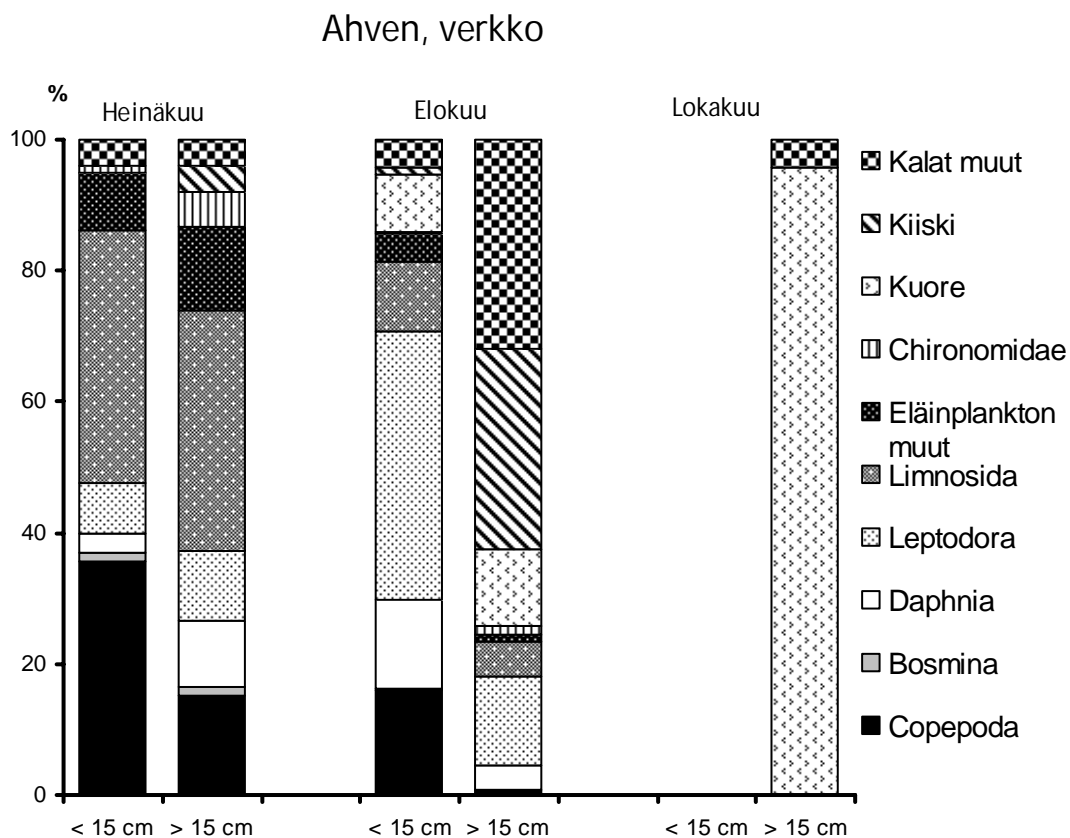
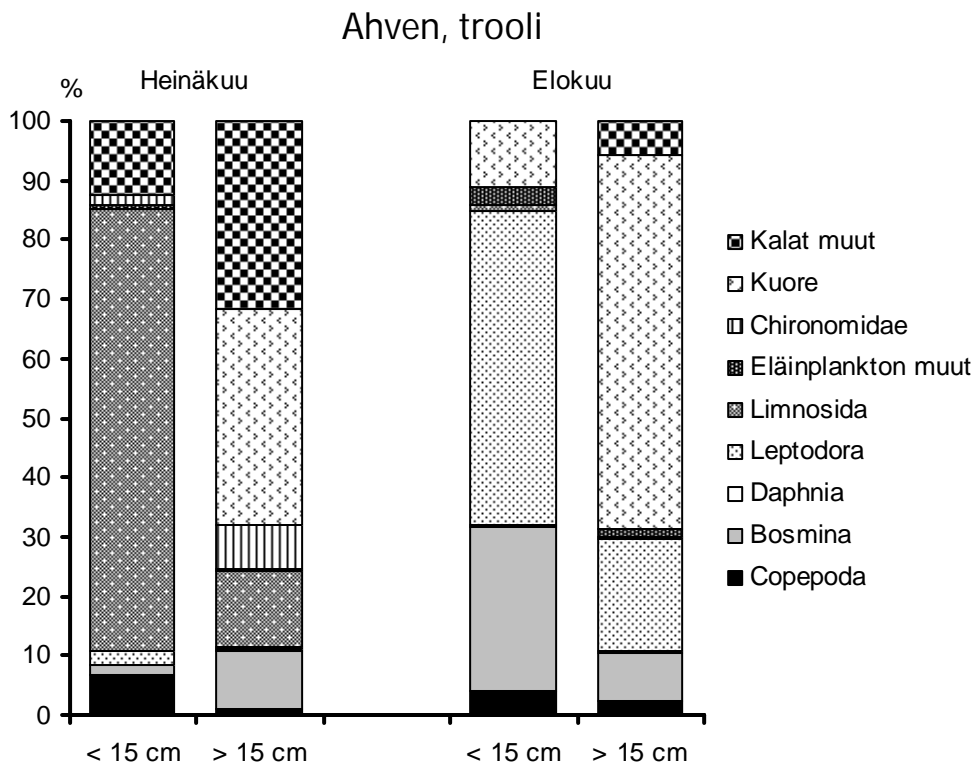
3.4. Enonselän kalojen ravinto vuonna 2009

