

Vesijärven Enonselän ravintoverkkotutkimuksen kalatutkimukset vuosina 2009-2012

Tommi Malinen ja Mika Vinni

Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos

Jukka Ruuhijärvi ja Pasi Ala-Opas

Riistan- ja kalantutkimus, Evo

1. Johdanto

Tässä väliraportissa esitetään Vesijärven Enonselän ravintoverkon toimintaa ja muutoksia tutkivan hankkeen kaikuluotaus- ja koetroolaustutkimusten toteutus vuosina 2011 ja 2012 sekä niistä lasketut kalakanta-arviot. Lisäksi esitetään kalojen ravintotutkimukset vuodelta 2011 ja lyhyt yhteenveto Enonselän verkkokoekalastuksista vuosilta 2002-2012. Tuloksia vertaillaan alkutilannetta kuvaavan vuoden 2009 tuloksiin (Malinen ym. 2010). Vuoden 2011 eläinplankton- ja vedenlaatutulokset on esitetty erillisessä osaraportissa (Ketola ym. 2012).

Kaikuluotaus ja koetroolaus ovat tärkeässä roolissa Enonselän ravintoverkon tutkimisessa. Ulappa-alueen kalojen 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 pyyntisyvyydeltään säädettävänä pyydyksenä paras menetelmä lajijakauman määrittämiseen. Kalojen ravintotutkimukset puolestaan ovat välttämättömiä ravintoverkon vuorovaikutusten selvittämisessä. Verkkokoekalastuksen suurin arvo on siinä, että sillä voidaan seurata tiettyjen, verkkoon hyvin tarttuvien kalojen suhteellisen runsauden kehitystä. Sitä voidaan käyttää myös tyypillisesti runsaskalaisilla ranta-alueilla, jonne kaikuluotaus ja troolaus eivät sovellu.

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 tuolloin selvitetty kattavasti.

Enonselän kesäkerrostuneisuuskauden heikko happitilanne vaikuttaa monin tavoin ravintoverkon rakenteeseen ja toimintaan. Yksi selvimmistä 2000-luvulla tapahtuneista muutoksista 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 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.

Tutkimushankkeen päämääränä on seurata Enonselän ulappa-alueen ravintoverkon kehitystä ja siinä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia vuosina 2009-2013. Alkutilanne selvitettiin vuonna 2009 kesäkesällä, loppukesällä ja syksyllä tehdyillä kaikuluotauksilla ja koetroolauksilla sekä keskikesällä ja loppukesällä tehdyillä tärkeimpien lajien ravintotutkimuksilla. Vuosien 2011 ja 2012 tutkimusten tavoitteena oli seurata ulappa-alueen kalatiheyden- ja biomassan kehitystä, arvioida mahdollisia muutoksia tärkeimpien kalalajien ravinnonkäytössä sekä seurata eri lajien verkkoyksikkösaaliiden kehitystä. Näiden muuttujien sekä eläinplankton- ja vedenlaatusurannan oletettiin antavan riittävän kattavaa tietoa ravintoverkossa mahdollisesti tapahtuvista muutoksista.

2. Aineisto ja menetelmät

Vuonna 2011 kaikuluotaustutkimus toteutettiin kolmena ajankohtana, kesäkerrostuneisuuden alussa (30.6.-1.7.), kerrostuneisuuden loppupuolella (24.-25.8.) ja täyskierron jälkeen (26.10.). Kahdella ensimmäisellä kerralla tutkimukset tehtiin sekä päivällä että yöllä, mutta lokakuussa vain päivällä. Lokakuun yötutkimus jätettiin pois, koska vuoden 2009 tulosten perusteella kaikuluotaimen pintakatveen kalamäärä on tuolloin suuri aiheuttaen suurta virhettä kanta-arvioihin (Malinen ym. 2010). Koska vuosien 2009 ja 2011 tulosten perusteella arveltiin Enonselän kalayhteisön olevan erittäin muutosherkässä tilassa, tehtiin kalakanta-arviot myös alun perin välivuodeksi suunniteltuna vuonna 2012. Tutkimukset toteutettiin kuitenkin supistettuna, kun myös lokakuun päivätkäytöksestä luovuttiin. Syksyn tutkimuskerran ei juuri koettu antavan informaatiota kesäaikaisten happi- ja lämpötilamuutosten vaikutuksista ravintoverkkoon ja sen toimintaan. Myöskään kalojen ravintoanalyysijä ei vuonna 2012 tehty. Kaikuluotaukset tehtiin 4.-5. heinäkuuta ja 21.-22. elokuuta. Molempina tutkimusajankohtina oli tarkoitus toteuttaa sekä päivä- että yötutkimukset. Elokuun yötutkimus kuitenkin vesittyi troolin hajoamisen, kaikuluotausveneen teknisten ongelmien ja kovan tuulen takia. Koska elokuun päivätilanteen katsottiin antavan hyvän kuvan ravintoverkon tilanteesta, ei suuria epävarmuustekijöitä ja puutteita sisältäneestä yöaineisosta laskettu kalakanta-arvioita. Kaikuluotauskuva yöajalta otettiin kuitenkin mukaan tähän raporttiin.

Kaikilla tutkimuskerroilla tehtiin kaikuluotausten kanssa samanaikaisesti koetroolauksia kalalajikoostumuksen ja kaikuluotaimen pintakatvealueen kalamäärän selvittämiseksi. Kalalajikoostumuksen selvittämiseen tähtäävät vedot tehtiin paikoissa ja syvyyksillä, joissa havaittiin kaikuluotaimen mukaan runsaasti kaloja. Sen sijaan pintavedot tehtiin satunnaistetuilla paikoilla.

Kaikuluotaukset tehtiin kaikkina tutkimusajankohtina etelä-pohjoinen -suuntaisia linjoja pitkin (kuva 1). Linjojen lukumäärä ja niiden välimatkat vaihtelivat käytettävissä olevan ajan mukaan. Kaikkia karttaan piirrettyjä linjoja ei ehditty luodata kuin heinäkuussa päivällä. Koetroolilinjojen sijainti vaihteli kalojen esiintymisen mukaan. Kaikkina tutkimuskertoina troolattiin (lukuun ottamatta elokuun 2012 yötä, jolloin trooli hajosi ensimmäisessä vedossa) ainakin kahdelta syvyydeltä, jossa havaittiin runsaasti kaloja ja kaikuluotaimen pintakatvealueelta (0-3 m).

Kaikuluotaukset tehtiin SIMRAD EY-500 -tutkimuskaikuluotaimella, joka oli varustettu lohkokeilaisella 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 esiintyneitä metaanikuplavanoja jouduttiin poistamaan aineistosta manuaalisesti. Kaikkia kuplavanoja tuskin saatiin poistettua, mutta jäljelle jääneiden vaikutus kalakanta-arvioihin on pieni. Kaiken kaikkiaan metaanikuplia oli kaloja sisältävässä päällysvedessä varsin vähän. Etenkin vuonna 2011 niitä oli kuitenkin runsaasti vähähappisessa alusvedessä. Tämä vesikerros voitiin jättää kalattomana kokonaan pois laskelmista.

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

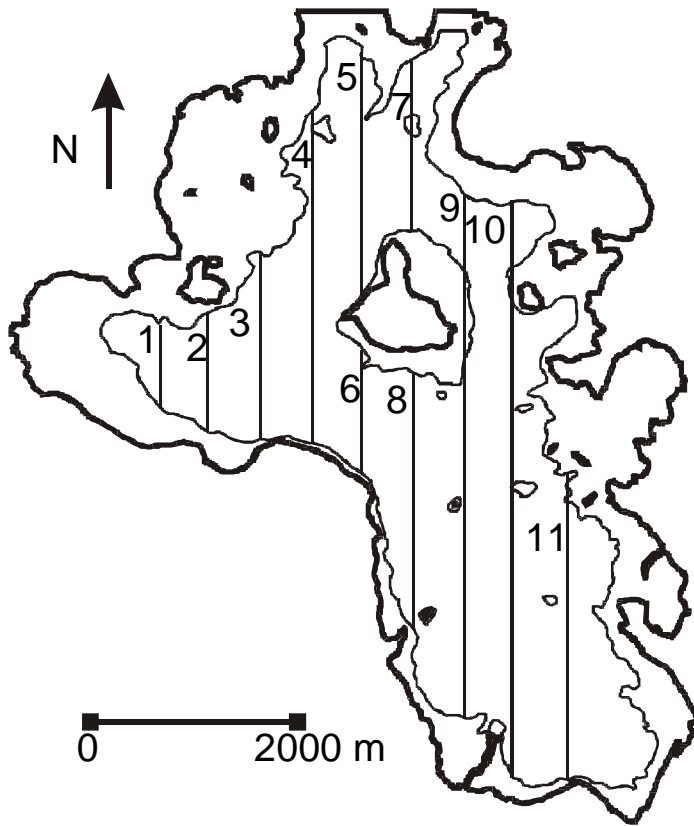
- 1) Linja jaettiin alustavan, lähinnä kaikuluotausaineiston silmämääräisen tarkastelun ja troolisaaliiden perusteella sopiviin kerroksiin vertikaalisuunnassa, jotka analysoitiin erikseen.
- 2) Poistettiin häiriöistä (metaanikuplista tai aallokosta) peräisin oleva kaikuintegraali ja laskettiin vesikerroksen kalaintegraali
- 3) Laskettiin kerroksen kalatiheys jakamalla kalaintegraali keskimääräisellä yhdestä kalasta heijastuvalla integraalilla (σ), joka laskettiin vesikerroksittain kaikuluotaimen antaman kohdevoimakkuusjakauman perusteella. Erittäin pienet kohteet rajattiin laskelman ulkopuolelle, koska etenkin heinäkuussa runsaana esiintyvät pienet (10-30 mm) kalanpoikaset haluttiin poistaa arvioista. Kohdevoimakkuuden alaraja valittiin tapauskohtaisesti kohdevoimakkuusjakauman ja troolisaaliiden perusteella.
- 4) Muutettiin kalatiheys lajikohtaiseksi troolisaaliin lajijakauman perusteella.
- 5) Laskettiin koko linjan keskimääräinen kalatiheys vesikerrosten kalatiheyksien summana.

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

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

Kunkin lajin vetokohtainen saalis punnittiin. Saaliin lajeittaiset yksilömäärät laskettiin joko kaikista kaloista tai satunnaisotoksesta. Kalalajikohtaiset pituusjakaumat mitattiin millimetrin tarkkuudella. Kaikki mitatut kalat myös punnittiin keskipainojen laskemiseksi. Kaikuluotaimen pintakatvealueen

lajeittaiset kalatiheydet ja -biomassat hehtaaria kohti kunakin tutkimusajankohtana laskettiin kahden pinnassa vedetyn troolivedon perusteella ns. pyyhkäisyestimaattina (Olin ja Malinen 2003).

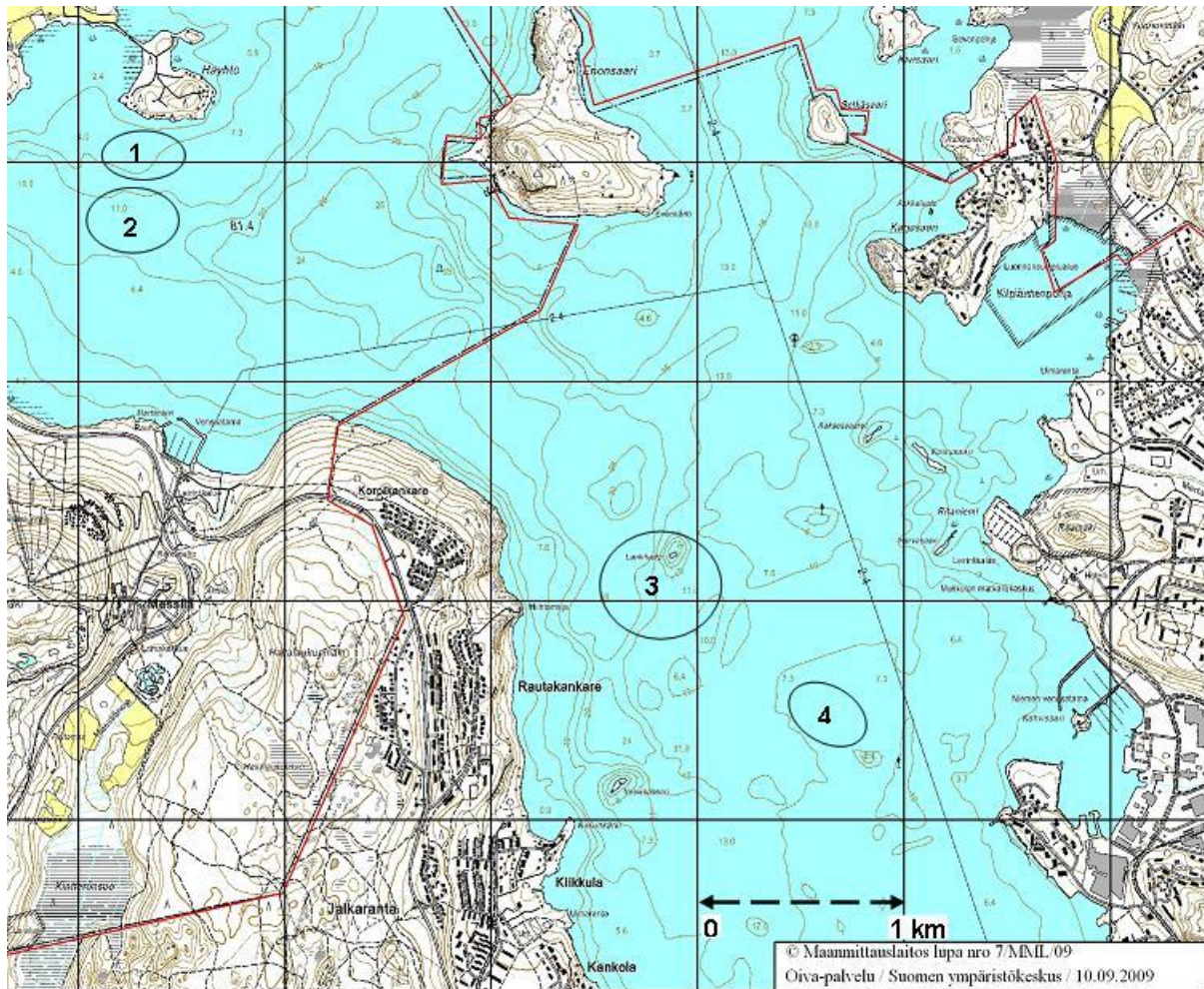


Kuva 1. Kaikuluotauslinjojen sijainti Vesijärven Enonselän yli 6 m syvillä alueilla.

