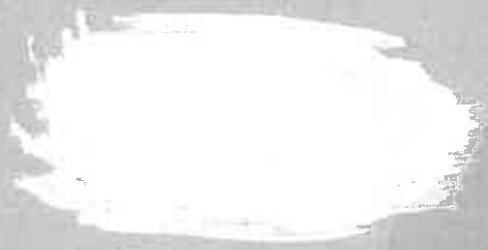
KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 184

Mikko Olin ja Martti Rask (toim.)

Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukunnostuksen kalatutkimuksia vuosina 1996 - 1999

Helsinki 2000



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

KUVAILULEHTI

Julkaisija

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Julkaisuaika

Huhtikuu 2000

Tekijä(t)

Toimittajat: Mikko Olin ja Martti Rask

Kirjoittajat: Erkki Fontell, Esa Hirvonen, Juha Jurvelius, Jouni Kervinen, Hannu Lehtonen, Anja Lehtovaara, Tommi Malinen, Timo J. Marjomäki, Kari Nyberg, Mikko Olin, Heikki Peltonen, Martti Rask, Raimo Riikonen, Jukka Ruuhijärvi, Ilkka Sammalkorpi, Sami Vesala ja Mika Vinni

Julkaisun nimi

Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukunnostuksen kalatutkimuksia vuosina 1996-1999

Julkaisun laji

Raportti

Toimeksiantaja

Toimeksiantopäivämäärä

Projektin nimi ja numero

Tiivistelmä

Tuusulanjärvi ja Rusutjärvi ovat Keski-Uudellamaalla sijaitsevia rehevöityneitä järviä. Hoitokalastus on ollut merkittävä osa kummankin järven kunnostusta. Tässä raportissa kootaan yhteen Tuusulanjärven tähänastiset hoitokalastustulokset, sekä hoitokalastuksiin liittyvät kalasto- ja eläinplanktontutkimukset Tuusulanjärveltä ja Rusutjärveltä vuosilta 1996-1999.

Tuusulanjärven hoitokalastus on onnistunut hyvin: saalis oli vuosina 1997-1999 yli 400 kg/ha. Verkkokoekalastusten perusteella lahna- ja salakkakannat olivat elokuuhun 1999 mennessä alentuneet, sen sijaan särki korvasi poistetun kalamäärän runsaalla vuosiluokkatuotannolla. Ahven ja kuha runsastuivat. Kaikuluotaustulosten perusteella Tuusulanjärven syvien alueiden kalamäärä romahti lokakuusta 1997 marraskuuhun 1999 n. 310 kilosta 30 kiloon hehtaarilla.

Tuusulanjärvellä kokeiltiin myös liikkuvaa jäänalaista kaikuluotausta, jonka todettiin sopivan hyvin kalatiheyksien ja kalojen levinneisyyden kartoitukseen suunnitellulla nuottausalueella.

Tuusulanjärven ja Rusutjärven eläinplanktonyhteisössä on reheville järville tyypillisiä piirteitä: vesikirppujen pieni keskikoko, *Chydorus* –vesikirppusuvun suuret tiheydet, sekä Calanoida –hankajalkaisten vähäisyys. Tuusulanjärvessä vesikirppujen keskikoko oli pienempi kuin Rusutjärvessä. Tuusulanjärvellä vesikirppujen tiheydessä ei tapahtunut muutosta tutkimusjaksolla, Rusutjärvellä vesikirpputiheys kasvoi selvästi.

Kuhan poikastuotanto vaihteli voimakkaasti ja oli kummallakin järvellä suurinta vuosina 1997 ja 1999. Poikastiheydet olivat Tuusulanjärvellä selvästi suurempia kuin Rusutjärvellä. Myös kuhanpoikasten kasvu oli Tuusulanjärvellä nopeampaa lukuun ottamatta vuotta 1999.

Särkikalojen kasvu oli kummallakin järvellä hidasta. Ahvenkalojen kasvu oli Tuusulanjärvellä kohtalaista, mutta Rusutjärvellä, varsinkin ahvenella, hitaampaa.

Asiasanat

Ravintoketjukunnostus, rehevöityminen, kalasto, särkikalat, eläinplankton, hoitokalastus, trooli, nuotta, kurenuotta, verkkokoekalastus, kaikuluotaus, poikastuotanto, kuha, kalojen kasvu

Sarjan nimi ja numero

Kala- ja riistaraportteja 184

ISBN

951-776-269-0

ISSN

1238-3325

Sivumäärä

74 s.

Kieli

Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Jakelu

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Pukinmäenaukio 4, PL 6
00721 Helsinki

Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Pukinmäenaukio 4, PL 6
00721 Helsinki

Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO 1

1.1. REHEVÖITYMISHISTORIA 1
1.2. KUNNOSTUSTOIMENPITEET 2
1.3. HOITOKALASTUSTUTKIMUKSET 2
KIRJALLISUUS 3

2. SÄRKIKALOJEN TEHOKALASTUKSET TUUSULANJÄRVELLÄ VUOSINA 1997-1999 4

2.1. JOHDANTO 4
2.2. AINEISTO JA MENETELMÄT 4
2.2.1. Kalastus 4
2.2.2. Kalojen kuljetus ja saaliin käsittely 7
2.2.3. Sää- ja hydrologiaolosuhteet sekä näkösyvyys 7
2.3. TULOKSET 7
2.3.1. Rysäkalastus 8
2.3.2. Nuottaus 10
2.4. TULOSTEN TARKASTELU 12
2.4.1. Saaliin biomassa ja fosforimäärä 12
2.4.2. Saaliin lukumäärä 13
2.4.3. Särkikalojen parveutumisen merkitys Tuusulanjärven hoitokalastuksessa 13
2.4.4. Ravintoketjukunnostus ja hajakuormituksen vähentäminen 14
2.5. JOHTOPÄÄTÖKSET 15
KIRJALLISUUS 15

3. TUUSULANJÄRVEN JA RUSUTJÄRVEN VERKKOKOEKALASTUKSET VUOSINA 1996-1999 .. 17

3.1. JOHDANTO 17
3.2. AINEISTO JA MENETELMÄT 17
3.3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU 18
3.3.1. Olosuhteet tutkimusjaksolla 18
3.3.2. Tuusulanjärven kokonaisyksikkösaalis 19
3.3.3. Tuusulanjärven lajikohtaiset saaliit 19
3.3.4. Rusutjärven kokonaisyksikkösaalis 23
3.3.5. Rusutjärven lajikohtaiset saaliit 23
3.4. JOHTOPÄÄTÖKSET 27
3.4.1. Tuusulanjärvi 27
3.4.1. Rusutjärvi 27
KIRJALLISUUS 27

4. TUUSULANJÄRVEN ULAPPA-ALUEEN KALATIHEYS JA -BIOMASSA VUOSINA 1997-1999 KAIKULUOTAUKSELLA ARVIOITUNA 28

4.1. JOHDANTO 28
4.2. MENETELMÄT 28
4.3. TULOKSET 30
4.3.1 Kalatiheys ja -biomassa 30
4.3.2 Kalojen alueellinen esiintyminen 32
4.4. TULOSTEN TARKASTELU 34
4.5. JOHTOPÄÄTÖKSET 36
KIITOKSET 37
KIRJALLISUUS 37

5. LIIKKUVA JÄÄNALAINEN KAIKULUOTAUS TUUSULANJÄRVELLÄ TALVELLA 1998 39

5.1. JOHDANTO 39
5.2. MENETELMÄT 39
5.3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU 41

5.4. JOHTOPÄÄTÖKSET 42
KIRJALLISUUS 42

6. RUSUTJÄRVEN JA TUUSULANJÄRVEN ELÄINPLANKTON 1996-1999 43

6.1. JOHDANTO 43
6.2. AINEISTO JA MENETELMÄT 43
6.3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU 44
6.3.1. Rusutjärvi 44
6.3.2. Tuusulanjärvi 46
6.4. JOHTOPÄÄTÖKSET 48
KIRJALLISUUS 48

7. KUHAN POIKASTUOTANTO TUUSULANJÄRVESSÄ VUOSINA 1996-1999 49

7.1. JOHDANTO 49
7.2. AINEISTOT JA MENETELMÄT 50
7.2.1. Poikasnuotta 51
7.2.2. Poikastrooli 52
7.2.3. Kurenuotta 52
7.2.4. Heittoverkko 53
7.3. TULOKSET 53
7.3.1. Poikasnuottaukset tutkimusjärvillä 53
7.3.2. Koekalastukset poikastroolilla 54
7.3.3. Kurenuottaus 55
7.3.4. Nuottaus 59
7.4. TULOSTEN TARKASTELU 60
7.5. JOHTOPÄÄTÖKSET 61
KIRJALLISUUS 62

8. RUSUTJÄRVEN JA TUUSULANJÄRVEN KALOJEN KASVU 64

8.1. JOHDANTO 64
8.2. AINEISTO JA MENETELMÄT 64
8.2.1. Näytteet 64
8.2.2. Näytteiden käsittely 64
8.2.3. Ikämääritykset näytekaloista 65
8.2.4. Kasvun määritykset 65
8.3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU 66
8.3.1. Ahven 66
8.3.2. Kuha 66
8.3.3. Kiiski 67
8.3.4. Lahna 68
8.3.5. Särki 68
8.4. JOHTOPÄÄTÖKSET 69
KIRJALLISUUS 70

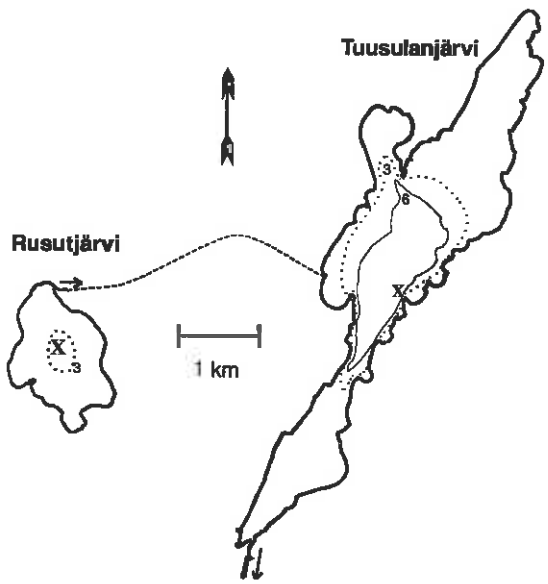
1. Johdanto

Mikko Olin[1] ja Martti Rask

[1]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, PL 6, 00721 Helsinki
[2]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema 16970, Evo

1.1. Rehevöitymishistoria

Tuusulanjärvi (592 ha, keskisyvyys 3,2 m, suurin syvyys 9,8 m) ja Rusutjärvi (pinta-ala 133 ha, keskisyvyys 2,5 m, suurin syvyys 3,6 m) ovat tiheään asutulla Keski-Uudellamaalla sijaitsevia, virkistysarvoltaan tärkeitä järviä (kuva 1). Rusutjärvi laskee Tuusulanjärveen ja järvet kuuluvat Vantaanjoen vesistöalueeseen. Kummatkin järvet ovat rehevöityneitä. Keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus kasvukausilla 1990-1996 oli Rusutjärvellä 59 ja Tuusulanjärvellä 108 µg/l. Jätevesien laskeminen Tuusulanjärveen lopetettiin kaksikymmentä vuotta sitten, mutta järven rehevyys on säilynyt hajakuormituksen ja erityisesti hajakuormitukseen nähden moninkertaisen sisäisen kuormituksen vaikutuksesta (Kansanen & Pekkarinen 1996). Myös Rusutjärvellä rehevöitymisongelmat ovat jatkuneet jo pitkään, rehevöitymisen syynä pidetään pääasiassa maataloutta ja haja-asutusta.



Kuva 1. Tuusulanjärven ja Rusutjärven syvyyskartat. Kolmen (•••) ja kuuden (——) metrin syvyyskäyrät, sekä vesistötutkimusten mittauspiste (X).

1.2. Kunnostustoimenpiteet

Tuusulanjärven tilaa on pyritty parantamaan talviaikaisella hapetuksella vuodesta 1972 alkaen. Kesäaikainen hapetus aloitettiin vuonna 1980 (Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto 1984). Vuosina 1998-1999 kesäaikaista hapetusta tehostettiin huomattavasti. Hoitokalastus oli yhtenä kunnostusvaihtoehtona jo vuoden 1984 kunnostussuunnitelmassa (Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto 1984), mutta työn alkuun päästiin vasta keväällä 1997. Lisäksi on tehty suunnitelmia hajakuormituksen ja veden pinnan säännöstelyn vähentämiseksi.

Rusutjärvellä toteutettiin vuosina 1986-1990 hoitokalastus, mutta saalis jäi suhteellisen pieneksi (140 kg/ha), eikä kovin selviä vaikutuksia ilmennyt (Sammalkorpi 1991). Rusutjärveä on ilmastettu talvisin vuodesta 1987. Vuonna 1992 aloitettiin lisäveden johtaminen Päijänne-tunnelista (Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä 1996). Hoitokalastus aloitettiin uudelleen vuonna 1998.

1.3. Hoitokalastustutkimukset

Tuusulanjärvi ja Rusutjärvi ovat osa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen vetämää kymmenen järven yhteistutkimushanketta "Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset" (Olin ym. 1998, Olin & Ruuhijärvi 1999). Tämä HOKA -hanke toteutetaan yhteistyössä useiden eri ympäristöviranomaisten, tutkimuslaitosten ja paikallisten yhdistysten ja kuntien kesken. Päätavoitteena on lisätä tietoa hoitokalastuksen vaikutuksista kalastoon ja veden laatuun. Hankkeeseen kuuluu hoitokalastusten lisäksi ainetase- ja vedenlaatutarkkailua, sekä kasviplankton-, eläinplankton ja kalastotutkimuksia.

Hoitokalastus voi vaikuttaa myönteisesti veden laatuun pohjasedimentistä vapautuvien ravinteiden määrän vähenemisen, kalojen eritystoiminnasta vapautuvien ravinteiden vähenemisen ja hoitokalastussaaliin mukana poistuvien ravinteiden ansiosta. Lisäksi särkikalojen vähetessä isokokoisten vesikirppujen määrä usein runsastuu, jolloin ne voivat rajoittaa levien määrää ja vesi kirkastuu. On kuitenkin pidettävä mielessä, että aina kun rehevöityneen järven ravintoketjukunnostusta suunnitellaan, tulisi myös selvittää mahdollisuudet rehevöitymisen perussyyn, liiallisen ravinnekuormituksen poistamiseen tai ainakin vähentämiseen.

Helminen ym. (1995) kokosivat tietoja kolmestatoista pohjoismaisesta ravintoketjukunnostuksesta. Näissä hankkeissa poistettu kalamäärä oli 17-100 % alkuperäisestä. Odotettuja myönteisiä vaikutuksia oli havaittu seuraavasti: näkösyvyyden suurenemista seitsemässä kohteessa, kasviplanktonin määrän vähenemistä yhdeksässä, sinileväkukintojen vähenemistä kahdeksassa ja äyriäisplanktonin runsastumista kuudessa kohteessa. Ainakin jokin myönteinen vaikutus oli havaittu kymmenessä kohteessa. Ravintoketjun kunnostuksen onnistumiseen olivat vaikuttaneet mm. isojen vesikirppujen esiintyminen, ulkoisen ravinnekuormituksen pienentäminen, ja poistetun kalamäärän suuri osuus alkuperäisestä. Yleensä on kunnostettu pieniä, alle neliökilometrin kokoisia järviä (Helminen ym. 1995) mutta Lahden Vesijärvi on esimerkki ison järven onnistuneesta kunnostuksesta (Keto & Sammalkorpi 1995).

Tässä raportissa kootaan yhteen Tuusulanjärven tähänastiset hoitokalastustulokset, sekä hoitokalastuksiin liittyvät kalasto- ja eläinplanktontutkimukset Tuusulanjärveltä ja Rusutjärveltä vuosilta 1996-1999. Suurimman osan tutkimuksista on tilannut ja rahoittanut Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä.

Kirjallisuus

Helminen, H., Hirvonen, A. & Sarvala, J. 1995. Pohjoismaiset ravintoketjukunnostukset. Vesitalous 3/1995, s. 21-23.

Keto, J. & Sammalkorpi, I. 1995. Lahden Vesijärven ravintoketjukunnostus: vesiensuojelun ja kalakantojen hoidon yhteisprojekti vv. 1987-1994. Vesitalous 3/1995, s. 5-7.

Kansanen, P. ja Pekkarinen, M. 1996. Tuusulanjärven sisäinen kuormitus ja mahdollisuudet pilaantuneen sedimentin kunnostamiseen. Vesitalous 3/1996. s. 8-13.

Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto 1984. Tuusulanjärven kunnostussuunnitelma. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto. Vantaa. 214 s.

Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä 1996. Maatalouden vesiensuojelu ja EU:n ympäristötuet Tuusulanjärven valuma-alueella. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä. 64 s.

Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 1999. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset, vuosiraportti 1998. Kala- ja riistaraportteja 158, 100 s.

Olin, M., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Villa, L., Savola, P., Sammalkorpi, I. & Poikonen, K., 1998. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset - vuosiraportti 1997. Kala- ja riistaraportteja 123. 99 s.

Sammalkorpi, I. 1991. Rusutjärven tehokalastuskokeilu 1986-1990. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto. Moniste. 11 s.

2. Särkikalojen tehokalastukset Tuusulanjärvellä vuosina 1997-1999

Ilkka Sammalkorpi

Suomen ympäristökeskus, Vesivarayksikkö, PL 140, 00251, Helsinki

2.1. Johdanto

Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä käynnisti kesällä 1997 edellisen kesän koeverkkokalastuksen sekä mm. Lahden Vesijärven, Vihdin Enäjärven ja ruotsalaisen Finjasjön -järven ravintoketjukunnostuksien tulosten perusteella (Olin & Rask 1996, Sammalkorpi ym. 1995, Lempinen 1998, Annadotter ym. 1999) toimenpidekokeiluja, joiden tavoite oli selvittää ravintoketjukunnostuksen soveltuvuutta yhdeksi keinoksi Tuusulanjärven kunnostuksessa. Toiminta aloitettiin rysäpyynnillä keväällä 1997 ja elokuussa kurenuotalla tehdyillä kalakanta-arvioilla. Kesän pahat sinileväkukinnat, kurenuottauksen tulos ja syyskuussa 1997 tehty onnistunut koenuottaus johtivat nopeutetulla aikataululla täysimittaiseen nuottaukseen jo lokakuussa, jolloin myös käynnistyi syvännealueen kalaston kaikuluotaustutkimus.

Tehokalastuksen tavoite oli kunnostaa Tuusulanjärven ravintoketju valikoivalla ja mahdollisimman intensiivisellä särkikalojen tehokalastuksella (ks. Sammalkorpi ym. 1999), jotta mahdollinen ravintoketjun vedenlaatuvaikutus saataisiin näkyviin. Tehokalastusvaiheen jälkeen on tarkoitus jatkaa saavutetun tuloksen ylläpitämistä vähemmän intensiivisellä hoitokalastuksella sekä petokalaistutuksilla.

Alustavaksi saalistavoitteeksi laskettiin veden fosforipitoisuuden perusteella 150-200 kg/ha kesään 1998 mennessä (kuva 1). Tavoite oli hieman korkeampi kuin Hansonin & Leggettin (1982) kalamääräennuste:

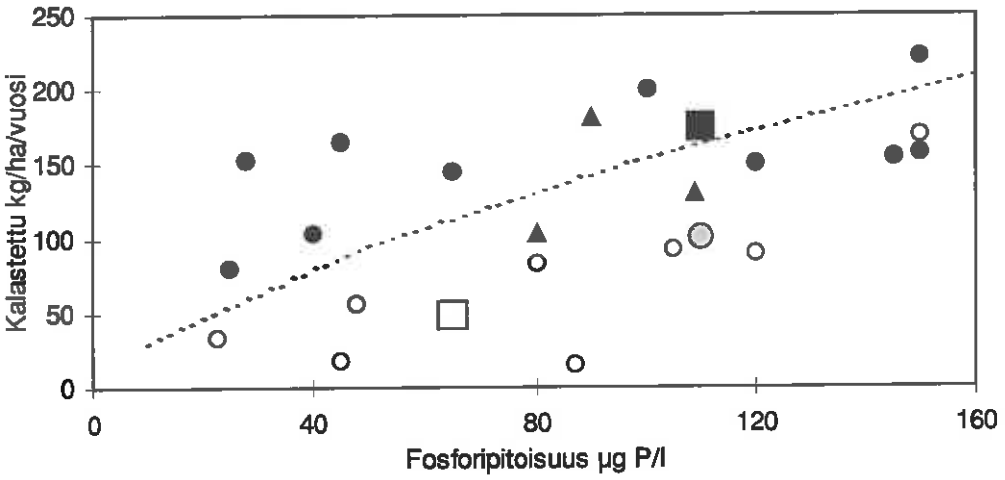
$$\log \text{kalabiomassa (kg/ha)} = 0.78 \times \log \text{fosforipitoisuus (}\mu\text{g/l)} + 0.774.$$

Laskennallisen arvion suuruusluokkaa vahvisti se, että avovesialueen kalabiomassa oli kurenuotalla tehdyn arvion perusteella elokuussa 1997 yli 3 m syvillä alueilla 143 kg/ha, vaikka kurenuotta ei soveltunut särjen määrän arviointiin, jonka saalis oli ollut 22 % kesän 1996 koekalastuksen ja 35 % kevään 1997 rysäsaaliin painosta. Kalaston kokonaismäärän täytyi siis olla selvästi suurempi kuin kurenuotan osoittama.

2.2. Aineisto ja menetelmät

2.2.1. Kalastus

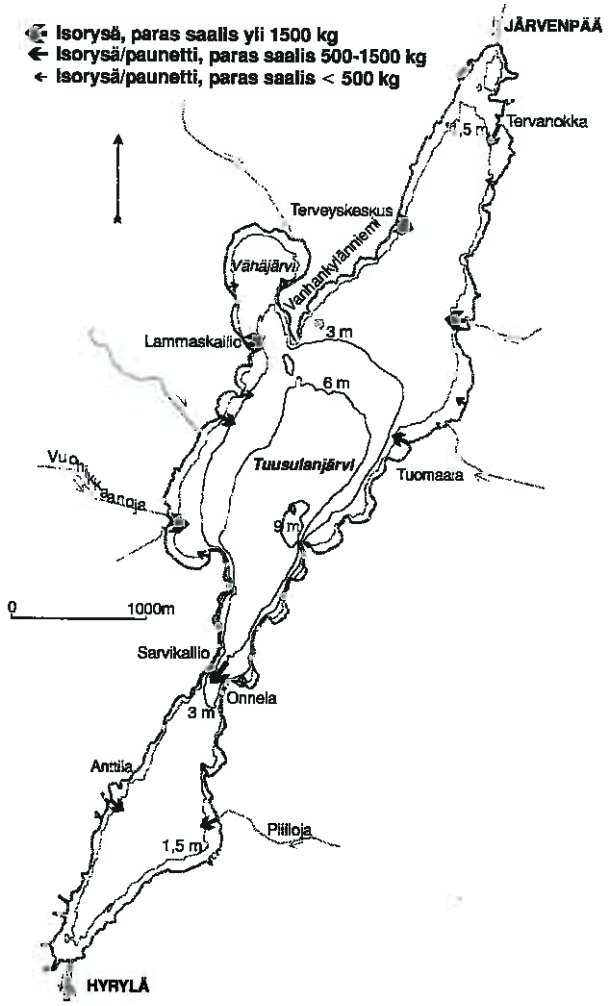
Tuusulanjärven vahvan kuhakannan takia edellytettiin, että kalastusmenetelmät kohdistuvat valikoivasti särkikaloihin ja että ne eivät vahingoita kuhia. Paikallisten asukkaiden mahdollisuutta osallistua kalastuksen toteutukseen pidettiin tarpeellisena. Näistä syistä kalastuksessa keskityttiin nuotta- ja isorysäpyyntiin.



Kuva 1.Tuusulanjärven hoitokalastuksen saalistavoitteen arviointi veden fosforipitoisuuden perusteella (ks. Sammalkorpi 1998). Onnistuneissa suomalaisissa ja ulkomaisissa ravintoketjukunnostuksissa (mustat pisteet) on poistettu pisteviivan kuvaama yhtälön (1) mukainen tai sitä suurempi kalamäärä, Tuusulanjärveä vastaavissa järvissä noin 150-200 kg/ha vuodessa. Vihdin Enäjärvellä (harmaa ympyrä, 101 kg/ha) oli kalastettu viitenä vuotena keskimäärin 62 kg/ha ja saatu selviä, mutta ei pysyviä vaikutuksia. Jos saalis jää ravinnetasoon nähden liian matalaksi, ei tavoiteltuja vaikutuksia saada (valkoiset ympyrät). Musta neliö = Tuusulanjärven alustava saalistavoite. Valkoinen neliö = Rusutjärven vuosisaalis 1987 ja 1989 (Sammalkorpi 1991). Mustat kolmiot = vuosien 1997-1999 tehokalastussaaliit Tuusulanjärvellä (ks. luku 2.3.2).

Rysäkalastus aloitettiin kahdella Tuusulanjärven Urheilukalastajien keväällä 1997 tekemällä 1.5 m korkealla isorysällä (ks. Savola 1998). Niiden kalapesän päädyn harvuus oli 5 mm, muu kalapesä oli 8 mm. Potkujen ja aidan harvuus oli 10 mm. Keväällä 1998 tehtiin kaksi uutta isorysää, 2 m ja 3 m korkeat. Niiden kalapesä oli kokonaisuudessaan 8 mm. Lisäksi oli käytössä kaksi Uudenmaan kalatalousyhteisöjen liiton paunettia (kalapesä 6 mm) ja enimmillään neljä vuokrattua rysää. Rysäpyynnin käynnisti v. 1997 iktyonomi Petri Savola Uudenmaan ympäristökeskuksesta. Urheilukalastajilta oli 1-2 miestä avustamassa rysien kokemista vv. 1997-99. Keväästä 1998 alkaen pyydyksien käytöstä vastasi kalastusmestari Matti Huttunen. Keväällä 1998 ja 1999 kokeilivat nuottakalastajat myös kudulle vaeltavien särkikalojen kalastamista syvänteen eteläreunan salmessa 5 m korkealla isorysällä (kuva 2). Lisäksi Paijalan kalastuskunta jatkoi jo aikaisempina keväinä tekemäänsä paunettipyyntiä Anttilan rannassa v. 1997 (Pertti Saari) ja Kirkonkylän-Hyökkälän kalastuskunta kalasti paunetilla Piiliojan suulla keväästä 1998 alkaen (Tapio Hietaniemi). Kesällä 1999 kokeiltiin rysäkalastusta myös heinäkuusta syyskuuhun.

Avovesinuottaus perustui kalastajien tekemään huolelliseen kalaparvien paikallistamiseen kaikuluotaimella. Talvinuotta-apajat haettiin 1998 sonarin l. viistokaikuluotaimen avulla (ks. Turunen ym. 1997), talvella 1999 nuotattiin ilman sonaria. Nuottaukseen käytettiin hoitokalastukseen valmistettuja pressupaulanuottia (Turunen ym. 1997). Nuottauksen toteuttivat Kari Kinnunen, Veikko Nevala ja Keijo Kilponen (1997-1999) sekä Sami Kilponen, Rauno Nevala ja Tarmo Tolvanen (1998-1999). Kalastuksen edetessä siirryttiin tiheämpiin nuottiin (taulukko 1). Keväällä käytettiin usein samanaikaisesti kahta nuottaa, muina aikoina yleensä yhtä. Apajia vedettiin avovesiaikana kaksi tai kolme, talvella yksi päivässä. Vedon pituus oli avovesiaikana 150-500 m, talvella 600-900 m. Apajia vedettiin 241 kpl yhteensä 110 päivänä.



Kuva 2. Tehokalastuksessa käytettyjen rysien sijoittuminen.

Taulukko 1. Tehokalastuksessa käytettyjen nuottien pituudet ja havasharvuudet.

Pituus x korkeus Harvin osuus Perän tiheys	280x8,5m 20 mm 6 mm	280x6,5m 12 mm 6 mm	280x13m 12 mm 6 mm	280x14m 12 mm 6 mm	300x5m 10 mm 6 mm
Syyskuu-97	+				
Lokakuu-97		+			
Talvi-98	+				
Kevät-98	+	+	+		
Syksy-98	+	+			
Talvi-99		+			
Kevät-99					+
Syksy-99		+		+	+

Nuottaan joutuneet kuhanpoikaset käsiteltiin Enäjärvellä kehitetyllä menetelmällä (Savola 1998): kun ne nousivat nuotan perässä omaksi kerroksekseen veden pinnalle, ne kuorittiin haavilla takaisin järveen ennen varsinaisen saaliin nostamista. Talkoomiehet erottelivat saaliista isot kuhat ja muut arvokalat takaisin järveen.

2.2.2. Kalojen kuljetus ja saaliin käsittely

Rysäkalastusta ja nuottasaaliin kuljetusta varten oli käytössä Tuusulanjärven urheilukalastajien 6 m pitkä Kuha-vene (kapasiteetti noin 3 500 kg). Nuottaajilla oli vastaava vene käytössään. Kahden veneen käyttö mahdollisti nuotan nopean tyhjentämisen, mikä oli ehto useamman kuin yhden apajan vetämiseen lyhyinä syyspäivinä. Saalis arvioitiin punnituksella kalibroitujen etukuormaajan kauhan, säilytyslaatikoiden ja saavien tilavuuden perusteella.

Saalis käytettiin syksyllä 1997 ja talvella 1998 turkiseläinten rehuksi, keväällä ja syksyllä 1998-1999 villisikatarhan rehuksi ja kompostiin. Paikalliset asukkaat hakivat satoja kiloja päivässä erityisesti keväällä, kun rysällä saatiin suurempaakin kalaa.

Lajien osuus nuotta- ja rysäsaaliin painosta ja kappalemäärästä arvioitiin 8-15 kilon painoisista saalisnäytteistä. Saaliista, jossa oli runsaasti pieniä kaloja, tehtiin kaksivaiheinen otos: suurten kalojen, kuhanpoikasten ja harvalukuisten lajien kirjaamisen jälkeen otettiin noin kilon painoinen alaotos "suljusta" eli pienistä, noin 4-8 cm:n mittaisista kaloista. Nuottasaaliin pienet, 4-6 cm:n mittaiset pasurit ja lahnat tilastoitiin yhteen "lajiksi" L+P (kuvat 2 ja 3). Kesän 1998 koekalastuksen lajimääritysten perusteella pienissä L+P ryhmän kaloissa oli enemmän pasureita kuin lahnoja, kesällä 1999 lahnoja oli enemmän (ks. luku 3).