Yksivuotiaiden ja vanhempien kuoreiden (1++, pituus 75-106 mm, n=44) ravinto koostui heinäkuussa pelkästään eläinplanktonista (kuva 14). Kesänvanhoja eli 0-vuotiaita kuoreita ei heinäkuussa saatu näytelokaliksi. Tärkeimmät ravintokohteet olivat järjestyksessä hankajalkaiset (Copepoda, 46 %), *Bosmina*-vesikirput (37 %), *Limnospira frontosa* (10 %) ja *Daphnia*-vesikirput 4 % osuudella. Elokuussa kesänvanhojen (n=59, pituus 40–63 mm) kuoreiden ravinto koostui ainoastaan eläinplanktonista, yleisempien ravintokohteiden ollessa hankajalkaiset (Copepoda, 46 %), *Daphnia*-vesikirput (46 %) ja *Leptodora kindtii* noin 9 % osuudella. Vanhempien kuoreiden (n=85, 1++ pituus 82–140 mm) ravinto oli elokuussakin eläinplanktonpainotteinen (Copepoda 21 % ja *Daphnia*-vesikirput 53 %), joskin myös jonkun verran kalaravintoa (kesänvanhoja kuoreita) tavattiin suurempien kuoreiden ravinnossa.



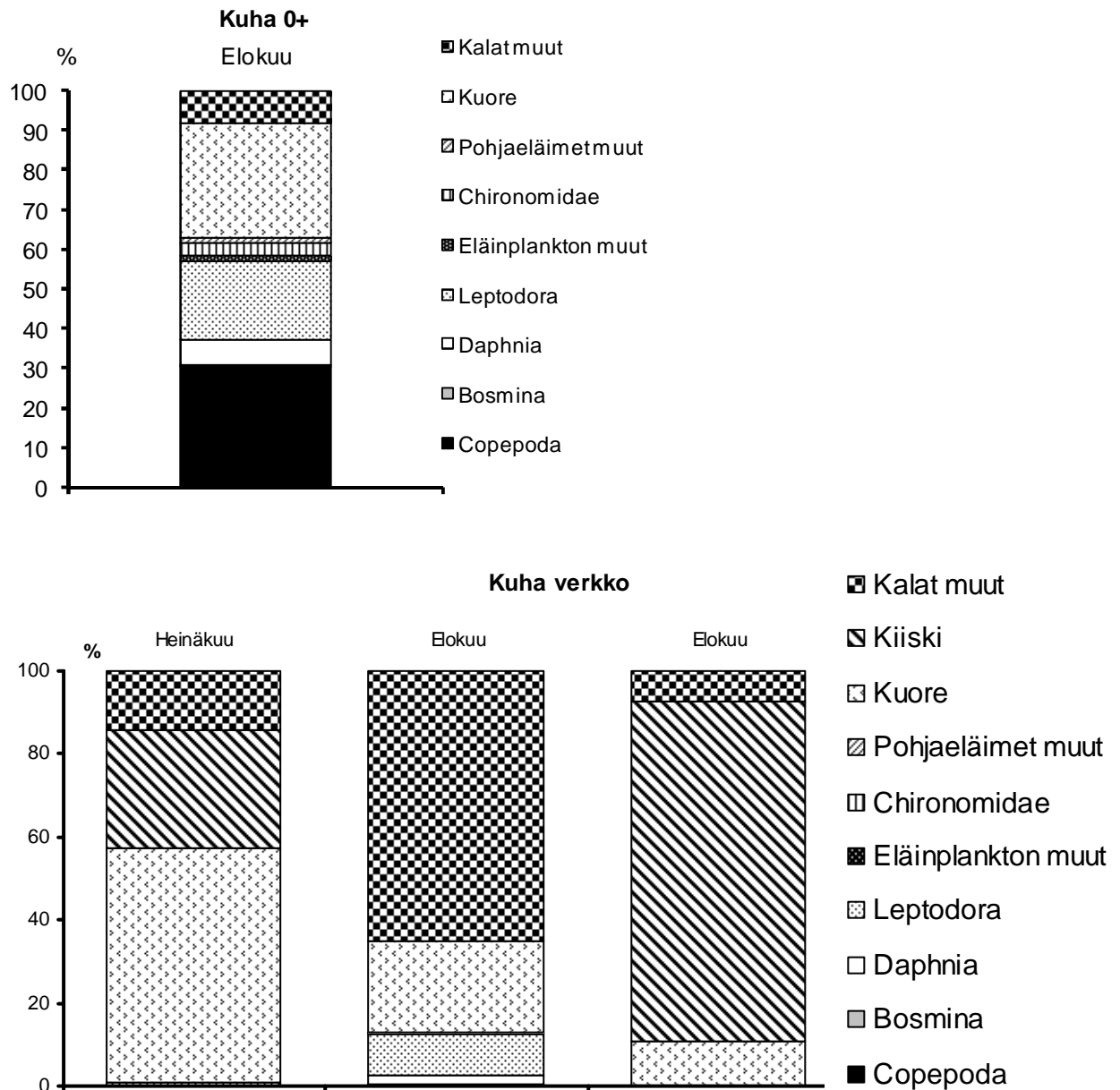
Kuva 14. Kuoreiden ravinnon koostumus Enonselällä v. 2009