Vuoden 2011 pienten troolisaaliiden takia kalojen ravintotutkimuksen aineisto kerättiin pääasiassa keskikesällä (30.6.) ja loppukesällä (22.8.) tehdyistä verkkokoealastuksista. Lisäksi kerättiin RKTL:n syksyisen kuhaseurannan (loka-marraskuu, 25-55 mm verkot) saaliista kuhan ja ahvenen ravintonäytteet. Ainoastaan kuoreen ravinto tutkittiin troolilla keskikesällä (1.7.) saaduista kaloista. Elokuussa ei kuoreita saatu riittävästi ravintoanalyysjä varten. Lahnoja ei saatu kumpanakaan ajankohdalla kuin muutama yksilö, eikä niiden ravintoanalyysjä koettu mielekkäiksi. Yhteensä ravintonäytteitä otettiin ahvenista (441 kpl + syyspyynti 2009 ja 2011 100 kpl), särjistä (221 kpl), kuoreista (124 kpl) ja kuhista (17 kpl + syyspyynti 2009-2012 917 kpl).

Ravintonäytteiden keräämiseen tähtäävät verkkokalastukset tehtiin 30.6. ja 22.8.2011 Nordicleiskatsausverkoilla. Verkkojen pituus oli 30 m ja korkeus 1,5 m. Samassa pyydyksessä 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 (esim. Olin ym. 1998). Pyyntipaikkoja oli neljä (kuva 2). Kullekin paikalle laskettiin yksi jata, joka koostui 5-6 verkosta (taulukko 1). Syvänealuetta edusti Lankiluodon tienoo (pyyntisyvyys 4-20 m) ja matalampaa aluetta ns. U1-pisteen tienoo (6-8 m). U1 on yksi Lahden ympäristöekologian laitoksen vedenlaadun seurantapaikoista Enonselällä. Näillä kahdella pisteellä käytettiin vain pohjaverkkoja. Lisäksi Laasonpohjassa kalastettiin Häyhön saaren eteläpuolella sekä matalammalla (4-7 m) että syvemällä (6-11 m) vyöhykkeellä. Näillä pisteillä käytettiin

pohjaverkkojen lisäksi pinta- (1 m narut) ja välivesiverkkoja (3 m narut) troolauksen tukena. Pyynnit toteutettiin päiväpyyntinä kahdesti kesän aikana: 30.6. ja 22.8.2011. Pyyntiaika rajattiin neljään tuntiin. Heinäkuussa pyynti tapahtui klo 11-15 ja elokuussa klo 10.30-14.30. Syvyysvyöhykkeet pyrittiin pitämään suunnilleen samoina koko tutkimuksen ajan, mutta elokuussa alusveden happitilanne oli heikentynyt siinä määrin, että Lankiluodon alueella ei voitu kalastaa yli 13 m syvyydessä.



Kuva 2. Vesijärven Enonselän ravintinäytekalastuksen pyyntialueet 30.6. ja 22.8.2011. 1=Laasonpohja matala, 2=Laasonpohja syvä, 3=Lankiluoto ja 4=U1.

Saaliista laskettiin saalislajien yksilömäärä ja yhteispaino (g tarkkuudella) verkkokohtaisesti (taulukot 2a ja 2b). Tärkeimmiksi tutkimuslajeiksi valittiin ahven, kuha ja särki, joista pyrittiin saamaan 30 yksilön otos/pyyntialue/pyyntikerta Käytännössä vain ahventa ja särkeä saatiin niin runsaasti, että näytemäärätavoitteet osittain täyttyivät. Kaikki kalat pakastettiin kokonaisina verkkokohtaisesti myöhemmin tapahtuvaa ravinto- ja ikänäytekäsittelyä varten.

Taulukko 1. Vesijärven Enonselän ravintonäytekalastuksen verkkomäärät pyyntialueittain 30.6. ja 22.8.2011.

Verkko- tyyppi	Laasonpohja		Lankiluoto (4-20 m)	U1 (6-8 m)	Yhteensä
	Matala (4-7 m)	Syvä (9-11 m)			
Pinta 1 m	1	1	—	—	2
Välivesi 3 m	1	1	—	—	2
Pohja	3	4	6	6	19
Yhteensä	5	6	6	6	23

Taulukko 2a. Vesijärven Enonselän ravintonäytekalastuksen kokonaissaaliit pyyntialueittain 30.6.2011 (klo 11-15).

Laji	Laasonpohja				Lankiluoto		U1		Yhteensä	
	Matala (5-7 m)		Syvä (10-11 m)		(18-20 m)		(8 m)			
	kpl	g	kpl	g	kpl	g	kpl	g	kpl	g
Ahven	195	3 319	261	4 660			112	8 864	568	16 843
Kuha	3	1 760	5	586	1	23	1	71	10	2 440
Kiiski			13	29	70	586	7	34	90	649
Hauki			1	128					1	128
Särki	98	7 869	32	2 457	10	817	3	219	143	11 362
Salakk	7	127	7	122					14	249
Pasuri										
Yht.	303	13 075	319	7 982	81	1 426	123	9 188	826	31 671

Taulukko 2b. Vesijärven Enonselän ravintonäytekalastuksen kokonaissaaliit pyyntialueittain 22.8.2011 (klo 10.30-14.30).

Laji	Laasonpohja				Lankiluoto		U1		Yhteensä	
	Matala (4-6 m)		Syvä (6-9 m)		(4-12 m)		(6 m)			
	kpl	g	kpl	g	kpl	g	kpl	g	kpl	g
Ahven	102	4 080	241	6 148	366	5 173	208	5 629	917	21 030
Kuha	1	709	1	32			5	428	7	1 169
Kiiski					44	224			44	224
Hauki					1	763	1	532	2	1 295
Särki	56	3 961	61	3 283	30	1 962	49	3 276	196	12 482
Salakk	3	144	2	92	2	55	2	78	9	369
Pasuri	1	111							1	111
Yht.	163	9 005	305	9 555	443	8 177	265	9 943	1 176	36 680

Laboratoriossa näytekaloina mitattiin kokonaispituus 1 mm:n ja paino 0,01 g:n tarkkuudella. Kalalajeilla, joilla ravinto kerääntyy säkkimäiseen vatsalaukkuun (kuore, ahven ja kuha), käytettiin tutkimusmenetelmänä 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. RKT:n syksyisen kuhaseurannan kuhien 2009-2012 ravinnonkäyttöä ei tutkittu pistemenetelmällä, vaan laskettiin syötyjen kalojen lukumääräiset prosenttiosuudet. Särkien 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.

Enonselän velvoitetarkkailuun kuuluvat verkkokoekalastukset tehtiin Nordic -yleiskatsausverkoilla neljä kertaa heinä-syyskuussa. Otanta tehtiin syvyysvyöhykkeittäin. Matalimmalla vyöhykkeellä (0-3 m) pyydettiin vain pohjaverkoilla. Seuraavalla vyöhykkeellä, 3-10 m syvällä alueella käytettiin pohjaverkkojen lisäksi myös pintaverkkoja (0,5 m kohotapsit). Syvyysvyöhykkeellä 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 syvyysvyöhykkeeseen viritelty lainkaan alusveden vähähappisuuden takia.

Syvyysvyöhykkeet jaettiin numeroituihin ruutuihin joista verkkopaikat arvottiin otannan satunnais-tamiseksi. Ruutujen pinta-ala oli useimmiten 25 ha, mutta tarvittaessa käytettiin myös pienempiä ruutuja. Syvyysvyöhykekohtaisessa 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 sekin pinta-alaan sekä syvyyteen, ja kerrallaan verkkoja pidettiin pyynnissä 15 kpl/pyyntialue. Matalimmalla vyöhykkeellä arvonnin osoittamaan ruutuun laskettiin aina yksi pohjaverkko. Työmäärän kohtuullistamiseksi muilla vyöhykkeillä arvontaruutuun viritettiin aina jata, jossa oli kaikkia syvyysvyöhykkeen verkkoja yksi kappale. Pyydykset pyrittiin saamaan ruudun keskustan tienoille syvyyskäyrän suuntaisesti. Verkot laskettiin klo 16-18 ja nostettiin seuraavana aamuna klo 8-10, jolloin pyyntiaikaa kertyi kutakin verkkoa kohti 14-18 tuntia.

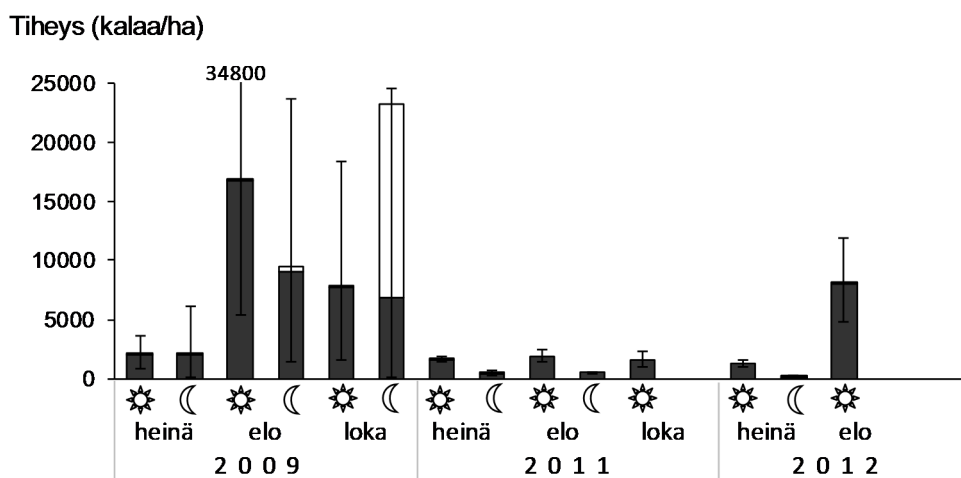
Joka pyydyksestä siis laskettiin saalislajien yksilömäärä ja yhteispaino (g tarkkuudella) lajeittain solmuvälikohtaisesti ja summattiin lopuksi. Petokaloiksi luokitellut ahvenet (>15 cm) käsiteltiin samalla tavoin, jotta niiden lukumäärät ja painot saatiin lisättyä koko petokala -ryhmän tuloksiin. Yksilöiden 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

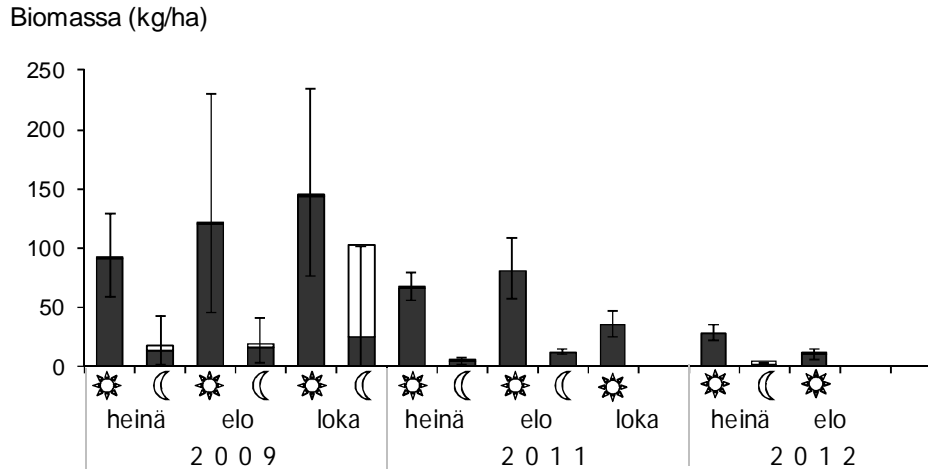
3.1 Kalatiheys ja -biomassa

Enonselän ulappa-alueen kalatiheys romahti vuoden 2009 lokakuun ja vuoden 2011 heinäkuun väli-
senä aikana (kuva 3). Vuonna 2012 kalatiheys nousi huomattavasti, muttei kuitenkaan vuoden 2009
tasolle. Luotettavin vertailuajankohta on Enonselällä elokuun päivä, jolloin ulapalla esiintyvät kesän-
vanhat kalanpoikaset ovat kasvaneet niin suuriksi, että ne voidaan havaita kaikuluotaimella. Elokuun
päiväaikainen kalatiheys oli vuonna 2009 n. 17000 yks./ha. Vuonna 2011 se oli ainoastaan n. 2000
yks./ha ja vuonna 2012 n. 8000 yks./ha. Yöllä kaikuluotauksella arvioidut kalatiheydet olivat vuosina
2011 ja 2012 paljon pienempiä kuin päivällä arvioidut.

Kalabiomassan kehitys oli toisenlainen: kalabiomassa laski vuosien 2009 ja 2011 välillä, muttei niin
paljon kuin tiheys (kuva 4). Vuonna 2012 kalabiomassa oli vielä paljon pienempi kuin vuonna 2011.
Elokuun päiväaikainen biomassa oli vuonna 2009 n. 120 kg/ha, vuonna 2011 n. 80 kg/ha ja vuonna
2012 ainoastaan n. 10 kg/ha. Biomassa-arvioissa näkyy ulappa-alueen kalamäärän vähenemä päivän
ja yön välillä vielä selvemmin kuin kalatiheyksissä – päivällä biomassa-arvio oli useimmiten monin-
kertainen yöarvioon verrattuna.



Kuva 3. Vesijärven Enonselän ulappa-alueen (> 6 m syvät alueet) kalatiheyden kehitys kaikuluotauksen ja koetroolauksen mukaan. Kaikuluotausarvioille on esitetty myös 95 %:n luottamusvälit. Koetroolilla arvioitu, enemmän epävarmuutta sisältävä pintakerroksen kalatiheys on esitetty valkoisena pylväänä ilman luottamusvälejä.