2.2.3. Sää- ja hydrologiaolosuhteet sekä näkösyvyys

Vuonna 1997 toukokuu oli viileä, kesä oli vähäsateinen ja erittäin lämmin. Loppusyksy oli hieman keskimääräistä viileämpi sekä vähäsateinen ja -tuulinen. Järvi jäätyi noin 5.11. Näkösyvyys oli kesällä keskimäärin 0,48 m, lokakuun alussa 0,6 m ja lopussa 0,8-0,9 m. Veden pinta nousi lokakuun alkupuoliskolla 10 cm ja se oli lokakuun lopussa tasossa 37,63 m.

Vuonna 1998 jäät lähtivät 30.4. lähes helteisen sääjakson aikana. Pintaveden lämpötila oli 1.5. rannalla 12 °C ja selällä 7 °C. Kesä oli viileä ja runsassateinen. Näkösyvyys oli kesällä keskimäärin 0,6 m. Lokakuun kolmen viimeisen viikon sademäärä oli lähes kaksi kertaa koko kuukauden keskiarvoa korkeampi. Veden pinta nousi lokakuun jälkipuoliskolla 34 cm ollen 37,94 m kuun lopussa. Samalla näkösyvyys laski Vanhankylänniemen laiturilla 0,7 metristä 0,2 metriin.

Vuosi 1999 alkoi edellisen syksyn sateiden ja kevään sulamishuipun vaikutuksesta sameana. Huhti-toukokuun näkösyvyys oli vain 30-40 cm. Kesä ja syksy olivat erittäin vähäsateisia ja lämpimiä. Veden pinta pysyi kesällä ja syksyllä tason 37,60 m tuntumassa lähinnä Rusutjärven kautta juoksutetun Päijänne -tunnelin lisäveden ansiosta. Näkösyvyys kasvoi syksyllä jopa yli 1 metrin arvoihin kuivuuden ja mahdollisesti myös kalamäärän vähenemisen seurauksena.

2.3. Tulokset

Vuosina 1997-1999 poistettiin yhteensä 415 kiloa ja 101 000 kalaa hehtaarilta. Kotitarve- ja virkistyskalastuksen saaliiksi on v. 1988 arvioitu ainakin 19 kg/ha, mistä kuhan osuus on noin 6 kg/ha (Honkanen 1990). Jos tilanne ei ole tästä merkittävästi muuttunut, oli vuosien 1997-99 vapaa-ajankalastuksen ja hoitokalastuksen kokonaissaalis yhteensä noin 470 kg/ha. Hoitokalastussaalis eri vuosina, pyydyksittäin ja lajeittain eriteltynä, on esitetty taulukossa 2.

Lisäksi kalastettiin kurenuotalla koekalastuksen ja parvipyyntikokeilujen yhteydessä sekä luusuasta pienellä rantanuotalla 1 800 kg v. 1997, 600 kg v. 1998 ja 300 kg v. 1999 (taulukko 2).

2.3.1. Rysäkalastus

Vuoden 1997 rysäkokeilun saalis oli 4 450 kg, josta kalastettiin isorysillä terveyskeskuksen rannasta 1 605 kg ja Tervanokasta 1 400 kg 8.5.-18.6. Isorysien saalis oli ennakoitua pienempi, mihin vaikutti mm. pitkään kestänyt kylmä sää toukokuussa. Särkikaloja oli 86 % saaliin painosta (kuva 3). Lukumäärältään runsaimmat lajit olivat salakka, särki ja kiiski (kuva 4). Myös lammikkopaunetilla saatiin hyvä särkikalasaalis: noin 1 300 kg Anttilasta touko-heinäkuussa.

Vuoden 1998 lahna- ja särkivaltainen saalis oli 12 800 kg. Kuoreen osuus oli suurempi ja salakkasaalis oli pienempi kuin v. 1997 (kuvat 3 ja 4). Rysät, joiden kalapesässä ei ollut 5 mm:n päätyä, pyysivät haitallisen paljon kalaa silmiin ja päästivät edellisen vuoden särkiä nostovaiheessa läpi (ks. Sammalkorpi ym. 1999).

Hyviä pyyntipaikkoja oli eri puolilla järveä (taulukko 3). Onnelansalmessa, Vuohikkaanojalla ja Tuomaalassa saalis tuli jo kevään alussa (suuri keskihajonta).

Taulukko 2. Tuusulanjärven hoitokalastuksen lajikohtaiset hehtaarisaaliit pyyntimuodoittain vuosina 1997-1999. Taulukon yläosassa painosaaliit (kg/ha) ja alaosassa lukumääräsaaliit (kpl/ha). L+P=4-6 cm:n pituiset lahnat ja pasurit. Kurenuotta –rivillä on kurenuottausten sekä pienen rantanuotan yhteenlaskettu saalis.

Kg/ha	Särki	Salakka	Lahna	Pasuri	L+P	Sorva	Kuore	Kiiski	Ahven	Kuha	Yht.
Rysät kevät -97	2,0	1,5	2,1	0,6	0,0	0,3	0,1	0,8	0,2	0,0	7,5
Kurenuotta 97	0,3	1,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	3,0
Syysnuotta -97	42,3	39,2	14,0	10,2	2,7	0,5	6,3	2,8	1,1	0,1	119,3
Talvinuotta -98	0,1	0,1	10,4	0,8	0,3	0,0	6,5	0,3	0,2	0,0	18,8
Kevätnuotta -98	0,4	0,0	19,6	5,3	0,2	0,0	3,8	1,1	0,4	0,0	30,7
Rysät kevät-98	4,0	0,1	9,3	1,7	0,1	1,1	2,3	2,6	0,5	0,0	21,6
Kurenuotta -98	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,9
Syysnuotta -98	5,7	12,8	5,2	1,3	2,1	0,1	2,4	1,9	0,2	0,0	31,6
Talvinuotta -99	0,1	0,5	2,4	0,6	0,4	0,3	1,3	0,4	0,0	0,1	6,2
Kevätnuotta -99	1,9	1,4	7,6	1,6	2,9	3,0	3,6	3,8	0,1	0,0	23,0
Rysät kevät -99	6,0	0,8	6,7	1,1	0,9	2,0	2,1	2,1	0,4	0,0	22,0
Rysät kesä -99	1,4	0,3	1,4	0,1	0,1	0,7	0,0	0,1	0,1	0,6	4,9
Kurenuotta -99	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Syysnuotta -99	45,0	3,8	20,7	4,4	11,4	0,4	18,5	9,2	7,6	4,2	125,2
Yhteensä kg/ha	109,7	62,9	99,5	27,8	21,3	5,4	47,5	25,0	10,8	5,1	415,2

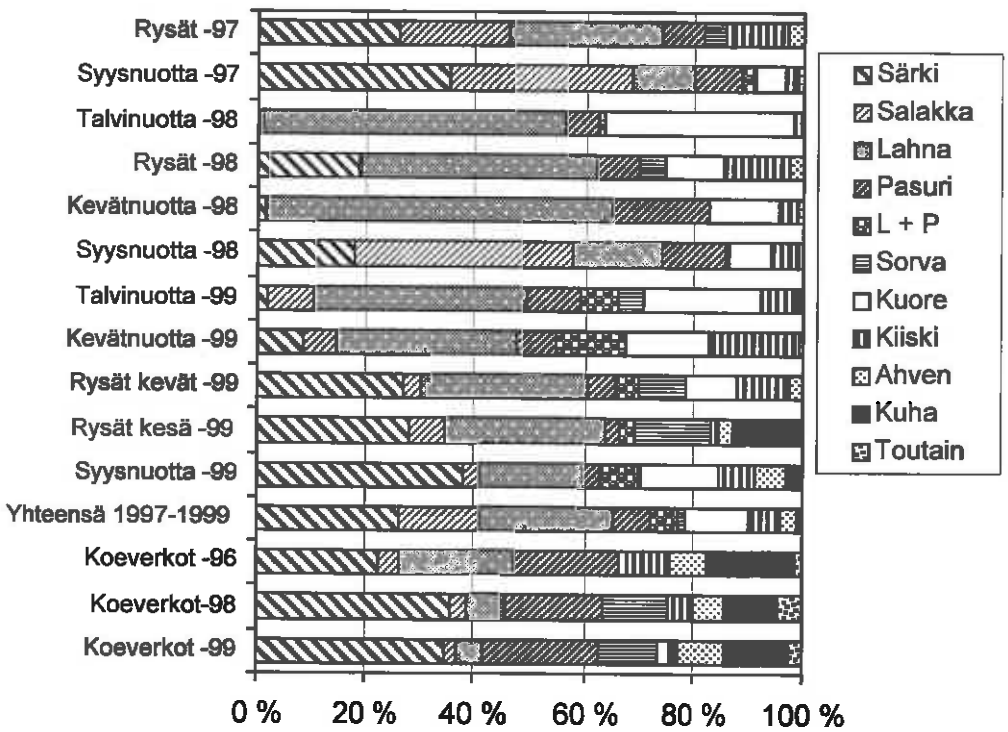
Kpl/ha	Särki	Salakka	Lahna	Pasuri	L+P	Sorva	Kuore	Kiiski	Ahven	Kuha	Yht.
Rysät kevät -97	143	87	9	18	69	1	190	28	15	17	434
Kurenuotta 97	283	1 825	10	2	31	0	214	25	31	6	2 428
Syysnuotta -97	4 942	9 056	529	1 126	2 298	23	3 953	804	115	138	22 984
Talvinuotta -98	14	12	101	233	0	0	2 344	32	8	1	2 744
Kevätnuotta -98	20	1	307	324	0	0	1 496	100	16	0	2 266
Rysät kevät-98	345	27	98	89	0	12	752	235	24	2	1 584
Kurenuotta -98	25	205	0	0	13	0	186	11	8	4	452
Syysnuotta -98	261	3 584	74	934	0	1	1 233	114	19	10	6 231
Talvinuotta -99	21	206	22	15	122	4	1 255	39	8	1	1 693
Kevätnuotta -99	177	611	68	15	872	3	6 328	206	50	2	8 331
Rysät kevät -99	540	1 049	137	58	1 297	61	8 288	867	166	6	12 467
Rysät kesä -99	88	21	6	2	37	2	0	6	15	231	409
Kurenuotta -99	301	88	10	2	8	0	214	24	28	6	682
Syysnuotta -99	17 675	446	260	248	7 048	8	6 143	2 359	2 138	2 410	38 735
Yhteensä kpl/ha	24 836	17 219	1 631	3 066	11 795	116	32 596	4 851	2 640	2 833	101 441

Taulukko 3. Tuusulanjärven rysäkalastuksen saaliit pyyntipaikoittain vuosina 1998-1999. Ylempi rivi = kokonaissaalis, kg / pyyntipäivien määrä ja alempi rivi = keskisaalis (kg/kokemispäivä) ± keskihajonta.

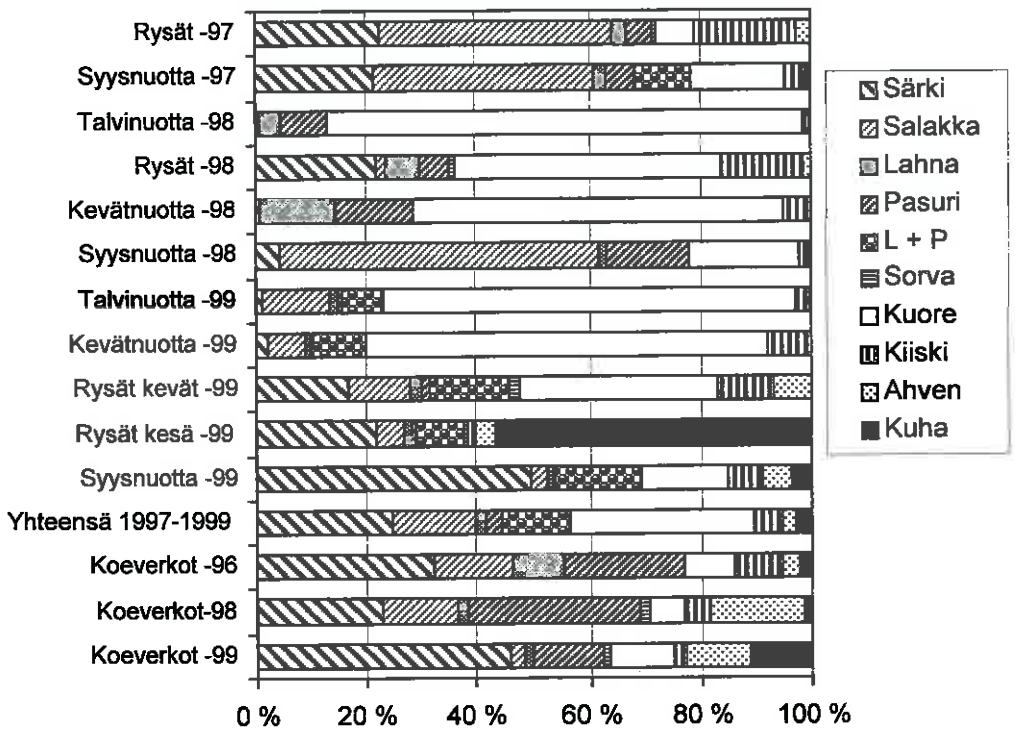
Pyyntipaikka	1998 (8.5.-18.6.)		1999 (23.4.-18.6.)		Yhteensä
Terveyskeskus	2 050	72±56	1 390	35±35	3 440
Tuomaala	1 975	71±104	1 940	47±44	3 915
Lammaskallio	2 050	80±50	1 850	47±45	3 900
Onnelansalmi	1 800	300±257	2 120	236±152	3 920
Vuohikkaanoja	1 260	66±98	1 690	42±45	2 530
Piilioja	650		770	20±15	2 950
Muut	3 435		4 340		5 205
Yhteensä	12 800		13 040		24 330

Vuonna 1999 lahna, särki olivat edelleen valtalajit, sorvan osuus oli suurempi kuin aikaisempina vuosina. Kahden vuoden tehokalastuksesta huolimatta rysäpyynnin kokonaissaalis kasvoi eikä yksikkösaalis kaikissa paikoissa laskenut.

Heinä-syyskuun rysäpyynnissä oli terveyskeskuksen ja Tuomaalan rysien yhteissaalis 140-450 kg viikossa, lahnaa, sorvaa ja särkeä. Heinäkuun lopulla rysistä tuli erittäin runsaasti kuhan poikasia. Niitä tuli saaliin mukana 98 000 kpl. Rysistä vapautettujen kuhanpoikasten määrä oli moninkertainen. Esimerkiksi 28.7. päästettiin yhden rysän kalapesän reunan yli arviolta 80 000 poikasta järveen ennen rysän tyhjentämistä.



Kuva 3. Tuusulanjärven tehokalastussaaliin lajikoostumus eri pyydyksillä kalojen painon mukaan verrattuna vuosien 1996-1999 koeverkkosaaliisiin (ks. luku 3).



Kuva 4. Tuusulanjärven tehokalastussaaliin lajikoostumus eri pyydyksillä kalojen lukumäärän mukaan verrattuna vuosien 1996-1999 koeverkkosaaliisiin (ks. luku 3).

2.3.2. Nuottaus

Koenuottaukset tehtiin 26.-28.9.1997. Kuuden eri puolilla järveä vedetyn apajan särkikalavaltainen saalis oli 8 600 kg, keskimäärin 1 430 kg apajaa kohti. Varsinainen nuottaus 21.10.-31.10.1997 tuotti 59 600 kilon saaliin yli 5 m syvältä syvännealueelta, erityisesti sen eteläosasta (taulukko 4). Syksyn -97 nuottasaalis oli 68 200 kg, yli 5 m syvälle nuottausalueelle jaettuna määrä oli 524 kg/ha ja 110 000 kpl/ha. Saalis oli salakka- ja särkivaltainen (kuvat 3 ja 4). Vapautettujen kuhien osuus oli 3 % saaliin painosta.

Kurenuotta- ja ojanuottaussaaliit mukaan lukien syksyn 1997 saalis oli 72,4 t eli 122 kg/ha. Se ei kuitenkaan vielä voinut olla merkittävä osa Tuusulanjärven kalabiomassasta, koska:

- nuottauksen yksikkösaaliissa ei lokakuun kahden ensimmäisen apajan jälkeen tapahtunut merkittävää vähenemistä (kuva 5)

- viimeistenkin apajien saalis oli keskimäärin yli 2 000 kiloa, kahdella apajalla yli 4 000 kiloa päivässä (kuva 5)

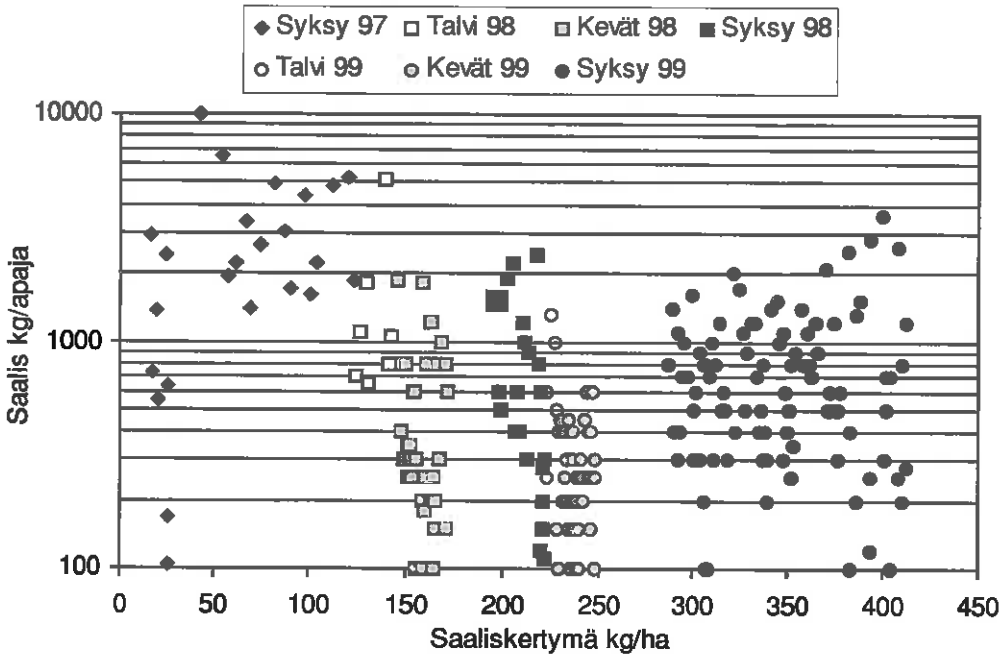
- järven valtalajeista lahnan ja kuoreen saaliit jäivät vielä pieniksi; lahnoja ei ollut nuottausalueella ja kuoreen esiintymisalueilla ei tarkoituksellisesti nuotattu

- saalis oli vielä ravinnetasoon nähden pieni (kuva 1)

Taulukko 4. Tuusulanjärven nuottauksien apajakohtaisten saaliiden keskiarvot (±keskihajonta, sd) pyyntijaksoittain vuosina 1997-1999. Nuotan kiinnijäämisen takia epäonnistuneita vetoja (suluissa) ei ole laskettu keskiarvoihin.

Pyydys, ajankohta, pyyntialue ja kalastussyvyys	Saalis (kg)	keskiarvo±sd	Apajia	Päiviä
26.-28.9.1997, syvänne, > 6 m	8 590	1 431±999	6	3
21.10.1997, syvänteen reuna, 3-5 m	170	135	2	1
22.-31.10.1997, syvänne, >6 m	14 750	2 107±1 401	7	3
22.-31.10.1997, syvänteen eteläosa, 4-7 m	47 100	3 921±2 355	12	8
11.-13.2., 3.-6.3.1998, syvännealue > 6 m	11 100	1 585±1 492	7	7
2.-8.5.1998, syvänteen reunat, 4-8 m	18 200	491±437	35 (+3)	7
1.-16.10.1998 (2 jaksoa), syvänne, > 6 m	16 350	1 027±687	17	10
28.10.-4.11.1998, syvänne, 4-6 m	2 340	234±150	10	5
22.3.-26.3.1999, syvänne ja Vähäjärvi	3 650	730±418	5	5
23.4.-11.5. 1999 syvänne ja rinteet, 4-6 m	13 600	256±120	52 (+4)	19
31.8.-24.9. 1999 syvänteen reunat, 3-6 m	31 700	720±442	42	19
29.9.-22.10. 1999 syvänteen reunat, 4-7 m	20 200	810±496	25	12
30.10.-12.11.1999 syvänteen keskiosa, > 8 m	22 200	925±995	29	14
Nuottauksien kokonaissaalis	209 950		249	110

Vuoden 1998 talvinuottauksen yksikkösaalis oli keskimäärin yli 1 500 kiloa. Pyynti tapahtui pääsyvänteellä (taulukko 4). Yksi apaja tuotti 5 200 kg, muuten saalis oli 650 – 1 800 kg/apaja. Saalis oli selvästi lahnavaltaisempi kuin syysnuotalla (kuva 3). Lukumäärältään runsain saaliskala oli kuore (kuva 4). Niin särjen kuin salakankin osuus oli alle 1 % saaliin painosta. Kuhien runsaus hidasti nuotan tyhjennystä. Niitä vapautettiin 2 100 kpl, josta 1 100 kpl yhdestä apajasta.



Kuva 5. Tuusulanjärven nuottauksien apajakohtainen saalis (pystyakseli, kg/apaja) ja kumulatiivinen saaliskertymä (kg/ha) syyskuusta 1997 marraskuuhun 1999. Kevään rysäsaalis on lisätty kertymään ennen syksyn ensimmäistä nuotta-apajaa. Esim. ensimmäinen musta neliö (suurennettu) tarkoittaa, että syksyn 1998 ensimmäisen apajan saalis oli 1 400 kg, kun kesään mennessä oli kalastettu 189 kiloa hehtaarilta kesän -97 jälkeen ja viimeinen musta ympyrä: syksyn -99 viimeisen apajan saalis oli 280 kg, kun kokonaiskertymä oli 419 kg/ha. Huom. y-akselin logaritmiasteikko: viivojen väli 1 000 kilon yläpuolella = 1 000 kg ja alapuolella = 100 kg.

Kevätnuottauksen yksikkösaalis 1998 oli syksyyn 1997 verrattuna pieni, 530 kg/apaja. Särki oli rysäsaaliin perusteella jo rannoilla (kuvat 3 ja 4). Lahna, pasuri ja kuore olivat tärkeimmät saalislajit. Salakoita, jotka puuttuivat rysäsaaliista, ei saatu nuotallakaan.

Syksyllä 1998 oli apajakohtainen saalis aluksi lähes yhtä suuri kuin syyskuussa 1997. Nuottaus keskittyi havaituille parveutumisalueille ja saalis oli salakkavaltainen. Loppusyksyn nuottauksien yksikkösaalis oli enää noin 10 % lokakuun 1997 määristä, mikä todennäköisesti liittyi veden voimakkaaseen samenemiseen (luku 2.2.3).

Vuonna 1999 talvinuottaus jäi vaikeiden keliolosuhteiden takia viiteen apajaan syvänteen länsireunalla ja Vähäjärvellä. Saalis oli 3 600 kg, pientä lahnaa ja pasuria sekä kuoretta.

Keväällä 1999 ei merkittävää parveutumista esiintynyt. Keskisaalis 52 apajasta oli vain 262 kg, vielä pienempi kuin keväällä 1998. Kaikkien apajien saalis jäi alle 800 kilon (kuva 5). Kalat oleskelivat nuottausalueita matalammalla, koska kahden nuotan saalis jäi useina päivinä saman suuruiseksi rysien kanssa. Runsaimmat saalislajit olivat painon mukaan lahna, kiiski, kuore ja L+P, lukumäärän mukaan kuore, L+P ja kiiski.

Syksyn 1999 nuottaus tehtiin seitsemänä 2-14 päivän jaksona, joiden välillä oli 4-10 päivän mittainen tauko. Pyyntiponnistus oli lähes nelinkertainen vuoteen 1997 verrattuna, 96 apajaa. Näistä neljä epäonnistui nuotan kiinnijäämisen takia. Tavoitteeksi oli kesän koeverkko- ja rysäsaaliiden perusteella lisätty kesänvanhojen särkikalojen määrän vähentäminen. Yksikkösaalis (870 kg/veto) jäi syksystä 1997 ja syksyn 1998 alusta, mutta oli suurempi kuin loppusyksyllä 1998 tai kevätnuottauksissa. Nuottauksen aikaisempi aloitus ehkä pienensi yksikkösaalista vuoteen 1997 verrattuna, koska kalaa ei ehtinyt kertyä runsasta viikkoa pidempää aikaa. Saalis oli särkikalavaltainen (kuvat 2 ja 3). Aluksi olivat kesänvanhat poikaset runsaimpia. Myös kesänvanhaa kuhaa ja ahventa oli runsaammin kuin ennen (taulukko 2). Marraskuussa, kun kokonaissaalis oli jo lähes 400 kg/ha, yksikkösaalis vielä nousi, kun isompi (yli 20 cm) lahnakin parveutui.

Vuonna 1999 nuottausalueet siirtyivät kalaparvien esiintymisalueiden muuttuessa. Syyskuu nuotattiin lähinnä syvänteen pohjois- ja eteläreunoilla noin 3-5 metrin syvyydellä. Lokakuussa kalastussyvyys kasvoi 1-2 m. Marraskuussa nuottaus keskittyi täysin yli 8 metriä syvälle alueelle syvänteen keskiosaan, missä ei kahtena edellisenä syksynä koskaan ollut suurempia kalaparvia.

2.4. Tulosten tarkastelu

2.4.1. Saaliin biomassa ja fosforimäärä

Vuosien 1997-1999 kokonaissaalis oli 246 tonnia, 415 kg/ha. Se ylitti ennakko-odotukset ja on yksi suurimpia mitä yli 500 ha:n kokoisista järvistä on tehokalastettu (Hansson 1998, Sammalkorpi 1998). Määrä on lähes kolme kertaa korkeampi kuin keskimääräinen fosforipitoisuuden perusteella laskettu kalaston biomassa (kuva 1). Suureen saaliiseen todennäköisesti myötävaikutti se, että kalastus tapahtui kahden erittäin lämpimän kesän, 1997 ja 1999, jälkeen, jolloin särjen vuosiluokat olivat vahvoja.

Kalojen sisältämä fosforimäärä oli syksyllä 1999 tehtyjen analyysien perusteella (keskimäärin 0,7 % tuorepainosta) noin 1 700 kg eli noin 90 µg/l, ollen samaa luokkaa kuin 1990-luvun keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus kasvukaudella. Horppilan (1998) Vesijärvellä tekemän tutkimuksen mukaan särkien aiheuttama sisäinen kuormitus on verrannollinen yksilötiheyteen. Erityisesti yksilömäärältään runsaalla (tau-

lukko 4) syksyn 1999 saaliilla on pitkäaikaistakin vaikutusta, koska nuottaus kohdistui kaloihin, joiden vaikutus veden fosforipitoisuuteen olisi ollut suurin vasta vuosina 2001-2002.

Syysnuottauksien yksikkösaalis laski lokakuun 1997 yli 3 000 kilosta alle 300 kiloon vetoa kohti loka-marraskuussa 1998 (kuva 5). Alenema aiheutui särkikalojen parveutumisolosuhteiden muutoksesta lokakuussa 1998. Yksikkösaaliin alenemaa vastaavaa kalamäärän vähenemistä 90 %:lla ei uskottu tapahtuneen ja kalastuksen täysimittaista jatkamista v. 1999 pidettiin seurantatietojen perusteella tarpeellisena: kesän 1998 koekalastuksen yksikkösaalis oli suurempi kuin v. 1996, särjen osuus oli 36 % saaliin painosta ja lokakuun 1998 lopun kaikuluotausarvion mukaan syvänteen kalamäärä olikin vielä 320 kg/ha (ks. luvut 3 ja 4).

Kesällä 1999 särjen ja lahnan, myös ahvenen ja kuhan, poikastuotto oli erittäin suuri. Kesänvanhojen kalojen määrä syksyn 1999 nuottasaaliissa oli peräti 50 kg/ha, mikä on hyvä osoitus särkikalojen vahvasta lisääntymispotentiaalista.

2.4.2. Saaliin lukumäärä

Tuusulanjärvestä kalastettiin vuosina 1997-1999 yhteensä 58 miljoonaa kalaa, 95 000 kalaa hehtaarilta. Vuosisaaliit 1997-99 olivat 23 000, 12 000 ja 62 000 kpl/ha. Kesällä 1999 särjen ja lahnan, myös ahvenen ja kuhan, poikastuotto oli erittäin suuri. Kesänvanhojen kalojen määrä syysnuottasaaliissa oli 38 000 kpl/ha.

Lukumääräsaalis oli suuri muihin ravintoketjukunnostuksiin verrattuna (taulukko 5). Saalis oli eläinplanktonia syöviä lajeja (kuore ja salakka) tai ikäluokkia (nuoret särkikalat, taulukko 2). Pienempienkin tiheyksien kuin Tuusulanjärveltä poistettiin vuosina 1997 tai 1999 tai kaikuluotauksissa on havaittu, tiedetään vaikuttavan veden laatuun (taulukko 5). Kalaston voi siksi arvioida vaikuttaneen leviä syövään eläinplanktoniin Tuusulanjärvessä erityisesti kesällä 1999. Hapetuksen ansiostahan syvänteessä ei ollut happikatoa eikä hyvin kuivana kesänä tullut valuma-alueeltakaan merkittäviä ravinnemääriä.

Taulukko 5. Tuusulanjärven tehokalastuksessa poistetut vuosisaaliit kpl/ha verrattuna kalamääriin, jotka biomanipulaatiokokeissa tai seurantatutkimuksissa on havaittu niin tiheiksi, että suuremmat vesikirput eivät selviä kalojen predaatiosta.

Järvi	Tiheys kpl/ha	Laji(t)	Viite
Tuusulanjärvi			
1997	21 000	salakka, särki	
1998	12 000	salakka > 7 cm	
1999	61 000	särki ja lahna 0+	
Lahden Vesijärvi	n. 50 000 –> n. 16 000	kuore, yli 10 cm särki	Horppila ym. 1998; ennen ja jälkeen troolauksen
Vaeng	17 000 (-50%)	särki 0+ (1+)	Sondergaard ym. 1990
Cockshoot Broad	24 400 (-90 %)	särki 0+	Moss ym. 1996
Säkylän Pyhäjärvi	n. 2 000	muikku 0+	Helminen & Sarvala 1997
Hermanninlampi	n. 8 000	ruutana	Holopainen ym. 1992

2.4.3. Särkikalojen parveutumisen merkitys Tuusulanjärven hoitokalastuksessa

Nuottasaaliit olivat suuria vain silloin kun särkikalat olivat kertyneet avovesialueelle: lokakuussa 1997, lokakuussa 1998 sadejaksoon saakka ja syksyllä 1999. Suurimmat apajat, 10 300 kg ja 6 300 kg vedettiin 22.10. ja 23.10.1997 syvänteen eteläreunasta. Sieltä nuotattiin 22.-31.10.1997 12 vedolla noin 15 hehtaarin alueelta 48 900 kilon

saalis. Poistuma oli 3 260 kg/ha alueen pinta-alalta. Runsaan viikon nuottaukset 22.-31.10.1997 kattoivat kolminkertaisesti tämän alueen pinta-alan, eli uutta kalaa kertyi jatkuvasti, koska 22.10. tehdyssä kaikuluotauksessa oli syvännealueen kalatiheys (318 kg/ha ja 48 000 kpl/ha; ks. luku 4) vasta noin puolet 22.10.-31.10. kalastetusta nuottasaaliista.