Pienten ahventen (n=24, pituus 113–149 mm) ravinto koostui heinäkuussa lähes pelkästään *Limnosida*-vesikirpuista (75 %), joskin myös pieniä määriä kalanpoikasia (12 %) tavattiin ravinnossa (kuva 15). Elokuussa pienet ahvenet käyttivät edelleen runsaasti eläinplanktonia tärkeimpien kohteiden ollessa *Leptodora kindtii* noin 53 % ja *Bosmina*-vesikirput 28 % osuudella. Kalaravinto (11 %) sisälsi pelkästään kesänvanhaa kuoretta). Suurempien ahventen ravinnossa sekä heinä- (n=31, 153–202 mm) että elokuussa (n=50, 150–206 mm) eläinplanktonin merkitys oli vähäinen (24–31 %) välivedestä pyydetyillä kaloilla. Sen sijaan pohjasta pyydetyt isommatkin ahvenet olivat syöneet planktonvoittoista ravintoa. Molempina ajankohtina kalaravinnon osuus oli lähes 70 % ja varsinkin kesänvanhojen kuoreiden merkitys elokuussa oli todella huomattava (63 %). Lokakuussa isot ahvenet söivät syvänteellä lähes yksinomaan kuoretta.



Kuva 15. Ahvenen ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009

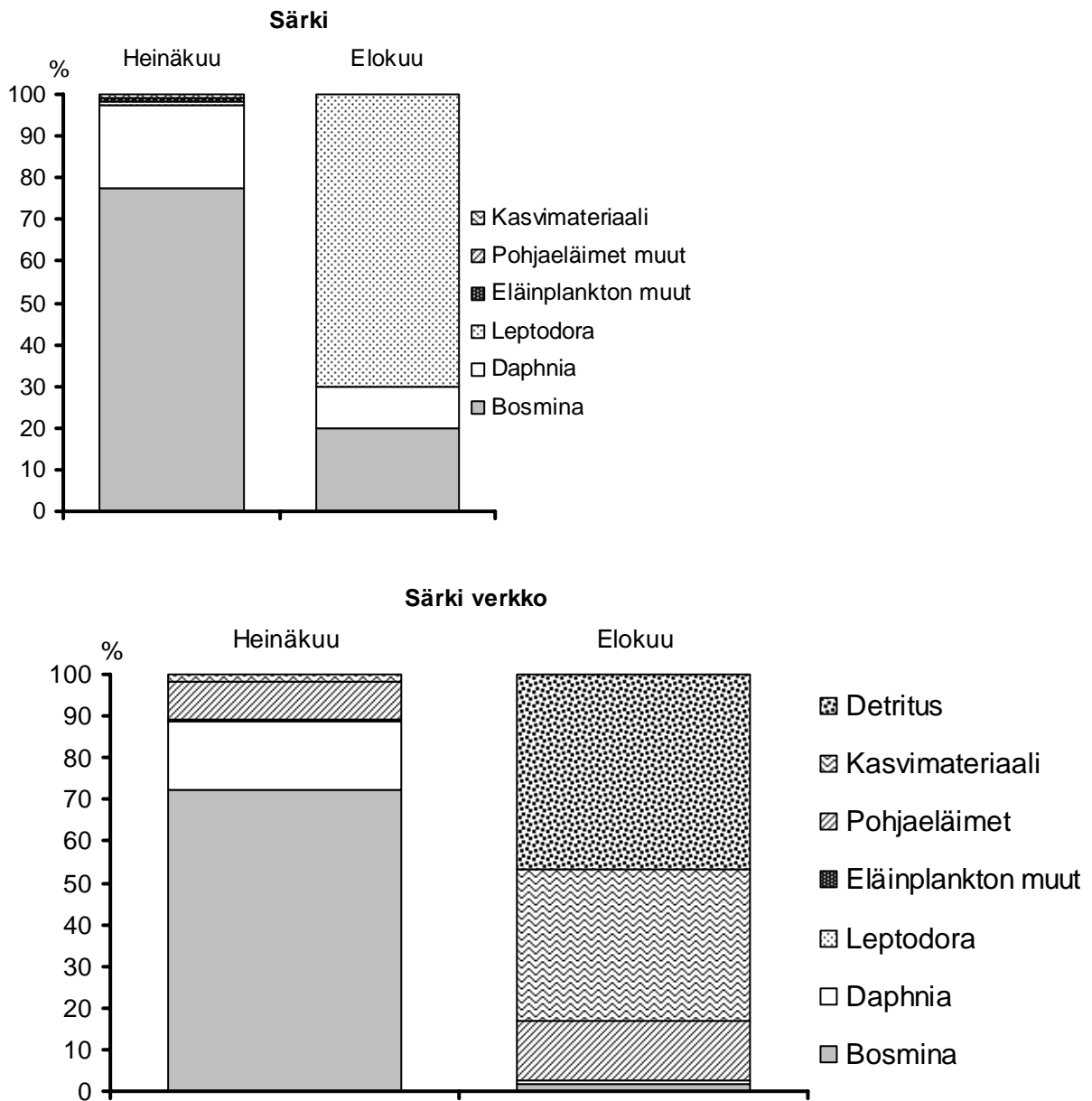
Kesänvanhojen kuhien (n=97, pituus 27–88 mm) ravinto koostui elokuussa suurimmaksi osaksi eläinplanktonista, hankajalkaisten (Copepoda, 31 %) ja *Leptodora kindtiin* (20 %) ollessa yleisimmät (kuva 16). Suurimpien kuhien ravinnossa tavattiin runsaasti kalanpoikasia, kuten kuoreen kesänvanhoja poikasia (29 %). Verkolla pyydettyjen kuhien ravinto koostui lähes pelkästään kaloista, kuore ja kiiski olivat runsaimmat lajit.