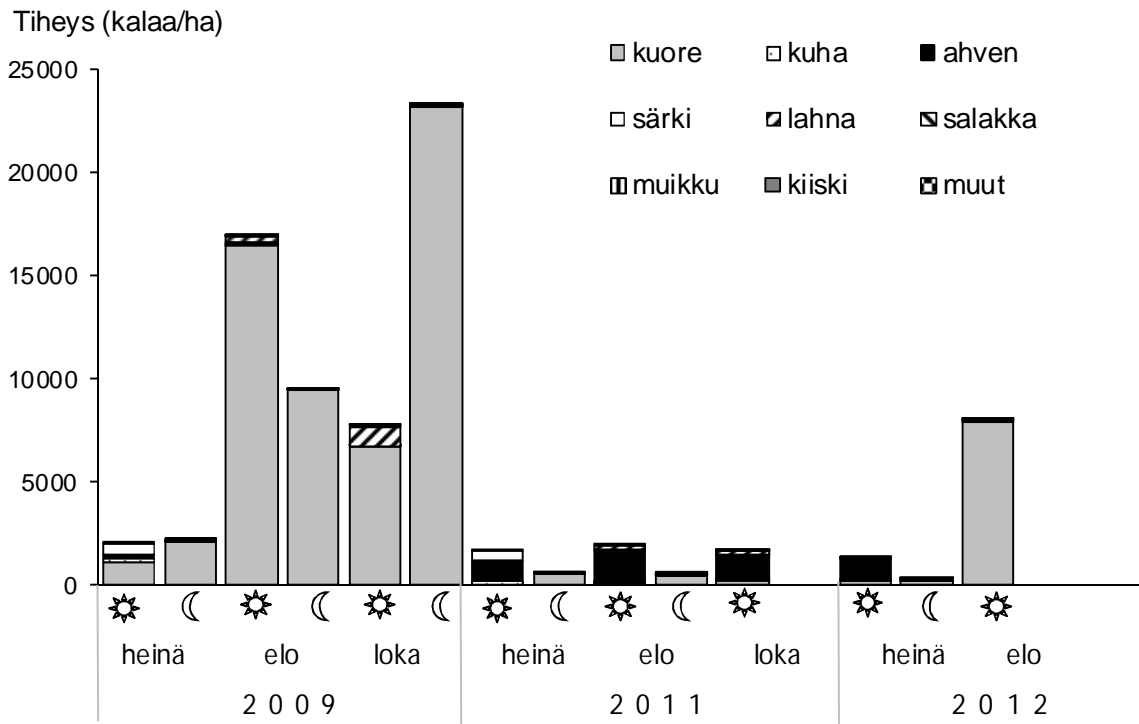


Kuva 4. Vesijärven Enonselän ulappa-alueen (> 6 m syvät alueet) kalabiomassan kehitys kaikuluotauksen ja koetroulauksen mukaan. Kaikuluotausarvioille on esitetty myös 95 %:n luottamusvälit. Koetroulilla arvioitu, enemmän epävarmuutta sisältävä pintakerroksen kalabiomassa on esitetty valkoisena pylväänä ilman luottamusvälejä.

3.2 Kalalajijakauma

Enonselän kalatiheys heijastelee voimakkaasti kuorekannan vaihteluita (kuva 5 ja taulukko 3) ja kalatiheyden alentuminen vuosien 2009 ja 2011 välillä selittyy käytännössä kokonaan kuorekannan romahduksella. Vuonna 2009 kuoretiheyden osuus kokonaistiheydestä oli pääsääntöisesti yli 90 %. Vuonna 2011 ja vielä heinäkuussa 2012 kuoretiheys oli hyvin pieni. Tällöin selväksi valtalajiksi nousi ahven, jonka tiheys oli suurimmillaan elokuussa 2011, n. 1600 yks./ha. Elokuussa 2012 kuoretiheys oli jälleen suuri, ja sen osuus kokonaistiheydestä oli peräti 99 %. Muiden lajien tiheydet paitsi kuoreen ja ahvenen olivat tutkimusjakson aikana varsin pieniä. Ajoittain esiintyi kohtalaisia määriä särkiä, lahnoja, muikkuja ja kuhia.

Suuresta yksilömäärästään huolimatta kuore ei muodosta Enonselällä suuria biomassoja (kuva 6 ja taulukko 4). Sitä suuremmat biomassat on ainakin ajoittain havaittu lahnalla, ahvenella, särjellä ja kuhalla. Keskikesällä kuorebiomassa on aina ollut melko pieni. Tällöin biomassaltaan runsaimmat lajit ovat olleet särki, ahven ja kuha. Elokuussa biomassaltaan suurimmat lajit ovat olleet lahna ja kuore. Vuonna 2011 kuoreen ollessa lähes kadoksissa biomassaltaan runsain laji oli ahven. Sen biomassassa oli suurimmillaan elokuussa 2011, lähes 30 kg/ha. Elokuussa 2012 kuore muodosti n. 80 % biomassasta ja ahven n. 15 %. Elokuussa 2012 havaittu biomassassa, n. 10 kg/ha, oli pienin kahden viime seurantajakson aikana (2002-2006 ja 2009-2012) havaituista, kun jätetään tyypillisesti pienet yöbiomassa-arviot pois laskuista (Malinen ym. 2008).

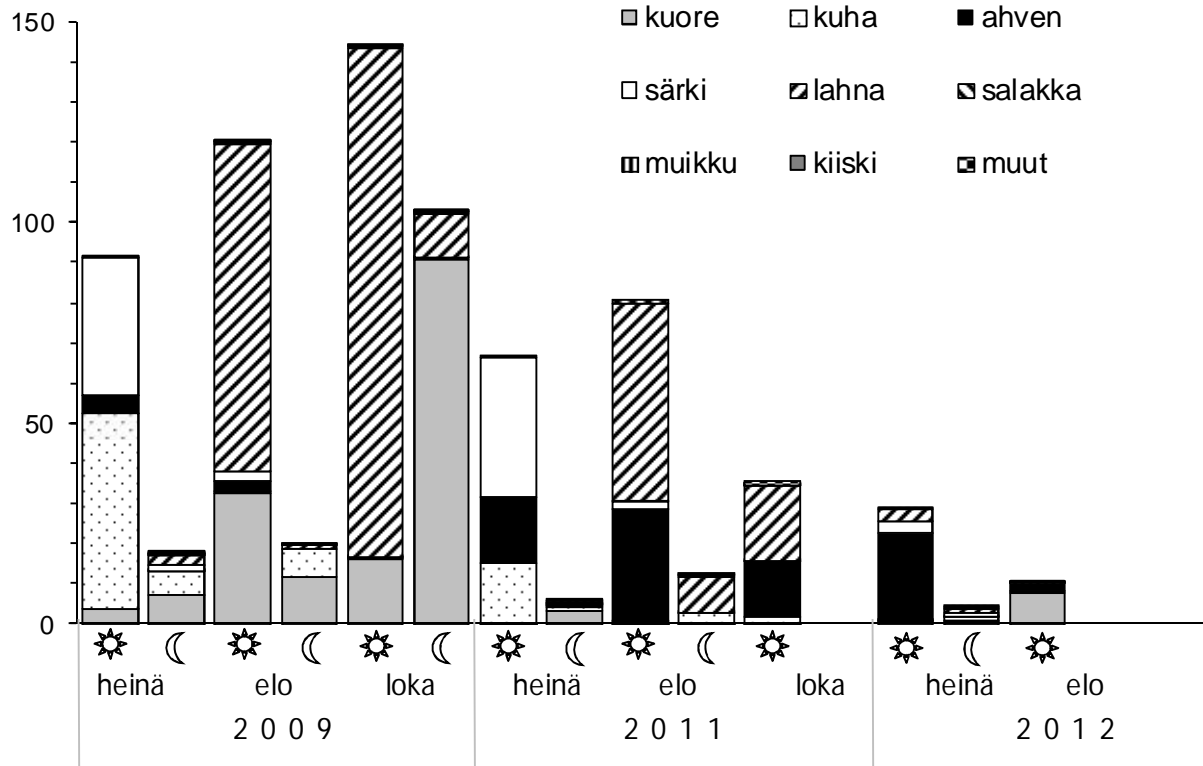


Kuva 5. Kalalajikohtaiset tiheysarviot Enonselän ulappa-alueella (> 6 m syvät alueet) vuosina 2009-2012 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella. Lokakuun 2009 yöarvioon liittyy suurta epävarmuutta, koska valtaosa kaloista oli vaikeasti arvioitavassa pintakerroksessa.

Taulukko 3. Kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioidut Enonselän kalalajikohtaiset tiheysarviot yli 6 m syvillä alueilla (yksilöä hehtaarilla).

	kuore	kuha	ahven	särki	lahna	salakka	muikku	kiiski	muut	yhteensä
1.7.09 päivä	1068	180	154	578	0	0	1	0	0	1982
1.7.09 yö	2018	28	1	20	11	5	40	0	0	2124
25.8.09 päivä	16419	31	57	48	265	0	7	1	0	16828
25.8.09 yö	9376	59	0	0	5	3	2	4	0	9448
15.10.09 päivä	6704	10	9	1	908	31	2	0	18	7685
15.10.09 yö	23127	17	0	1	51	2	3	0	5	23206
30.6.11 päivä	45	51	997	482	0	0	63	0	0	1638
30.6.11 yö	471	19	16	12	1	6	20	0	0	545
24.8.11 päivä	3	3	1616	76	165	0	0	0	18	1881
24.8.11 yö	372	8	8	0	30	66	3	27	0	514
26.10.11 päivä	168	16	1179	12	185	0	0	14	11	1586
4.7.12 päivä	126	4	1054	46	8	0	16	0	0	1255
4.7.12 yö	162	16	4	12	4	17	30	0	0	245
21.8.12 päivä	7839	38	80	0	0	0	12	0	0	7970

Biomassa (kg/ha)



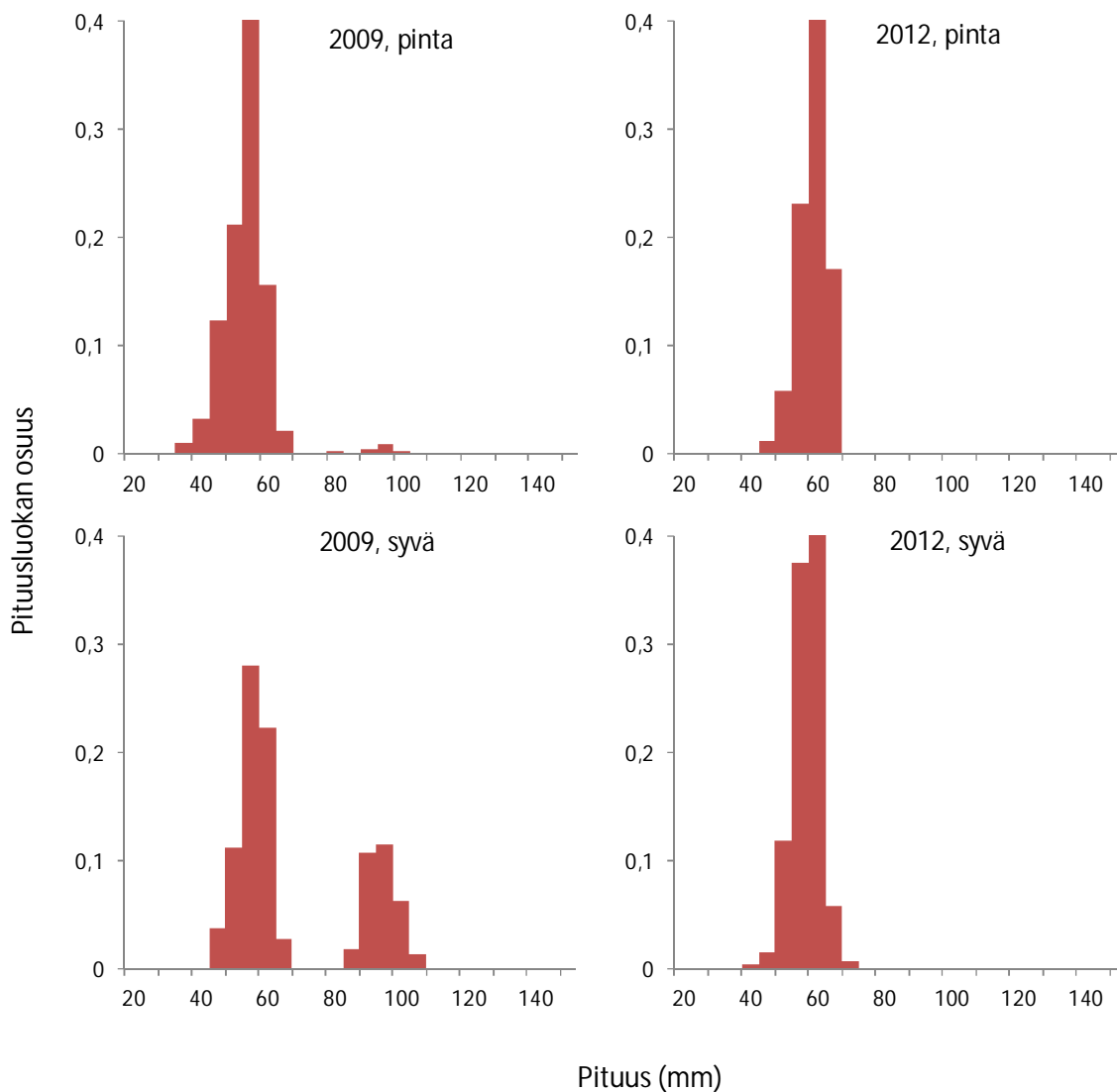
Kuva 6. Kalalajikohtaiset biomassa-arviot Enonselän ulappa-alueella (> 6 m syvät alueet) vuosina 2009-2012 kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella. Lokakuun 2009 yöarvioon liittyy suurta epävarmuutta, koska suuri osa kaloista oli vaikeasti arvioitavassa pintakerroksessa.