Syksyllä 1999 havaittiin parveutumista elokuun lopusta alkaen, kun nuottausvalmiutta myös oli aikaistettu. Ensimmäisellä nuottausviikolla saatiin melko puhtaita kesänvanhojen särkikalojen muodostamia parvia, esim. 3.9. Vanhankylänniemen edustalta 1 600 kg / 724 000 kpl. Sarvikallion alla oli syyskuun lopusta alkaen noin 100 metrin matkalla noin 5 metrin päässä kalliosta alle 5 metrin levyinen nauha kesänvanhoja särkiä, jotka olivat erittäin vaikeasti nuotattavissa. Kallion alta saatiin useampia 100-600 kilon saaliita, jotka koostuivat yksinomaan kesänvanhoista särjistä. Suurin kertasaalis oli 800 kg. Parveutuminen siirtyi keskisyvänteelle, kun näkösyvyys oli syyskuun lopusta lähtien 1.0-1.4 m.

Särkikaloja parveutui vain, kun veden näkösyvyys oli vähintään 0,6 m. Lämpötila ei ollut ratkaiseva tekijä. Syksyllä 1998 ja keväällä 1999 ei ollut parvia alle 6-asteisessa vedessä ja syksyllä 1999 pintaveden lämpötila oli nuottauksen alkaessa 17 astetta.

Parveutumista pidetään keinona välttää petokalojen saalistusta (esim. Magurran 1990). Tuusulanjärven pelagisten petokalojen biomassa oli elokuun 1997 kurenuottauksessa 17 kg/ha (kuha 14, ahven 2 ja toutain 1 kg/ha). Niiden ravinnonkulutus on noin 50-60 kg/ha/v, kurenuotta- ja syysnuottasaaliin keskipainojen (2,8-5,2 g) perusteella noin 12 000-21 000 kalaa/ha/v. Näin voimakas saalistuspaine osoittaa, yhden parveutumista aiheuttavan tekijän Tuusulanjärvessä. Parveutumisen merkitys petokalojen välttämisessä vähenee, jos vesi on hyvin sameaa (Abrams & Kattenfeld 1997). Syksyn sateiden samennettua veden lokakuussa 1998 parvet hajaantuivat ja särjet ilmeisesti levittäytyivät rannemmalle. Yli 30 cm noussut veden pinta toi myös saataville suojapaikkoja rantakasvien tuntumasta. Sameus ja korkea veden pinnan taso jatkuivat vielä kevään 1999 nuottauksen ajan.

2.4.4. Ravintoketjukunnostus ja hajakuormituksen vähentäminen

Valuma-alueella tehtävät toimenpiteet tukisivat ravintoketjukunnostuksen jälkeenkin todennäköisesti tarpeellista ylläpitävää hoitokalastusta. Tutkimusten mukaan mm. suojakaistojen leventäminen, kosteikot, syyskynnöstä luopuminen ja kyntömenetelmien keventäminen vähentävät kiintoainehuuhtoutumaa ja ulkoista kuormitusta (Uusi-Kämppä 1998, Puustinen 1999). Nämä toimenpiteet loiventaisivat myös syyssateiden aiheuttamia Tuusulanjärven veden sameushuippuja, joiden vaikutuksesta nuotattavat kalaparvet syksyllä 1998 nopeasti hajosivat. Sameuden riskin pieneneminen parantaisi mahdollisuutta käyttää säännöllisenä hoitomenetelmänä syysnuottausta, joka selvästi on ollut tehokas ja edullinen vähentää nuoria särkikaloja.

Hajakuormituksen vähentäminen on hoitokalastuksen kannalta tärkeää siitäkin syystä, että veden fosforipitoisuuden nousu lisää erityisesti särkikalojen biomassaa (kuva 1). Fosforipitoisuuden tason laskiessa riittäisi kunnostustuloksen ylläpitämiseen pienempi pyyntiponnistus, kuin siinä tapauksessa, että kuormitus ei lainkaan vähenisi.

2.5. Johtopäätökset

Tuusulanjärven ravintoketjukunnostuksen tehokalastus onnistui hyvin. Tärkeitä edellytyksiä onnistumiselle ennakko-odotuksia paremmin olivat:

- rahoitus oli riittävä todellisen tehokalastuksen suorittamiseen

- myös kalastuksen suunnitteluun ja vaikutuksen seurantaan panostettiin

- valmisteluvaiheessa saavutettiin paikallinen yhteisymmärrys hoitokalastuksen tavoitteista ja toteutuksesta eri osapuolien kesken: 1. kalastuskunnat hyväksyivät tavoitteet ja sitoutuivat niiden toteuttamiseen, 2. urheilukalastajien talkoomiehet auttoivat kevään ja syksyn kiireisimpinä aikoina

- logistiikka toimi, eli suuretkaan saaliit eivät pysähdyttäneet nuottauksen etenemistä

- projektin oman veneen käyttö kalojen kuljetukseen ja talkooapu jättivät kalastajille enemmän aikaa parvien paikallistamiselle ja kalastamiselle

- saalis saatiin hyötykäyttöön ilman suuria lisäkustannuksia

- syksyjen 1997 ja 1999 säät olivat otollisia nuottaukselle

- avovesialueella oli vain vähän nuottausta vaikeuttavaa puu- tai romutavaraa

- käytössä olleiden nuottien tiheys riitti kesänvanhojen särkikalojen kalastamiseen

Erityisesti syksyn 1999 nuottaustulos painottaa kalaston merkitystä Tuusulanjärvellä. Nuorien särkikalojen nousu tehokalastuksen jälkeen on havaittu useilla muillakin järvillä (Perrow ym. 1997, Romare & Bergman 1999). Runsaampi petokalasto ja matalampi ravinnetaso ulkoista kuormitusta vähentämällä ovat ainoat keinot, joilla liian runsaat särkikalojen vuosiluokat voi saada pysymään pienempinä. Nuorten särkikalojen määrää on tarkkailtava tiiviisti ennen kalastustehon pudottamista. Syksyllä tehtävän hoitokalastuksen tarve on arvioitava kevään rysäsaaliin sekä kesän koekalastus- ja esim. kurenuottatietojen perusteella. Avovesialueen kalaston pitkäaikaiskehityksen selvittämiseksi kaikuluotausseurannan jatkaminen on tarpeellista.

Kirjallisuus

Abrams, M. & Kattenfeld, M. 1997. The role of turbidity as a constraint on predator-prey interactions in aquatic environments. Behav. Ecol. Sociobiol. 40: 169-179.

Annadotter, H., Cronberg, G., Aagren, R., Lundstedt, B., Nilsson, P-Å. & Ströbeck, S. 1999. Multiple techniques for lake restoration. Hydrobiologia 395/396: 77-85.

Hanson, J.M. & Leggett, W.C. 1982. Empirical prediction of fish biomass and yield. Can. J. Fish. Aq. Sci. 39: 257-263.

Hansson, L-A. 1998. Biomanipulering som restaureringsverktyg för näringsrika sjöar. En kunskapsammanställning. Naturvårdsverket. Rapport 4851.

Helminen, H. & Sarvala, J. 1997. Responses of Lake Pyhäjärvi (SW Finland) to variable recruitment of the major planktivorous fish, vendace (Coregonus albula). Can. J. Fish. Aq. Sci 54: 32-40.

Holopainen, I.J., Tonn, W. M. & Pasczkowski, C.A. 1992. Effects of fish density on planktonic communities and water quality in a manipulated forest pond. Hydrobiologia 243/244: 311-321.

Honkanen, A. 1990. Tuusulanjärven kalastustiedustelu. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä. Moniste 11 s.

Horppila, J. 1998. Effects of mass removal and variable recruitment on nutrient excretion by a planktivorous roach stock. J. Fish Biol. 52: 951-961.

Horppila, J., Peltonen, H., Malinen, T. Luokkanen, E. & Kairesalo, T. 1998. Top-down or bottom-up effects by fish: issues of concern in biomanipulation of lakes. Restoration Ecology 6: 20-28.

Lempinen, P. (toim.) 1998. Vihdin Enäjärven kunnostus: raportti vuosien 1993-1997 toimenpiteistä ja tutkimuksista. Alueelliset ympäristöjulkaisut 78.

Magurran, A. 1990. The adaptive significance of schooling as an anti-predator defence in fish. Ann. Zool. Fenn. 27: 51-66.

Moss, B., Madgwick, J., & Phillips, G. 1996. A guide to the restoration on nutrient enriched shallow lakes. Environment Agency. Broads Authority. ISBN 0-948119-29-2

Olin, M. & Rask, M. 1996. Tuusulanjärven koeverkkokalastukset 1996. RKTL, Evon kalantutkimus ja vesiviljely. Moniste s.

Perrow, M., Meijer, M-L., Dawidowicz, P. & Coops, H. 1997. Biomanipulation in shallow lakes: state of the art. Hydrobiologia 342/343: 355-365.

Puustinen, M. 1999. Viljelymenetelmien vaikutus pintaeroosioon ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Suomen ympäristö 285.

Romare, P. & Bergman, E. 1999. Juvenile fish expansion following biomanipulation and its effect on zooplankton. Hydrobiologia 404: 89-97.

Sammalkorpi, I. 1991. Rusutjärven tehokalastuskokeilut vv. 1996-1990. Moniste, 11 s. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä.

Sammalkorpi, I. 1998. Uudenmaan järvien kunnostustarveselvitys. Uudenmaan ympäristökeskus, monistesarja N:o. 31.

Sammalkorpi, I., Keto, J., Kairesalo, T., Luokkanen, E., Mäkelä, M., Vääriskoski, J. & Lammi, E. 1995. Vesijärviprojekti 1987-1994. Ravintoketjukunnostus, tutkimukset ja toimenpiteet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja-sarja A 218.

Sammalkorpi, I., Ruuhijärvi. J. & Horppila, J. 1999. Levähaitta vai kala-aitta. Esite, 16 s. Suomen ympäristökeskus.

Savola. P. 1998. Tehokalastukset. Sivut 18-33 teoksessa Lempinen, P. (toim.) Vihdin Enäjärven kunnostus: raportti vuosien 1993-1997 toimenpiteistä ja tutkimuksista. Alueelliset ympäristöjulkaisut 78.

Sondergaard, M. Jeppesen, E., Mortensen, E., Dall, E., Kristensen, P & Sortkjaer, O. 1990. Phytoplankton biomass reduction after planktivorous jaer, O. ction in a shallow, eutrophic lake: combined effects of reduced internal P-loading and increased zooplankton grazing. Hydrobiologia 200/2 01: 229-240.

Turunen, T., Sammalkorpi, I. & Suuronen, p. 1997. Suitability of motorized under-ice seining in selective mass-removal of coarse fish. Fish. Res. 31: 73-82.

Uusi-Kämppä, J. 1998. Suojavyöhykkeisiin kaivataan joustoa. Ympäristö ja terveys 2-3, 92-95.

3. Tuusulanjärven ja Rusutjärven verkkokoekalastukset vuosina 1996-1999

Mikko Olin[1] ja Jukka Ruuhijärvi[2]

[1]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 00721 Helsinki
[2]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema 16970, Evo

3.1. Johdanto

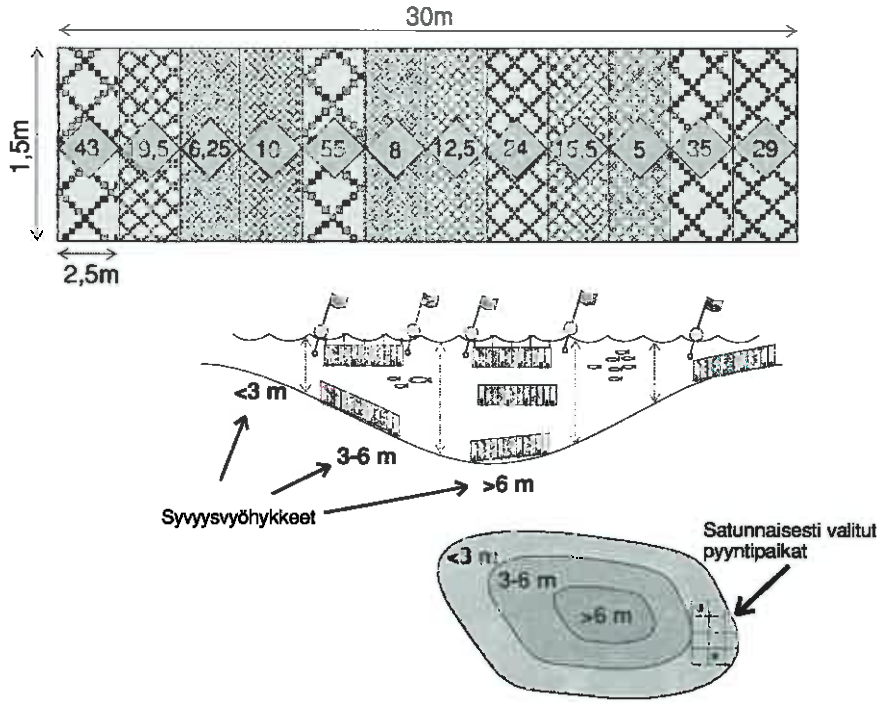
Verkkokoekalastusten tavoitteena oli selvittää Tuusulanjärven ja Rusutjärven kalakannan rakenne ja seurata kalastossa tapahtuvia muutoksia hoitokalastuksen edetessä. Kalastukset Tuusulanjärvellä ja Rusutjärvellä olivat osa HOKA –hankkeen tutkimuksia kymmenellä rehevöityneellä järvellä (Olin ym. 1998, Olin & Ruuhijärvi 1999) ja näin tuloksia oli mahdollista verrata muiden järvien tuloksiin. Tulosten perusteella kummankin järven kalakanta on hyvin tiheä ja särkikalavaltainen.

3.2. Aineisto ja menetelmät

Verkkokoekalastukset tehtiin Tuusulanjärvellä vuosina 1996, 1998 ja 1999 ja Rusutjärvellä vuosina 1997-1999. Käytössä oli uudentyyppinen verkkokoekalastusmenetelmä, joka poikkeaa aiemmista pyyntivälineen ja otannan suunnittelun suhteen (Kurkilahti & Ruuhijärvi 1996). Pyyntivälineenä kalastuksissa oli NORDIC –yleiskatsausverkko (ykv: 1,5 m x 30 m), jossa samassa verkossa on 2,5 m:n kaistaleina 12 eri solmuväliä (5; 6,25; 8; 10; 12,5; 15,5; 19,5; 24; 29; 35; 43 ja 55 mm). Solmuvälit kasvavat kertoimen 1,25 mukaan, ja tällä pyritään siihen, että verkon pyydystystehokkuus säilyisi mahdollisimman samana eri kokoisille kaloille.

Aineiston keruussa käytettiin ositettua satunnaisotantaa (kuva 1). Tuusulanjärvi jaettiin alle 3 m:n, 3-6 m:n, yli 6 m:n syvyysvyöhykkeisiin. Näin menetellen kalastosta saadaan mahdollisimman kattava ja valikoimaton otos (Rask ym. 1997). Matalimmassa vyöhykkeessä käytettiin vain pohjaverkkoja, syvemmillä vyöhykkeillä käytettiin lisäksi pinta-, tai pinta- ja välivesiverkkoja. Rusutjärvessä syvyysvyöhykejakoa ei tarvittu järven mataluuden vuoksi. Pyyntiponnistus suhteutettiin järven pinta-alaan ja syvyyteen: Tuusulanjärvellä kalastettiin heinä-elokuussa viitenä yönä yhteensä 55 ykv:lla ja Rusutjärvellä kahtena yönä 20 ykv:lla. Pyyntiaika oli n. 12 tuntia iltakahdeksasta aamukahdeksaan.

Vuoden 1996 koekalastuksissa (Olin & Rask 1996) Tuusulanjärvellä pyyntijärjestelyt poikkesivat jonkin verran vuoden 1998 järjestelyistä. Aiemmassa verkkokoekalastuksessa ei käytetty pintaverkkoja 3-6 m:n vyöhykkeessä, eikä välivesiverkkoja yli 6 m:n vyöhykkeessä; lisäksi pyyntiponnistus oli pienempi: 46 ykv -yötä. Vuonna 1996 kalastukset tehtiin viitenä perättäisenä yönä 11.-15. 8., kun taas vuosina 1998 ja 1999 oli korkeintaan yksi koekalastuspäivä viikossa. Pyyntikertojen jakaminen pidemmälle aikavälille tasaa säätekijöiden vaikutusta saaliiseen.



Kuva 1. Verkkokoekalastusten pyyntimenetelmä: ositettu satunnaisotanta NORDIC – yleiskatsausverkoilla.

3.3. Tulokset ja niiden tarkastelu

3.3.1. Olosuhteet tutkimusjaksolla

Vuosina 1996, 1997 ja 1999 säätila heinä-elokuussa oli lämmin ja melko tyyni. Sen sijaan vuonna 1998 vallitsi epävakainen, tuulinen ja sateinen sää koko tutkimusjakson ajan. Vuoden 1999 veden lämpötila oli Tuusulanjärvellä selvästi korkein, mutta Rusutjärvellä samalla tasolla kuin 1997 (taulukko 1). Vuonna 1996 Tuusulanjärvi oli heinä-elokuussa aika ajoin selvästi kerrostunut ja alusveden happi näinä aikoina vähissä. Muina vuosina Tuusulanjärvi ei kerrostunut tuulisuuden ja / tai vuonna 1998 aloitetun tehokkaan kesäaikaisen hapetuksen vuoksi. Rusutjärvi on matala, eikä kerrostu. Eroavaisuudet veden lämpötilassa ja kerrostuneisuudessa aiheuttavat muutoksia kalojen liikkumisaktiivisuudessa ja alueittaisessa esiintymisessä, ja nämä muutokset puolestaan vaikuttavat verkkosaaliisiin.

Taulukko 1. Keskimääräinen veden lämpötila ja happipitoisuus heinä-elokuussa Tuusulanjärvellä vuosina 1996, 1998 ja 1999 sekä Rusutjärvellä vuosina 1997-1999.

	Tuusulanjärvi						Rusutjärvi					
	Lämpötila (°C)			Happi (mg/l)			Lämpötila (°C)			Happi (mg/l)		
Syvyys	1996	1998	1999	1996	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
1 m	18,4	17,6	20,7	8,8	8,7	9,9	21,4	18,0	20,3	12,0	9,3	10,4
2 m	18,2	17,3	20,3	8,3	8,9	-	20,1	17,6	19,9	10,0	8,9	9,6
3 m	18,2	17,3	20,2	7,3	8,0	9,0	19,0	17,4	19,3	7,4	8,0	6,9
5 m	17,8	17,1	20,1	7,2	7,5	8,6						
7 m	17,6	17,0	20,0	6,1	7,5	8,1						
9 m	17,4	16,9	19,8	5,0	6,8	7,3						

3.3.2. Tuusulanjärven kokonaisyksikkösaalis

Kokonaisyksikkösaalis eli kaikkien lajien yhteenlaskettu saalis oli vuonna 1999 323 kpl ja 3610 g/verkko (taulukko 2). Vuodesta 1998 lukumääräsaalis kasvoi selvästi, mutta painosaalis pysyi lähes samana. Sekä lukumäärä-, että painosaalis olivat tuntuvasti suurempia kuin vuonna 1996. Tuusulanjärven verkkosaaliit ovat edelleen suuremmat kuin hankkeen muilla kohdejärvillä.

Vuoden 1999 saaliissa särki oli sekä lukumäärältään että painoltaan selvästi runsain laji (kuva 2). Seuraavaksi tärkein laji oli pasuri. Lukumäärältään pasurin kanssa lähes yhtä runsaita olivat ahven, kuha ja kuore, mutta niiden saalispaino oli selvästi pasuria pienempi. Kuha oli saalispainoltaan kolmanneksi suurin, seuraavina olivat sorva, ahven ja lahna.

Särkikalojen prosenttiosuus saaliin kokonaislukumäärästä oli vuonna 1999 aikaisempia vuosia selvästi pienempi (taulukko 2). Särkikalojen paino-osuus oli suurempi kuin vuonna 1996, mutta pienempi kuin vuonna 1998.

3.3.3. Tuusulanjärven lajikohtaiset saaliit

Vuoteen 1998 verrattuna ahvenen lukumääräsaaliissa ei tapahtunut muutoksia, mutta painosaalis kasvoi selvästi (kuva 2). Vuosiluokka 1999 (4-7 cm) vaikuttaa vahvalta, samoin vuosiluokka 1998 (7-9 cm, kuva 3). Petokalaksi luettavaa yli 15 cm:n ahventa saatiin jonkin verran edellisvuosia enemmän.

Kuhan lukumääräsaalis kasvoi yli kymmenkertaiseksi, mutta painosaalis vain hieman. Lukumääräsaaliin kasvu johtuu vahvasta vuosiluokasta 1999.

Kiisken saalis väheni ja koostui aiempaa pienemmistä yksilöistä (7-8 cm).

Kuoreen saalis kasvoi selvästi. Saalis koostui lähes yksinomaan 6-8 cm:n pituisista yksilöistä. Aikaisempina vuosina saaliissa on ollut kahta eri kokoluokkaa (5-6 cm ja 8-10 cm).

Särjen lukumääräsaalis kasvoi vuoteen 1998 verrattuna kolminkertaiseksi, vaikka painosaalis pysyi lähes ennallaan. Vuosiluokka 1999 (4-6 cm) on särjellä erittäin vahva. Myös n. 1+ ikäistä särkeä (6-8 cm) saatiin runsaasti saaliiksi. Kaikkien yli 12 cm:n kokoluokkien saalis aleni jonkin verran.

Salakkasaalis oli pienempi kuin edellisvuosina. Salakan keskikoko kasvoi vuodesta 1998 ja saaliiksi saadut salakat olivat pääasiassa 9-11 cm pituisia.

Pasurin lukumääräsaalis pieneni selvästi, mutta painosaalis kasvoi jonkin verran. Saaliissa runsaimpia olivat 8-10 cm pituiset yksilöt (todennäköisesti vuosiluokka 1997). Vuosina 1998 tai 1999 ei aineiston perusteella ole muodostunut vahvoja vuosiluokkia.

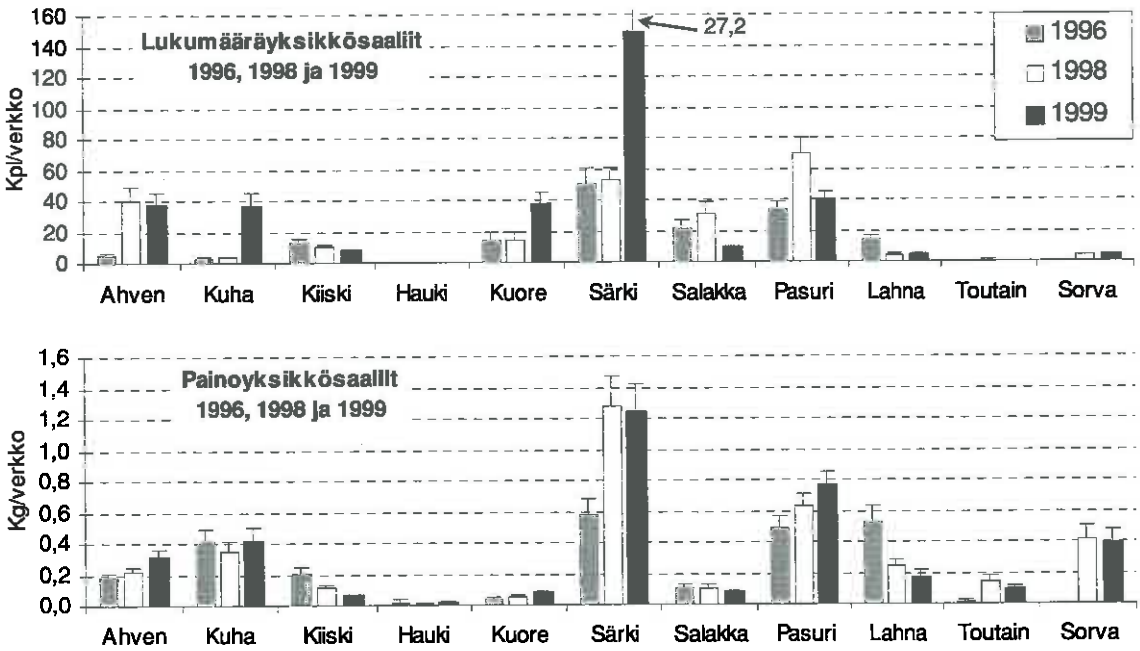
Lahnan lukumääräsaalis kasvoi hieman, mutta painosaalis aleni. Pientä, alle 7 cm pituista (0+-1+ ikäistä) lahnaa saatiin selvästi aiempaa runsaammin.

Sorvasaalis oli suunnilleen sama kuin 1998 ja selvästi suurempi kuin vuonna 1996. Pienikokoista sorvaa (8 – 11 cm) saatiin vuotta 1998 enemmän.

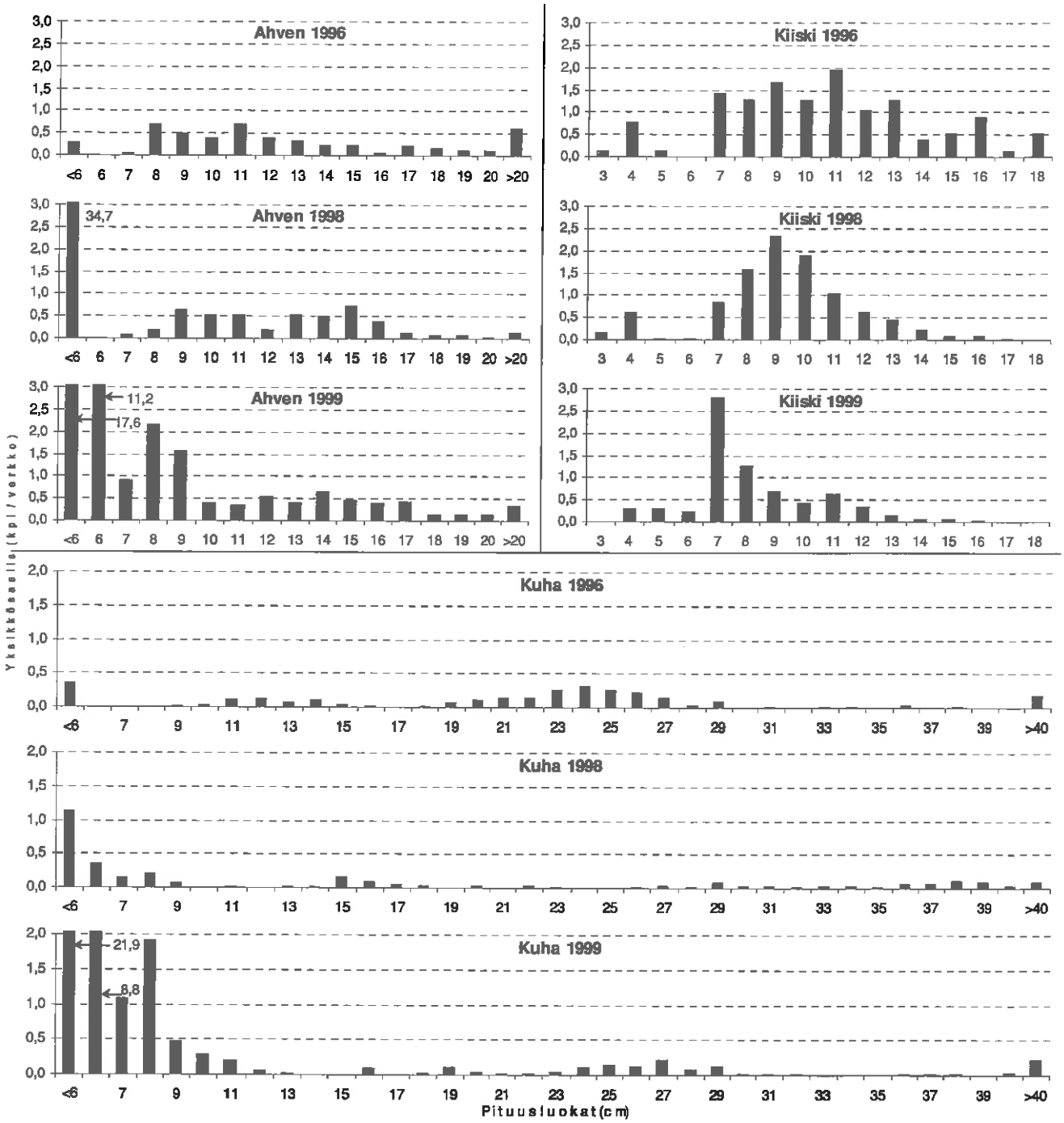
Toutaimen saalis pieneni jonkin verran vuodesta 1998. Toutainten keskipaino kasvoi edellisvuodesta 235 g:sta 365 g:aan.

Taulukko 2. Tuusulanjärven verkkokoekalastussaaliit vuosina 1996, 1998 ja 1999. Lajikohtaiset lukumäärä- ja painoverkkoyksikkösaaliit (kpl ja g/verkko), sekä prosenttiosuudet saaliin kokonaislukumäärästä ja –painosta. Muut = Ruutana, kirjolohi ja särkikalojen risteymät. S. kalat = särkikalat, A. kalat = ahvenkalat, P. kalat = petokalat (kuha, hauki, toutain ja yli 15 cm ahven) ja P. ahven = petoahven (yli 15 cm ahven).