Kuva 16. Kuhan ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009

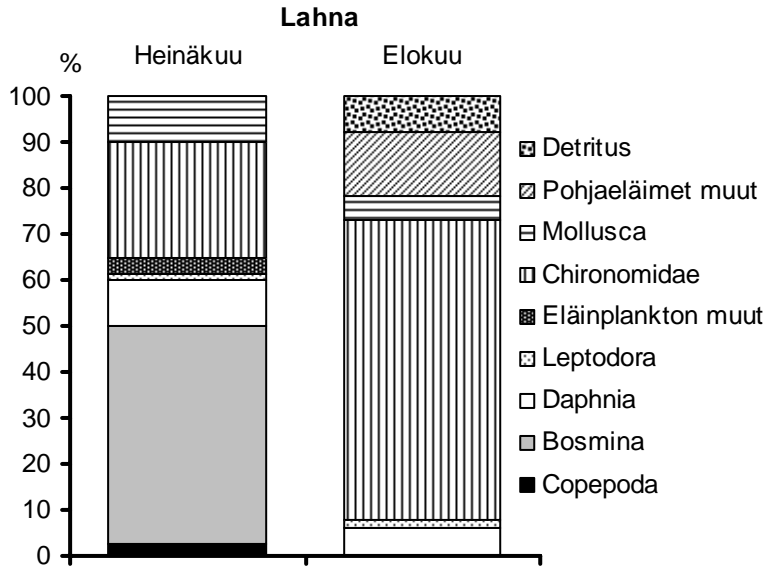
Särjen ravinto koostui heinäkuussa (n=65, pituus 136–213 mm) lähes yksinomaan eläinplanktonista (99 %), lähinnä *Bosmina*- (77 %) ja *Daphnia*-vesikirpuista (20 %) (kuva 17). Elokuussa (n=4, pituus 156–300 mm) troolinäytteen särkien tärkeimmät ravintokohteet olivat *Leptodora kindtii* (70 %) sekä *Bosmina*- (20 %) ja *Daphnia*-vesikirput (10 %). Verkkonäytteen särkien ravinto oli heinäkuussa

samanlaista kuin troolinäytteessäkin, mutta elokuussa verkkonäytteen särjet olivat syöneet pohjaravintoa planktonin sijaan.

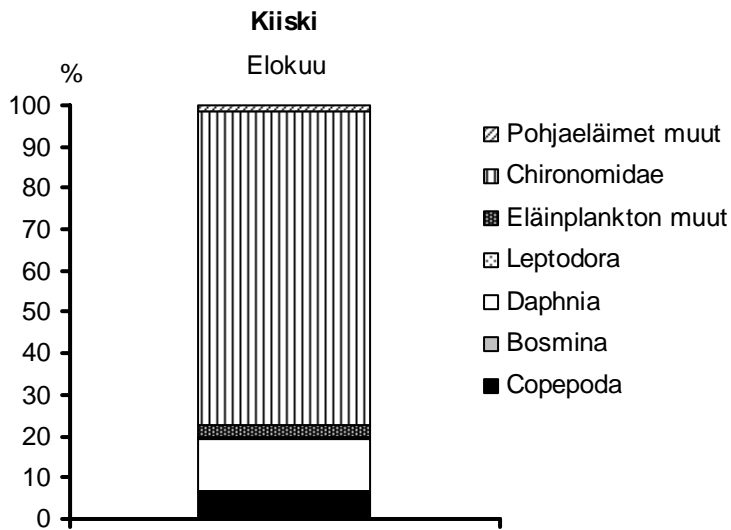


Kuva 17. Särjen ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009

Lahnan ravinto oli heinäkuussa pääasiassa eläinplanktonia, erityisesti Bosminaa ja Daphniaa (kuva 18). Elokuussa lahnat olivat syöneet pääasiassa surviaissääsken toukkia. Toinen pohjaeläinpesialisti kiiski söi elokuussa myös pääasiassa surviaistoukkia (kuva 19).