Taulukko 4. Kaikuluotauksen ja koetroolauksen perusteella arvioidut Enonselän kalalajikohtaiset biomassa-arviot yli 6 m syvillä alueilla (kiloa hehtaarilla).

	kuore	kuha	ahven	särki	lahna	salakka	muikku	kiiski	muut	yhteensä
1.7.09 päivä	3,6	49,2	4,1	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,7
1.7.09 yö	7,2	6,1	0,0	1,2	2,7	0,0	0,6	0,0	0,2	18,2
25.8.09 päivä	32,9	0,5	2,0	2,9	81,8	0,0	0,1	0,0	0,0	120,2
25.8.09 yö	12,0	6,7	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0
15.10.09 päivä	16,0	0,2	0,4	0,0	127,3	0,1	0,1	0,0	0,2	144,4
15.10.09 yö	91,0	0,5	0,0	0,0	11,1	0,0	0,2	0,0	0,0	102,9
30.6.11 päivä	0,3	15,0	16,2	35,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	66,9
30.6.11 yö	3,5	1,0	0,1	0,4	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	5,6
24.8.11 päivä	0,0	0,7	28,0	1,8	49,3	0,0	0,0	0,0	1,3	81,2
24.8.11 yö	0,1	2,8	0,1	0,0	9,0	0,3	0,1	0,1	0,0	12,5
26.10.11 päivä	0,5	1,1	13,9	0,3	18,9	0,0	0,0	0,1	0,8	35,7
4.7.12 päivä	0,7	0,1	21,9	2,8	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,6
4.7.12 yö	1,0	0,9	0,1	0,8	1,1	0,1	0,1	0,0	0,0	4,2
21.8.12 päivä	7,9	0,2	2,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	10,3

3.3 Kuorekannan kokojakauman kehitys

Elokuussa 2009 Enonselällä esiintyi runsaasti sekä kesänvanhoja että vanhempia kuoreita (kuva 7). Kesänvanhojen poikasten pituus oli 40-70 mm ja vanhempien kuoreiden 90-110 mm. Elokuussa 2011 kuoreita saatiin troolilla niin vähän, että niistä ei ollut mielekästä tehdä pituusjakaumaa. Tuolloin lähes kaikki saaliiksi saadut kuoreet olivat kesänvanhoja poikasia. Kuorekannan runsastuttua, elokuussa 2012, yli 99 % kuoreista oli kesänvanhoja poikasia. Poikaset olivat hyvin samankokoisia kuin elokuussa 2009. Niiden keskipituus oli 59 mm ja keskipaino 1,0 g.



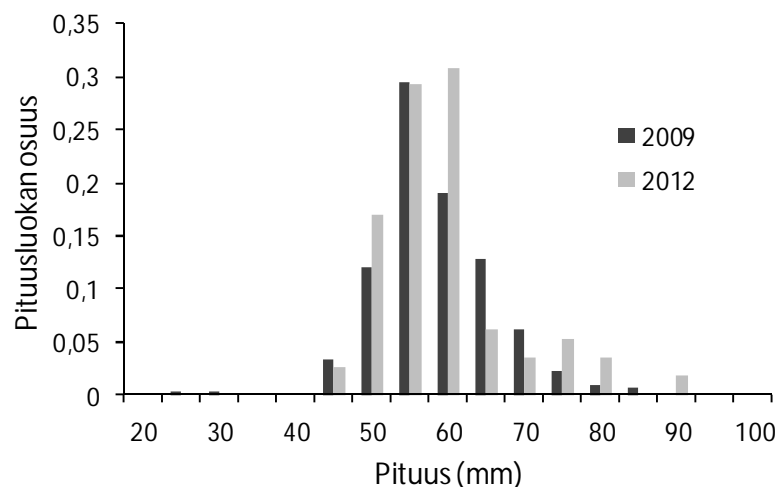
Kuva 7. Kuoreen pituusjakauma elokuussa 2009 (vasen puoli) ja 2012 (oikea puoli) koetroolisaaliissa. Jakaumat on esitetty erikseen pintakerrokselle (yläkuvat) ja syvemmälle kerrokselle (alakuvat), koska kuoreen kokojakauma saattaa vaihdella suuresti syvyyden mukaan.

3.4 Muikkukannan kehitys

Kuoreen ohella toinen ulappa-alueella esiintyvä ja mahdollisesti hapetuksesta epäsuorasti kärsivä laji on muikku. 2000-luvulla ei ole syntynyt runsaita vuosiluokkia (Malinen ym. 2008), eivätkä vuodet 2009-2012 tuoneet tähän poikkeusta. Kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioidut muikkutiheydet vaihtelivat 0 ja 63 yks./ha välillä. Elokuussa 2011 muikkukanta oli todella heikko, mutta kanta ei kuitenkaan kokonaan kadonnut Enonselältä. Viimeisimpänä tutkimusajankohtana, elokuussa 2012 muikkutiheys oli 12 yks./ha ja biomassa 0,1 kg/ha. Tuolloin kaikki troolisaaliista näytteiksi otetut muikut (100 kpl) olivat yksikesäisiä poikasia. Niiden keskipituus oli 112 mm ja keskipaino 10,5 g, joten ne olivat kasvaneet Enonselälle muikulle tyypilliseen tapaan varsin nopeasti (Lehtonen ym. 2007).

3.5 Kuhanpoikasten runsaus ja kokojakauma ulappa-alueella

Yksikesäisiä kuhanpoikasia esiintyy Enonselän ulapalla keskikesästä lähtien. Heinäkuun alussa ne ovat kuitenkin niin pieniä, että niiden runsauden tai kokojakauman arviointi ei ole mahdollista kaikuluotauksella ja 3 mm:n perällä varustetulla troolilla. Edustavin ajankohta niiden runsauden ja kokojakauman arviointiin on elokuu, jolloin ne ovat kasvaneet niin suuriksi, että ne voidaan havaita kaikuluotaimella eivätkä enää esiinny kaikuluotaimen pintakatvealueella kuten keskikesällä. Elokuussa kuhanpoikaset esiintyvät tyypillisesti samassa vesikerroksessa kuin yksikesäiset kuoreet. Vuosina 2009 ja 2012 saatiin elokuun koetroolauksissa melko runsaasti yksikesäisiä kuhanpoikasia. Sen sijaan elokuussa 2011 saatiin troolilla ainoastaan kaksi kuhanpoikasta. Elokuussa 2009 kuhanpoikasten tiheysarvio (päiväarvio) oli n. 30 yks./ha, elokuussa 2011 0 yks./ha ja elokuussa 2012 n. 40 yks./ha. Elokuussa 2009 poikasten keskipituus oli 60,4 mm ja keskipaino 1,44 g, kun taas elokuussa 2012 poikasten keskipituus oli 61,1 mm ja keskipaino 1,52 g (kuva 8). Koska tutkimusajankohta oli lähes sama (vuonna 2012 neljä päivää aikaisempi), kuhanpoikaset olivat todella kasvaneet hiukan nopeammin vuonna 2012 kuin vuonna 2009.



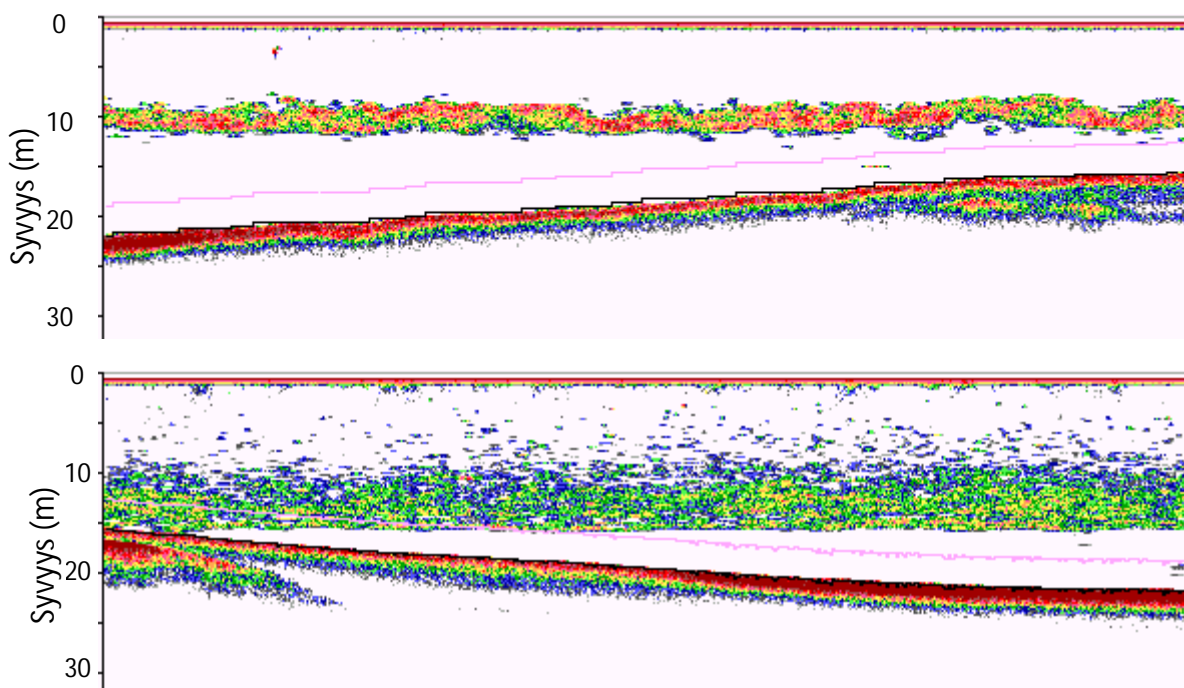
Kuva 8. Yksikesäisten (eli 0-vuotiaiden) kuhanpoikasten pituusjakauma Enonselän koetroolauksissa elokuussa 2009 ja 2012. Elokuussa 2011 saatiin troolilla ainoastaan kaksi kuhanpoikasta.

3.6 Kalojen esiintyminen ulapalla

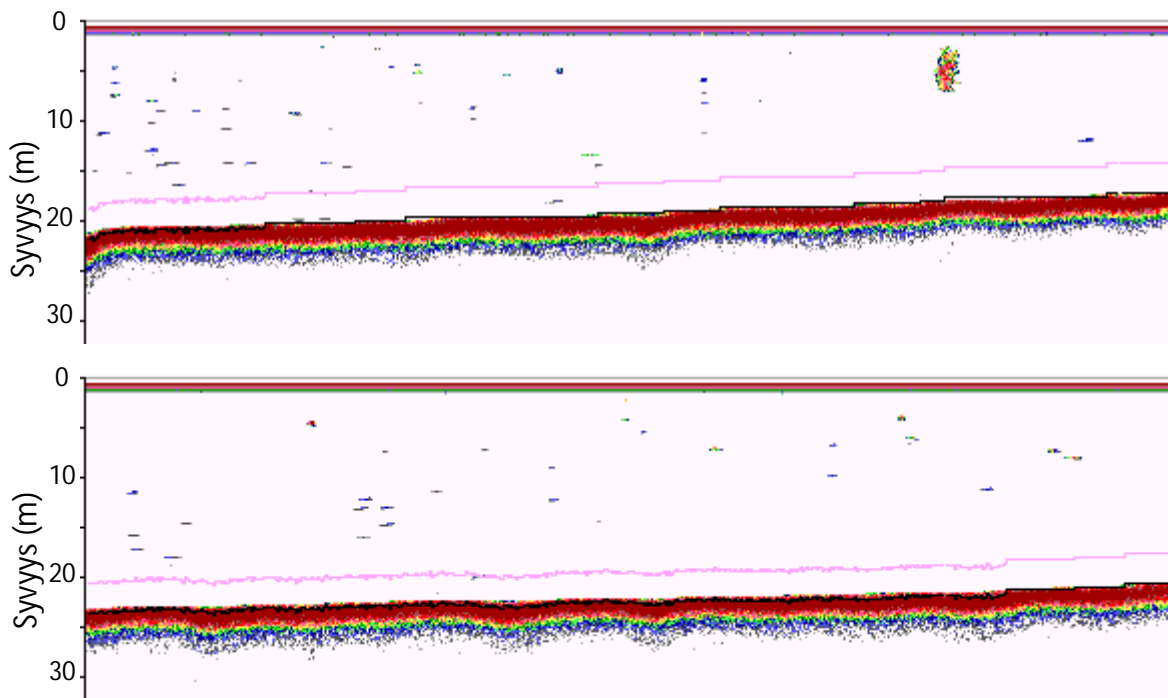
Elokuussa 2009 ulappa-alueen valtalaji oli kuore, joka esiintyi päiväsaikaan parvissa 8-12 m syvyydellä (kuva 9). Yöllä parvet hajaantuivat ja kalat levittäytyivät vertikaalisuussa hieman laajempaan vesikerrokseen. Kuoreiden esiintymisen alaraja asettui kuitenkin tarkkarajaisesti 15 m syvyydelle. Tästä voidaan päätellä, että 15 m syvyydeltä alaspäin happipitoisuus oli kuoreelle liian alhainen. Muiden kalojen lukumäärä oli ulapalla tuolloin vähäinen.

Elokuussa 2011 kuorekanta oli romahtanut ja ulapan valtalaji oli päiväsaikaan ahven (kuva 10). Valtaosa ahvenista oli varsin pienikokoisia, 10-13 cm:n pituisia, mutteivät kuitenkaan yksikesäisiä poikasia. Ahvenien vertikaalijakauma oli aivan erilainen verrattuna vuoden 2009 valtalajiin, kuoreen, jakaumaan: ahvenet esiintyivät paljon ylempänä vesipatsaassa kuin kuoreet. Ne olivat tyypillisesti melko tiiviissä, pallomaisissa parvissa päällysvedessä 3-8 m syvyydellä. Yöllä ahvenparvet katosivat ulapalta, eikä muitakaan kalalajeja ilmaantunut tilalle. Kuoreen taantuminen näkyy selvästi myös elokuun 2011 kaikuluotauksuvista: ulappa näyttää varsin tyhjältä sekä päivällä että yöllä. On kuitenkin huomattava, että kyseessä on vain yksi linja. Koko ulappa-alueen kattavat kalatiheysarviot on esitetty kuvassa 4.