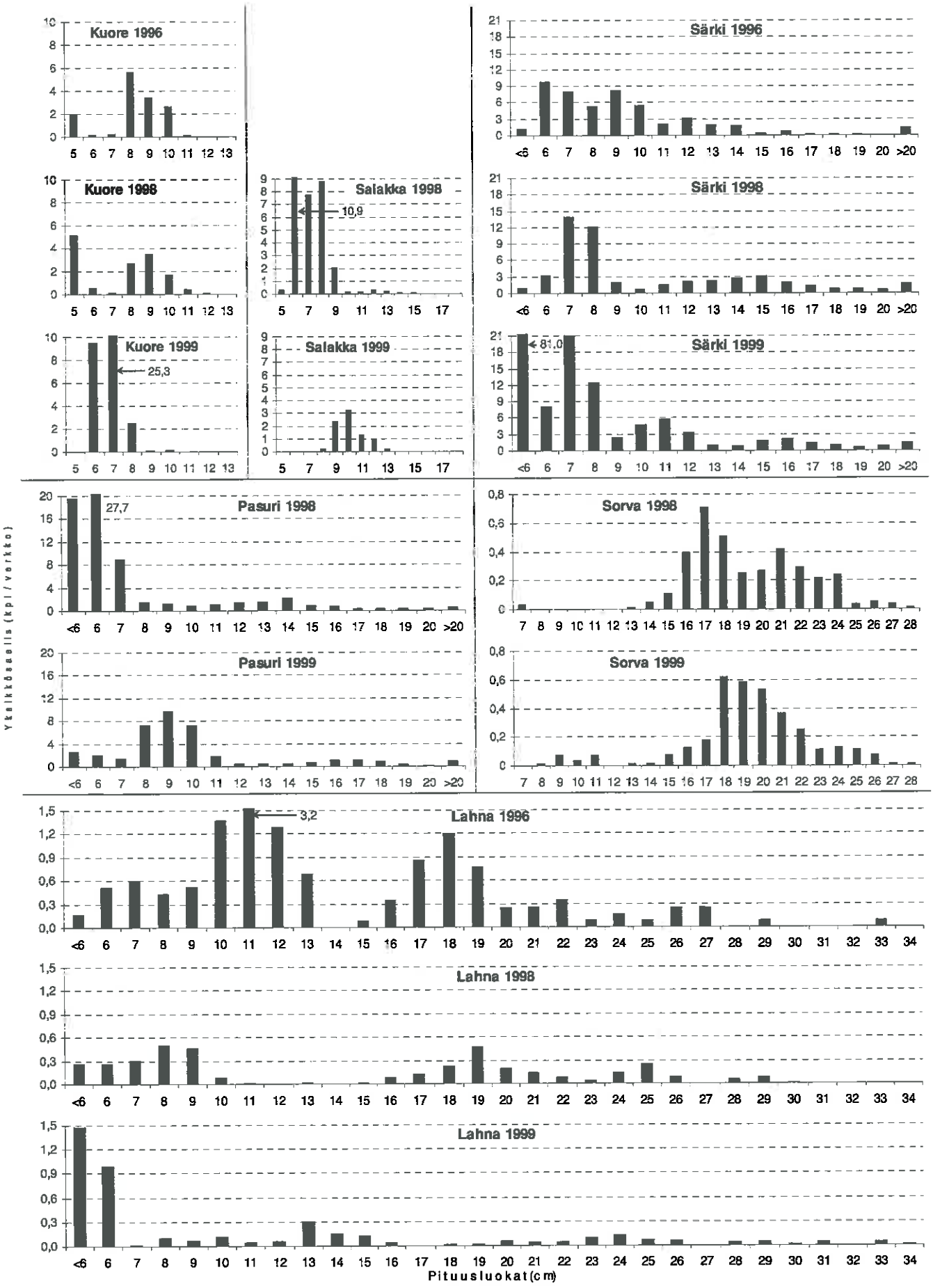
	Kpl/verkko			g/verkko			Kpl %			Paino %		
	1996	1998	1999	1996	1998	1999	1996	1998	1999	1996	1998	1999
Ahven	5,2	39,5	37,7	175	216	311	3,3	17,2	11,7	6,7	6,1	8,6
Kuha	3,1	3,2	36,2	415	349	412	2,0	1,4	11,2	15,8	9,8	11,4
Kiiski	13,5	10,0	7,2	205	119	61	8,7	4,4	2,2	7,8	3,4	1,7
Hauki	0,0	0,0	0,1	17	10	17	0,0	0,0	0,0	0,7	0,3	0,5
Kuore	14,3	14,6	37,3	37	45	79	9,2	6,4	11,6	1,4	1,3	2,2
Särki	50,4	52,6	148,9	582	1275	1244	32,4	22,9	46,1	22,2	35,9	34,5
Salakka	21,8	31,1	8,5	105	103	79	14,0	13,6	2,6	4,0	2,9	2,2
Pasuri	33,5	70,0	39,5	495	638	757	21,5	30,5	12,2	18,9	17,9	21,0
Lahna	13,9	4,0	4,1	526	241	170	8,9	1,7	1,3	20,1	6,8	4,7
Toutain	0,1	0,6	0,3	11	141	93	0,1	0,3	0,1	0,4	4,0	2,6
Sorva	0,0	3,7	3,4	2	417	386	0,0	1,6	1,1	0,1	11,7	10,7
Muut	0,0	0,0	0,0	48	1	0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0
Yhteensä	155,8	229,4	323,3	2618	3556	3610	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Särkikalat	119,7	161,9	204,7	1721	2816	2730	76,8	70,6	63,3	65,7	79,2	75,6
Ahvenkalat	21,8	52,8	81,1	795	684	783	14,0	23,0	25,1	30,4	19,2	21,7
Petokalat	4,1	4,9	38,0	553	581	660	2,6	2,1	11,8	21,1	16,3	18,3
Petoahven	0,9	1,0	1,5	110	80	139	0,6	0,4	0,5	4,2	2,3	3,8



Kuva 2. Tuusulanjärven verkkokoekalastusten lajikohtaiset yksikkösaaliit vuosina 1996, 1998 ja 1999. Ylhäällä lukumääräyksikkösaaliit (kpl/verkko) ja alhaalla painoyksikkösaaliit (kg/verkko). Hajontajanat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä (se). Särjen lukumääräsaaliin hajontajana on katkaistu.



Kuva 3. Tärkeimpien saalislajien pituusjakaumat Tuusulanjärvellä heinä-elokuussa vuosina 1996, 1998 ja 1999. Pylväät kuvaavat kunkin kokoluokan yksikkösaalista (kpl/verkko). Katkaistujen pylväiden viereen on merkitty niiden todellinen korkeus. Vuonna 1996 pituusjakaumia ei tehty kaikista lajeista.



Kuva 3. ...jatkoa

3.3.4. Rusutjärven kokonaisyksikkösaalis

Kokonaisyksikkösaalis vuonna 1999 oli 197 kpl ja 3118 g/verkko (taulukko 3). Lukumääräsaalis oli edellisvuosia suurempi, painosaalis oli suurempi kuin 1997, mutta pienempi kuin 1998. Muihin kohdejärviin verrattuna Rusutjärven verkkosaaliit olivat keskitasoa suuremmat.

Vuoden 1999 saaliissa pasuri oli lukumäärältään runsain laji; seuraavina olivat särki, salakka, ahven ja lahna (kuva 4). Särki oli painoltaan tärkein saalislaji ennen pasuria, kuhaa, lahnaa ja salakkaa. Vuonna 1997 lukumäärältään tärkein saalislaji oli särki, vuonna 1998 salakka. Sen sijaan saaliin painossa mitattuna särki on ollut runsain laji kaikkina koekalastusvuosina.

Särkikalojen yhteen laskettu osuus prosentteina saaliin kokonaislukumäärästä on ollut suunnilleen sama vuosina 1997-1999 (taulukko 3). Painoprosentti oli vuonna 1999 suurempi kuin edellisinä vuosina.

3.3.5. Rusutjärven lajikohtaiset saaliit

Vuoteen 1998 ja 1997 verrattuna ahvenen lukumääräsaalis kasvoi selvästi, mutta painosaalis aleni jonkin verran (kuva 4). Vuosiluokka 1999 (<7 cm) vaikuttaa vahvalta, 1998 (7-9 cm) taasen heikolta (kuva 5). Isoja, yli 15 cm:n pituisia ahvenia saatiin vähemmän kuin aikaisemmissa koekalastuksissa.

Kuhan lukumäärä- ja painosaalis kasvoivat. Vuosiluokka 1999 vaikuttaa aikaisempiin vuosiin verrattuna vahvalta ja nopeakasvuiselta. Poikasistutuksia ei tehty vuonna 1999, mutta vuosina 1997 ja 1999 istutettiin 4000-5000 kesänvanhaa poikasta. Myös kokoluokkia 23-29 cm (2+-3+ -ikäisiä) saatiin melko runsaasti.

Kiiskisaalis pieneni. Runsas vuosiluokka, todennäköisesti 1996 (8-10 cm), on häviämässä, eikä uutta vahvaa vuosiluokkaa ole muodostunut tilalle.

Peledsiikaa saatiin selvästi aiempaa vähemmän. Edellinen istutuserä on ilmeisesti pyydetty pois.

Särjen lukumääräsaalis kasvoi hieman, kun taas painosaalis aleni hieman edellisvuoteen verrattuna. Vuoteen 1997 verrattuna särkisaaliit olivat selvästi pienempiä. Lisäksi saalis koostui selvästi aiempia vuosia pienemmistä yksilöistä. Vuosiluokka 1999 (<7 cm) vaikuttaa vahvalta, samoin 1998 (7-9 cm).

Salakan saaliit alenivat selvästi edellisvuodesta ja olivat jonkin verran pienemmät kuin vuonna 1997. Saalissa oli tasaisemmin eri kokoluokkia kuin aikaisempina vuosina.

Pasurin saalis, erityisesti lukumääräsaalis, kasvoi selvästi aiemmista vuosista. Alle 10 cm pituisten yksilöiden saalis (vuosiluokat 1997-1999) oli moninkertainen edellisiin koekalastuksiin verrattuna.

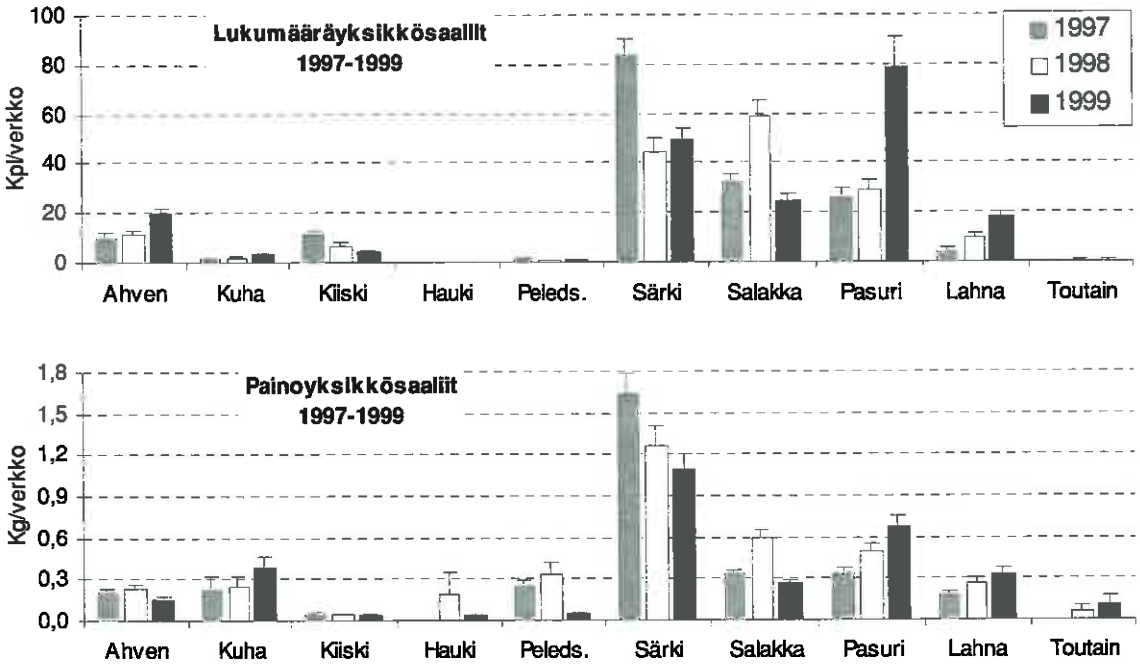
Lahnan saaliit kasvoivat. Alle 11-13 cm:n pituisia yksilöitä (todennäköisesti vuosiluokkaa 1996) oli saaliissa runsaasti, samoin vuonna 1999 kuoriutuneita (<6 cm). Isomman lahnan saaliit alenivat.

Sorvaa ei aikaisemmissa koekalastuksissa saatu, mutta vuonna 1999 saatiin yhteensä 12 yksilöä, 877 g.

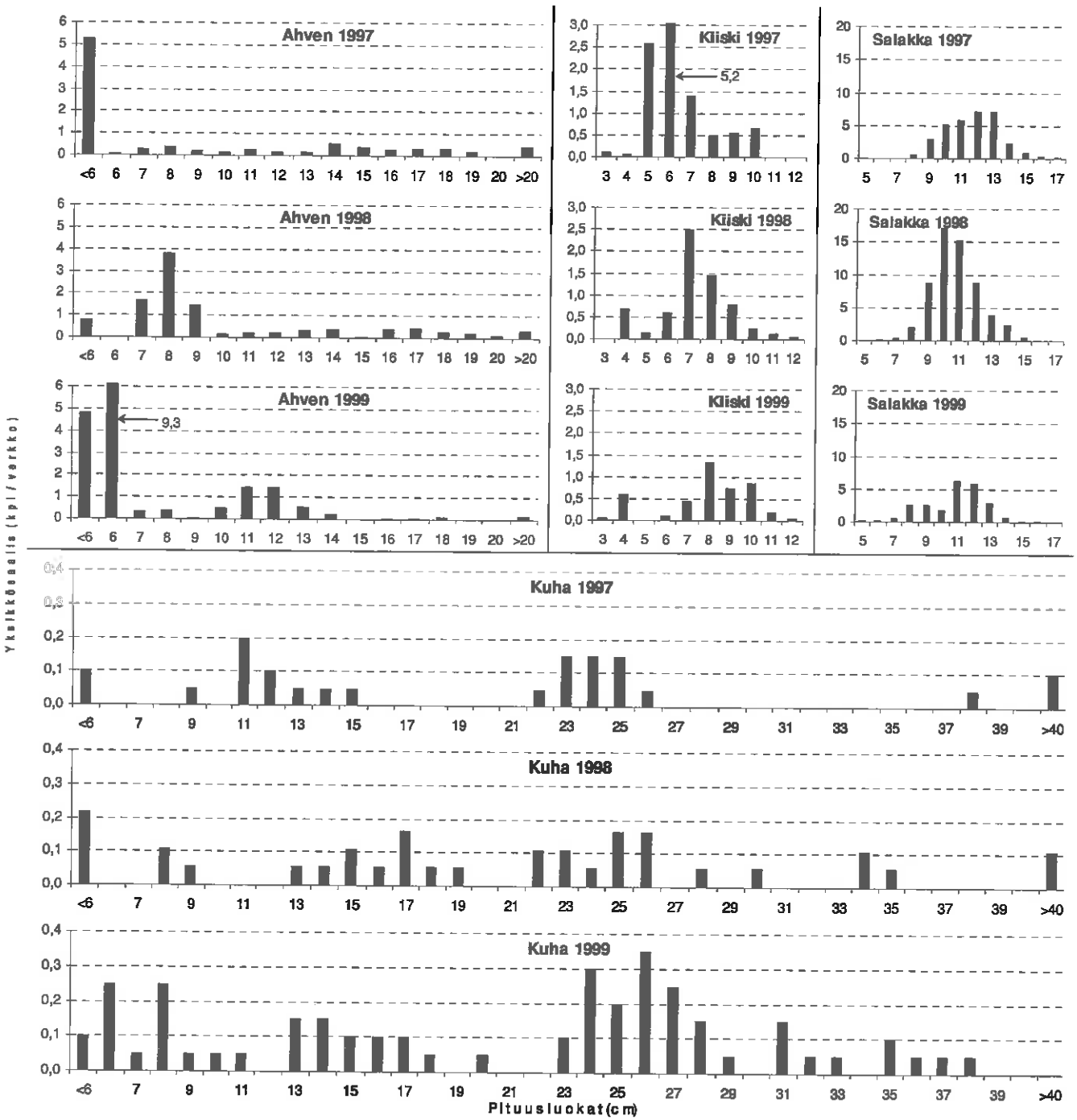
Vuosina 1997-1999 toutaimia on saatu 0, 8 ja 7 yksilöä. Keskipaino kasvoi edellisvuodesta 139 g:sta 306 g:aan.

Taulukko 3. Rusutjärven verkkokoekalastussaaliit vuosina 1997-1999. Lajikohtaiset lukumäärä- ja painoverkkoyksikkösaaliit (kpl ja g/verkko), sekä prosenttiosuudet saaliin kokonaislukumäärästä ja –painosta,. Muut = Ruutana ja särkikalojen risteymät. P. siika = peledsiika, S. kalat = särkikalat, A. kalat = ahvenkalat, P. kalat = petokalat (kuha, hauki, toutain ja yli 15 cm ahven) ja P. ahven = petoahven (yli 15 cm ahven).

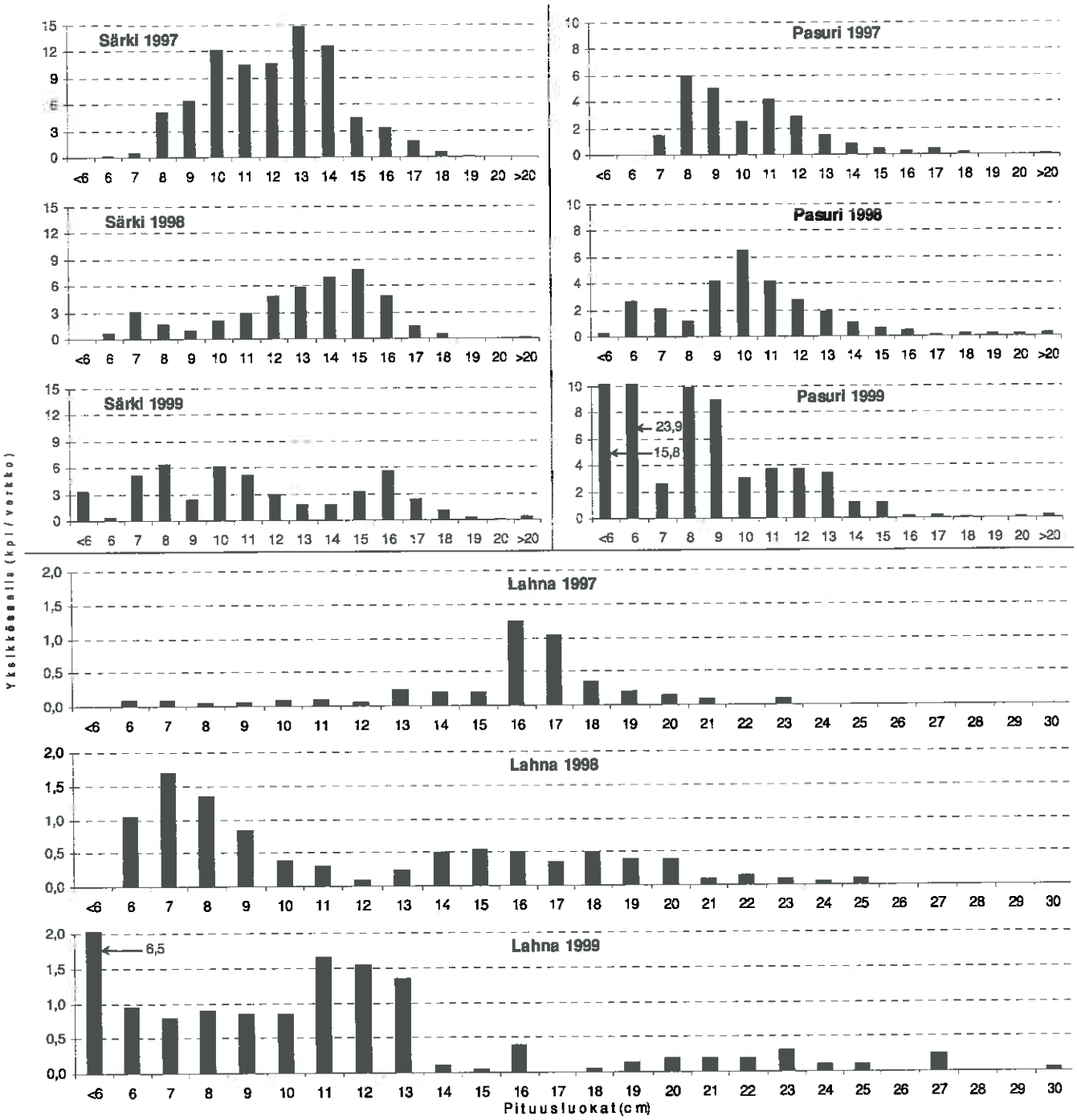
	kpl/verkko			g/verkko			Kpl %			Paino %		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Ahven	9,4	10,9	19,4	207	226	151	5,5	6,7	9,8	6,5	6,1	4,9
Kuha	1,3	1,9	3,4	222	243	377	0,8	1,2	1,7	7,0	6,6	12,1
Kiiski	11,1	6,7	4,4	42	37	33	6,5	4,1	2,2	1,3	1,0	1,1
Hauki		0,1	0,1		185	22		0,1	0,0		5,0	0,7
Peledsiika	1,3	0,8	0,5	244	327	42	0,7	0,5	0,2	7,6	8,8	1,3
Särki	83,6	44,2	49,0	1634	1263	1088	49,3	27,1	24,8	51,1	34,1	34,9
Salakka	32,4	59,2	23,9	338	594	261	19,1	36,3	12,1	10,6	16,1	8,4
Pasuri	26,0	29,4	78,2	335	496	669	15,3	18,0	39,7	10,5	13,4	21,5
Lahna	4,4	9,7	17,6	169	259	324	2,6	5,9	8,9	5,3	7,0	10,0
Toutain		0,4	0,4		55	107		0,2	0,2		1,5	3,4
Sorva			0,6			44			0,3			1,4
Muut	0,2	0,1	0,0	4	16	0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0
Yhteensä	169,5	163,3	197,3	3195	3701	3117	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Särkikalat	146,5	143,0	169,6	2479	2683	2492	86,4	87,6	86,0	77,6	72,5	80,0
Ahvenkalat	21,8	19,5	27,2	472	506	561	12,8	11,9	13,8	14,8	13,7	18,0
Petokalat	2,6	4,0	4,2	363	610	541	1,5	2,5	2,1	11,4	16,5	17,4
Petoahven	1,3	1,6	0,4	141	126	35	0,8	1,0	0,2	4,4	3,4	1,1



Kuva 4. Rusutjärven verkkokoekalastusten lajikohtaiset yksikkösaaliit vuosina 1997-1999. Ylhäällä lukumääräyksikkösaaliit (kpl/verkko) ja alhaalla painoyksikkösaaliit (kg/verkko). Hajontajanat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä (se).



Kuva 5. Tärkeimpien saalislajien pituusjakaumat Rusutjärvellä heinä-elokuussa vuosina 1997-1999. Pylväät kuvaavat kunkin kokoluokan yksikkösaalista (kpl/verkko). Katkaistujen pylväiden viereen on merkitty niiden todellinen korkeus.



Kuva 5. ...jatkoa.

3.4. Johtopäätökset

3.4.1. Tuusulanjärvi

Tehokas hoitokalastus (ks. luku 2) näyttää alentaneen lahna- ja salakkakantoja Tuusulanjärvessä, mutta särki on korvannut poistetun kalamäärän tehokkaalla poikastuotolla. Myös pasurin, kuoreen ja lahnan koekalastussaaliissa pienet kokoluokat olivat runsaita. Positiivia merkkejä ovat ahvensaaliiden selvä kasvu, sekä kuhan runsas poikastuotto vuonna 1999. Lämpimät kesät ja vapautuneet ravintoresurssit lienevät myös nopeuttaneet kalojen kasvua. Vuonna 1999 kuoriutunut runsas särkivuosiluokka olisi ennen lisääntymisikää harvennettava hoitokalastastuksilla mahdollisimman vähiin.

3.4.1. Rusutjärvi

Rusutjärven hoitokalastussaalis oli vuosien 1998 ja 1999 verkkokoekalastusten välillä n. 100 kg/ha, pääasiassa särkeä, salakkaa ja lahnaa. Koekalastusaineiston perusteella särjen ja salakan määrää on hoitokalastuksilla saatu vähennettyä, mutta pasurin ja lahnan kannat ovat kasvussa. Vuonna 1999 ahvenen ja kuhan lisääntyminen näyttää onnistuneen melko hyvin, vaikkakaan ei niin hyvin kuin Tuusulanjärvellä. Myös särjen, pasurin ja lahnan koekalastussaaliissa oli runsaasti pieniä yksilöitä, joten hoitokalastuksissa poistettu kalamäärä korvautuu nopeasti, ellei tätä jatkokalastuksilla estetä.

Kirjallisuus

Kurkilahti, M. & Ruuhijärvi, J. 1996. Ryhtiä koeverkkokalastukseen oikealla suunnittelulla. Vesitalous 2/1996. s. 22-25.

Olin, M. ja Rask, M. 1996. Tuusulanjärven koeverkkokalastukset elokuussa 1996. RKTL, Evon kalantutkimus ja vesiviljely. Moniste. 24 s.

Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 1999. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset, vuosiraportti 1998. Kala- ja riistaraportteja 158, 100 s.

Olin, M., Ruuhijärvi, J., Rask, M., Villa, L., Savola, P., Sammalkorpi, I. & Poikonen, K., 1998. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset - vuosiraportti 1997. Kala- ja riistaraportteja 123. 99 s.

Rask, M., Kurkilahti, M. & Olin, M 1997. Koeverkkokalastuksen oikeat työtavat ja -välineet. Suomen kalastuslehti 5/97, s. 22-25.

4. Tuusulanjärven ulappa-alueen kalatiheys ja -biomassa vuosina 1997-1999 kaikuluotauksella arvioituna

Tommi Malinen[1] ja Heikki Peltonen[2]

[1]Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, PL 27 (Viikki, E-talo), 00014 Helsingin yliopisto
[2]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Pukinmäenaukio 4, PL 6, 00721 Helsinki

4.1. Johdanto

Suomessa kaikuluotaamalla on arvioitu lähinnä muikkukantojen kokoa (Jurvelius 1991, Marjomäki ja Huolila 1994). Muutamat tutkimukset 90-luvulla ovat kuitenkin osoittaneet, että kaikuluotaus soveltuu myös rehevien järvien kalakantojen arviointiin (Jurvelius ja Sammalkorpi 1995, Malinen 1995, Malinen ja Peltonen 1996). Sen antamat kanta-arviot ovat vastanneet hyvin populaatioanalyysillä saatuja arvioita (Horppila ym. 1996) ja verkkokoekalastuksen yksikkösaaliisiin perustuvia, suhteellisia arvioita (Peltonen ym. 1999).

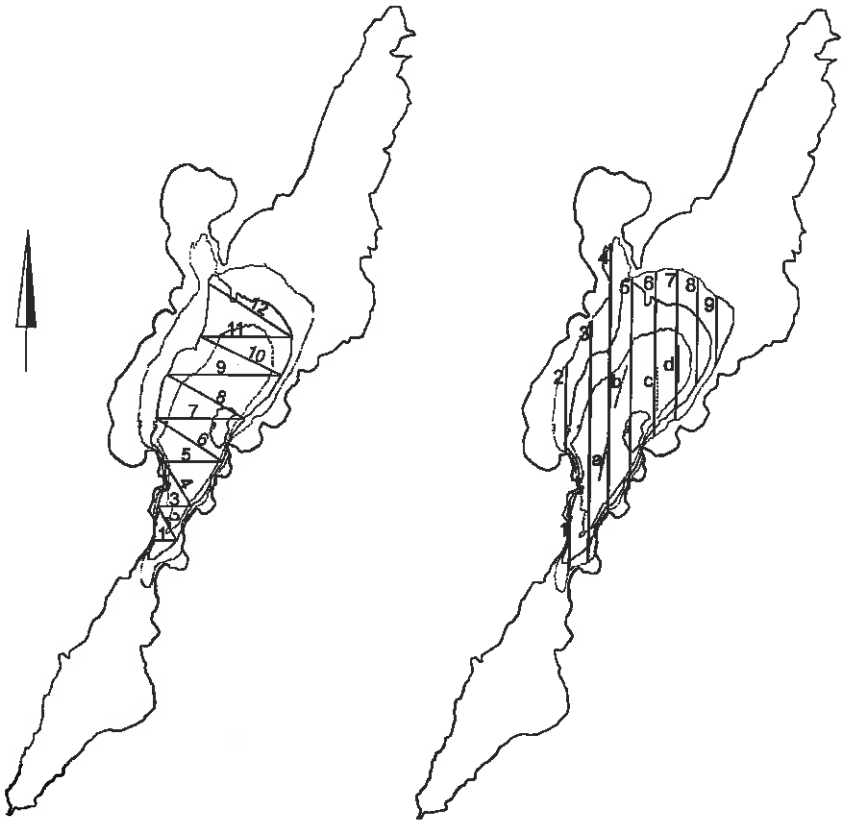
Kun Tuusulanjärven kunnostukseen liittyvä tehokalastus aloitettiin lokakuussa 1997, päätettiin selvittää kaikuluotauksen käyttömahdollisuudet järven kalakantojen arvioinnissa ja seurannassa. Koska menetelmä näytti vuoden 97 kokemusten perusteella sopivan hyvin järven kalatiheyden ja -biomassan arviointiin, jatkettiin kaikuluotaustutkimuksia vuosina 98 ja 99. Kalakannan koon seurannan lisäksi tavoitteena oli selvittää myös kalojen alueellista esiintymistä ja tuottaa siten tietoa tehokalastushanketta varten.

4.2. Menetelmät

Vuonna 97 tutkimus tehtiin 22. lokakuuta, jolloin kaikuluodattiin yhteensä 12 linjaa yli 5 m syvillä alueilla. Otanta oli ns. sik-sak -tyyppinen siten, että parittomat linjat olivat yhdensuuntaisia (itä-länsi) ja näiden linjojen etäisyys toisistaan oli n. 360 m (kuva 1). Lisäksi kaikuluodattiin sik-sak-linjaston länsipuolella olevaa 3-5 m syvyysvyöhykettä hiukan harvemmalla linjastolla (ei kuvassa).

Vuonna 98 tutkimus tehtiin 30. lokakuuta, jolloin kaikuluodattiin jälleen yhteensä 12 sik-sak-tyyppisesti sijoitettua linjaa. Eroina vuoteen 97 olivat se, että linjasto kattoi yli 3 m syvät alueet ja se, että itä-länsi-suunnassa olevien yhdensuuntaisten linjojen etäisyyttä ei pidetty vakiona.