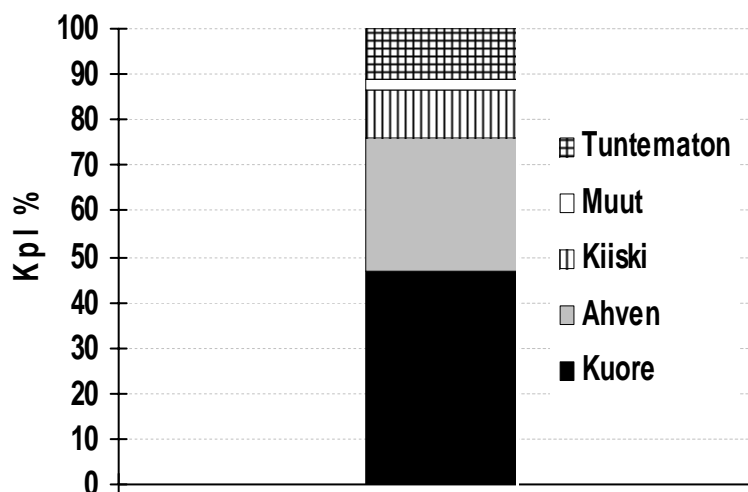


Kuva 18. Lahnan ravinnon koostumus Enonselällä v. 2009



Kuva 19. Kiisken ravinnon koostumus Enonselällä v. 2009

Kuore ja ahven olivat kuhien tärkeintä syysravintoa Enonselällä 2009 (kuva 20). Tilanne on tyypillinen, näiden kahden tärkeimmän kuhan saalislajin osuus vaihtelee kuorekannan runsauden mukaan. Ahvenet olivat keskimäärin painavampia kuin kuoreet, joten ahvenen osuus kuhan syömien kalojen painosta oli noin 50 % ja kuoreiden osuus noin 30 %.



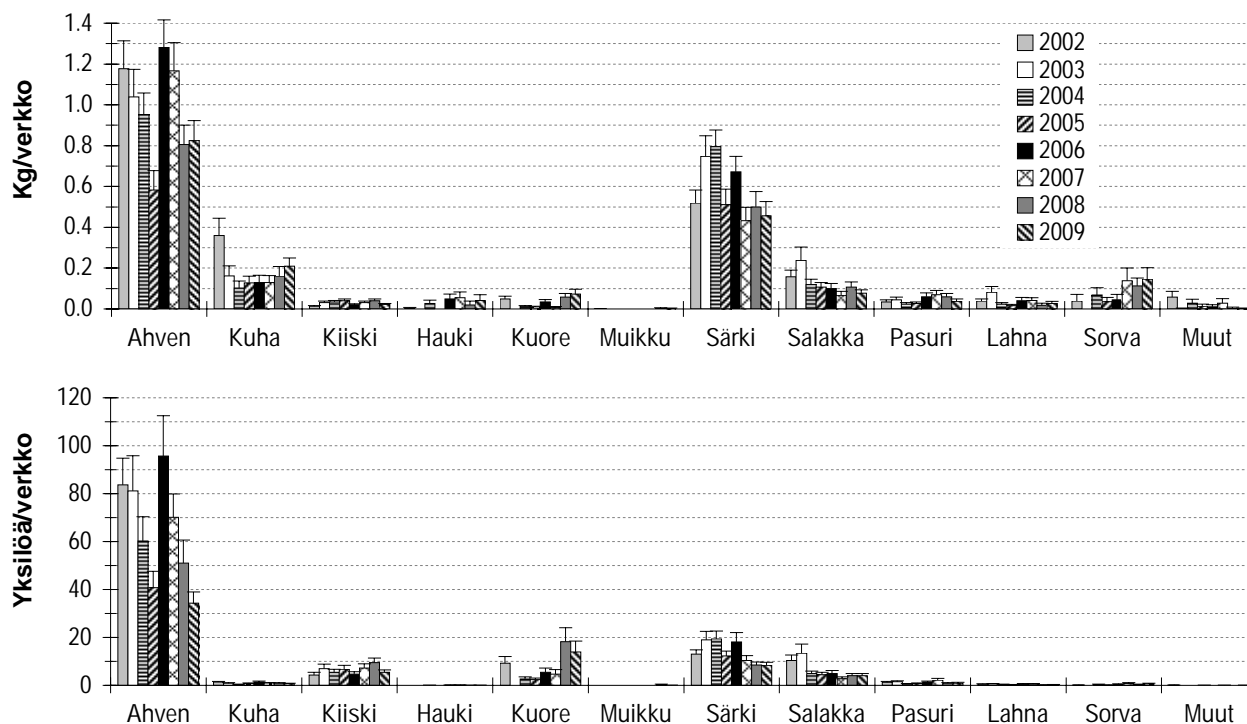
Kuva 20. Kuhan saalislajien lukumääräosuudet syksyn verkkokalastuksissa vuonna 2009. Muut = muikku, kuha, särki, lahna, pasuri. Tutkittuja kuhia oli 215.

3.5. Enonselän verkkokoekalastukset

Enonselän verkkokoekalastusten saaliit (taulukko 1) olivat valtalajien, ahvenen ja särjen osalta laskusuunnassa verrattuna edeltäviin vuosiin (kuva 21). Kalayhteisön rakenne oli verkkosaaliin perusteella ahvenkalavoittoinen. Kuoreen yksikkösaalis oli samalla tasolla kuin ennen syksyn 2002 romahdusta. Kuhan painoyksikkösaalis on noussut viime vuosina.