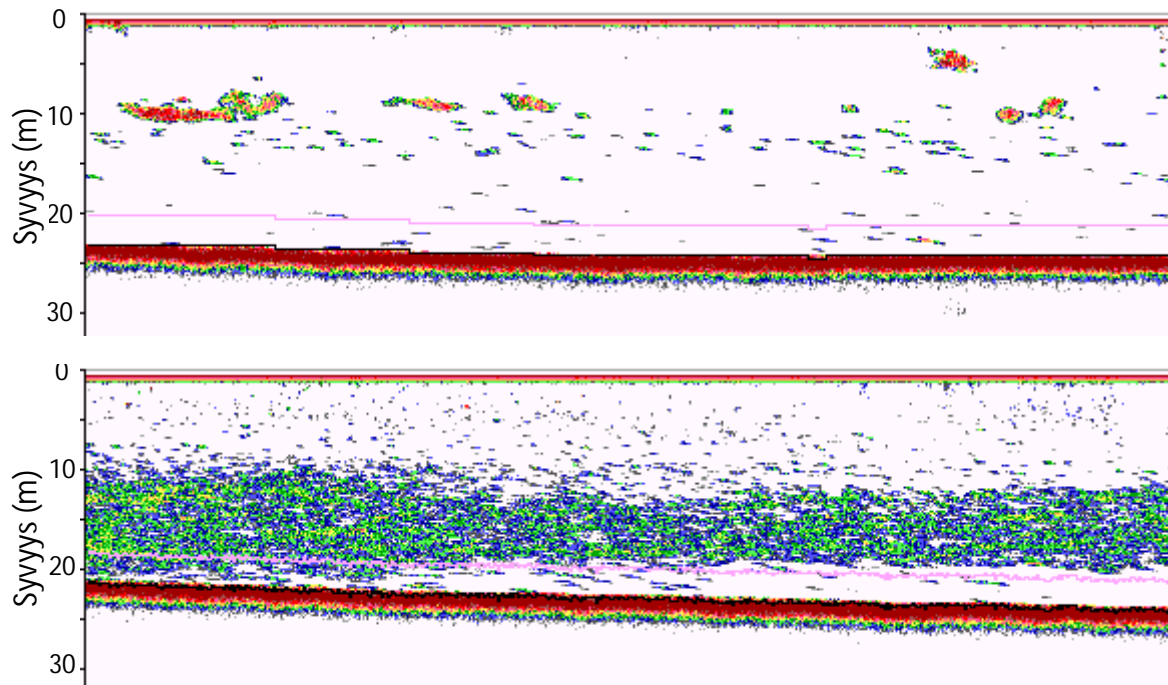
Elokuussa 2012 yksikesäisiä kuoreita oli jälleen runsaasti. Päiväsaikaan kuoreet esiintyivät parvissa melko vaihtelevilla syvyyksillä (kuva 11). Ulapalla esiintyi myös jonkin verran pieniä ahvenia (10-15 cm pituisia) sekä yksikesäisiä kuhan- ja muikunpoikasia mutta muiden lajien tiheys oli hyvin pieni. Yöllä kuoreiden vertikaalijakauma muistutti suuresti vuoden 2009 elokuun yöllä havaittua jakaumaa (kuvat 11 ja 9). Vuonna 2012 kuoreita esiintyi kuitenkin syvemmällä kuin vuonna 2009



Kuva 9. Kaikuluotaukset elokuulta 2009 samalta linjalta päivällä (ylhällä) ja yöllä (alhaalla). Pohjan profiilit ovat erilaiset, koska linja on ajettu päivällä etelästä pohjoiseen ja yöllä päinvastaiseen suuntaan.



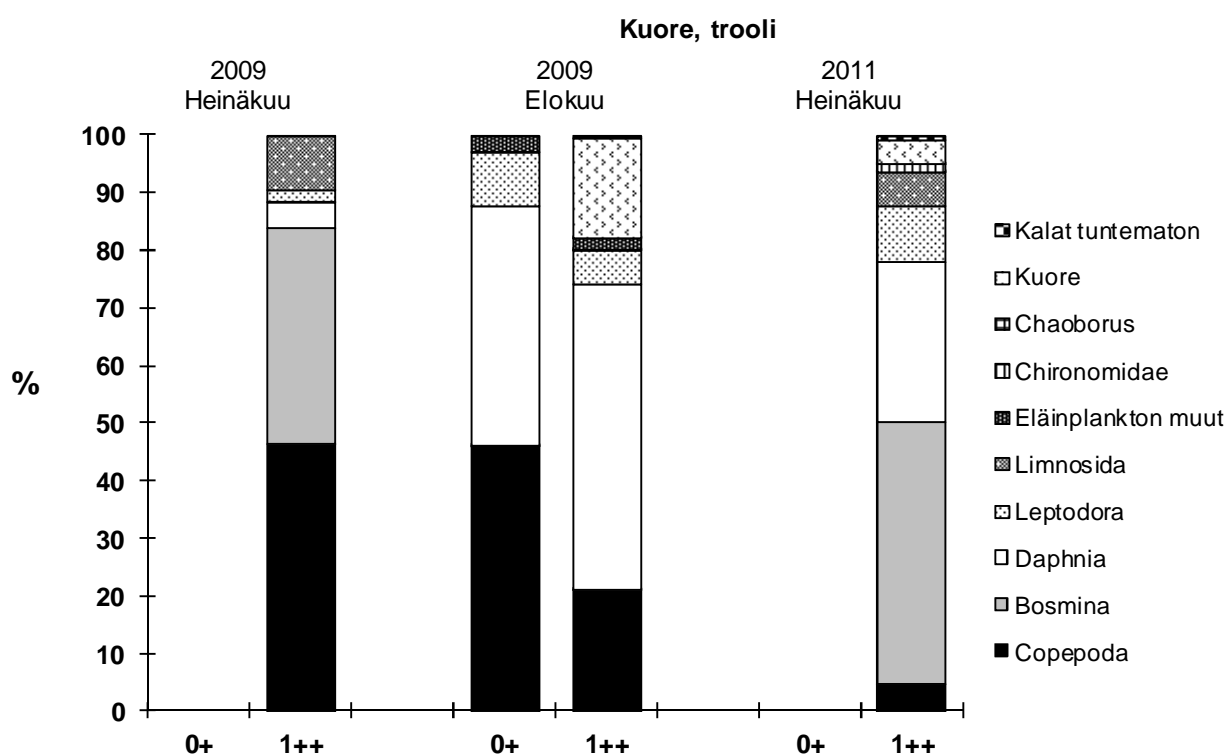
Kuva 10. Kaikuluotaukset elokuulta 2011 samalta linjalta päivällä (ylhällä) ja yöllä (alhaalla).



Kuva 11. Kaikuluotaukset elokuulta 2012 samalta linjalta päivällä (ylhällä) ja yöllä (alhaalla).

3.7. Enonselän kalojen ravinto vuosina 2009-2012

Yksivuotiaiden ja vanhempien kuoreiden (1++, pituus 75-106 mm, n=44) ravinto koostui heinäkuussa 2009 pelkästään eläinplanktonista (kuva 12). Tärkeimmät ravintokohteet olivat järjestyksessä hankajalkaiset (Copepoda, 46 %), *Bosmina*-vesikirput (37 %), *Limnosida frontosa* (10 %) ja *Daphnia*-vesikirput 4 % osuudella. Heinäkuussa 2011 vanhempien kuoreiden (1++, pituus 70-150 mm, n=124) ravinto oli niinkään varsin eläinplanktonvoittoista, mutta *Bosminan* (46 %) ja *Daphnian* (28 %) osuudet olivat suurempia kuin vuonna 2009. Elokuussa 2009 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 eläinplanktonpainotteen (Copepoda 21 % ja *Daphnia*-vesikirput 53 %), joskin myös jonkin verran kalaravintoa (kesänvanhoja kuoreita) tavattiin suurempien kuoreiden ravinnossa. Elokuussa 2011 kuorekanta oli niin harva, että ravintoanalyysiä ei saatu tarpeeksi näytekaloja. Kesänvanhoja eli 0-vuotiaita kuoreita ei analysoitu heinäkuussa, koska kuoreenpoikaset ovat silloin erittäin pieniä eikä niistä saada edustavaa näytettä troolilla.



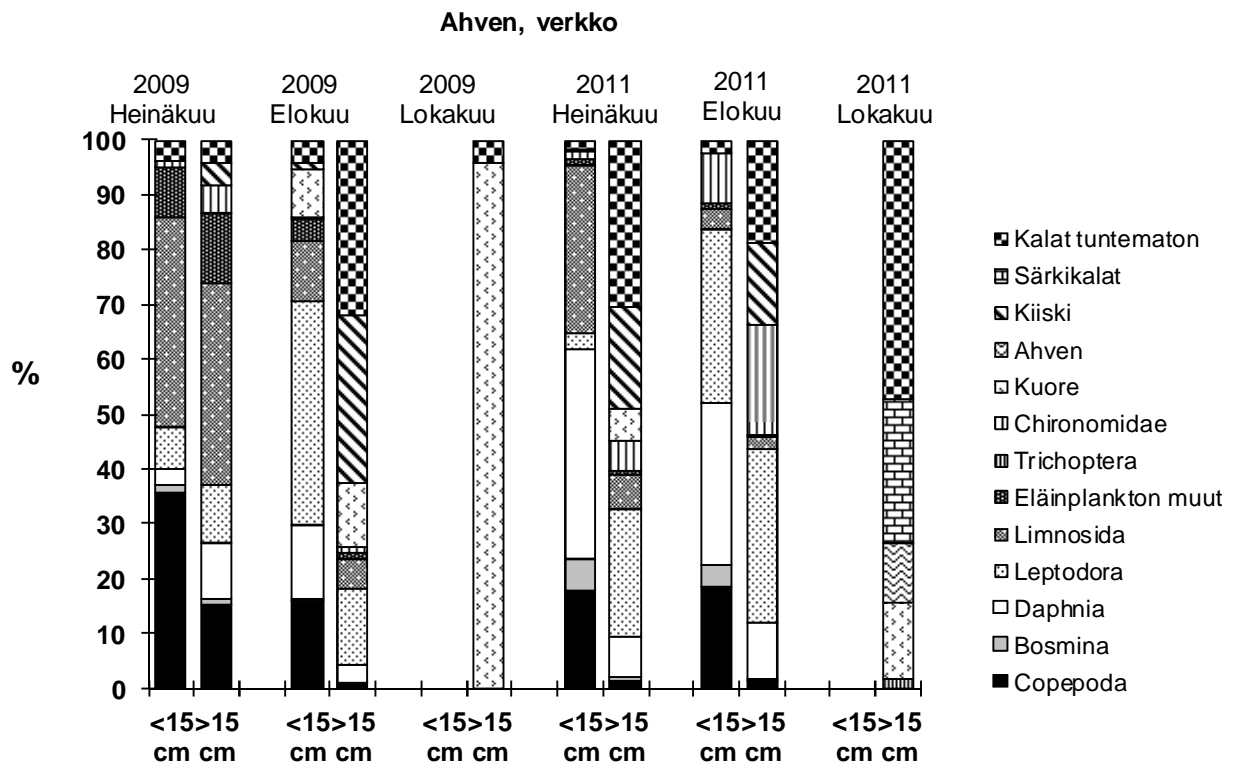
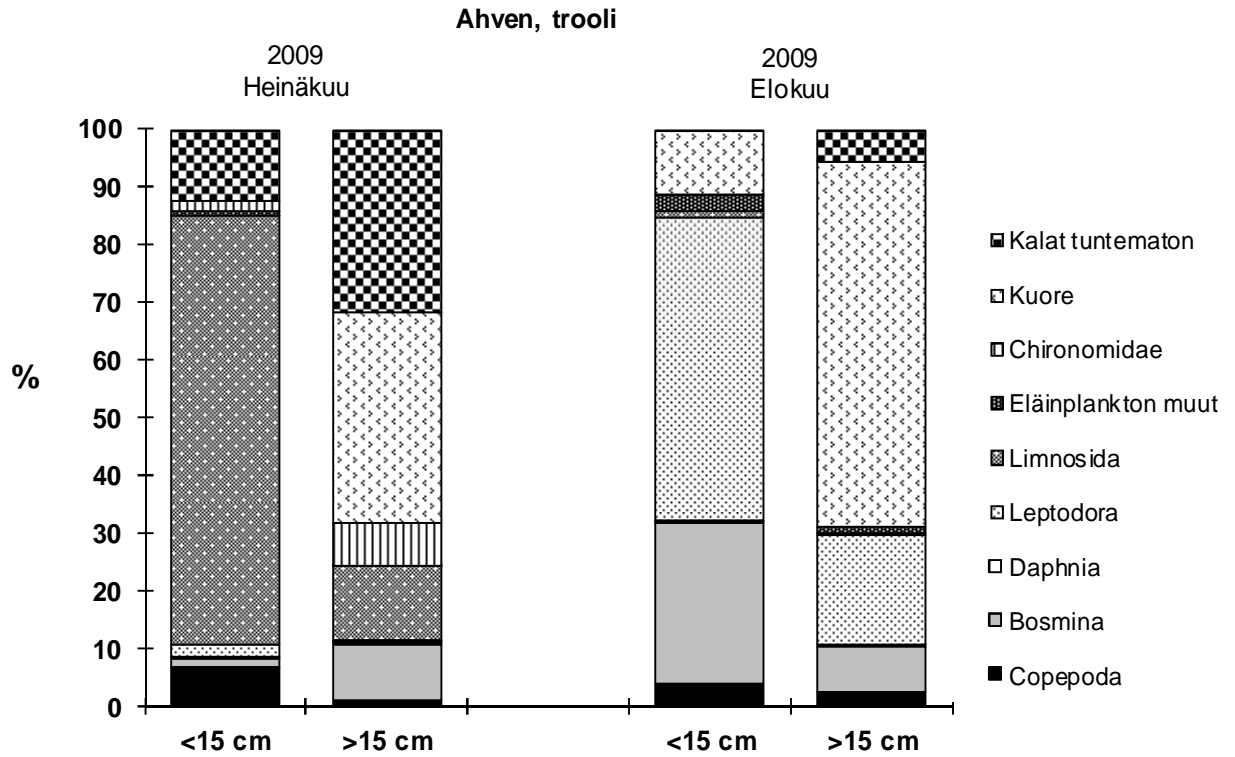
Kuva 12. Kuoreen ravinnon koostumus Enonselällä vuosina 2009 ja 2011.

Pienten trooliahventen (n=24, pituus 113–149 mm) ravinto koostui heinäkuussa 2009 lähes pelkästään *Limnosida*-vesikirpuista (75 %), joskin myös pieniä määriä kalanpoikasia (12 %) tavattiin ravinnossa (kuva 13). Elokuussa pienet ahvenet (n=58, pit. 98-149 mm) 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 2009 (n=50, 150–206 mm) eläinplanktonin merkitys oli vähäinen (24–31 %) välivedestä troolilla pyydytyillä kaloilla. Molempina ajankohtina kalaravinnon osuus oli lähes 70 % ja varsinkin kesänvanhojen kuoreiden merkitys elokuussa oli todella huomattava (63 %). Sen sijaan verkolla pääosin pohjasta pyydytyt isommatkin ahvenet olivat syöneet heinäkuussa 2009 planktonvoittoista ravintoa. *Limnosida*-vesikirput erottuivat runsaimpana ryhmänä, kuten pienemmilläkin ahvenilla. Lokakuussa 2009 isot ahvenet söivät syvänteellä lähes yksinomaan kuoretta. Heinä-elokuussa 2011 pienten verkkoahventen pääasiallinen ravinto koostui *Limnosida*-, *Daphnia*- ja *Leptodora*-vesikirpuista. *Daphnian* osuus oli suurempi kuin vuonna 2009. Isommat ahvenet söivät heinäkuussa pääosin kalaa, mutta elokuussa ravinnonkäyttö painottui eläinplanktoniin ja surviaissääskiin. Lokakuun kookkaat ahvenet osoittautuivat vuoden 2009 tapaan petokaloiksi, mutta kuoreen merkitys ravintokohteena oli hyvin pieni verrattuna vuoteen 2009. Särkikalojen ja ahvenen merkitys suurten ahventen ravintona oli vastaavasti noussut selvästi.