Vuonna 99 kaikuluotauksia tehtiin kahtena päivänä: 4. marraskuuta (13 linjaa sik-sak -tyyppisesti yli 3 m syvillä alueilla, itä-länsi -suuntaisten linjojen etäisyys 250-500 m) ja 8. marraskuuta, jolloin yli 3 m syvät alueet kaikuluodattiin pohjois-etelä -suuntaisia 200 m päässä toisistaan sijaitsevia linjoja pitkin (kuva 1). Jälkimmäisellä kerralla tehtiin myös koetroolaus ulappa-alueen kalalajikoostumuksen ja kokojakauman selvittämiseksi. Tuolloin Tuusulanjärven yli 5 m syvyisillä alueilla tehtiin yhteensä 4 lyhyttä (kesto alle 15 min) vetoa pienellä paritroolilla (suuaukon korkeus n. 5 m ja leveys n. 8



Kuva 1. Kaksi esimerkkiä Tuusulanjärvellä käytetyistä kaikuluotausotannoista. Vasemmalla 22.10.1997 kaikuluodatut, sik-sak -tyyppisesti sijoitetut linjat (1-12), oikealla 8.11.1999 käytetyt, yhdensuuntaiset kaikuluotauslinjat (1-9) ja koetroolauslinjat (a-d).

m, perän solmuväli 3 mm). Troolin vetonopeus oli n. 1,5 solmua. Vedot tehtiin alueilla, joissa kaikuluotaimella havaittiin keskimääräistä runsaammin kaloja. Troolisaaliista mitattiin lajeittain pituusjakaumat 1 mm tarkkuudella. Kunkin lajin vetokohtainen saalis punnittiin 1 g tarkkuudella.

Kaikuluotaukset tehtiin lohkokeilaisella SIMRAD EY-500 -kaikuluotauslaitteistolla (värähtelijänä ES120-7F), jonka lähettämän äänen taajuus oli 120 kHz ja äänikeilan avautumiskulma 7° (-3 dB:n tasolle). Aineisto analysoitiin EP-500 -ohjelmalla, jolla laskettiin kalatiheydet hehtaaria kohti 3 dB:n kohdevoimakkuusluokissa. Laitteistolla on teoriassa mahdollista havaita jopa alle 1 cm mittaisia kaloja. Ohjelma erittelee yksittäisistä kaloista ja kalaparvista heijastuneet kaiut. Parvissa olevien kalojen määrä lasketaan olettamalla niiden kokojakauma samaksi kuin yksittäisten kalojen. Kalojen vertikaalinen etäisyys pohjasta ja toisistaan tulee olla n. 30 cm, jotta kohteet havaittaisiin yksittäisinä.

Yli 5 m syvien alueiden kalatiheys laskettiin kahdella tavalla: käyttämällä otosyksikköinä 200-400 metrin pituisia linjanosia ja käyttämällä otosyksikköinä kokonaisia kaikuluotauslinjoja. Alueen keskimääräinen kalatiheys hehtaaria kohti sekä sen keskihajonta ja luottamusväli laskettiin yksinkertaisen satunnaisotannan kaavoilla. Lisäksi vuosina 98 ja 99 laskettiin kalatiheysarviot yli kolme metriä syville alueille käyttämällä otosyksikköinä kokonaisia kaikuluotauslinjoja. Näiden arvioiden perusteella voitiin laskea arvio myös 3-5 m syvien alueiden kalatiheydelle.

Kalabiomassa laskettiin otosyksikössä havaitun kohdevoimakkuusjakauman perusteella. Kohdevoimakkuus (TS) muutettiin kalan pituudeksi (L, cm) käyttämällä yhtälöä (Lindem 1983):

$$TS = \log L - 67 \qquad (1)$$

Vuosina 97 ja 98 käytettiin tämän yhtälön mukaan alle 28,2 cm pituisille kaloille Vesijärven särjen pituuden (l, mm) ja painon (w, g) välistä riippuvuutta (Horppila 1997):

$$w = 0{,}000004 * l^{3{,}1742} \qquad (2)$$

Tätä suuremmille kaloille käytettiin Vesijärven kuhan pituus-painosuhdetta (julkaisematon aineisto):

$$w = 0{,}000002 * l^{3{,}2295} \qquad (3)$$

Koska vuonna 99 voitiin koetroolausten perusteella arvioida kalalajien osuudet ja keskipainot, laskettiin biomassa seuraavasti: jaettiin kaikuluotaamalla lasketut kalatiheydet pienten (alle 14 cm) ja suurten (yli 14 cm) kalojen tiheyksiksi kohdevoimakkuusjakauman ja yhtälön (1) mukaan (liite 1). Tämän jälkeen laskettiin troolisaaliin kalojen lajijakauman ja lajikohtaisten keskipainojen perusteella biomassat pienille kaloille. Suurten kalojen pienen troolisaaliin takia niiden biomassa laskettiin kuten edellisinä vuosina.

Normaalin kalatiheysarvion (analyysi 2,5 m syvyydestä alaspäin) lisäksi laskettiin kaikuintegroinnilla kalatiheys ja -biomassa-arviot 1,5-2,5 m syvyydelle. Koska kaikuintegraali tällä syvyydellä sisälsi aina "pintahäiriötä", laskettiin kaloista peräisin oleva integraali vähentämällä kokonaisintegraalista pintahäiriön arvo. Pintahäiriön suuruus määritettiin analysoimalla kultakin linjalta vähintään kolme 10 pulssin pituista osaa ja laskemalla keskiarvo niiden osien integraaleista, joissa ei ollut kaloja. Linjanosien jakaminen kalattomiin ja kaloja sisältäviin oli mahdollista, koska pintahäiriön suuruus oli kunkin linjan sisällä lähes vakio. Koska linjojen välillä oli kuitenkin selviä eroja, laskettiin pintahäiriön arvot linjakohtaisesti. Pintahäiriön vähennyksen jälkeen jäljelle jäänyt integraali muutettiin kalatiheydeksi olettamalla kalojen kokojakauma samaksi kuin 2,5-4 m syvyydessä koko tutkimusalueella.

4.3. Tulokset

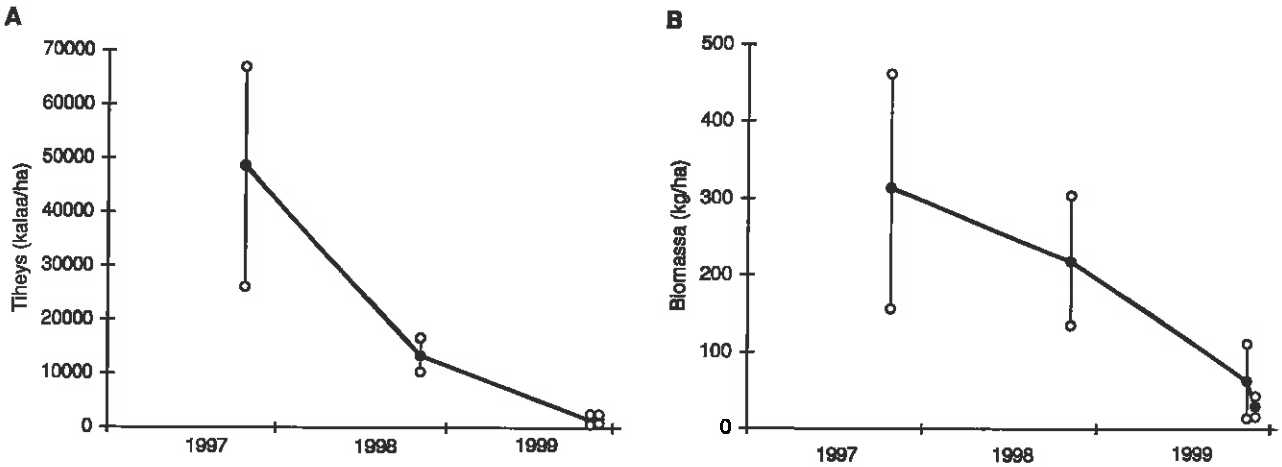
4.3.1 Kalatiheys ja -biomassa

Tutkimusjakson aikana Tuusulanjärven kalatiheys ja -biomassa laskivat selvästi. Lokakuussa 97 tehdyn kaikuluotauksen mukaan yli 5 m syvien alueiden kalatiheys (1,5 m syvyydestä pohjaan ulottuvassa vesikerroksessa) oli n. 47 000 kpl/ha ja kalabiomassa n. 300 kg/ha (taulukko 1). Lokakuussa 98 vastaava kalatiheys oli n. 9 000 kpl/ha ja -biomassa n. 180 kg/ha. Marraskuussa 99 kalatiheys oli enää n. 1 500 kalaa/ha ja biomassa 30-60 kg/ha.

Taulukko 1. Kalatiheys ja -biomassa 1,5 m syvyydestä pohjaan ulottuvassa vesikerroksessa yli 5 m syvillä alueilla vuosien 1997 ja -98 lokakuussa.

	Tiheys (kaloja/ha)	Biomassa (kg/ha)
1997	46 650	304
1998	8 640	180
1999 (4.11.)	1 440	61
1999 (8.11.)	1 580	29

Vuoden 98 tiheysarvion 95%:n luottamusväli oli 6 000-11 200 kalaa/ha ja biomassan 100-260 kg/ha. Vuonna 99 kalatiheysarvion luottamusvälit olivat 600-2 300 (4. marraskuuta) ja 700-2 500 (8.marraskuuta) kalaa/ha sekä biomassa-arvion 14-110 (4. marraskuuta) ja 17-43 (8.marraskuuta) kg/ha. Koska vesikerroksen 1,5-2,5 m kalatiheys ja -biomassa lisättiin vuoden 97 arvioihin jälkikäteen käyttäen eripituisia otosyksiköitä kuin alkuperäisessä analyysissä, ei arvioille voida esittää tarkkoja luottamusvälejä. Malisen ja Peltosen (1997) laskemien luottamusvälien perusteella voidaan kuitenkin esittää arvio likimääräisistä luottamusväleistä (kuva 2).



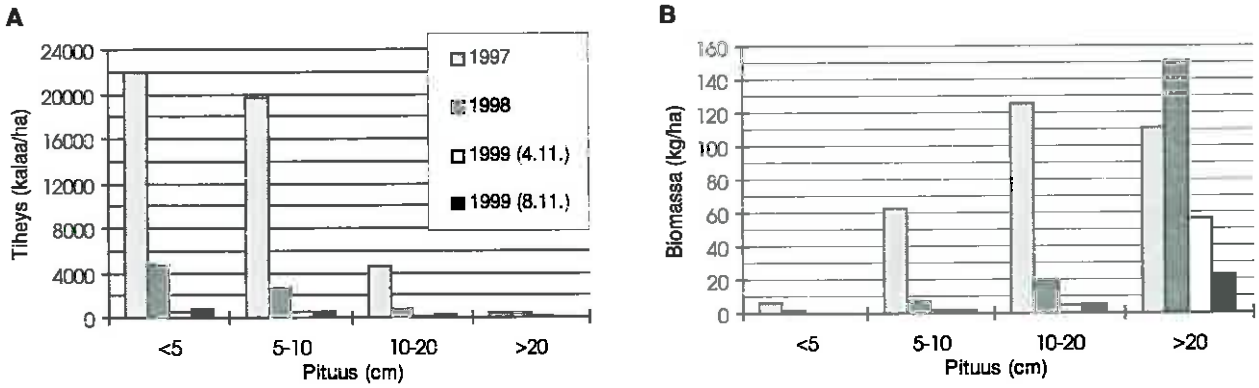
Kuva 2. Tuusulanjärven ulappa-alueen kalatiheys (A) ja -biomassa (B) kaikuluotauksen mukaan vuosina 1997-1999, kun myös 0-1,5 m syvyydellä olevien kalojen määrä on arvioitu.

Pinnan läheisen vesikerroksen (1,5-2,5 m) kalatiheys oli v. 98 lähes kolminkertainen ja -biomassa lähes viisinkertainen vuoteen 97 verrattuna (taulukko 2), vaikka kokonaiskalatiheys ja -biomassa olivat v. 97 selvästi suurempia (taulukko 1). Vuonna 99 vesikerroksessa 1,5-2,5 m olevien kalojen määrä ja biomassa oli jälleen selvästi alhaisempi. Onkin ilmeistä, että v. 98 kaikuluotaimen pinnan katvealueessa oli runsaasti kaloja. Tämän aiheuttaman virheen poistamiseksi tehtiin oletus, että vesikerroksen 0-1,5 m kalatiheys tilavuutta kohti oli kaikkina vuosina yhtä suuri kuin kyseisenä vuonna vesikerroksessa 1,5-2,5 m. Kun vesikerroksessa 0-1,5 m olevien kalojen määrä on arvioitu em. tavalla, saadaan kalatiheyden alenemaksi vuodesta 97 vuoteen 99 peräti 97 % (kuva 2). Vastaava biomassan alenema on 80-90 %.

Taulukko 2. Tuusulanjärven kalatiheys ja -biomassa 1,5-2,5 m:n syvyydessä yli 5 m syvillä alueilla vuosien 1997-1999 kaikuluotausten mukaan.

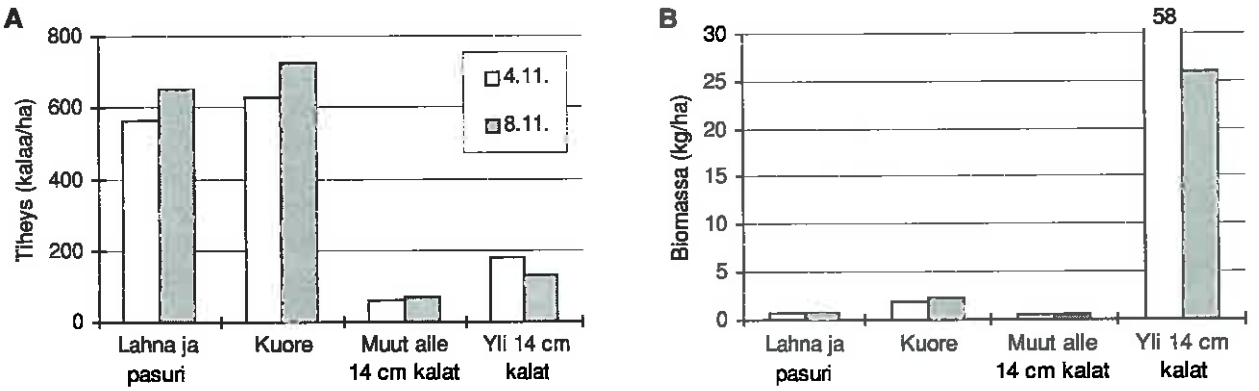
	Tiheys		Biomassa	
	kaloja/ha	osuus kokonaistiheydestä (%)	kg/ha	osuus kokonaisbiomassasta (%)
1997	1265	2,7	5,9	2,0
1998	3210	37,2	25,6	14,2
1999 (4.11.)	50	3,5	0,1	0,2
1999 (8.11.)	20	1,0	0,1	0,4

Vaikka kaikuluotauksen mukaan valtaosa kaloista oli hyvin pieniä, suurten kalojen osuus biomassasta oli kuitenkin huomattava: yli 20 cm pitkien kalojen osuus biomassasta oli v. 97 36 %, v. 98 84 % ja v. 99 keskimäärin 86 % (kuva 3). Yli 40 cm pitkien kalojen osuus biomassasta oli kaikuluotauksen mukaan v. 97 11 %, v. 98 peräti 60 % ja v. 99 keskimäärin 45 %.



Kuva 3. Tuusulanjärven kalatiheys (A) ja -biomassa (B) kokoluokkiin jaettuna vuosina 1997-1999 tehtyjen kaikuluotausten mukaan.

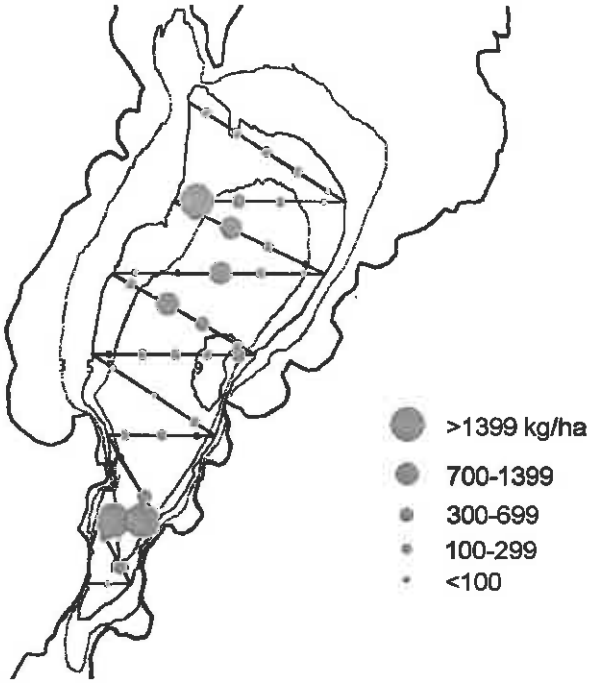
Vuoden 99 kalatiheys- ja biomassa-arviot voitiin jakaa koetroolauksen ansiosta seuraaviin luokkiin (kuva 4): 1) pienet (0-1 vuot., <8 cm) lahnat ja pasurit, 2) kuoreet, 3) muut pienet kalat (<14cm) ja 4) suuret kalat (≥14 cm). Luokka 3 sisältää 8-14 cm pituiset lahnat ja pasurit.



Kuva 4. Kalatiheys (A) ja –biomassa (B) luokkiin jaettuna (ks. teksti) Tuusulanjärven ulappa-alueella marraskuussa 1999 kaikuluotauksen ja koetroolauksen mukaan.

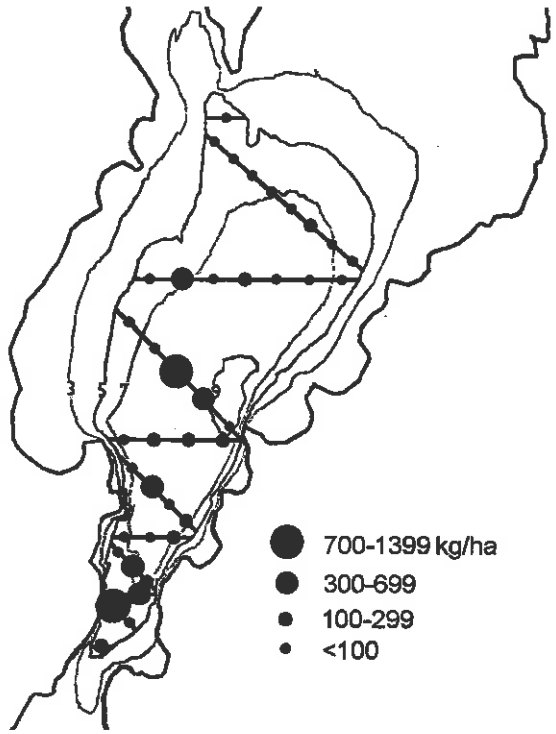
4.3.2 Kalojen alueellinen esiintyminen

Vuonna 97 suurimmat kalatiheydet ja -biomassat havaittiin syvännealueen eteläreunalla (kuva 5). Suurimmat arvot havaittiin linjalla 3; miltei 200 000 kalaa/ha ja n. 1 750 kg/ha. Syvänteen eteläpäässä kalat olivat suurempia kuin syvänteen keskellä. Esimerkiksi linjalla 3 yhtälön (1) mukaan yli 5 cm pitkien kalojen osuus tiheydestä oli n. 70 %, kun taas syvänteen keskellä olevalla linjalla 7 vastaava osuus oli vain n. 30 %. Tämä sopii yhteen sen kanssa, että saman päivän (22.10.97) nuottasaaliissa (vedetty linjojen 2, 3 ja 4 alueella) suurin osa saaliista oli särkeä. Syvänteen keskellä olleet pienet kalat olivat todennäköisesti kuoreita ja pieniä särkikaloja.



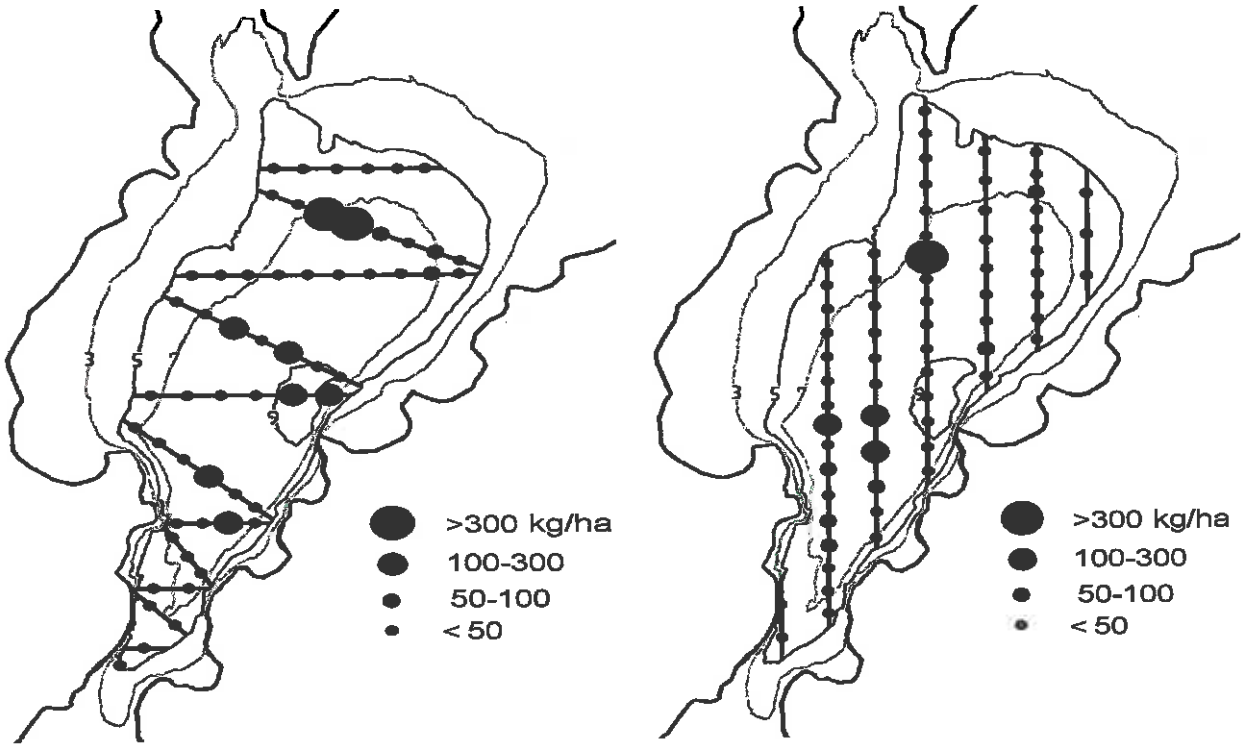
Kuva 5. Tuusulanjärven kalabiomassan alueellinen jakautuminen 22.10.1997 tehdyn kaikuluotauksen mukaan. Kukin ympyrä vastaa n. 200 metrin otosyksikössä havaittua keskimääräistä kalabiomassaa.

Vuonna 98 kalat olivat tasaisemmin jakaantuneet tutkimusalueelle kuin 97, eikä yhtä suuria kalatihentymiä havaittu (kuva 6). Suurinkin linjakohtainen biomassa oli alle 600 kg/ha. Myös 98 kalat olivat suurempia syvänteen eteläpäässä kuin muualla tutkimusalueella. Yli 5 cm pitkien kalojen osuus oli syvänteen eteläpäässä 60-80 %, kun taas muualla syvänteellä osuus oli 30-50 %.



Kuva 6. Tuusulanjärven kalabiomassan alueellinen jakautuminen 30.10.1998 tehdyn kaikuluotauksen mukaan. Huom! Vastaavia biomassaluokkia edustavat ympyrät ovat suurempia kuin kuvassa 3.

Myöskään vuonna 99 ei havaittu suuria kalatihentymiä (kuva 7). Suurinkin linjakohtainen biomassa oli alle 300 kg/ha. Molemmilla kerroilla suurimmat havaitut kalabiomassat olivat siellä täällä syvänteen keskellä ja syvänteen eteläpäässä kalabiomassa oli keskimääräistä pienempi. Otosyksikköjen kalabiomassa-arvojen varianssin perusteella kalat olivat jälkimmäisellä kaikuluotauskerralla (8.11.) selvästi tasaisemmin jakautuneet kuin neljä päivää aikaisemmin. Tämä näkyy myös 8.11. tehtyjen luotausarvioiden luottamusvälien lyhyytenä (kuva 2).



Kuva 7. Tuusulanjärven kalabiomassan alueellinen jakautuminen 4.11.1999 (vas.) ja 8.11.1999 (oik.) tehtyjen kaikuluotausten mukaan. Huom! Biomassaluokat eivät ole samoja kuin kuvissa 5 ja 6.

4.4. Tulosten tarkastelu

Vuoden 97 kalatiheysarviota (yli 3,5 cm:n pituisia kaloja n. 30 000 yks./ha yli 5 m syvillä alueilla) voidaan pitää huomattavan suurena; esimerkiksi Hiidenvedellä yli 5 m syvien alueiden 3,5 cm pituisten kalojen tiheys oli syksyllä 1996 11 000-15 000 kalaa/ha (Peltonen 1996). Lahden Vesijärven syvännealueen kalatiheys oli 80-luvun lopulla, ennen tehokalastusta, 10 000-20 000 kalaa/ha (Jurvelius ja Sammalkorpi 1995).

Kaikuluotausten mukaan Tuusulanjärven kalatiheys ja -biomassa ovat laskeneet kahden vuoden aikana (lokakuu 97-marraskuu 99) voimakkaasti. Alenema on niin selvä, ettei sitä voida selittää kaikuluotauksen virhelähteillä; varsinkaan kun pinnan lähellä olevien kalojen määrän arviointiin sisältyvä epävarmuus ei vaikuta alku- ja lopputilanteen kalatiheys- ja biomassa-arvioihin juuri lainkaan (se vaikuttaa ainoastaan vuoden 98 arvioihin). Toisaalta on todettava, että Tuusulanjärvellä on väistämättä aina osa kalakannasta on kaikuluotauksen ulottumattomissa ja alle 3 m syvillä alueilla olevat kalat jäävät kaikuluotausarvioiden ulkopuolelle. Tuusulanjärven syvännealueen pienuuden takia on kaikuluotauksen perusteella vaikeata arvioida koko järven kalamäärää. Pienetkin muutokset kalojen esiintymisalueissa syvyyden suhteen vääristävät tuloksia helposti. Toisaalta pohjan läheisyydessä (lähempänä kuin 30 cm) olevat kalat jäävät myös kaikuluotausarvion ulkopuolelle. Näin ollen esimerkiksi lahnakannasta ei kaikuluotaamalla saada luotettavaa arviota.

Kalabiomassan romahdus on hyvin sopusoinnussa sen kanssa, että järvestä pyydettiin tehokkaalla nuotta- ja rysäpyynnillä kyseisenä ajanjaksona kalaa lähes 200 tonnia. Poistopyynnin saalista ja kaikuluotausarviota on kuitenkin vaikea verrata keskenään, koska kalastus on osittain kohdistunut sellaisiin kaloihin, jotka olisivat joka tapauksessa jääneet kaikuluotausarvion ulkopuolelle (matalilla alueilla olevat kalat ja lahnat). Lisäksi suuri osa saaliin biomassasta on ollut kalakannan tuotantoa. Tämä osa saaliin biomassasta ei voikaan näkyä kaikuluotausarvion pienenemisenä.

Kaikuluotausarvioiden kannalta merkityksellisimmät virhelähteet vaihtelevat vuosittain. Vuonna 97 kalaparvet olivat paikoin niin tiheitä, että akustinen varjostus (Appenzeller ja Leggett 1992) on saattanut pienentää sekä kalatiheys- että biomassa-arviota. Vuoden 98 kaikuluotaustulosten luotettavuutta heikentää se, että suuri osa kaloista oli lähellä pintaa. Vaikka tutkimuksessa on arvioitu myös pinnan lähellä olevien kalojen määrä, tulee tuloksiin suhtautua tietyllä varauksella tehtyjen oletusten epävarmuuden takia. Vuonna 99 pohjan katvealueessa näytti olevan suhteellisesti enemmän kalaa kuin aiempina vuosina. Nuottasaaliiden perusteella suurin osa näistä kaloista oli lahnoja. Koska aiempina syksynä ei saatu yhtä suuria lahnasaaliita, on mahdollista, että tuolloin valtaosa lahnoista oli syvännealueen ulkopuolella. Näin ollen pohjan katvealueen lahnat eivät vaikeuttaisi eri vuosien tulosten vertailua. Vuoden 99 arviossa on silmiinpistävää keskikokoisten kalojen vähyys (kuva 4, luokka "muut alle 14 cm kalat"). Tämän kokoluokan kalat, jotka aiempina vuosina ovat olleet lähinnä särkeä, olivat vähissä myös nuottasaalissa. Näin ollen ulappa-alueen särkibiomassa oli todella hyvin vähäinen. Vaikka särkikanta epäilemättä on kalastettu pieneksi, on todennäköistä, että osa särjistä oli kaikuluotausalueen ulkopuolella.

Kalatiheysarvio on kalabiomassa-arviota luotettavampi, koska biomassa on laskettu käyttäen Vesijärven särjen ja kuhan pituus-painosuhteita. Niiden vähäisten tietojen perusteella, mitä Tuusulanjärven kaloista oli käytettävissä näyttää siltä, että kaikkien vuosien kalabiomassa-arviot suurenisivat, jos laskennassa olisi käytetty Tuusulanjärven kalojen tietoja. Jo melko pieni muutos pituus-painosuhteessa saattaa muuttaa biomassa-arvioita kymmenillä prosenteilla. Jatkossa tulee ehdottomasti pyrkiä siihen, että kaikista runsaista lajeista saadaan tarvittavat tiedot loppusyksyltä.

Se, että kalatiheyden alenema vuoden 97 syksystä vuoden 98 syksyyn oli paljon suurempi kuin biomassan alenema (kuva 2), johtuu todennäköisesti kahdesta syystä. Ensinnäkin v. 98 kalat todella saattoivat olla keskimäärin hiukan suurempia kuin v. 97. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että monella lajilla lämpimänä kesänä 97 syntynyt vuosiluokka saattaa olla poikkeuksellisen runsas. Tällöin kyseisen vuosiluokan kalojen kasvu näkyisi biomassa-arviossa. Toiseksi v. 98 havaittu epärealistisen suuri isojen kalojen biomassaosuus (yli 40 cm kalojen osuus kokonaisbiomassasta 60 %) viittaa siihen, että tällöin suuria kaloja havaittiin niiden todellista osuutta enemmän yksittäisinä. Tämä johtaa kalatiheyden aliarviointiin ja kalabiomassan yliarviointiin. Onkin todennäköistä, että vuoden 98 todellinen kalatiheys on esitettyä suurempi ja biomassa puolestaan esitettyä pienempi.