Taulukko 1. Enonselän koeverkkoosaaliit v. 2009. Saaliin kokonaispaino ja lukumäärä, niiden osuudet sekä yksikkösaaliit (kg ja yks./verkko) lajeittain. Lisäksi särki- ja ahvenkalaryhmistä on vielä erikseen tiedot.

Laji	Paino (kg)	Yks.	Paino %	Yks. %	Kg/verkko	Yks./verkko
Ahven	49.512	2 055	43.0	49.8	0.83	34.3
Kuha	12.533	47	10.9	1.1	0.21	0.8
Kiiski	1.334	327	1.2	7.9	0.02	5.5
Hauki	2.522	3	2.2	0.1	0.04	0.1
Kuore	4.394	834	3.8	20.2	0.07	13.9
Muikku	0.145	3	0.1	0.1	0.00	0.1
Siika	0.030	1	0.0	0.0	0.00	0.0
Särki	27.373	503	23.8	12.2	0.46	8.4
Salakka	4.629	246	4.0	6.0	0.08	4.1
Pasuri	2.212	52	1.9	1.3	0.04	0.9
Lahna	1.595	14	1.4	0.3	0.03	0.2
Sorva	8.726	38	7.6	0.9	0.15	0.6
Made	0.119	1	0.1	0.0	0.00	0.0
Kivisimppu	0.002	1	0.0	0.0	0.00	0.0
Yhteensä	115.126	4 125	100	100	1.92	68.8
Särkikalat	44.535	853	38.7	20.7	0.74	14.2
Ahvenkalat	63.379	2 429	55.1	58.9	1.06	40.5
Muut	7.212	843	6.3	20.4	0.12	14.1



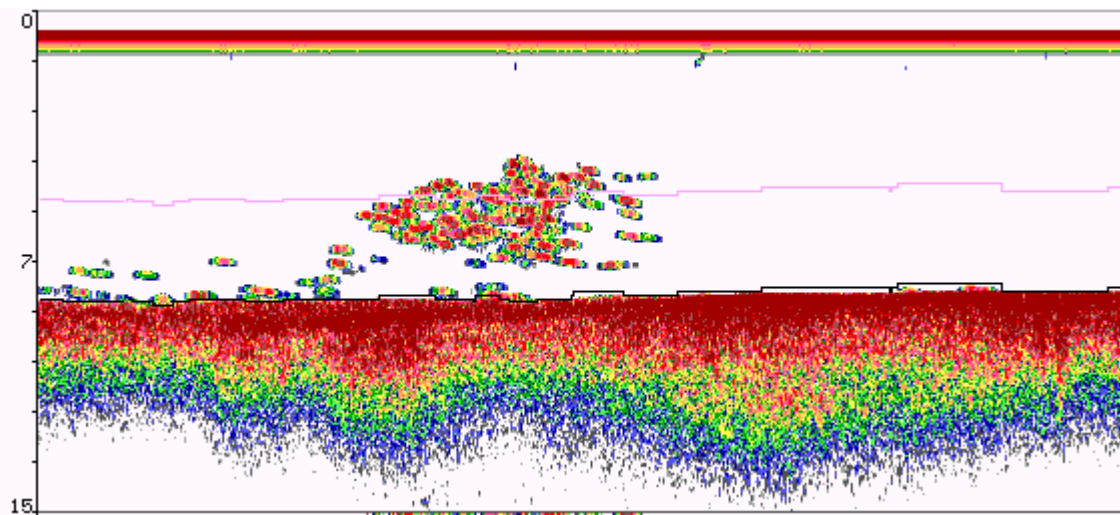
Kuva 21. Enonselän verkkokoekalastusten yksikkösaaliit lajeittain painoina (kg/verkko) ja yksilömäärinä (yksilöä/verkko) v. 2002-2009. Muut = siika, made, ruutana, kivisimppu. Hajontajanat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä (se).

4. Tulosten tarkastelu

Vesijärven Enonselän kalatiheys näyttää tällä hetkellä heijastelevan kuorekannan runsautta. Kanta on elpynyt hyvin vuoden 2002 romahduksesta. Kuorevuosiluokka 2009 oli voimakkaampi kuin edellisellä seurantajaksolla 2002-2006 keskimäärin (Malinen ym. 2008). Heikonlainen happitilanne kesällä 2009 ei aiheuttanut kannalle suurta kuolevuutta. 0-vuotiaiden keskipituus oli lokakuussa 74,3 mm, mikä kielii hyvästä kasvusta ja siten myös hyvistä ravintovaroista. Vaikka särkikalajien tiheydet olivat melko pieniä, niiden biomassa on ajoittain suuri, n. 50-100 kg/ha. Muikkukanta oli heikko, vaikka 2008 muikun vuosiluokka tuottikin erälle Enonselän ammattikalastajalle noin 3000 kg rysäsaaliin kesällä 2009.