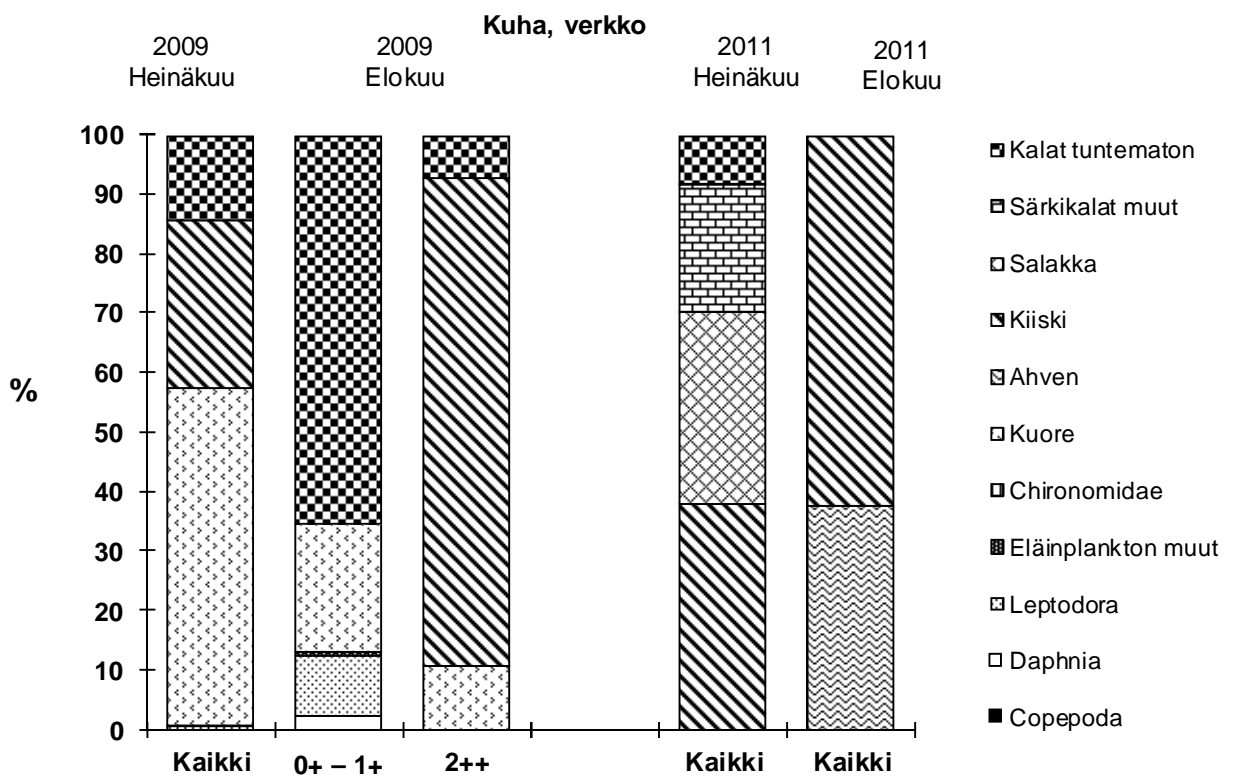
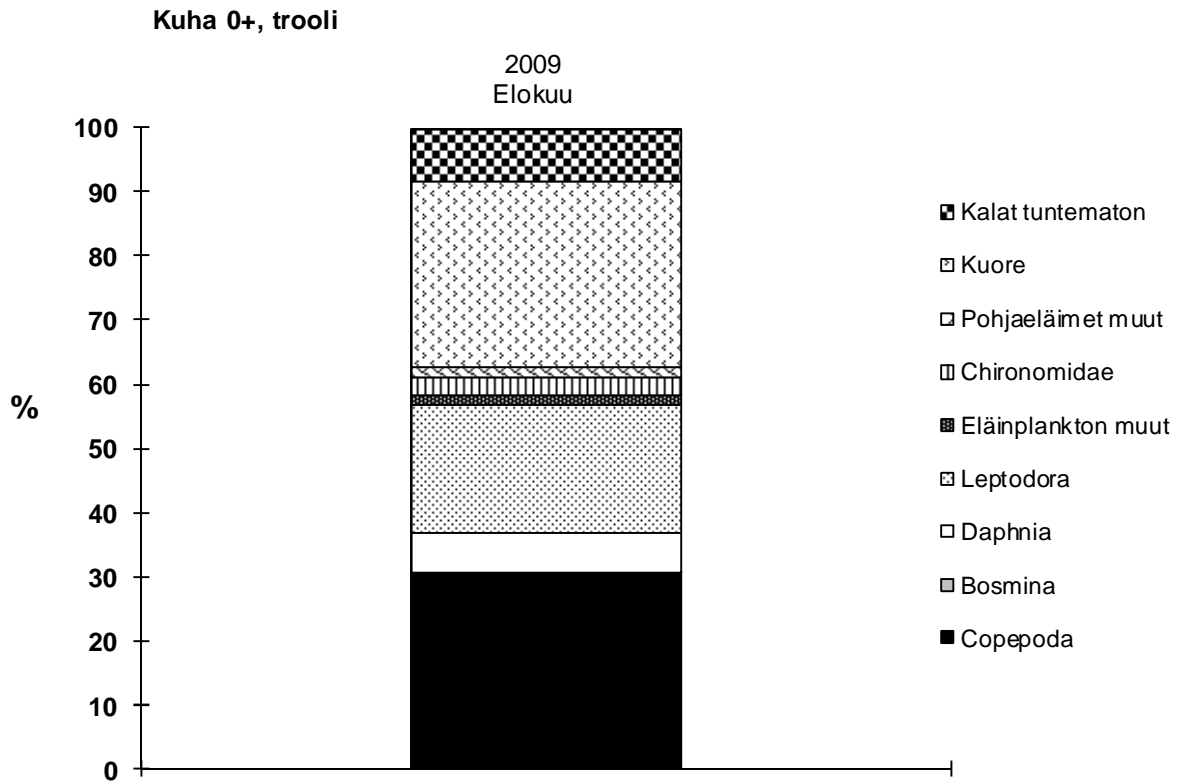
Kesänvanhojen troolikuhiin (n=97, pituus 27–88 mm) ravinto koostui elokuussa 2009 suurimmaksi osaksi eläinplanktonista, hankajalkaisten (Copepoda, 31 %) ja *Leptodora kindtii* (20 %) ollessa yleisimmät (kuva 14). Suurimpien kuhanpoikasten ravinnossa tavattiin runsaasti kalanpoikasia, kuten kesänvanhoja kuoreita (29 %). Elokuussa 2011 troolilla saatiin ainoastaan kaksi kuhanpoikasta, eikä niiden ravinnon tutkimista pidetty mielekkäänä. Verkolla pyydettyjen kuhien ravinto koostui lähes pelkästään kaloista. Vuonna 2009 kuore ja kiiski olivat runsaimmat lajit. Vuonna 2011 kuore hävisi ravinnosta lähes tyystin ja kiisken rinnalle merkittäviksi kohteiksi nousivat ahven ja salakka.

Troolisärkien ravinto koostui heinäkuussa 2009 (n=65, pituus 136–213 mm) lähes yksinomaan eläinplanktonista (99 %), lähinnä *Bosmina*- (77 %) ja *Daphnia*-vesikirpuista (20 %) (kuva 15). Elokuussa 2009 särkiä saatiin vain neljä (pituus 156–300 mm) ja ne olivat syöneet pääosin *Leptodora*a. Vuonna 2011 ei troolisärkien ravintoa analysoitu niiden vähäisen määrän takia. Verkkonäytteen särkien ravinto vuonna 2009 koostui troolinäytteen tapaan pääasiassa *Bosminasta* ja *Daphniasta*. Elokuussa 2009 pääravintokohteina olivat detritus, kasvimateriaali ja pohjaeläimet. Sekä heinä- että elokuussa 2011 vesikirppujen, etenkin *Bosminan* osuus oli suurempi kuin vuonna 2009. Pohjaravintoa särjet olivat käyttäneet varsin vähän verrattuna vuoteen 2009.

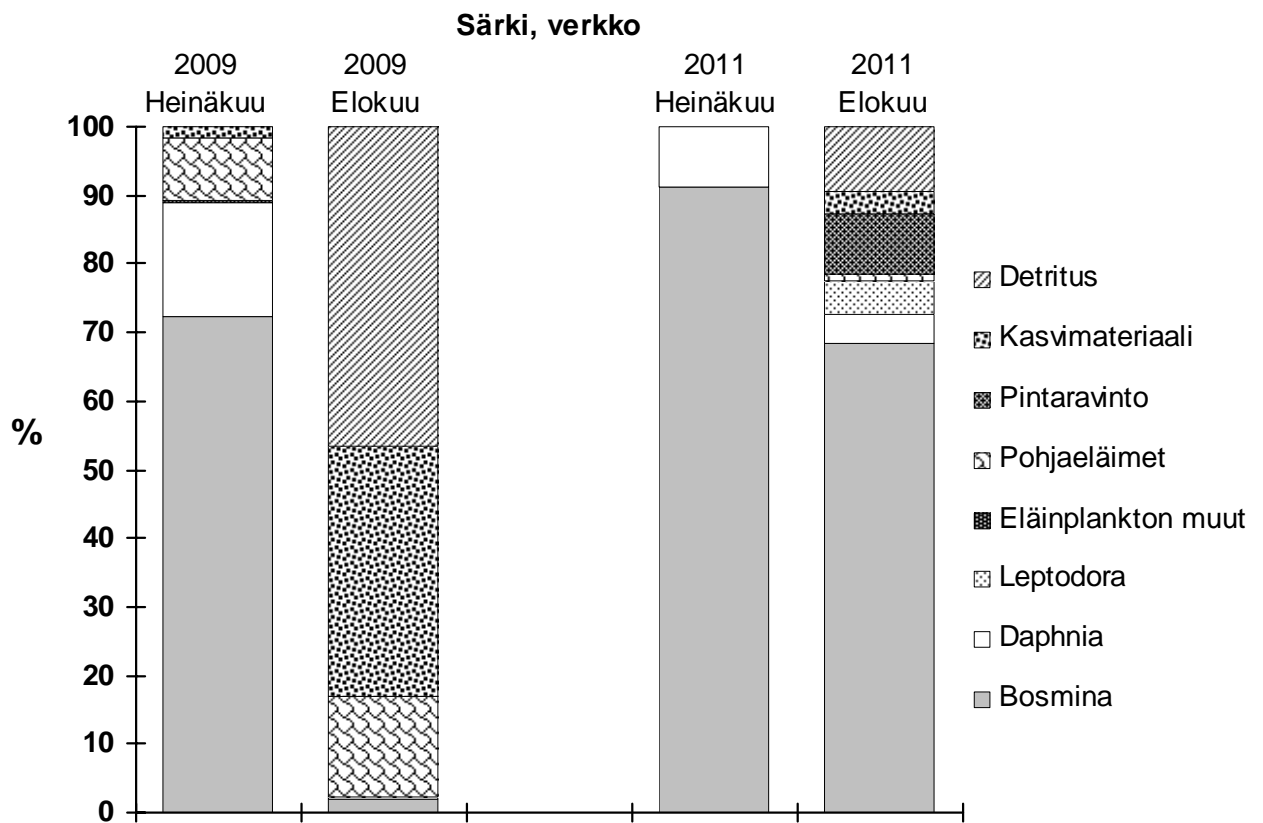
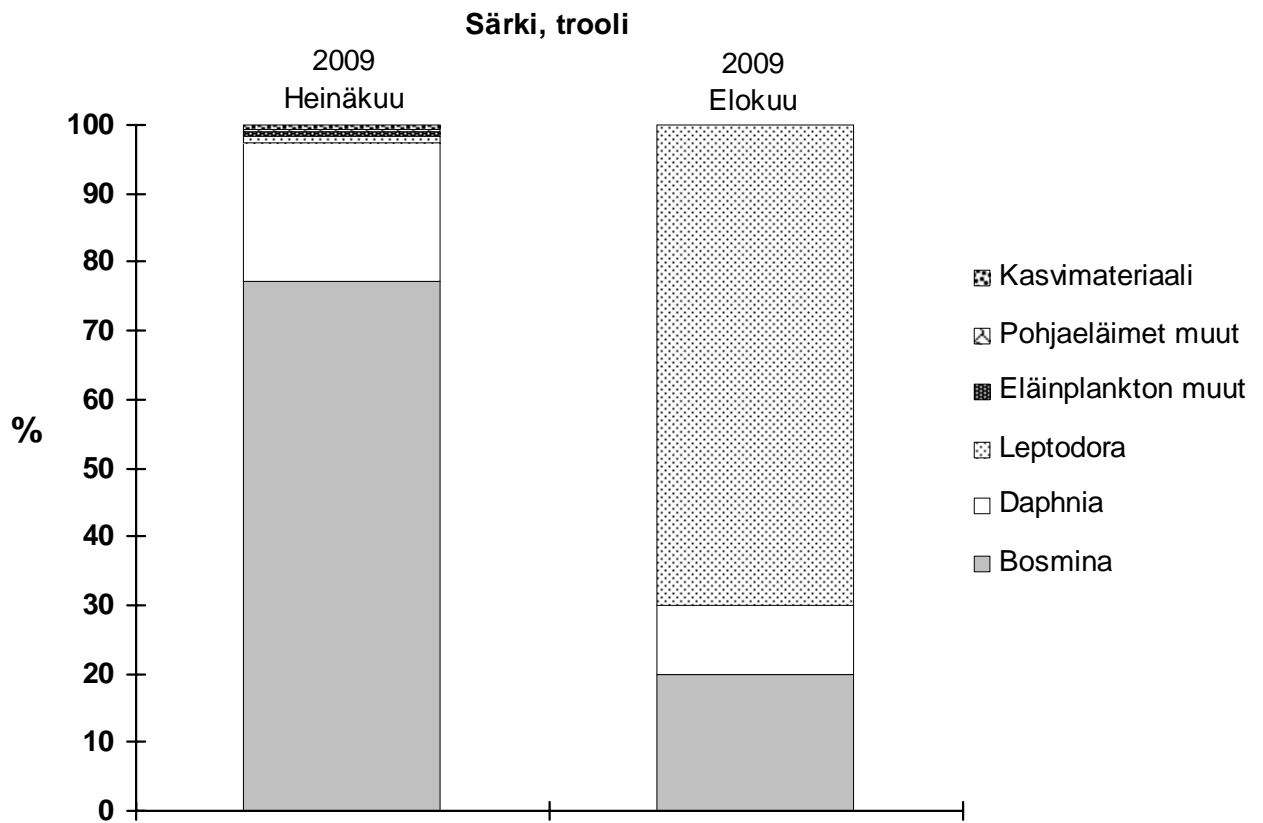
Lahnin ravinto oli heinäkuussa 2009 pääasiassa eläinplanktonia, erityisesti *Bosminaa* ja *Daphniaa* (kuva 16). Elokuussa lahnat olivat syöneet pääasiassa surviaissääsken toukkia. Toinen pohjaeläinspesialisti kiiski söi elokuussa myös pääasiassa surviaistoukkia (kuva 17). Kumpaakaan lajia ei saatu troolilla vuonna 2011 riittävän paljon ravintoanalyysiin. Verkkosaaliista kerättiin kiisken ravintonäytteet mahdollista myöhempiä analysointia varten.