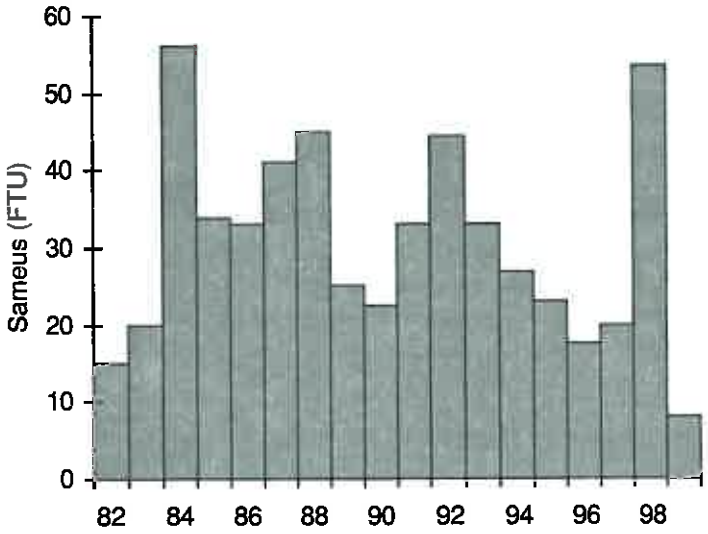
Vuoden 99 kaikuluotauksien tuottamien biomassa-arvioiden ero (61 ja 29 kg) saattaa osittain johtua siitä, että kaikuluotauskertojen välisenä aikana nuottapyynti kohdistui tehokkaammin suuriin (lähinnä lahnaan) kuin pieniin kaloihin. Toisaalta estimaattien luottamusvälien päällekkäisyys viittaa siihen, että ero saattaa olla pelkästään satunnaisvaihtelun tuottamaa.

Yli 14 cm pituisten kalojen suuri biomassaosuus vuonna 1999 (kuva 4) antaa aiheen olettaa, että myös vuonna 1999 suuria kaloja on havaittu niiden todellista osuutta enemmän yksittäisinä. Tällöin luokkien 1-3 biomassa olisi aliarvio ja luokan 4 puolestaan yliarvio. Kaikkien kalojen biomassa olisi tällöin arvioitua pienempi ja kalatiheys puolestaan arvioitua suurempi. Mahdollinen virhe ei kuitenkaan muuta johtopäätöstä kalatiheyden ja -biomassan romahtamisesta (kuva 2).

Kalojen alueellinen jakautuminen vaihteli varsin paljon vuosien välillä. Vuonna 97 suuri osa kaloista oli laajoissa ja tiheissä parvissa syvänteen reuna-alueilla. Syvänne-

alueen keskellä oli myös melko paljon kaloja hajallaan välivedessä. Vuosina 98 ja 99 laajoja kalatihentymiä ei löydetty. Tämä näkyy myös kalatiheys- ja biomassa-arvioiden luottamusväleissä, jotka olivat lyhyempiä kuin v. 97. Luottamusvälit eivät kuitenkaan kuvaa millään tavoin yllämainituista tekijöistä mahdollisesti aiheutunutta systemaattista virhettä.

Vuonna 98 vesikerroksen 1,5-2,5 m ja todennäköisesti myös pinnan katvealueen kalatiheydet olivat selvästi suurempia kuin vuosina 97 ja 99. Niinpä vuoden 98 tilanne oli kaikuluotauksen kannalta selvästi muita vuosia huonompi. Pinnan tuntumassa olevien kalojen runsaus vuonna 98 on saattanut johtua veden sameudesta. Vuonna 98 loka-marraskuun keskimääräinen sameus (FTU) oli selvästi suurempi kuin vuosina 97 ja 99 (kuva 8). Kuvassa olevasta aikasarjasta voidaan arvioida, että vuosien 97 ja 99 kaikuluotauksen kannalta suotuisalla tilanteella on selvästi suurempi todennäköisyys toteutua tulevaisuudessa kuin v. 98 vallinneella epäsuotuisalla tilanteella. On kuitenkin otettava huomioon, että kuvassa olevat arvot ovat joko yhdeltä päivältä tai kahden päivän keskiarvoja. Tuusulanjärvellä muutokset sameudessa saattavat olla varsin nopeita esimerkiksi syyssateiden mukaan. Jos kaikuluotaus tehdään useampaan kertaan syksyllä, eikä heti runsaiden sateiden jälkeen, voidaan suurentaa todennäköisyyttä sille, että tutkimus osuu ainakin kerran sopivaan ajankohtaan.



Kuva 8. Tuusulanjärven sameus (FTU) vuosien 1982-1999 syksyllä (loka-marraskuun keskiarvot 1 m:n syvyydeltä). Tiedot saatu Suomen ympäristökeskuksen vedenlaatu-rekisteristä.

4.5. Johtopäätökset

Tuusulanjärven yli 5 m syvien alueiden kalatiheys oli n. 50 000 kalaa/ha vuoden 97 lokakuussa. Vastaava biomassa oli n. 310 kg/ha. Kalatiheys oli selvästi suurempi kuin Lahden Vesijärven ja Hiidenveden ulappa-alueella ennen tehokalastusta. Järvien todellisia kalamääriä on kuitenkin vaikea vertailla, koska kaikuluotaukseen sopivaa aluetta on Tuusulanjärvellä varsin vähän.

Vaikka kalatiheys oli poikkeuksellisen suuri, biomassa oli samaa tasoa kuin esimerkiksi Hiidenvedellä. Tuusulanjärven kalat olivat siis hyvin pieniä. Tämä saattaa johtua myös vuoden 97 poikkeuksellisen lämpimästä kesästä, jolloin monille lajeille syntyi runsaita vuosiluokkia.

Tuusulanjärven ulappa-alueen kalatiheys ja -biomassa romahtivat kahdessa vuodessa. Vuoden 99 syksyllä yli 5 m syvien alueiden kalatiheys oli kaikuluotauksen mukaan enää 1500 kalaa/ha ja biomassa 30-60 kg/ha. Järven todellinen kalatiheys- ja biomassa ovat kuitenkin jonkin verran suurempia, koska kaikuluotausarviot eivät sisällä pohjan välittömässä läheisyydessä eivätkä rannan tuntumassa olevia kaloja.

Kaikuluotaus ja siihen yhdistetty koetroolaus loppusyksyllä sopivat hyvin Tuusulanjärven kalatiheyden ja -biomassan seurantaan järven mataluudesta huolimatta. Tuotettu tieto on kuitenkin koko järven tilannetta seurattaessa indeksinomaista, eikä vertikaalisuuntaisella kaikuluotauksella voida arvioida järven kokonaiskalabiomassaa. Sen sijaan romahtaneissa kannoissa mahdollisesti tapahtuva runsastuminen sillä on mahdollista havaita.

Kiitokset

Ansiokkaasti sujuneista kenttätöistä kiitokset Erkki Fontellille, Mikko Saloselle, Jouko Sarenille ja Mika Vinnille. Arvokkaista kommenteista kiitokset Juha Jurveliukselle, Timo Marjomäelle ja Jukka Ruuhijärvelle.

Kirjallisuus

Appenzeller, A. R. & 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.

Jurvelius, J. 1991: Distribution and density of pelagic fish stocks, especially vendace (*Coregonus albula* (L.)), monitored by hydroacoustics in shallow and deep southern boreal lakes. Valtion painatuskeskus. Helsinki. Väitöskirja, Helsingin yliopisto, eläintieteen laitos.

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.

Horppila, J., Malinen, T. ja Peltonen, H. 1996: Density and habitat shifts of a roach (*Rutilus rutilus*) stock assessed within one season by cohort analysis, depletion methods and echosounding. Fish. Res. 28: 151-161.

Horppila 1997: Effects of mass removal and variable recruitment on nutrient excretion by a planktivorous roach stock. J. Fish Biol. 52: 951-961.

Lindem, T. 1983. Successes with conventional in situ determinations of fish target strength. In: Nakken, O. & Venema, S. C. (Eds.), Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982. FAO Fish. Rep. (300): 104-111.

Malinen, T. 1995: Kaikuluotaus ja kaikuluotausotannan optimointi Vesijärven Enonselän särki- ja kuorekantojen seurannassa. Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskuksen raportteja ja selvityksiä 22.

Malinen, T. ja Peltonen, H. 1996: Optimal sampling and traditional versus model-based data analysis in acoustic fish stock assessment in Lake Vesijärvi. Fish. Res. 26: 295-308.

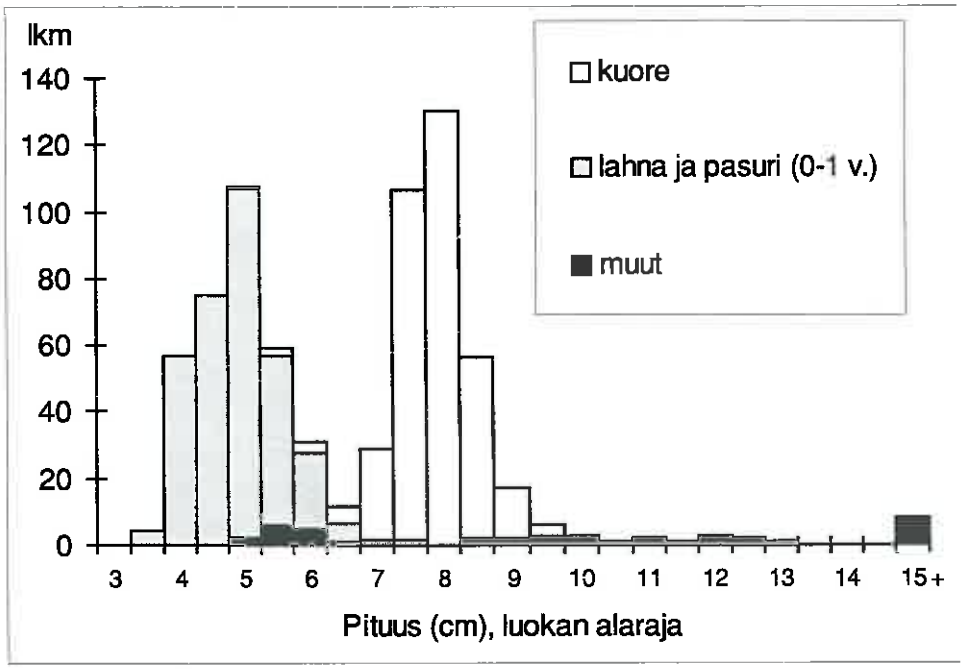
Malinen, T. ja Peltonen H. 1997: Tuusulanjärven kalatiheys ja -biomassa lokakuussa 1997 kaikuluotauksella arvioituna. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. Tutkimusraportti, 6 s.

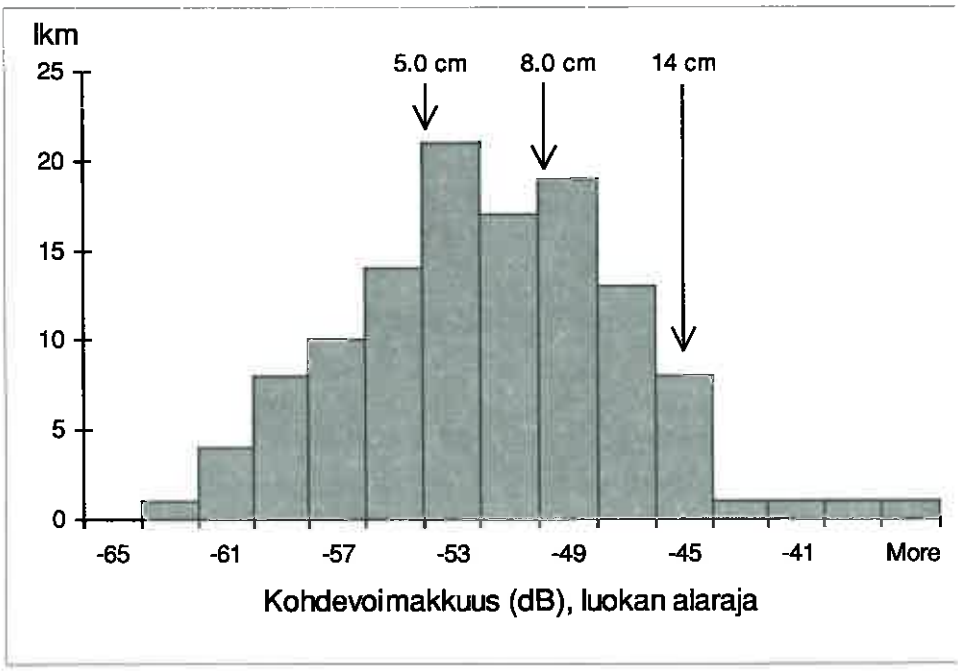
Marjomäki, T. ja Huolila, M. 1994: Puulaveden ulappa-alueiden kalatiheys vuosina 1986-1992 kaikuluotauksen perusteella arvioituna. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 68: 4-36.

Peltonen, H. 1996: Alustava arvio Hiidenveden ulappa-alueen kalakannoista. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. Tutkimusraportti, 6s.

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. Fish. Res. 44: 25-36.

Liite 1





Tuusulanjärven koetroolipyynnin (8.11.1999) saaliin pituusjakauma (yläkuva) ja vastaavien linjojen kohdevoimakkuusjakauma (alakuva), johon on laskettu yhtälöllä (1) tiettyjä kohdevoimakkuuden arvoja vastaavat kalan pituudet. Pituusjakauman ja kohdevoimakkuusjakauman huippukohdat näyttävät vastaavan hyvin toisiaan, mutta kohdevoimakkuuden suuren vaihtelun takia sen jakauma on leveämpi kuin pituusjakauman perusteella voisi olettaa.

5. Liikkuva jäänalainen kaikuluotaus Tuusulanjärvellä talvella 1998.

Juha Jurvelius[1], Timo J. Marjomäki[2], Raimo Riikonen[1] ja Esa Hirvonen[1]

[1]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely, 58175 Enonkoski
[2]Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40351 Jyväskylä

5.1.Johdanto

Talvinuottaus on hyvä menetelmä rehevöityneiden järvien kalaston vähentämisessä (Turunen ym. 1997). Tällaisen poistopyynnin suunnittelussa ovat järven muodon ja syvyyssuhteiden ohella myös tiedot kalojen liikkeistä, levinneisyydestä ja määrästä tärkeitä. Kalojen liikkuminen ja levinneisyys ovat kätevästi määritettävissä ns. sonar -tekniikalla eli avannosta eri suuntiin luotaamalla. Kalojen määräarvio voidaan nykytekniikalla tehdä kuitenkin vain jään alla liikkuvalla kaikuluotaimella.

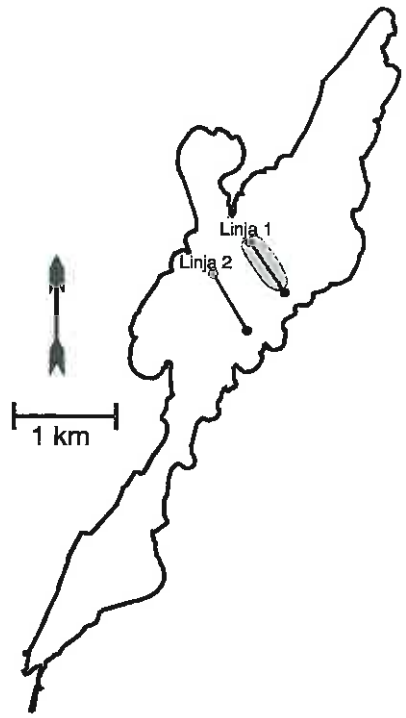
Kesäaikana on kaikuluotaamalla arvioitu kalojen liikkeitä sekä yksilötiheyttä ja biomassaa (ks. luku 4). Vastaavan talvitutkimuksen suurimpia ongelmia on ollut liikkuvan jäänalaisen luotaustekniikan puuttuminen. Talvinuottauksessa käytetty uittosukkula ratkaisi tämän ongelman ja ensimmäinen kalatiheysarvio jäänalaisella liikkuvalla luotaimella tehtiin 1990-luvun loppupuolella Lentuanjärvellä muikun talvinuottauksen yhteydessä (Jurvelius ym. 1999). Kalojen talvista biologiaa oli luotaamalla tutkittu mm. jo edellisellä vuosikymmenellä, kun Pavlov ym. (1986) tutki särkien liikkeitä ja levinneisyyttä luotaamalla avannoista. Sen jälkeen esimerkiksi Presnyakov & Borisenko (1993) ja Turunen ym. (1997) ovat käyttäneet sonar -tekniikkaa kalojen jäänalaiseen paikantamiseen.

Tämän pilottitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää liikkuvan jäänalaisen kaikuluotauksen käyttömahdollisuuksia kalojen talvisen levinneisyyden ja määrän sekä poistopyynnin vaikutusten tutkimiseen rehevöityneessä ja matalassa Tuusulanjärvessä. Kaikuluotaukset tehtiin talvella 1998.

5.2. Menetelmät

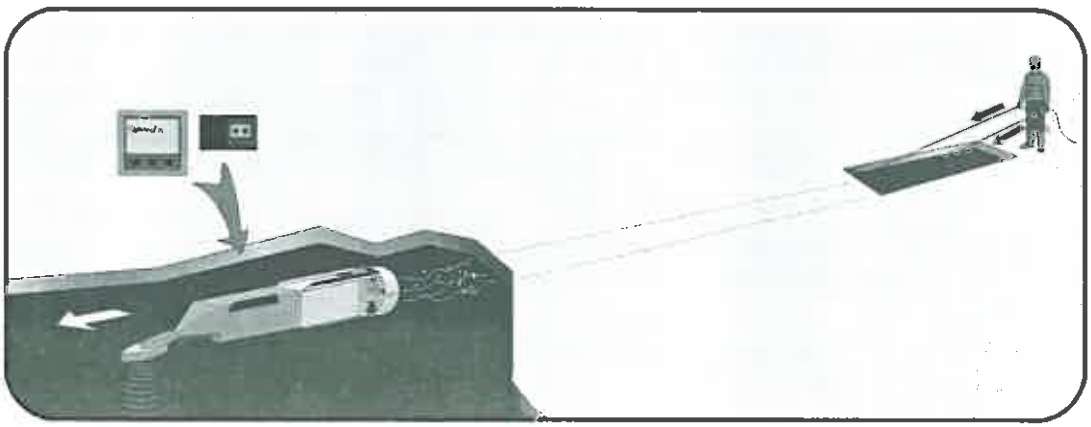
Kaikuluotaukset tehtiin poistopyyntinuottauksen kanssa samanaikaisesti järven keskiosan syvänteessä (kuva 1).

Nuottauksen kaloja vähentävän vaikutuksen toteamiseksi apaja luodattiin välittömästi ennen ja jälkeen kalastuksen. Kalojen luonnollisen liikkumisen selvittämiseksi apaja-alue (linja 1) ja sen läheinen kalastamaton vertailualue (linja 2) luodattiin vastaavina kellonaikoina 4 vuorokautta kalastuksen lopettamisen jälkeen. Luotauksia ei voitu tehdä esim. vuorokautta ennen poistopyyntinuottausta, koska kalastajat päättivät kalastusalueen vasta aivan välittömästi ennen nuottausta.



Kuva 1. Jäänalaiset kaikuluotauslinjat (•—•) ja nuotta-apaja (harmaa alue) Tuusulanjärvellä 11.-18.2.1998.

Luotaukset tehtiin 70 kHz taajuisella kaikuluotaimella (SIMRAD EY-M, 70-24-F värähtelijä, 11° keila, pulssin kesto 0.6 ms). Luotaimen värähtelijä kulki noin 25 cm jään alla liikkuvassa sukkulassa (kuva 2). Luotausnopeus oli 1.5 m/s.



Kuva 2. Talvikalastuksen köysien uitossa käytetty sukkula ja sen etuosaan liitetty kaikuluotain.

Kalatiheyden vaihtelut eri ajankohtien välillä arvioitiin luotainpaperilta laskettuna kalatiheysindeksinä (esim. Jurvelius ym. 1999). Arviot luodattujen kalojen kokojakaumasta tehtiin HADAS -kaikulaskentaohjelmalla (Lindem Data Acquisition 1991). Kaikulaskennassa pinnasta ei pystytty laskemaan 2 ensimmäistä metriä, vastaavasti pohjaa ei voitu tutkia 1 metriä lähempää. Nämä seikat on otettava huomioon arvioitaessa alueen kokonaiskalatiheyttä kaikuluotaimella.

5.3. Tulokset ja niiden tarkastelu

Eräillä muikunkalastusalueilla on havaittu, että kalat aloittavat parveutumisen keväällä päivien pidentyessä (Jurvelius ym. 2000). Pimeinä talvipäivinä muikut olivat hajallaan koko vesimassassa eikä esim. yön ja päivän välillä ollut havaittavissa kovin suurta eroa. Tuusulanjärven kalat olivat tämän tutkimuksen aikana päivällä niin hajallaan, että tutkimusalueen kalatiheydestä voitiin tehdä valoisaankin aikaan kaikuluotausarvio.

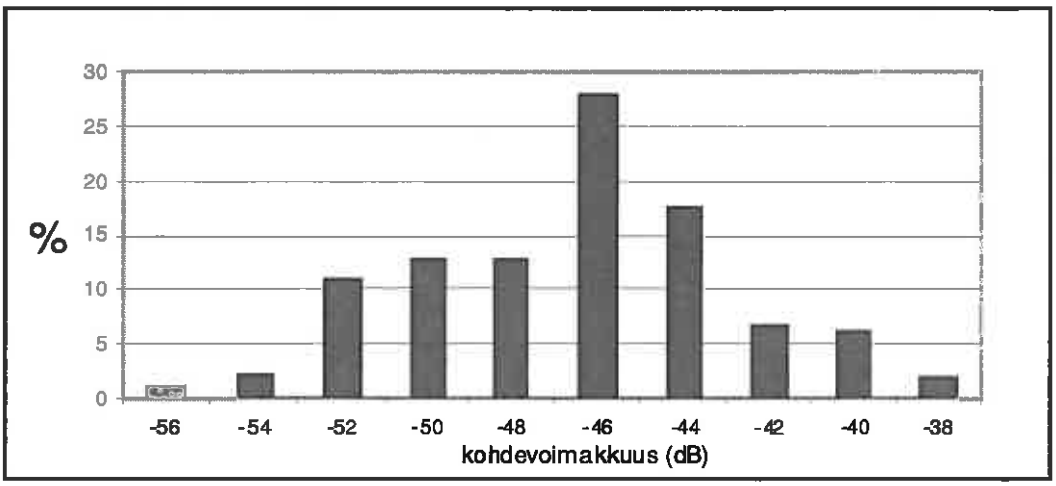
Tuusulanjärven nuotta-apajan ja sen vertailualueen kaikuluotaus osoittaa, että apajassa ei tapahtunut merkittävää kalatiheyden muutosta nuotanvedon aikana (taulukko 1). Sen sijaan nuottaus alensi selvästi apajan kalatiheyttä. Saalis oli n. 2 000 kg

Taulukko 1. Kalastuksen vaikutus kalatiheyteen sekä nuotta-apajan ja sen viereisen kalastamattoman vertailualueen kalatiheysindeksin muutokset nuotanvedon aloitus (A)- ja lopetusajankohtien (B) välillä Tuusulanjärvessä talvella 1998.

Alue ja ajankohta	A	B	Muutos	
Apajan nuottaus 13.2. klo 1130-1445	270	30	-240	-89%
Apajan luotaus 18.2. klo 1130 ja 1500	40	65	+25	+63%
Kalastamattoman alueen luotaus 18.2. klo 1200 ja 1445	70	70	0	0%

Helmikuun 18. päivänä klo 11.30 arvioitiin kaikulaskentamenetelmällä apajan kalatiheydeksi noin 2870 kalaa/ha. Jos nuotta pyysi noin 70% pyyhkäisyalansa kaloista, oli tällä alueella ennen nuottausta noin 20 000 kalaa/ha (Jurvelius ym. 2000). Tämä tiheys on noin puolet lokakuussa 1997 ja noin kaksinkertainen lokakuun 1998 koko Tuusulanjärven yli 5m:n syvyisille alueille lohkokaikuluotaimella tehtyyn keskimääräiseen kalatiheysarvioon verrattuna (ks. luku 4). Rudstam ym. (1999) ovat todenneet ettei yhtenäis- ja lohkokeilaluotainten tiheysarvioissa ole suuria eroja. Siksi avovesi- ja talviluotausten antamia tiheysarvioita Tuusulanjärven kalastosta voidaan verrata toisiinsa.

Ennen kalastusta kalastajat etsivät kaloja sonarilla. Suunnitellulla nuottausalueella he havaitsivat paljon parveutuneita kaloja. Liikkuvan luotaimen mukaan apajassa oli ennen nuottausta muutamia ns. akustisia parvia, kalastuksen jälkeen niitä ei näkynyt. So-



Kuva 3. Tuusulanjärvellä kaikuluodattujen kalojen kohdevoimakkuudet 18.2.1998. Noin 5 cm mittainen kala on –52 dB ja 14 cm kala noin –44 dB (Lindem 1983).

narilla ja liikkuvalla kaikuluotaimella oli samojen kalojen parveutumisesta siis hieman erilaiset tulokset. Tämä johtuu pääasiassa liikkuvan ja liikkumattoman, vaakatasossa tehtävän luotauksen eroista. Nykytekniikalla ainoastaan liikkuva luotain pystyy tekemään kalatiheysarvion.

Tuusulanjärvellä luodatuista kaloista yli 80% oli kaikuvoimakkuuden perusteella 5- 14 cm mittaisia (kuva 3). Talviluotauksissa yhtenäisellä keilalla luodattaessa kalat olivat suurempia kuin avovesikautena lohkokeilaluotauksissa (ks. luku 4). Tulos on samansuuntainen esim. Jurvelius ym. (2000) tekemien yksittäis- ja lohkokeilakaikuluotaimen vertailujen kanssa. Tuusulanjärven lohkokeilaluotauksen pituusjakauma vastasi yksittäiskeilaluotausta paremmin syksyn koetroolausta.

5.4. Johtopäätökset

Tuusulanjärven ulapan noin 8 m syvyys on jäänalaiseen luotaukseen periaatteessa riittävä, mutta kalatiheysarvion luotettavuutta vähentävät pinnan ja pohjan yhteensä n. 3 metrin katvealueet.

Liikkuvalla jäänalaisella kaikuluotauksella voidaan kartoittaa kalatiheyksiä ja kalojen levinneisyyttä suunnitellulla poistopyyntialueella.

Kaikuluotain pystyy erottamaan nuottauksen aiheuttaman kalatiheyden aleneman.

Jäänalainen kaikuluotaus vaatii nykyisin noin 10-kertaisen ajan vastaavaan avovedessä tehtyyn tutkimukseen verrattuna.

Jäänalaista tekniikkaa voidaan parantaa esim. keventämällä ja koneellistamalla uitossa käytettäviä laitteita.

Uittolaitteiden vedenpitävyyden ja varmuuden kasvaessa on tarkoituksenmukaista siirtyä myös jäänalaisissa luotauksissa lohkokeilakaikuluotaukseen (vrt. luku 4).

Kirjallisuus

Jurvelius, J., Riikonen, R. & Marjomäki, T.J. 1999. Estimating the effects of winterfishing; mobile echosounding under ice. *Fish.Res.*, 39:313-316.

Jurvelius, J., Marjomäki, T.J., Lilja, J., Riikonen, R. & Hirvonen, E. 2000. Fish density in wintertime seining area monitored by mobile under ice echosurvey. (ms).

Lindem, T. 1983. Successes with conventional in situ determinations of fish target strength, p. 104-111.- In Nakken,O. & Venema,S.C. (eds.): Symposium on fisheries acoustics. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982.- FAO Fish. Rep., 300: 331p.

Pavlov, D.S., Gusar, A.G., Pyanov, A.I., & Gorin, A.N. 1986. The results of hydroacoustic observations on roach in Lake Glubokoe in winter. *Hydrobiologia*, 141: 125-132.

Presnyakov, V.V. & Borisenko,E.S.,1993. The study of fish behaviour under ice of Lake Glubokoe by means of scanning sonar. *Fish.Res.*,15. 323-329.

Rudstam, L.G., Hansson, S., Lindem, T. & Einhouse, D.W. 1999. Comparison of target strength distributions and fish densities obtained with split and single beam echo sounders. *Fish.Res.*, 42. 207-214.

Turunen, T., Sammalkorpi, I. & Suuronen, P. 1997. Suitability of motorized under-ice seining in selective mass removal of coarse fish. *Fish.Res.*, 31:73-82.

6. Rusutjärven ja Tuusulanjärven eläinplankton 1996-1999

Martti Rask[1] ja Anja Lehtovaara[2]

[1]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema, 16970 Evo
[2]Helsingin yliopisto, Lammin biologinen asema, 16900 Lammi

6.1. Johdanto

Eläinplanktonilla on merkittävä osa rehevöityneiden järvien ravintoketjukunnostuksessa koska äyriäisplanktonin ja erityisesti isojen, leviä syövien vesikirppujen arvellaan olevan tärkeä linkki pyrittäessä rajoittamaan leväkukintoja särkikalojen poistoon perustuvalla ravintoketjukunnostuksella (ks. Sarvala ym. 1995). Ravintoketjukunnostuksessa särkikaloja poistetaan järvestä niin paljon, että niiden aiheuttama saalistus eläinplanktonia kohtaan vähenee olennaisesti. Tämän seurauksena leviä syövien isojen vesikirppujen määrä suurenee ja voi rajoittaa levien kasvua niin että vesi kirkastuu.

Rusutjärven ja Tuusulanjärven voimakas rehevöityminen heijastuu kummankin järven eläinplanktonyhteisöihin. Äyriäisplanktonille ovat ominaisia esimerkiksi pienten litoraalilajistoon kuuluvien vesikirppujen (*Chydorus* sp.) runsaus ja Calanoida-ryhmän pieni osuus hankajalkaisäyriäisten määrästä (Rask ym. 1999).

Tässä raportissa esitetään lyhyesti eläinplanktontutkimuksen tulokset Rusutjärveltä vuosina 1997-1999 ja Tuusulanjärveltä vuosilta 1996-1999. Tutkimukset on tehty osana hoitokalastusprojektia RKTL:n, Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymän ja Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman välisiin tutkimussopimuksiin ja yhteistyöhön perustuen.