Särkikalabiomassat olivat hiukan suurempia ja ahvenbiomassat selvästi pienempiä kuin vuosina 2002-2006 keskimäärin. Nämä lajit esiintyivät ulapalla vain päiväsaikaan kuten aikaisempinakin vuosina. Näin ollen ne ovat merkittävässä roolissa ravinteiden kulkeutumisessa ranta-alueen ja ulapan välillä. Verkkokoekalastusten perusteella ahvenkannan heikentyminen on ollut tilapäistä, ja vuonna 2010 kanta on jälleen kääntynyt kasvuun (Ala-Opas ja Ruuhijärvi, julkaisematon). Kuhabiomassa-arvio oli ajoittain epärealistisen suuri. Ilmeisesti kuhat ovat jostain syystä tulleet yliedustetuiksi troolissa. Tämä on kylläkin hieman yllättävää, sillä yleisesti tiheäperäisten troolien ajatellaan nimenomaan pyytävän huonosti petokaloja. Enonselän kuhakanta oli vuonna 2009 verkkokoekalastustekin perusteella runsas, joten kuhat ovat troolausten ajankohtina olleet kertyneenä ulappa-alueelle. Petokalat liikkuvat ravinnon perässä, vastaavasti kuorekadon aikana vuosina 2003-05 kuhia saatiin runsaammin matalilta alueilta.

Vuonna 2009 käytetyn kaikuluotaus- ja koetroolauksotannan heikoin kohta on lajijakauman määrittäminen troolisaaliiden perusteella. Alueen monimuotoisuuden takia troolinäytteet pitäisi pystyä ottamaan monelta paikalta ja syvyydeltä saman päivän tai yön aikana. Käytännössä aika loppuu kesken, eikä kaikista kalakeskittymistä saada näytettä. Tehtävää vielä hankaloittaa se, että aivan kaikilla alueilla ei ainakaan vuonna 2009 saatu troolata. Erityisen paljon puutteellinen trooliotanta vaikutti vuonna 2009 lahnan ja särjen biomassa-arvioihin. Esimerkki särkikalaparvesta, josta ei saatu näytettä, on esitetty kuvassa 22. Kuvassa 9 näkyviin lahnabiomassa-arvioihin tuleekin suhtautua varauksella: on mahdollista, että osa esitetystä lahnabiomassasta oli todellisuudessa särkeä.



Kuva 22. Kaikuluotaukokuva linjan 10 pohjoisosasta lokakuun 15. päivänä 2009. Kuvassa näkyvä kalaparvi koostuu kohdevoimakkuuksien perusteella todennäköisesti lahnoista. Kyseessä olisi kuitenkin voinut olla myös suurikokoisista särjistä koostunut parvi.

Enonselän kaloista varsinkin ahven ja pienet kuhat käyttivät kesällä 2009 ravintonaan selkärangattomia petoja, erityisesti *Leptodora*-vesikirppua. Vesikirppujen laiduntajana tunnetun *Leptodoran* määrä on erityisen mielenkiinnon kohteena, koska se saattaa runsastua planktonsyöjäkalojen vähetessä ja vaikuttaa sitä kautta eläinplanktonyhteisön kykyyn säädellä kasviplanktonbiomassaa. Särkikalat valikoivat eläinplanktonista herbivorisia vesikirppuja ja kuore erityisesti hankajalkaisia. Toisaalta kuorekin söi jonkin verran *Leptodora* varsinkin elokuussa. Koska Enonselän kuoretiheys on yleensä suuri, saattaa silläkin olla merkitystä *Leptodoran* säätelijänä. Tämän suoran vaikutuksen lisäksi eräs epäsuora vaikutusketju kulkee kuoreen kautta. Jos kuore vähenee, kuhat todennäköisesti siirtyvät käyttämään enemmän pientä ahventa, jonka on aiemmin todettu olevan kuhan tärkeä ravintokala Vesijärvellä (Peltonen ym. 1996). Tämä saattaa heijastua myös ravintoketjussa alaspäin – ahvenen saalistuksen vähetessä saattaa *Leptodora* runsastua.

Särjen ja ahvenen ravinnonkäytön erot ovat samankaltaiset kuin 1990-luvun puolivälissä, jolloin sitä edellisen kerran tutkittiin Enonselällä (Horppila, ym. 2000). Suuret petokala-ahvenet söivät vuonna 2009 lähes pelkästään kuoretta Enonselän ulapalla. Vuosina 1994-96 petoahventen ravinnossa myös kiiski oli merkittävässä asemassa, mutta aineisto olikin tuolloin kattavampi kuin tämänkertaisessa tutkimuksessa. Kuhankin ravinnossa kiiski oli 2009 myös merkittävämpi kesällä kuin syksyllä. Vesijärvellä vain suurikokoiset särkikalat laiduntavat eläinplanktonia ulapalla. Kuha ja ahven käyttävät

ravinnokseen pienempikokoisia kaloja, joten ne joutuvat etsimään ravintonsa matalilta alueilta, mikäli ulapalla ei ole kuoretta ravinnoksi.

Vuoden 2009 ravintoverkkotutkimusaineiston perusteella ei vielä voida tehdä kovin hyviä päätelmiä hapetuksen mahdollisista vaikutuksista. Erilaisten skenarioiden luominen on helppoa eri vuorovai-
kutusten painoarvoa muuttamalla, eikä niillä spekuloinnista ole tässä vaiheessa mitään hyötyä. Vasta kun tutkimukset on toistettu muutamaan kertaan, voidaan sanoa, onko alusveden hapetus positiivinen vai negatiivinen toimenpide Enonselän kalayhteisön kannalta. Sama koskee ravintover-
kon kautta tapahtuvaa vaikutusta järven tilaan, erityisesti sinileväkukintoihin.