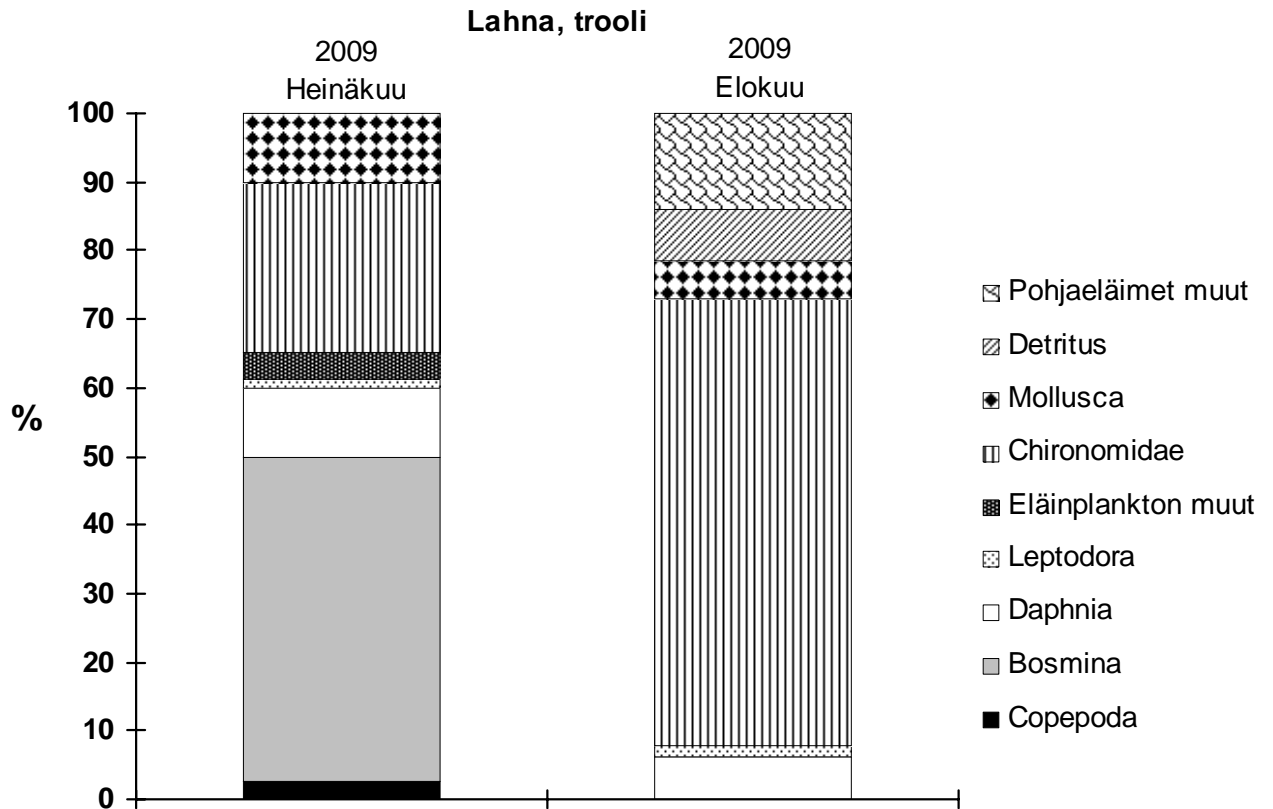
Kuva 13. Ahvenen ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009 ja 2011.



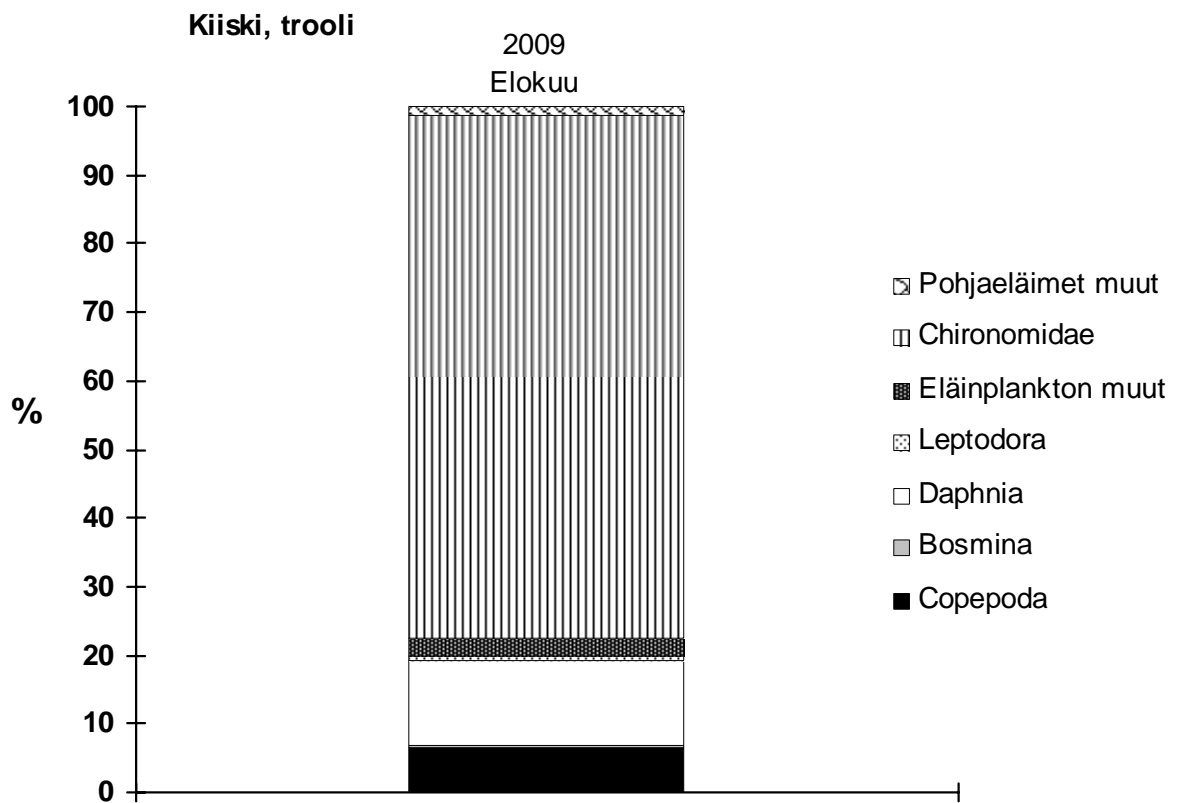
Kuva 14. Kujan ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009 ja 2011.



Kuva 15. Särjen ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009 ja 2011

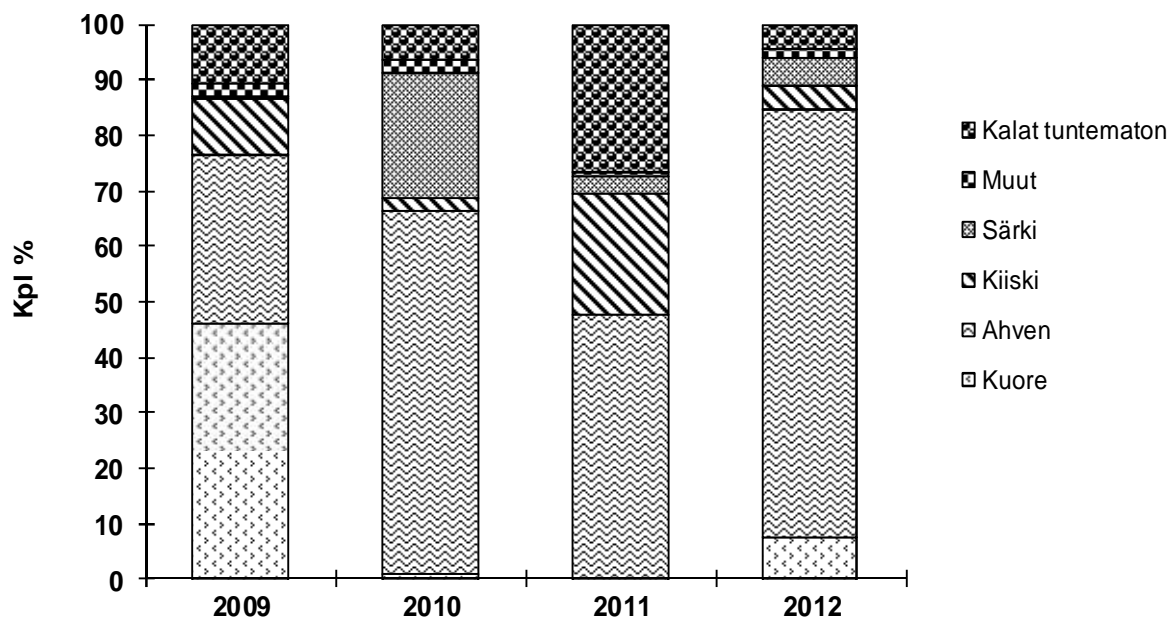


Kuva 16. Lahnan ravinnon koostumus Enonselällä vuonna 2009.



Kuva 17. Kiisken ravinnon koostumus Enonselällä v. 2009

Kuore ja ahven olivat kuhien tärkeintä syysravintoa Enonselällä 2009 (kuva 18). 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 %. Syksyllä 2010 kuore hävisi kuhan ravinnosta lähes kokonaan ja ahvenen merkitys korostui. Vuosina 2010-2012 ahvenen lukumääräosuus vaihteli 48-77 % välillä. Myös särki erottui kuhan ravintokohteena vuonna 2010 ja kiiski vuonna 2011. Kuoretta alkoi esiintyä kuhan ravinnossa jälleen syksyllä 2012.



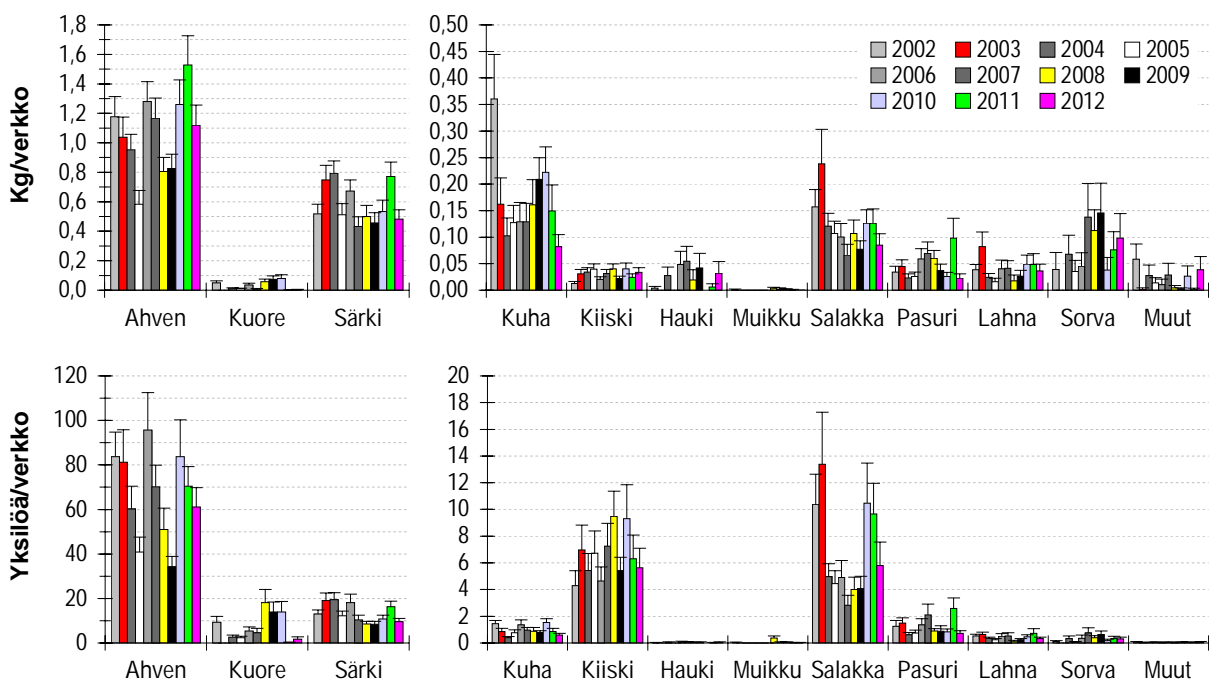
Kuva 18. Kuhan (n=124-316/vuosi) saalislajien lukumääräosuudet syksyn verkkokalastuksissa vuonna 2009-2012. Muut = muikku, kuha, lahna ja pasuri.