6.2. Aineisto ja menetelmät

Eläinplanktonnäytteet otettiin pääasiassa heinä- ja elokuun aikana, Tuusulanjärvestä päällysvedestä (0-4 m) ja Rusutjärvestä koko vesipatsaasta (0-3 m) putkinoutimella ja suodatettiin silmäkooltaan 50 µm:n planktonhaavilla. Rinnakkaisnäytteitä otettiin kaksi tai kolme ja näytteiden tilavuus oli 21-84 litraa. Määritystä varten alkuperäiset näytteet puolitettiin ja toiset puolikkaat yhdistettiin kokoomanäytteeksi, jota ositettiin tarpeen mukaan (1/4-1/64).

Näytteet tutkittiin Lammin biologisella asemalla. Äyriäisplankton määritettiin uraalustalta Olympus SZH 10 mikroskoopilla. Planktonäyriäiset laskettiin 20-kertaisella ja mitattiin 50-80-kertaisella suurennuksella. *Daphnia*-lajit mitattiin silmän yläreunasta piikin tyveen, *Bosmina*-vesikirpuista mitattiin kuoren suurin pituus tai korkeus jos se oli pituutta suurempi. Näytettä kohti mitattiin mahdollisuuksien mukaan 30-50 *Bosmina* ja *Daphnia* -yksilöä. Rataseläimistö kirjattiin äyriäisten laskennan yhteydessä.

6.3. Tulokset ja niiden tarkastelu

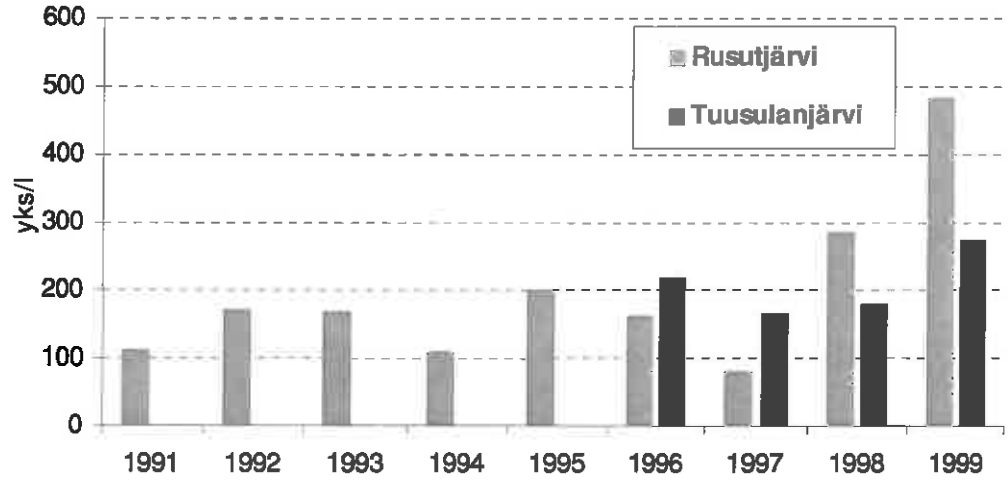
6.3.1. Rusutjärvi

Rusutjärven äyriäisplanktonin keskimääräinen kokonaistiheys vuosien 1997-1999 kesä-elokuussa oli 228, 467 ja 654 yksilöä litrassa hankajalkaisten naupliusvaihe mukaan luettuna. Näytteenottokerroittain suurimmat äyriäistiheydet havaittiin elokuussa 1998 ja heinäkuussa 1999, yli 1000 yksilöä/l (taulukko 1). Yksittäisistä taksoneista runsaslukuisimpia olivat *Chydorus* sp., *Bosmina coregoni* ja *Daphnia cucullata* –vesikirput. Runsaimmat hankajalkaisäyriäiset olivat *Mesocyclops leucarti* ja *Thermocyclops oithonoides*. Havaittujen äyriäistaksonien kokonaismäärä oli 18.

Pitemmälläkin aikavälillä tarkasteltuna näyttää siltä, että Rusutjärven äyriäisplankton on runsastunut voimakkaasti vuosina 1998 ja 1999. Pellikan (1997) kokoaman taulukon mukaan Rusutjärven äyriäisplanktonin keskimääräinen kokonaistiheys oli 200-300 yks/l vuosina 1991-1996. Vesikirppujen kokonaistiheys oli keskimäärin 100-200 yks/l vuosina 1991-1996, mutta lähes 300 yks/l vuonna 1998 ja lähes 500 yks/l vuonna 1999 (kuva 1).

Taulukko 1. Rusutjärven äyriäisplanktonin tiheyksiä (yks/l) kesä-elokuussa vuosina 1997-1999.

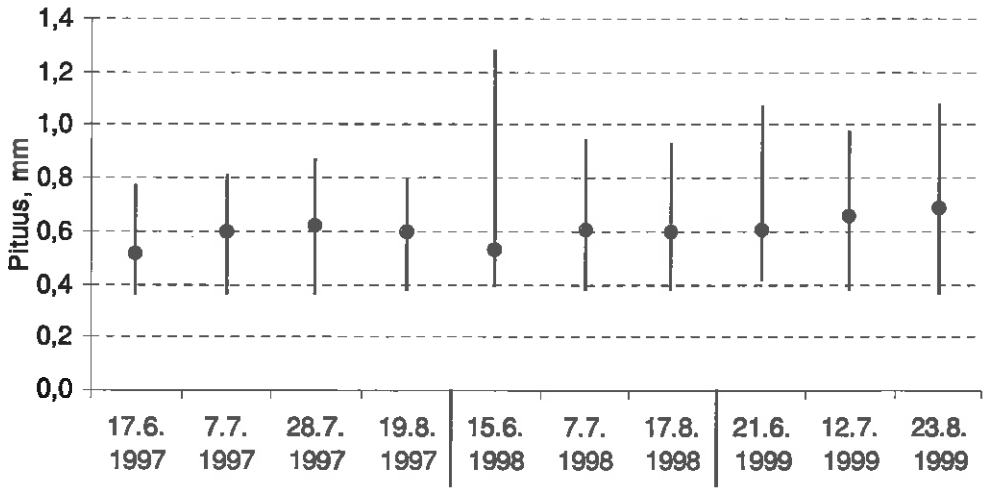
	1997				1998				1999			
	17.6.	7.7.	28.7.	19.8.	15.6.	7.7.	27.7.	17.8.	21.6.	12.7.	2.8.	23.8.
Cladocera												
Leptodora kindti	1,2	0,4	0,4	-	0,8	0,2	0,4	-	0,4	4,6	0,5	0,5
Limnosida frontosa	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	15,9	-	0,8
Diaphanosoma brachyurum	-	3,1	3,3	2,7	-	0,2	0,8	3,8	1,1	34,4	0,5	2,3
Daphnia cristata	18,5	5,3	0,9	3,8	7,8	4,0	1,1	1,9	27,1	-	-	0,8
Daphnia cucullata	-	7,2	12,8	30,1	24,2	25,3	9,9	78,5	102,5	199,6	7,1	17,8
Daphnia spp.	4,2	-	-	-	0,6	-	-	-	-	117,3	3,1	-
Bosmina coregoni	21,7	43,8	8,9	26,7	1,9	10,1	62,5	387,8	73,9	99,1	137,1	44,4
Bosmina longirostris	-	0,3	0,1	-	0,2	0,2	-	0,8	-	-	0,5	-
Ceriodaphnia sp.	-	-	0,1	-	-	-	-	2,3	-	-	-	-
Chydorus sp.	7,9	43,8	29,0	40,8	6,1	24,4	162,3	321,1	11,4	364,2	506,4	149,3
Alona sp.	-	0,4	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-
Cladocera yhteensä	53,5	104,3	55,5	104,1	41,6	64,6	237,0	796,6	216,4	835,1	655,2	215,9
Copepoda (Calanoida)												
Eudiaptomus gracilis	15,3	14,1	9,0	22,5	19,8	19,2	18,3	22,1	9,9	44,2	3,1	4,8
Eudiaptomus -nauplius	13,0	9,5	5,5	22,5	7,6	20,2	12,6	30,9	8,4	38,1	7,6	5,3
Copepoda (Cyclopoida)												
Mesocyclops leucarti	19,8	30,1	37,3	56,8	56,9	17,8	51,8	86,9	42,7	100,6	2,0	1,3
Thermocyclops spp.	29,6	11,4	7,8	25,9	1,9	0,8	4,6	5,7	12,6	100,6	8,6	3,8
Cyclops sp.	1,5	0,8	-	-	0,7	0,2	-	-	0,4	3,0	-	1,0
Megacyclops sp. (?)	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6	-	0,4	-	0,8	-	-	-
Eucyclops sp.	-	0,8	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-
Microcyclops varicans	-	0,4	-	-	-	0,2	-	-	-	1,5	-	-
Cyclopoida -nauplius	32,6	117,7	15,0	91,8	8,6	52,2	41,9	245,3	36,2	193,5	57,9	3,8
Copepoda aik.+copepodiitti	66,9	58,0	54,7	105,6	79,9	38,2	75,1	115,1	66,4	249,9	13,7	10,9
Copepoda yhteensä	112,5	185,2	75,2	219,9	96,1	110,6	129,6	391,3	111,0	481,5	79,2	20,0
KAIKKI YHTEENSÄ	166,0	289,5	130,7	324,0	137,7	175,2	366,6	1187,9	327,4	1316,6	734,4	235,9



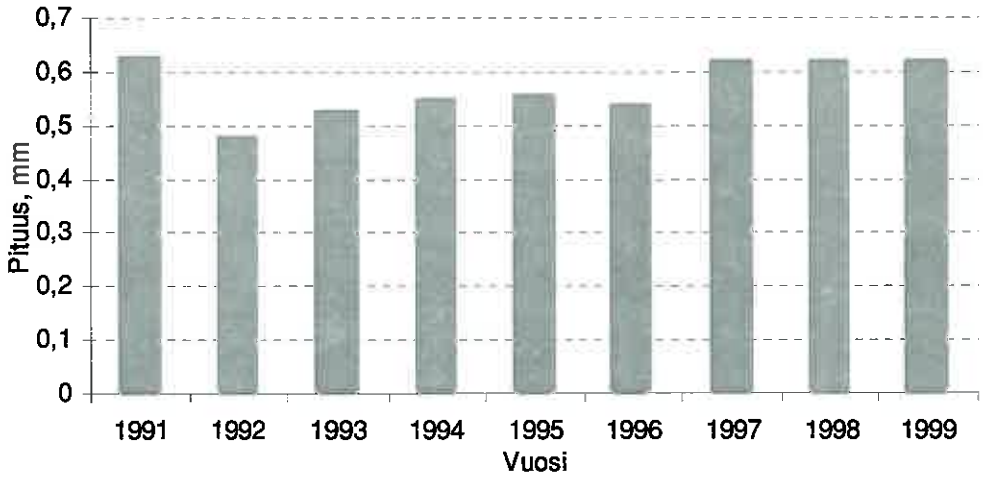
Kuva 1. Rusutjärven ja Tuusulanjärven keskimääräisiä vesikirpputiheyksiä kesä-elokuun aikana. Rusutjärven arvot vuosilta 1991-1996 on poimittu Pellikan (1997) raportista.

Daphnia vesikirppujen mediaanipituus Rusutjärvessä vuosina 1997-1999 oli 0,52-0,69 mm (kuva 2). Suurimmat yksilöt olivat 0,8-1,3 mm:n mittaisia ja pienimmät 0,37-0,42 mm. *Bosmina coregoni* –vesikirppujen keskimääräinen mediaanipituus oli kaikkina kolmena vuotena 0,62 mm. Suurin *Bosminan* keskipituus 0.63 mm oli mitattu vuonna 1991 (Pellikka 1997), minkä jälkeen se oli selvästi pienempi ja näyttää suurentuneen tasaisesti (kuva 3). Antikaisen (1989) mukaan *Bosminan* keskipituus Rusutjärvessä oli 0,41 mm vuonna 1985 ja 0,39 mm vuonna 1988.

Rataseläintaksonien määrä oli 16. Näistä kaikilla vuosien 1997-1999 näytteenottokerroilla havaittiin *Keratella cochlearis*, joka oli selkeästi Rusutjärven runsain rataseläinlaji tutkimusjakson aikana, sekä *Pompholyx sulcata* (taulukko 2). Ajoittain yleisiä olivat myös *Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina*, *Ascomorpha ovalis*, *Filinia longiseta*, *Trichocerca* spp. ja *Conochilus unicornis*.



Kuva 2. Rusutjärven *Daphnia* -vesikirppujen mediaanipituus (mm) sekä pituuden vaihteluväli näytteenottokerroittain vuosina 1997-1999. Vähintään 30 yksilöä/näyte mitattu.



Kuva 3. Rusutjärven *Bosmina coregoni* -vesikirppujen keskipituus vuosina 1991-1999. Vuosien 1991-1996 tiedot poimittu Pellikan (1997) raportista.

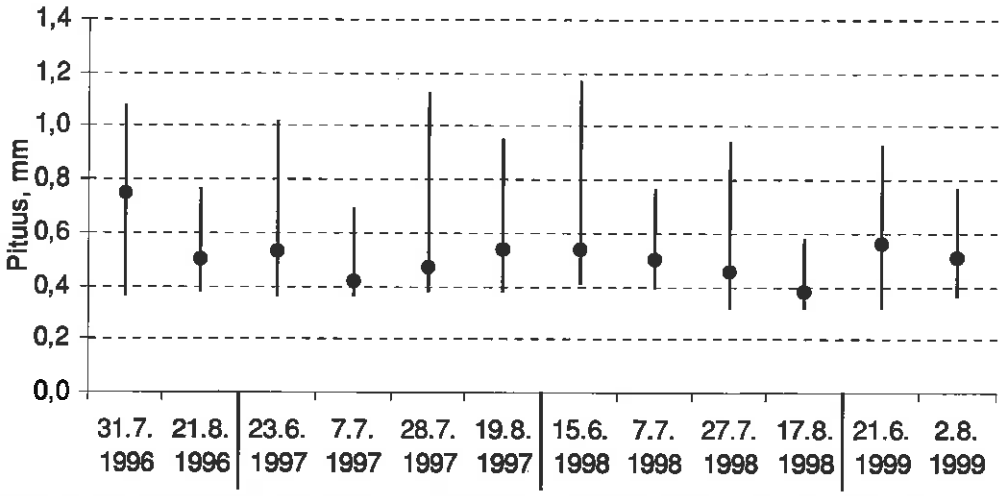
Taulukko 2. Rusutjärven rataseläimistön koostumus kesä-elokuussa 1997-1999. d = yleisenä esiintyvä laji.

	1997				1998				1999			
	17.6.	7.7.	28.7.	19.8.	15.6.	7.7.	27.7.	17.8.	21.6.	12.7.	2.8.	23.8.
Asplanchna priodonta	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
Brachionus angularis		x	x	x								x
Keratella cochlearis	d	d	d	d	d	d	d	d	x	x	d	d
Keratella quadrata	x	x			d	x	x	x	x			
Kellicottia bostoniensis										x	x	
Kellicottia longispina	d	d		x	d	x	x	x	x	x	x	
Ascomorpha ovalis			x	x				x	x	d	x	
Filinia longiseta			d	d				d			x	d
Polyarthra sp.	x							x		x	x	x
Pompholyx sulcata	x	x	x	x	x	d	d	x	x	d	x	x
Synchaeta sp.									x			x
Gastropus stylifer	x	x			x	x	x		x	x		
Testudinella sp. (?)			x									
Trichocerca capucina		x	x	x			x	x		x	x	x
Trichocerca spp.	x	x			x	x	x	x	x	d	x	x
Conochilus unicornis	d	x						x	d	x		x

6.3.2. Tuusulanjärvi

Tuusulanjärven äyriäisplanktonin keskimääräinen kokonaistiheys vuosina 1996-1999 kesä-elokuussa oli 327, 263, 276 ja 338 yksilöä litrassa hankajalkaisten naupliusvaihe mukaan luettuna. Keskitiheys oli siis samaa suuruusluokkaa koko neljän vuoden tarkkailuajan, eikä Rusutjärven kaltaista tiheyden suurenemista vuosina 1998 ja 1999 tapahtunut. Näytteenottokerroittain suurimmat äyriäistiheydet havaittiin heinäkuussa 1996 (noin 700 yks/l), heinäkuussa 1998 (n. 800 yks/l) ja heinäkuussa 1999 (n. 900 yks/l; taulukko 2). Vesikirppujen osuus Tuusulanjärven äyriäisplanktonin kokonaistiheydestä oli vuosina 1996-1999 noin 150-250 yks/l eikä siinäkään ole tapahtunut Rusutjärven kaltaista nopeaa suurenemista (kuva 1). Yksittäisistä taksoneista runsaslukuisimpia olivat *Chydorus* sp. (enimmillään lähes 800 yks/l) ja *Daphnia cucullata* – vesikirput. Runsaimmat hankajalkaisäyriäiset olivat kuten Rusutjärvessäkin *Mesocyclops leucarti* ja *Thermocyclops oithonoides*. Havaittujen äyriäistaksonien kokonaismäärä oli 17.

Daphnia vesikirppujen mediaanipituus Tuusulanjärvessä vuosina 1996-1999 oli suurimmillaan vuoden 1996 heinäkuussa 0,75 mm ja pienimmillään vuoden 1998 elokuussa 0,38 mm (kuva 4). Erityistä kehityssuuntaa ei ole havaittavissa vaan mediaanipituus vaihteli melko tasaisesti 0,4 ja 0,6 mm:n välillä. Suurimmat yksilöt eri näytteenottokerroilla olivat 0,58-1,2 mm:n mittaisia ja pienimmät 0,32-0,41 mm. Bosmina coregoni –vesikirppujen keskimääräinen mediaanipituus oli vuosina 1996-1999 0,49-0,70 mm, mutta lajin harvalukuisuuden vuoksi mitattujen yksilöiden määrä jäi liian vähäiseksi enempään tarkasteluun.



Kuva 4. Tuusulanjärven *Daphnia* -vesikirppujen mediaanipituus (mm) sekä pituuden vaihteluväli näytteenottokerroittain vuosina 1996-1999. Vähintään 30 yksilöä/näyte mitattu.

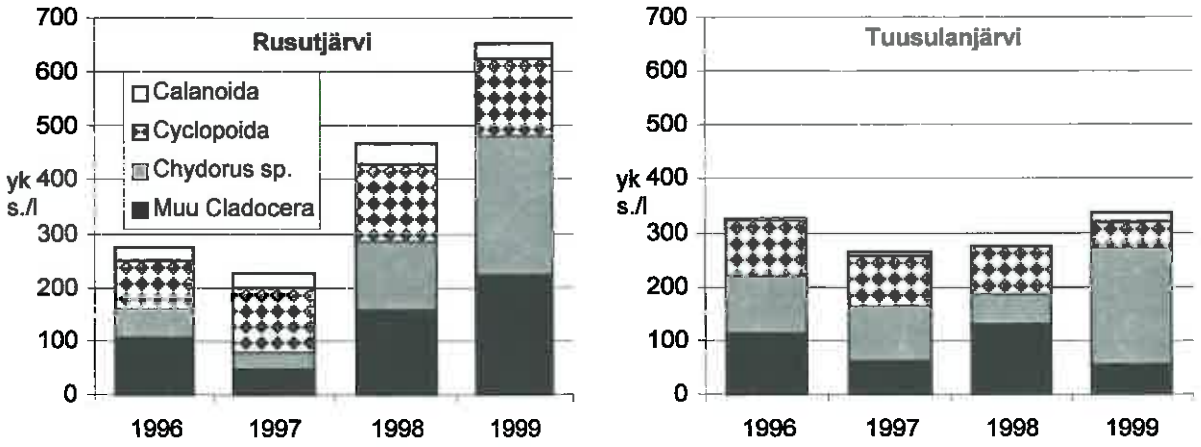
Rataseläintaksonien määrä Tuusulanjärvessä oli 16. Näistä kaikilla vuosien 1996-1999 näytteenottokerroilla havaittiin Keratella cochlearis, joka Rusutjärven tapaan oli selkeästi runsain rataseläinlaji tutkimusjakson aikana (taulukko 4). Ajoittain yleisiä lajeja olivat *Asplanchna priodonta, Keratella quadrata, Kellicottia longispina, Filinia longiseta, Pompholyx sulcata, Trichocerca capucina* ja *Trichocerca* spp..

Taulukko 4. Tuusulanjärven rataseläimistön koostumus kesä-elokuussa vuosina 1996-1999. d = yleisenä esiintyvä laji.

	1996				1997				1998				1999			
	17.6.	8.7.	31.7.	21.8.	23.6.	7.7.	28.7.	19.8.	15.6.	7.7.	27.7.	17.8.	21.6.	12.7.	2.8.	23.8.
Asplanchna priodonta					x	x				x	x	d	x	x	x	x
Brachionus angularis	x	x	x		x	x	x	x								d
Keratella cochlearis	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	x	x	x	d	d
Keratella quadrata	d	x	x	x	x				x	x	x		x			
Kellicottia bostoniensis														x	x	
Kellicottia longispina	d	x	x	x	x	x		x	d	x	x	x	x	x	x	
Ascomorpha ovalis													x	d	x	
Filinia longiseta		x	d	x	x	d	x	d				x			x	d
Lecane sp.					x											
Polyarthra sp.														x	x	x
Pompholyx sulcata		x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	d	x	x
Synchaeta sp.					x						x		x			x
Gastropus stylifer						x							x	x		
Trichocerca capucina	x		x	x	x	x	x	x			d	x		x	x	x
Trichocerca spp.	x	x	x		x	x		x		x	d	x	x	x	x	x
Conochilus unicornis					x	x							x	x		x

6.4. Johtopäätökset

Rehevöityneille järville tyypillisiä piirteitä Rusutjärven ja Tuusulanjärven eläinplanktonyhteisössä ovat mm. vesikirppujen, erityisesti *Daphnia*, pieni keskikoko, ajoittain erittäin suuret *Chydorus*-vesikirpputiheydet sekä Calanoida-hankajalkaisen pieni osuus hankajalkaisäyriäisten kokonaismäärästä (kuva 5). Vesikirppujen pieni keskikoko viittaa voimakkaaseen saalistukseen (Langeland 1982), jonka rehevöityneissä järvissä yleensä aiheuttavat pienet särkikalat. Niitä on ollut kummankin järven koekalastussaalissa runsaasti koko hoitokalastustutkimuksen ajan (ks. luku 3), mutta Tuusulanjärven *Daphnia*-vesikirppujen Rusutjärveä pienempi keskikoko viittaa siihen että Tuusulanjärvessä saattoi olla Rusutjärveäkin runsaammin särkikalaa tutkimusjakson aikana tai sitten ero voi aiheutua kuoreesta, joka puuttuu Rusutjärvestä.



Kuva 5. Äyriäisplanktonin keskimääräiset yksilötiheydet kesä-elokuussa vuosina 1996-1999. Hankajalkaiset (Calanoida ja Cyclopoida) ja vesikirput (Cladocera). Chydorus –suku on erotettu muista vesikirpuista. Vuoden 1996 Rusutjärven tiedot on poimittu Pellikan (1997) raportista.

Rusutjärven vesikirpputiheyksien suureneminen vuosina 1998 ja 1999 viittaisi niihin kohdistuvan saalistuksen pienenemiseen. Särkikalojen poistopyynnin (noin 100 kg/ha ennen kasvukautta 1999) vaikutuksen arviointi vesikirpputiheyksien muutoksiin on kuitenkin vielä ennenaikaista.

Useissa eläinplanktonnäytteissä tutkimusjakson aikana oli niin runsaasti levää että se haittasi näytteiden käsittelyä. Erityisesti vuoden 1999 elokuun näytteissä levää oli runsaasti; Tuusulanjärvessä sinilevää sekä Rusutjärven näytteissä *Ceratium*-panssarilevää ja sinilevää, mm. *Anabaena* sp.

Kirjallisuus

Antikainen, S. 1989. Rusutjärven eläinplanktontutkimus vuonna 1988. Moniste, 17 s.

Langeland, A. 1982. Interactions between zooplankton and fish in a fertilized lake. Horctic Ecology 5, s. 273-310.

Pellikka, K. 1997. Rusutjärven eläinplanktonselvitys kesiltä 1991-1996. Moniste, 15 s.

Rask, M., Horppila, J., Lehtovaara, A. & Väisänen, A. 1999. Eläinplanktontutkimukset vuonna 1997. Teoksessa: Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset, vuosiraportti 1998. Kala- ja riistaraportteja 158, s. 93-100.

Sarvala, J., Helminen, H. & Hirvonen, A. 1995. Ravintoketjukunnostuksen ekologiset perusteet. Vesitalous 3/1995, s. 1-4.

7. Kuhan poikastuotanto Tuusulanjärvessä vuosina 1996-1999

Jouni Kervinen, Erkki Fontell, Hannu Lehtonen ja Mika Vinni

Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

7.1. Johdanto

Kuha on taloudellisesti Tuusulanjärven tärkein kalalaji. Siksi lisääntymisen onnistuminen syvänteen mahdollisen saveamisen jälkeen on ollut keskeinen huoli järvellä kalastavien kanssa käydyissä keskusteluissa. Tuusulanjärvi on luonnostaan savisamea vesi, mikä ilmeisesti on pelkästään hyväksi kuhan toimeentulon kannalta, sillä kuhan tiedetään suosivan sameaa tai humuspitoista vettä (Järnefelt 1949, Deelder & Willemsen 1964, Toivonen 1966, Lehtonen ym. 1984, Hansson & Rudstam 1990). Sameissa vesissä kuhan poikaset pärjäävät ilmeisesti ravintokilpailussa ja välttävät saalistajia paremmin kuin kirkkaissa vesissä (Ali ym. 1977, Neuman ym. 1996). Kuhan ympäristövaatimukset ovat kuitenkin melko väljät, mutta sameuden ohella varsinkin riittävän lämmin vesi kesällä on sille tärkeää (Svärdson & Molin 1973, 1981, Lehtonen & Lappalainen 1995). Paras lämpötila kasvua ajatellen on aikuisille kuhille 19-24°C ja poikasille 28-30°C (Hokansson 1977).

Kuhan kutuaika on Etelä-Suomen järvissä touko-kesäkuussa. Veden lämpötilan noustua 12-14°C:een kuhat laskevat mätinsä hiekka-, savi- tai sorapohjille 1-3 metrin syvyyteen. Tuusulanjärvessä vuonna 1997 tehdyssä turokokeessa mätiä havaittiin aina 5 metrin syvyydessä asti (Fontell ym. 1997). Kudussa koiraskala kaivaa matalan kuopan, jossa on risuja tai muita vastaavia mädin takertumista helpottavia aineksia. Mätimunan halkaisija on 1,1-1,5 mm. Kilon painoisessa naaraassa niitä on 150 000-250 000 kappaletta (Erm 1981, Sonesten 1991). Erittäin takertuvia munia lasketaan 3-4 kerrokseksi "pesän" pohjalle (Virbickas ym. 1974). Kudun jälkeen naaras poistuu "pesästä" koiraan jäädessä vartioimaan mätijyviä niiden kuoriutumiseen asti. Poikaset kuoriutuvat veden lämpötilasta riippuen noin 5-9 päivän kuluttua kudusta (Virbickas ym. 1974). Suotuisin lämpötila mädin kehittymiselle on 12-20°C (Hokansson 1977, Marshall 1977).

Kuhan poikasten biologia on melko heikosti tunnettu. Tiedetään, että poikaset elävät ensimmäiset pari viikkoa kuoriutumisen jälkeen pohjan lähellä ja siirtyvät sen jälkeen pelagiaaliin (Repecka & Mileriene 1991, Thiel 1991, Winkler ym. 1994). Vastakuoriutuneen poikasen pituus on 4,1-4,8 mm (Virbickas ym. 1974, Erm 1981). 2-5 päivän iässä poikaset aloittavat ulkoisen ravinnon käytön ja ruskuaispussi on kokonaisuudessaan kulutettu 10-12 päivän kuluttua, jolloin poikasten pituus on 6,5-9 mm (Erm 1981).

Poikasten ravinto koostuu aluksi parin viikon ajan rataseläimistä, kyklooppi-hankajalkaisista sekä hankajalkaisten nauplius-toukista mutta muuttuu pelagiaaliin siirtymisen yhteydessä. Sen jälkeen ravinnon pääosan muodostavat kalanpoikaset ja *Mysis* –halkoisjalkaäyriäiset. Kaloja alkaa esiintyä ravinnossa jo 2-2,5 cm:n pituisilla poikasilla mutta ne ovat pääasiallisena ravintona vasta noin 10 cm:n pituisilla kuhilla (Sonesten 1991). Tärkeimmät ravintokohteet sisävesissä ovat kuore, ahven, särki, salakka ja muikku. Alkuvaiheiden ravinnolla on suuri merkitys vuosiluokan kokoon. Winkler

ym. (1994) ovat osoittaneet, että eläinplanktonbiomassan ja kesänvanhojen poikasten määrän välillä vallitsee voimakas riippuvuus.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuhan poikastiheyksiä Tuusulanjärvessä ja vertailujärvenä toimivassa Rusutjärvessä ennen syvänteen saveamista. Työn tilaajana oli Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä.

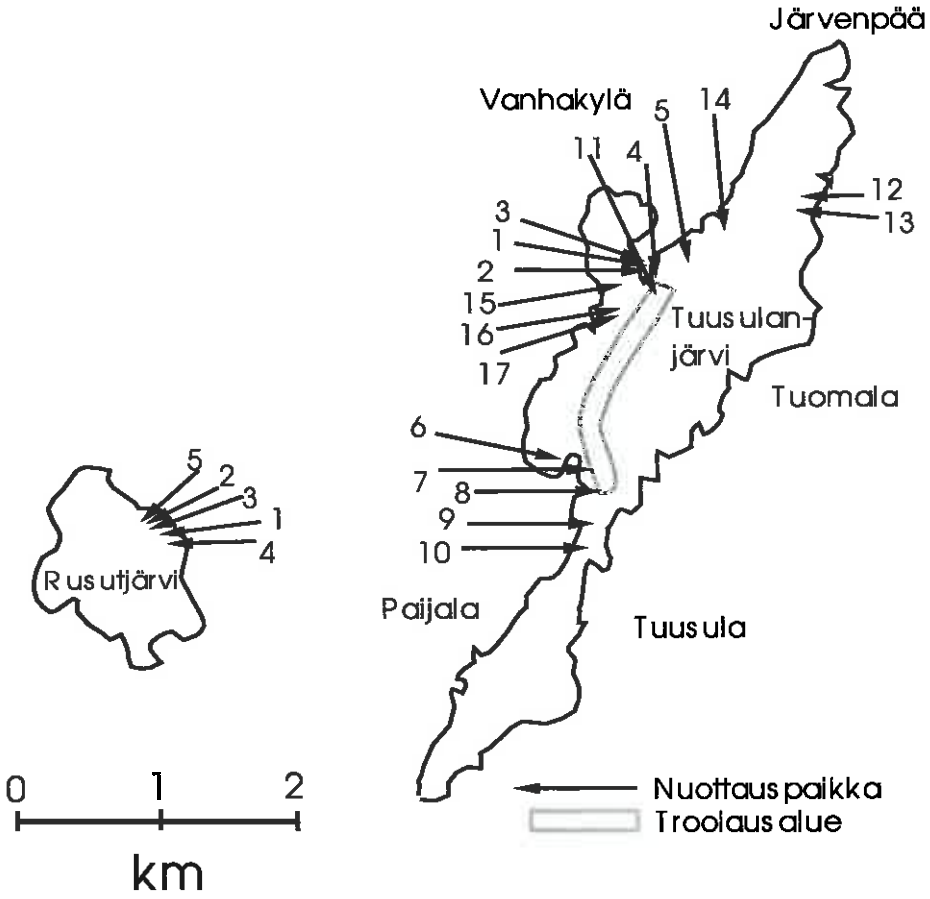
7.2. Aineistot ja menetelmät

Poikastutkimuksia suoritettiin Tuusulanjärvellä pääasiassa Paijalan ja Vanhakylän rauhoitusalueen kalastuskuntien vesillä sekä eräillä yksityisillä vesialueilla (kuvat 1 ja 2). Tutkimuksia tehtiin myös vertailualueeksi valitulla läheisellä Rusutjärvellä. Rantakasvillisuus on Rusutjärvellä selvästi voimakkaammin kehittynyttä kuin Tuusulanjärvellä.