Selkärangattomien petojen, erityisesti *Leptodoran* mahdollisen runsastumisen lisäksi järven tilan kannalta on vähintäänkin yhtä olennaista se, etteivät särkikalat pääse runsastumaan liikaa. Ulappa-
alueen kalayhteisön säilyminen ahvenkalojen ja kuoreen vallitsemana saattaa pienentää leväkukin-
tojen riskiä. Tämä johtuu em. *Leptodoran* kautta kulkevan vaikutuksen lisäksi kahdesta muusta tär-
keästä vaikutusmekanismista: 1) ravinteiden kulkeutuminen rantavyöhykkeltä ulapalle tehostuu, jos särkalat alkavat vaeltaa rannan ja ulapan välillä, jolloin ulapan levillä on käytettävissä enemmän ravinteita ja 2) särkikalat aiheuttavat ehkäpä kuoretta ja ahventa voimakkaimman laidunnuspaineen nimenomaan sinileviä sääteleviin päällysveden vesikirppuihin, jolloin ne eivät pysty säätelemään sinileväbiomassaa.

Lähdeluettelo

- Appenzeller, A. R. ja Leggett, W. C. 1992: Bias in hydroacoustic estimates of fish abundance due to acoustic shadowing: evidence from day-night surveys of vertically migrating fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2179-2189.
- Jolly, G. M. ja Hampton, I. 1990: Some problems in the statistical design and analysis of acoustic surveys to assess fish biomass. *Rapp. P.-v Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 189: 415-420.
- Horppila, J., Nyberg, K., Peltonen, H. ja Turunen, T. 1996: Effects of five years of intensive trawling on a previously unexploited smelt stock. *J. Fish Biol.* 49: 329-340.
- Horppila, J. ja Peltonen H. 1994: The fate of a roach *Rutilus rutilus* stock under an extremely strong fishing pressure and its predicted development after the cessation of mass removal. *J. Fish Biol.* 45: 777-786.
- Horppila, J., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Karppinen, C., Nyberg, K. & Olin, M. 2000. Seasonal changes in the diets and relative abundances of perch and roach in the littoral and pelagic zones of a large lake. *Journal of Fish Biology* 56, 51-72.
- 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.
- Jurvelius, J. ja Sammalkorpi, I. 1995: Hydroacoustic monitoring of the distribution, density and the mass-removal of pelagic fish in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* 316: 33-41.

- Lehtonen, H., Kairesalo, T., Horppila, J., Malinen, T., Nyberg, K., Peltonen, H. ja Ruuhijärvi, J. 1997: Kalakantojen pysyvyys viisivuotisen tehokalastuksen jälkeen. Maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimushanke 30992717. Loppuraportti. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. 49 s. Malinen, T. ja Antti-Poika, P. 2010: Tuusulanjärven kalatiheys ja -biomassa vuonna 2009 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. 15 s.
- Malinen, T. ja Peltonen, H. 1996: Optimal sampling and traditional versus model-based data analysis in acoustic fish stock assessment in Lake Vesijärvi. *Fisheries Research* 26: 295-308.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Antti-Poika, P. ja Salonen, M. 2008: Vesijärven Enonselän ulappa-alueen kalayhteisön kehitys vuosina 2002-2006. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, ympäristöekologian laitos sekä bio- ja ympäristötieteiden laitos. 16 s.
- Olin, M. ja Malinen, T. 2003: Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia* 506-509: 443-449.
- Peltonen, H., Malinen, T. & Tuomaala, A. 2006: Hydroacoustic in situ target strength of smelt (*Osmerus eperlanus* (L.)). *Fish. Res.* 80: 190-195.
- Peltonen, H., Rita, H. ja Ruuhijärvi, J. 1996: Diet and prey selection of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in Lake Vesijärvi analysed with a logit model. *Ann. Zool. Fennici* 33: 481-487.
- Peltonen, H., Ruuhijärvi, J., Malinen, T. ja Horppila, J. 1999: Estimation of roach (*Rutilus rutilus* (L.)) and smelt (*Osmerus eperlanus* (L.)) stocks with virtual population analysis, hydroacoustics and gillnet CPUE. *Fisheries Research* 44: 25-36.
- Raitaniemi, J., Torvi, I. & Nyberg, K. (2000). Kalojen iän ja kasvun määrittäminen. RKTL.Helsinki. 232 s.
- Rask, M. (1989). A note of the diet of roach, *Rutilus rutilus* L., and other cyprinids at Tvärminne, northern Baltic Sea. *Aq. Fenn.* 19. 19–27.
- Ruuhijärvi, J. ja Ala-Opas, P. 2007: Vesijärven kalataloudellinen tarkkailu sekä Vesijärviprojektien kalatutkimukset vuodelta 2006. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon riistan- ja kalantutkimus. Moniste, 35 s.
- Shotton, R. ja Bazigos, G. P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic surveys. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 184: 34-57.
- 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.
- Vøllestad, L. (1985). Resource partitioning of roach *Rutilus rutilus* and bleak *Alburnus alburnus* in two eutrophic lakes in South-Eastern Norway. *Holarc. Ecol.* 8. 88–92.