3.8. Enonselän verkkokoekalastukset

Enonselän verkkokoekalastusten saaliit (taulukko 5) olivat valtalajien, ahvenen ja särjen osalta laskusuunnassa vuonna 2009 verrattuna edeltäviin vuosiin (kuva 19). Ahven- ja särkikannat kävivätkin tuolloin aallonpohjassa. Saaliit ovat seuraavina vuosina pysyneet selvästi korkeammalla tasolla. Kalayhteisön rakenne on niin lukumäärä- kuin painosaaliinkin perusteella pysynyt ahvenkalavoittoisena lähes koko jakson 2002-2012 ajan. Kuorekannan huippu ajoittuu vuosiin 2008-2010, jota seurasi saaliiden romahdus vuonna 2011. Vuonna 2012 kanta alkoi näyttää toipumisen merkkejä. Kuhan painoyksikkösaalis oli nousussa vuosina 2008-2010, mutta sen jälkeen paino- ja lukumääräsaaliiden kehitys on ollut laskeva.

Taulukko 5. Enonselän koeverkkoosaaliit vuosina 2012. Saaliin kokonaispaino ja lukumäärä, niiden osuudet sekä yksikkösaaliit (kg ja yks./verkko) lajeittain. Lisäksi on mainittu tiedot särki- ja ahvenkalaryhmistä.

Laji	Paino (kg)	Yks.	Paino %	Yks. %	Kg/verkko	Yks./verkko
Ahven	67,155	3669	55,0	71,1	1,12	61,15
Kuha	4,939	35	4,0	0,7	0,08	0,58
Kiiski	2,007	338	1,6	6,5	0,03	5,63
Hauki	1,926	3	1,6	0,1	0,03	0,05
Kuore	0,275	105	0,2	2,0	0,00	1,75
Muikku	0,009	1	0,0	0,0	0,00	0,02
Siika	0,406	1	0,3	0,0	0,01	0,02
Särki	28,896	578	23,7	11,2	0,48	9,63
Salakka	5,079	348	4,2	6,7	0,08	5,80
Pasuri	1,360	43	1,1	0,8	0,02	0,72
Lahna	2,179	20	1,8	0,4	0,04	0,33
Sorva	5,886	18	4,8	0,3	0,10	0,30
Ruutana	1,907	3	1,6	0,1	0,03	0,05
Yhteensä	122,024	5162	100	100	2,03	86,03
Särkikalat	45,307	1010	37,1	19,6	0,76	16,83
Ahvenkalat	74,101	4042	60,7	78,3	1,24	67,37
Muut	2,616	110	2,1	2,1	0,04	1,83
Petokalat	36,181	405	29,7	7,8	0,60	6,75



Kuva 19. Enonselän verkkokoekalastusten yksikkösaaliit lajeittain painoina (kg/verkko) ja yksilömäärinä (yksilöä/verkko) vuosina 2002-2012. Muut = siika, made, ruutana ja kivisimppu. Hajontajanat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä (se).

4. Tulosten tarkastelu

Enonselän kuorekanta romahti vuoden 2009 lokakuun ja 2011 heinäkuun välisenä aikana. Todennäköisin ajankohta romahdukselle on kesä 2010. Tuolloin lämmin kesä yhdistettynä heikkoon happitilanteeseen ilmeisesti johti kuoreen suureen kuolevuuteen. Alusveden alhaisen happipitoisuuden pakottamina kuoreet joutuivat olemaan useita viikkoja poikkeuksellisen lämpimässä (yli 20°C) päällysvedessä. Lämpötilan suoran vaikutuksen lisäksi myös petokalojen saalistus on ilmeisesti ollut normaalia tehokkaampaa. Yleensä kuoreet hakeutuvat päiväsaikaan syvemmälle pimeyden tuomaan turvaan saalistukselta. Kesällä 2010 tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista heikon happitilanteen takia. Kuolevuus ei välttämättä selitä kokonaan kuoreen romahdusta, vaan osa kannasta saattoi vaelttaa pois Enonselältä. Vastaavanlainen Enonselän kuorekannan äkillinen pieneneminen tapahtui viimeksi lämpimänä kesänä 2002 (Malinen ym. 2008). Toisen viileätä vettä vaativan kalalajin, muikun, kanta on ollut jo pitempään heikko. Kanta ei kuitenkaan ole kokonaan kadonnut vaan näyttää tuottavan jonkin verran poikasia joka vuosi. Sen sijaan siika käytännössä katosi Enonselältä jo edellisen tutkimusjakson (2002-2006) aikana (Malinen ym. 2008). Vuosina 2009-2012 siikoja ei saatu troolilla lainkaan.

Kesällä 2011 ulapan kalatiheys oli poikkeuksellisen alhainen. Valtalajiksi nousi ahven kuoreen romahdamisen myötä. Pienikokoisen ahvenen runsastuminen ulapalla johtui todennäköisesti paremmista ravintoresursseista. Suurikokoisten herbivorivesikirppujen biomassassa oli kesällä 2011 selvästi suurempi kuin kesällä 2009 (Ketola ym. 2012). Lisäksi ahvenelle tärkeää petovesikirppu *Leptodora* esiintyi runsaammin kuin kesällä 2009. Todennäköisin selitys sekä suurikokoisten herbivorivesikirppujen että *Leptodoran* runsastumiselle on kuorekannan romahdus. Myös edellistä kuoreen taantumista vuonna 2002 seurasi ahvenen runsastuminen ulapalla vuosina 2003-2004 (Malinen ym. 2008). Toisaalta ahvenen runsastumiseen kesällä 2011 on saattanut vaikuttaa myös lämpimänä kesänä 2010 muodostunut keskimääräistä voimakkaampi vuosiluokka (Ruuhijärvi ym. 2011). Troolisaaliin kokojakauman perusteella ulapalla esiintyi nimenomaan tämän vuosiluokan ahvenia.

Mikään toinen kalalaji ahvenen lisäksi ei näyttänyt merkittävästi hyötyvän kuoreelta vapautuneista ravintoresursseista. Yksikesäisiä kuhanpoikasia esiintyi ulapalla erittäin vähän kesällä 2011. Tämä ei toisaalta välttämättä todista sitä, että vuosiluokka 2011 olisi heikko, vaan ulapan vähäkalaisuus on myös saattanut tehdä siitä kuhanpoikasille huonosti sopivan ympäristön ja kuhanpoikaset ovat ehkäpä keskittyneet matalammille alueille. Kooltaan ja muutenkin ulkonäöltään kuoreenpoikasta muistuttavat kuhanpoikaset etsivät mahdollisesti suojaa ulapan suurista kuoreparvista. Lisäksi ne siirtyvät loppukesällä syömään pienimpiä kuoreenpoikasia, kuten tapahtui vuosina 2009 ja 2012. Kesällä 2011 kuoreparvia ei ulapalla siis juuri ollut.

Heinäkuun alussa 2012 ulapan kalayhteisön tila muistutti suuresti edellisen kesän tilannetta: ahven oli selvä valtalaji sekä tiheydeltään että biomassaltaan. Elokuussa kuitenkin havaittiin, että viileän kesän myötä oli muodostunut varsin runsas kuorevuosiluokka. Ahventen määrä ulapalla oli laskenut jälleen pieneksi. Yksikesäisten kuoreiden osuus kaikkien lajien yhteenlasketusta tiheydestä oli peräti 98 % ja biomassaosuuskin lähes 80 %. Kuhanpoikasia esiintyi jälleen melko runsaasti kuten vuonna 2009. Ne olivat kasvaneet varsin hyvin ottaen huomioon kesän viileyden ja elokuussa suurimmat poikaset olivat jo siirtyneet syömään kuoreenpoikasia (Mika Vinni, julkaisematon aineisto). Myös hyvin kasvaneita yksikesäisiä muikkuja esiintyi vuoden 2009 tapaan.

Positiivisena yllätyksenä voidaan pitää sitä, että särkikalat eivät ulapalla runsastuneet kuoreen vähenemisestä huolimatta. Vuoden 2002 kuorekannan romahduksen jälkeen ahvenen runsastumisen lisäksi myös särki- ja lahnabiomassa kasvoivat (Malinen ym. 2008). Epäselväksi jää, mikseivät särkikalat runsastuneet ulapalla kesällä 2011. Ulapalla kuitenkin oli enemmän suurta eläinplanktonia (Ketola ym. 2012) ja saatujen särkien ravinnossakin oli enemmän eläinplanktonravintoa kuin vuonna 2009. Saattaa olla, että Enonselän särkikanta ei yksinkertaisesti ole niin runsas kuin aiemmin. Koeverkkosaaliiden suuriin kaloihin painottunut pituusjakauma viittaa vahvasti siihen, että särkivuosi-luokat ovat olleet heikompia viime vuosina kuin 2000-luvun alussa (Ruuhijärvi ja Ala-Opas 2007, Ruuhijärvi ym. 2011). Petokalojen osuus Enonselän kalastosta on myös kasvanut viime vuosina, mikä on lisännyt pieniin särkikaloihin kohdistuvaa saalistusta.

Elokuun 2012 kalabiomassa oli pienempi kuin pitkään aikaan Enonselällä. Tämä johtui särkikalojen ja ahventen pienestä määrästä ulapalla. Kun kuorekannassakin vallitsivat pienet yksikesäiset kuoreet (keskipaino 1,0 g), oli kuorebiomassakin varsin pieni. Särkikalojen määrä ulapalla oli ollut pieni jo pidempään, mutta ahventen määrä romahti kesän 2012 aikana. Siirtyikö Enonselän runsas kuha-kanta syömään entistä enemmän ahventa kuoreen kadottua? Ahven on ollut kuoreen ohella Enonselän kuhan tärkein saaliskala (kuva 18 ja Peltonen ym. 1996) Toisaalta on mahdollista, että elokuun tutkimuskerta on sattunut ajankohtaan, jolloin eläinplanktonbiomassassa on ollut hetkellinen notkahdus (Luokkanen 1995, Ketola ym. 2012). Tämä saattaisi selittää ahventen puuttumisen ulapalta ja kyse olisi vain hetkellisestä ilmiöstä. Näin ollen tämän yhden tutkimuskerran biomassarviosta ei siis kannata vetää kovin vahvoja johtopäätöksiä.

Enonselällä 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 suuristakaan kalakeskittymistä saada näytettä. Erityisen paljon puutteellinen trooliotanta todennäköisesti vaikuttaa lahnan ja särjen biomassarvioihin. Pohjassa kiinni olevia pieniä erillisiä parvia on erittäin vaikea troolata ja puutteellisten kalanäytteiden takia särkikalojen osuudet saattavat vääristyä pahastikin. Näin ollen vuosina 2009 ja 2011 arvioituihin suuriin lahnabiomassoihin tulee suhtautua varauksella; on mahdollista, että osa lahnabiomassasta oli todellisuudessa särkeä.

5. Johtopäätökset

Kalakanta-arvioiden ja kalojen ravintotutkimusten sekä eläinplanktonitutkimuksen ja vedenlaatu seurannan (Ketola ym. 2012) perusteella näyttää todennäköiseltä, että vuonna 2010 tapahtunut kuorekannan romahdus johti suurikokoisen eläinplanktonin runsastumiseen ulapalla, mikä puolestaan paransi eläinplanktoniyhteisön kykyä säädellä kasviplanktonbiomassaa ja tarjosi pikkuaahvenille entistä paremmat ravintovarot ulapalla. Särkikalat eivät hyötyneet vapautuneista ravintoresursseista. Vuonna 2012 syntynyt runsas kuorevuosiluokka saattaa palauttaa kalalajien runsaussuhteet ja eläinplanktoniyhteisön ennalleen kesällä 2013. Kala- ja eläinplanktoniyhteisön kehitys riippuu kuitenkin suuresti kesän 2013 lämpötila- ja happiolosuhteista.

Poistaessaan Enonselän lämpötilakerrostuneisuuden hapetus voimistaa lämpimien ja viileiden kesien aiheuttamaa vaihtelua ravintoverkon rakenteessa. Enonselän ekosysteemi on sen vuoksi entistä

epävakaampi ja vuotuinen sukkessio arvaamattomampi. Selvin vaikutus on kuoreen ja muikun voimakas taantuminen erityisesti lämpiminä kesinä. Toisaalta palautuminenkin on tilaisuuden tullen nopeaa, koska kalat voivat siirtyä järven muista osista Enonselälle.

Vielä ei voida sanoa, onko alusveden hapetus positiivinen vai negatiivinen toimenpide Enonselän kalayhteisön kannalta. Sama koskee ravintoverkon kautta tapahtuvaa vaikutusta järven tilaan, erityisesti sinileväkukintoihin. Jos näihin kysymyksiin halutaan vastauksia, tulee ulapan kalamäärää ja lajijakaumaa, kalojen ravinnonkäyttöä, eläinplanktonbiomassaa sekä veden laatua edelleen seurata.

Lähdeluettelo

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.

Ketola, M., Kuoppamäki, K. & Kairesalo, T. 2012: Vesijärven Enonselän ravintoverkon rakenne ja toiminta sekä niissä tapahtuvat muutokset (vuosina 2009-2013). Osaraportti (eläinplankton, vesikemia). Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos, Lahti. 21 s.

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.

Luokkanen, E. 1995: Tehokalastuksen vaikutus Enonselän eläinplanktoniin – julkaisussa: Sammalkorpi, I., Keto, J., Kairesalo, T., Luokkanen, E., Mäkelä, M., Vääriskoski, J. & Lammi, E. (toim.): Vesijärviprojekti 1987-1994: Ravintoketjukunnostus, tutkimukset ja toimenpidekokeilut. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 218, s. 77-81.

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, ympäristöekologiaan laitos sekä bio- ja ympäristötieteiden laitos. 16 s.
- Malinen, T., Antti-Poika, P., Vinni, M., Ruuhijärvi, J. & Ala-Opas, P. 2010: Vesijärven Enonselän ravintoverkkotutkimuksen kalatutkimukset vuonna 2009. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto sekä Riistan- ja kalantutkimus. 23 s.
- Olin, M., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Villa, L., Savola, P., Sammalkorpi, I., ja Poikonen, K. (toim.) 1998: Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset, vuosiraportti 1997. Kala- ja riistaraportteja 123. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Olin, M. ja Malinen, T. 2003: Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia* 506-509: 443-449.
- 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.
- 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.
- Ruuhijärvi, J., Ala-Opas, P. & Määttä, K. 2011: Vesijärven kalataloudellinen tarkkailu 2008–2010. RKTL:n työraportteja 21/2011. 43 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.