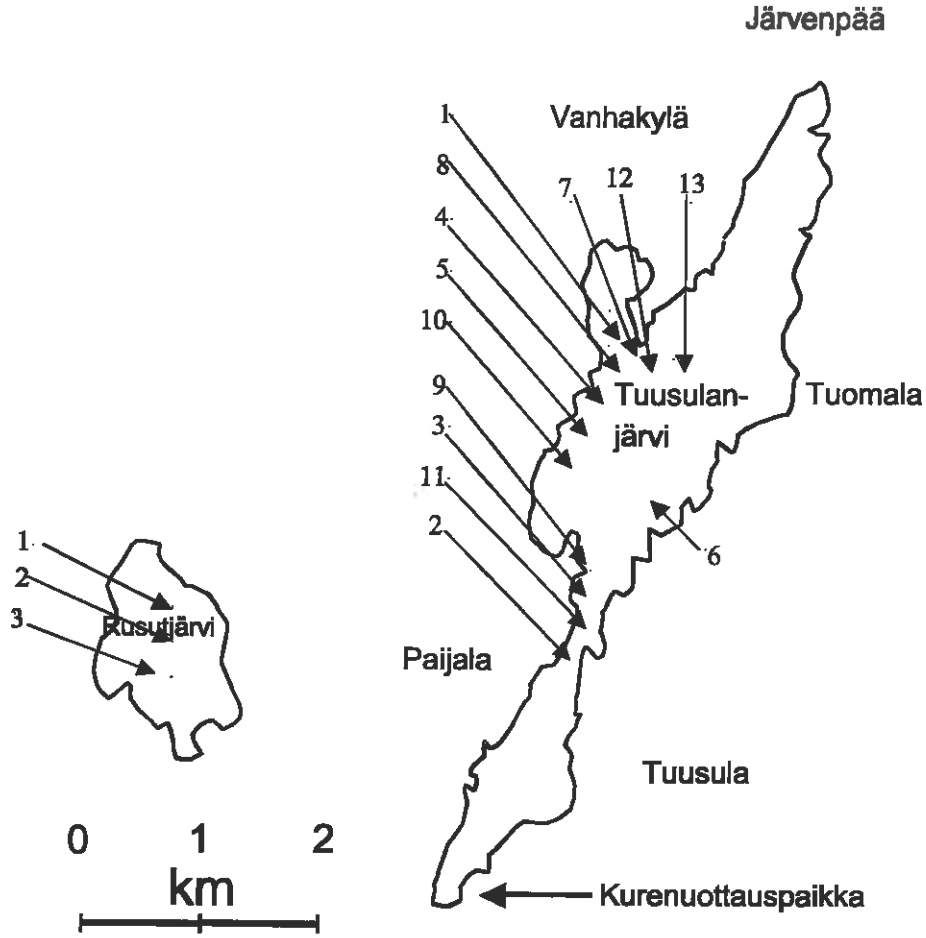
Vuonna 1996 kuhan poikasmääriä arvioitiin heinäkuun lopun ja syyskuun puolivälin välisenä aikana poikasnuotan ja poikastroolin avulla sekä lokakuussa kurenuottaamalla.

Vuoden 1997 kuhan poikastuotantoa kartoitettiin heinäkuun lopulla poikasnuottauksilla, elokuun puolenvälin ja syyskuun lopun poikastroolauksilla sekä elokuun lopun ja lokakuun alun välisenä aikana kurenuotalla.

Kuhan poikasmääriä arvioitiin vuonna 1998 syyskuun poikastroolauksilla Tuusulanjärvellä ja Rusutjärvellä sekä lokakuussa nuottausten yhteydessä tulleiden kuhan poikasten perusteella.



Kuva 1. Nuottauspaikat ja troolausalue Tuusulanjärvellä ja Rusutjärvellä vuosina 1996-1999.



Kuva 2. Kurenuottauspaikat Tuusulanjärvellä ja Rusutjärvellä vuosina 1996-1999.

Vuonna 1999 kuhanpoikasmääriä tutkittiin Tuusulanjärvellä syyskuussa poikastroolilla ja kurenuotalla, Rusutjärvellä ainoastaan kurenuotalla. Saatuja kasvu- ja tiheystietoja verrattiin aikaisempien vuosien tuloksiin.

7.2.1. Poikasnuotta

Poikasnuottaukset tehtiin pääsääntöisesti rannalta käsin päiväsaikaan (klo 9.00-18.00). Vuonna 1996 nuottauksia tehtiin heinä-elokuussa Tuusulanjärvellä viitenä ja Rusutjärvellä kolmena päivänä sekä kuoriutuneiden (0+ -ikäisten) kuhanpoikasten alueellisen ja määrällisen esiintymisen kartoittamiseksi. Vuonna 1997 nuottaukset suoritettiin heinäkuun alussa kolmena päivänä Tuusulanjärvellä ja kahtena päivänä Rusutjärvellä. Poikasnuottauksia suoritettiin aluksi useilla eri alueilla, joilla nuotanveto katsottiin ylipäätään mahdolliseksi (taulukko 1, kuva 1). Lopuksi keskityttiin niille alueille, joilta saatiin kuhan poikasia. Ulappa-alueelle nuottaukset eivät soveltuneet nuotan mataluuden takia.

Vuonna 1998 kokeilimme poikasnuottaa jälleen Rusutjärvellä. Menetelmä ei sovellu kuhan poikasten (0+) määrän arviointiin loppukesällä, jolloin poikaset ovat jo levittäytyneet pelagiaaliin. Vuonna 1998 emme saaneet ainoatakaan yksilöä.

Nuottauspaikoilta vedettiin pääsääntöisesti yksi veto paikkaa kohti. Mikäli vedoissa oli kuhanpoikasia toistettiin nuottaus myöhemmillä kerroilla uudelleen. Nuotan suuaukon korkeus on vedossa 2 m ja leveys 5-10 m vedon leveydestä riippuen sekä kokonaispituus noin 20 metriä eli nuotattu pinta-ala oli 100-200 m^2. Nuotan perän solmuväli oli 1 mm. Nuotta laskettiin veneestä vetoköysien pituuden etäisyydelle rannasta,

Taulukko 1. Tuusulanjärven kuhan poikasnuottausten paikoittaiset ja ajalliset jakautumiset sekä vetokertojen lukumäärät kesinä 1996-1997.

	Paikka													
Päivä	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Yhteensä
22.7.96	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
30.7.96	-	-	1	3	-	3	3	2	2	1	-	-	-	15
6.8.96	1	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
9.8.96	-	1	2	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	8
13.8.96	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	1	5
7.7.97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
9.7.97	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
11.7.97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13

yleensä koko pituudeltaan rannan suuntaisesti. Havainnot kullakin vedolla saadusta saaliista ja veden lämpötilasta kirjattiin muistiin. Saalis säilöttiin kentällä etanoliformaliini sekoitukseen myöhempää laboratoriossa tapahtuvaa lajinmääritystä ja mittausta varten.

7.2.2. Poikastrooli

Tuusulanjärvestä kerättiin kuhanpoikasnäytteitä pelagisen poikastroolin avulla (kuva 1). Vuonna 1996 troolauksia tehtiin kahtena päivänä elokuun lopulla ja syyskuun puolivälissä, vuonna 1997 elokuun puolenvälin paikkeilla ja vuonna 1998 syyskuun alussa. Pyynti tapahtui kahden perämoottoriveneen (moottoriteho 20 hv) avulla pinnassa vedettävällä poikastroolilla. Troolin suuaukon korkeus on vedossa 2 m, leveys 6 m ja kokonaispituus noin 20 metriä. Troolin perä oli solmuväliltään 1 mm.

Poikastiheydet arvioitiin olettaen, että kaikki poikaset troolin suuaukon korkeudelta (2 m) ja leveydeltä (6 m) koko vedon matkalta joutuvat trooliin. Edelleen oletettiin, että troolauksen aikana poikaset ovat levittäytyneet tasaisesti troolin kulkusyvyyteen. Troolin vetoaika oli pääsääntöisesti 20 minuuttia ja vetonopeus noin 5 km/h. Troolaukset suoritettiin päiväsaikana (klo 10-17) ulappavesillä veden syvyyden vaihdellessa 3-8 metrin välillä.

Troolattu vetopinta-ala arvioitiin troolausnopeuden, troolausajan ja troolin suuaukon pinta-alan perusteella. Kuhan poikastiheydet arvioitiin kappaleina vesihehtaaria kohti. Menettelytapa mahdollistaa suhteellisten poikasmäärien arvioinnin, mikäli troolaukset suoritetaan vastaavanlaisesti samoilla alueilla, samoina aikoina ja yhdenmukaisella tekniikalla tulevina vuosina. Tämän lisäksi kalojen pyydystettävyyden tulee olettaa pysyvän vakiona.

Vuosien 1996-1998 tutkimuksissa käytetyn poikastroolin rikkoonnuttua kokeilimme syyskuussa 1999 uutta samankokoisella suuaukolla ja samansuuruisella solmuvälillä varustettua poikastroolia. Kyseinen trooli oli kuitenkin aivan erilainen suuaukon alapaulan painotuksen osalta ja siitä puuttuivat kokonaan sivupotkut, jotka ohjaavat kaloja suuaukolle.

7.2.3. Kurenuotta

Vuonna 1996 Tuusulanjärvellä vedettiin kurenuottaa lokakuun lopulla kahtena päivänä yhteensä 7 kertaa (kuva 2). Käytetyn kurenuotan pituus oli noin 170 metriä, korkeus 10 metriä ja nuottausala noin 0,2 ha. Vuonna 1997 Tuusulanjärvellä vedettiin kurenuottaa elokuun lopun ja lokakuun alun välisenä aikana noin viikon jaksoissa välillä käyden Rusutjärvellä. Yhteensä kurenuottauspäiviä kertyi noin 30. Vuonna 1999 kurenuottauksia tehtiin Tuusulanjärvellä 13 kpl ja Rusutjärvellä 3 kpl. Tuusulanjärven

kurenuottauspaikoilla veden syvyys oli 4 ja 7 metrin välillä. Rusutjärvellä nuottaussyvyys oli 3 metriä. Käytetyn nuotan korkeus oli 6 metriä ja nuottapiirin pinta-ala noin 0,1 hehtaaria.

Nuotan laskussa ja nostossa käytetään yhtä venettä, josta nuotta lasketaan ajamalla ympyränmuotoinen lenkki nuotan purkautuessa veteen. Nuotan lasku aloitettiin vastatuuleen, jos mahdollista. Tällöin tuuli ei paina venettä nuotan päälle noston loppuvaiheessa eivätkä kalat karkaa apajasta

7.2.4. Heittoverkko

Kokeilumielessä myös halkaisijaltaan 2 m olevan heittoverkon soveltuvuutta kuhanpoikasmäärän arvioimiseksi testattiin Tuusulanjärvellä heinäkuussa 1997. Verkkoa heitettiin sekä rannalta että veneestä käsin. Heitettäessä verkko aukeaa ja vajoaa pohjaan vangiten vesipatsaassa olevat kalat. Narusta terävästi nykäisten kurotaan verkko pussiksi ja saadaan kalat jäämään pussiin.

7.3. Tulokset

7.3.1. Poikasnuottaukset tutkimusjärvillä

Vuonna 1996 ensimmäiset alkukesästä kuoriutuneet (0+ -ikäiset) kuhanpoikaset tavattiin nuottasaaliissa Tuusulanjärven Vanhakylän niemessä 22.7., jolloin niiden keskipituus oli 18,9 mm. Suurimmat poikastiheydet ranta-alueilla havaittiinkin kahdella ensimmäisellä nuottauskerralla, minkä jälkeen havainnot poikasista jäivät yhteen kuhan poikaseen (taulukko 2).

Taulukko 2. Kuhan poikasnuottaukset, näytemäärä, poikasten keskipituus ja veden lämpötila Tuusulanjärvessä kesinä 1996-1997.

päivä	vetojen määrä	kpl/veto	keskihajonta	keskipituus (mm)	vesi (°C)
22.7.96	5	2,6	5,3	18,9	17,5
30.7.96	15	0,7	1,8	29,8	20
6.8.96	6	-	-	-	20
9.8.96	8	-	-	-	21
13.8.96	5	0,2	0,4	55	24
7.7.97	13	-	-	-	22
9.7.97	14	0,2	0,4	34,2	21,5
11.7.97	13	-	-	-	23

Vuonna 1997 ensimmäiset (3 kpl) 0+-ikäiset kuhan poikaset tavattiin nuottasaaliissa 9.7. (keskipituus 34,2 mm). Yrityksistä huolimatta emme saaneet enempää kuhanpoikasia poikasnuotalla ja lopetimme nuottaukset.

Keskimääräiset nuottasaaliit laskettiin pyyntiponnistusta kohti (yksilöä/ veto).

Vertailujärvenä toimivalla Rusutjärvellä vuonna 1996 suoritettiin poikasnuottauksia kolme kertaa heikolla menestyksellä. Kokonaissaaliiksi tuli ainoastaan neljä saman kesän poikasta. Vuonna 1997 emme saaneet yhtään saman kesän poikasta (taulukko 3).

Taulukko 3. Kuhan poikasnuottaukset, näytemäärä ja poikasten keskipituus Rusutjärvessä kesinä 1996-1997.

	vetojen määrä	kpl/veto	keskihajonta	keskipituus
30.7.96	3	1	1,7	30,3
6.8.96	3	0,3	0,6	35
13.8.96	4	-	-	-
15.8.97	7	-	-	-
17.8.97	5	-	-	-

7.3.2. Koekalastukset poikastroolilla

Vuonna 1996 kuhan poikaspyynti poikastroolilla suoritettiin 23 elokuuta ja 12 syyskuuta (taulukko 4). Ensimmäisellä troolauskerralla saaliiksi kertyi 30 kuhaa niiden kokonaispituuksien vaihdellessa 41- 61 mm välillä (kuva 3). Toisella kerralla saalis oli 6 kuhaa pituuksien ollessa 51-74 mm. Keskimääräiset troolisaaliit laskettiin pyyntiponnistusta kohti (yksilöä/veto).

Taulukko 4. Kuhan poikastiheydet (kpl/ha) Tuusulanjärvessä 23.8 ja 12.9.1996 poikastroolauksen perusteella.

23.8.1996	Veto	Aika (min)	kuhia kpl/ha
	1	20	2
	2	10	2
	3	20	21
	4	20	0
	5	20	6
		Keskiarvo	6,2
12.9.1996	Veto	Aika (min)	kuhia kpl/ha
	1	20	0
	2	20	1
	3	20	0
	4	20	0
	5	20	0
	6	20	5
		Keskiarvo	1

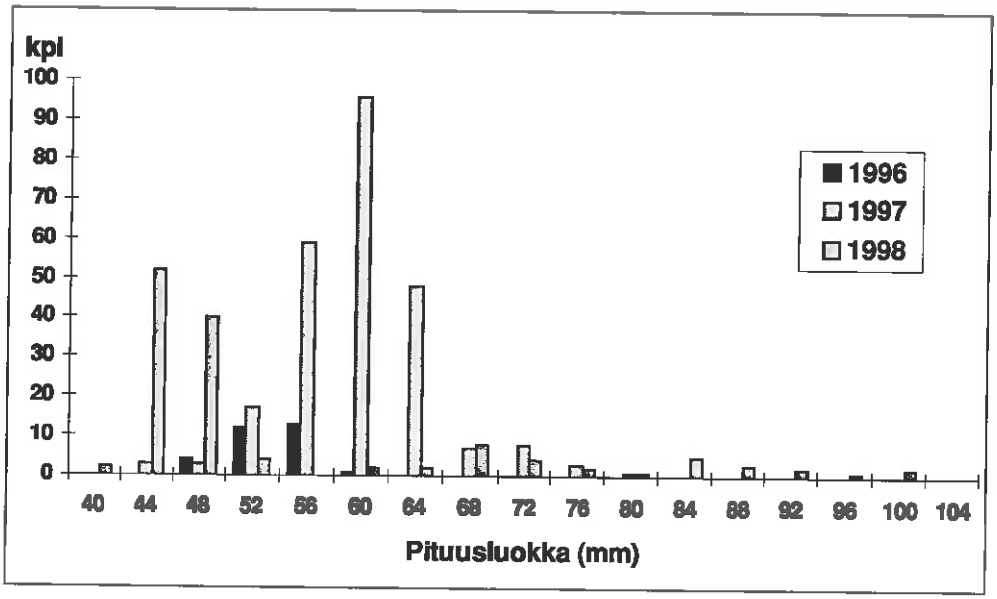
Suhteuttamalla poikasmäärä troolattuun vetopinta-alaan saatiin poikastiheydet kappaleina vesihehtaaria kohti (taulukko 4). Yksi 20 minuutin veto vastasi yhtä vesihehtaaria.

Vuonna 1997 kuhan poikastroolaukset suoritettiin Tuusulanjärvellä 13 elokuuta. Saaliiksi kertyi 1403 kuhan poikasta, jolloin tiheydeksi saatiin 280 kpl/ha (taulukko 5) kokonaispituuksien ollessa 44 mm - 80 mm välillä (kuva 3).

Vuonna 1998 kuhan poikastroolaukset suoritettiin Tuusulanjärvellä syyskuun alussa. Saaliiksi kertyi 130 kuhan poikasta, jolloin tiheydeksi saatiin 26 kpl/ha (taulukko 1) kokonaispituuksien ollessa 42 -103 mm (kuva 3). Vuosina 1996-98 kuhien poikastiheydet vaihtelivat 3 kappaleesta 280 kappaleeseen hehtaarille. Vastaavasti keskipituudet vaihtelivat 55,2 millistä 70,6 milliin (taulukko 5). Rusutjärvellä poikastroolilla emme saaneet saalista , koska järvi oli liian matala kyseiselle troolille.

Taulukko 5. Kuhan poikastroolaukset, yksikkösaalis sekä poikasten keskipituus Tuusulanjärvessä kesinä 1996-1998.

vuosi	vetojen määrä	kpl/ha	keskipituus (mm)
1996	11	3	58,2
1997	5	280	70,6
1998	5	26	55,2



Kuva 3. Troolauksissa Tuusulanjärvestä saaliiksi saatujen kuhanpoikasten pituusjakaumat elokuussa vuosina 1996-98.

Vuonna 1999 poikastroolausten neljästä 20 minuutin mittaisesta ja yhden kilometrin pituisesta vedosta syyskuussa emme saaneet ainoatakaan kuhanpoikasta ja muitakin, lähinnä särkikaloja vain muutaman. Tutkimusvuonna käytetty poikastrooli ei näyttänyt soveltuvan kuhanpoikasmäärien arviointiin Tuusulanjärvellä, koska suuaukon alapaulan vääränlaisesta painotuksesta johtuen troolin suuaukko ei auennut kunnolla.

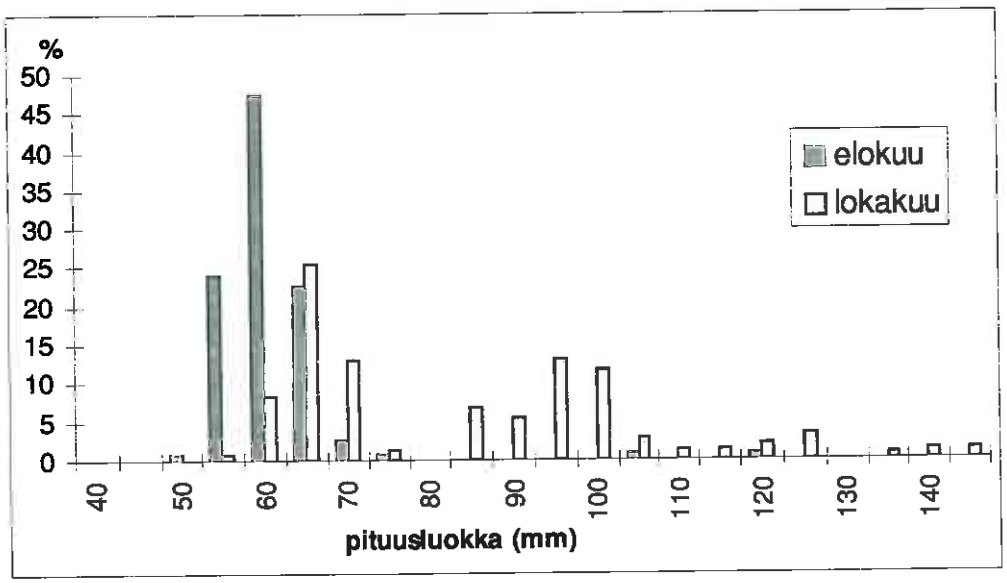
7.3.3. Kurenuottaus

Koekalastus kurenuotalla suoritettiin 24-25 lokakuuta 1996. Huolimatta seitsemästä nuottauksesta ainoastaan viisi 0+ ikäistä kuhaa saatiin saaliiksi. Kuhien keskipituus oli noin 60 mm.

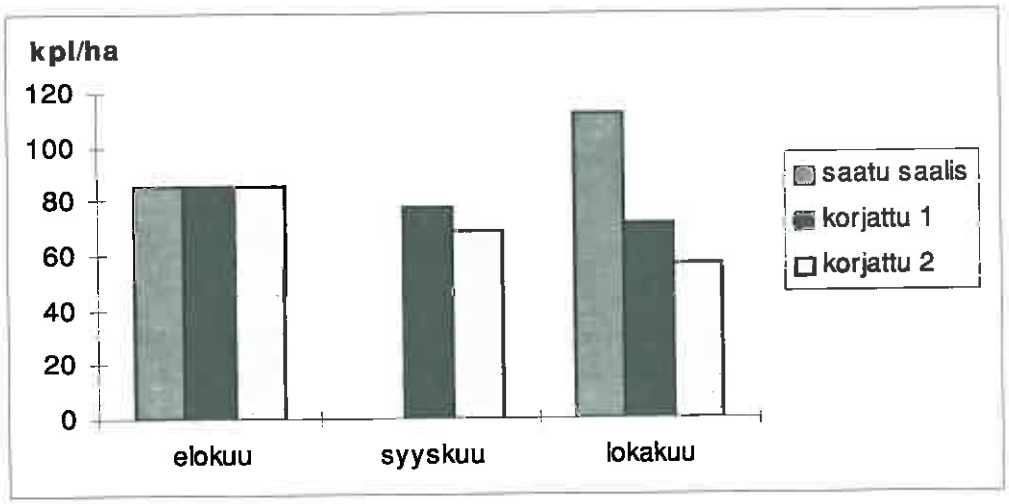
Vuonna 1997 kurenuottaukset suoritettiin elokuun lopun ja lokakuun alun välisenä aikana. Syyskuussa istutettiin Rusutjärveen noin 4 500 kesänvanhaa kuhanpoikasta. Istukkaiden osuuden selville saamiseksi saaliissa Rusutjärvellä oletimme hetkellisen luonnollisen kuolevuuden samaksi kuin Tuusulanjärvellä syys-lokakuussa (taulukko 6) (kuvassa 5, korjaus 1). Korjaus 2 tehtiin pituusjakauman perusteella olettaen Rusutjärven kuhista alle 85 mm pituisten poikasten olleen järven omaa poikastuotantoa ja sitä suurempien olleen peräisin syyskuun istutuksista (kuvat 4 ja 5).

Taulukko 6. Luontaisesti Rusutjärvellä lisääntyneiden kuhanpoikasten määrät olettaen hetkellinen luonnollinen kuolevuus samaksi kuin Tuusulanjärvellä (M=hetkellinen luonnollinen kuolevuus kuukaudessa).

	Tuusulanjärvi havaittu (kpl/ha)	M	Rusutjärvi havaittu (kpl/ha)	M	Rusutjärvi korjattu (kpl/ha)
elokuu	845	0,09	85	0,09	85
syyskuu	770	0,08	-	0,08	77,8
lokakuu	711	-	112	-	72



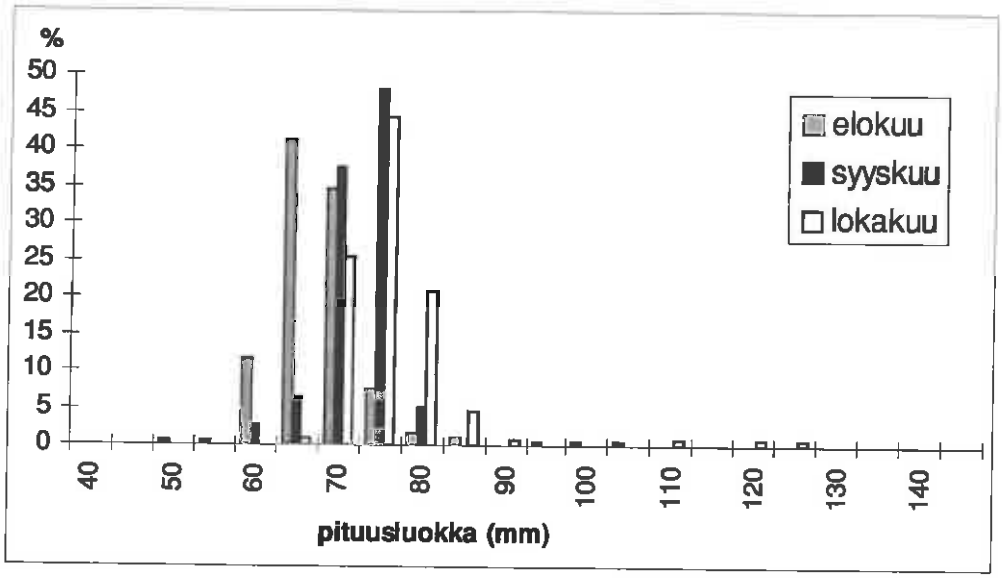
Kuva 4. Rusutjärven kuhanpoikasten pituusjakaumat elo- ja lokakuussa vuonna 1997.



Kuva 5. Rusutjärven kurenuottasaalis sekä korjatut saaliit vuonna 1997 (istukkaiden osuus määritetty kahdella eri tavalla).

Tuusulanjärven kuhanpoikaset olivat noin 10-15 % pidempiä kuin Rusutjärven (kuvat 3 ja 5 sekä taulukko 7). Saaliista poistettiin pituusjakauman perusteella syyskuussa istutetut poikaset.

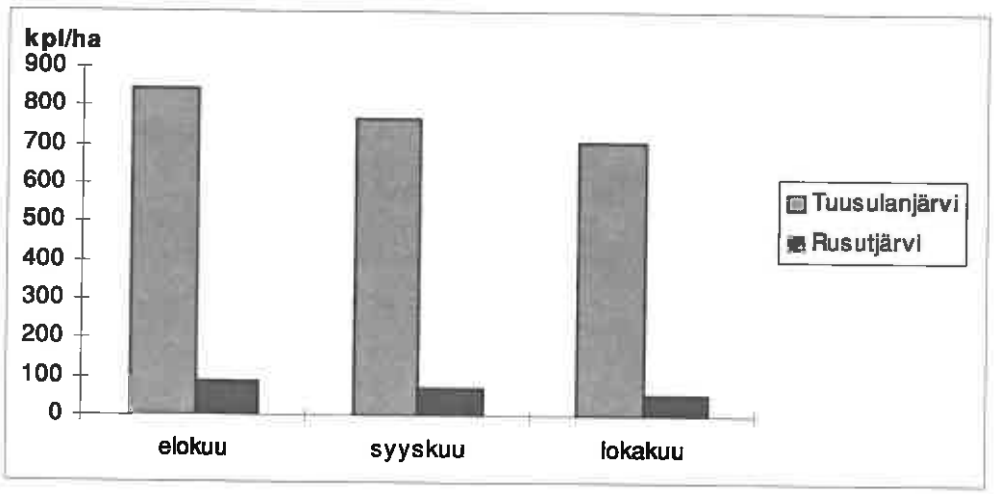
Tuusulanjärven kuhanpoikasmäärät olivat noin kymmenkertaiset Rusutjärven poikasmääriin verrattuna (taulukko 8 ja kuva 6).



Kuva 6. Tuusulanjärven kuhanpoikasten pituusjakaumat elo-lokakuussa 1997.

Taulukko 7. Tuusulanjärven ja Rusutjärven kuhanpoikasten keskipituudet sekä korjatut keskipituudet (istutetut kuhanpoikaset poistettu) vuonna 1997.

	Tuusulanjärvi keskipituus (mm)	Rusutjärvi keskipituus (mm)	Rusutjärvi (korjattu) keskipituus (mm)
elokuu	65,8	59,4	59,4
syyskuu	70,6	-	-
lokakuu	74,7	81,9	63,2



Kuva 7. Tuusulan- ja Rusutjärven kuhan poikastuotanto vuonna 1997.

Taulukko 8. Syksyn 1997 kurenuottaustulokset Tuusulanjärvellä, Rusutjärvellä sekä Rusutjärven korjatut tulokset. Saaliista poistettu kahdella eri tavalla arvioitujen istutettujen poikasten osuudet kokonaismäärästä.

	Tuusulanjärvi	Rusutjärvi		
	havaittu (kpl/ha)	havaittu (kpl/ha)	korjattu 1 (kpl/ha)	korjattu 2 (kpl/ha)
elokuu	845	85	85	85
syyskuu	770	-	78	69
lokakuu	711	112	72	56

Vuonna 1999 kurenuottaukset suoritettiin 4-11 syyskuuta veden ollessa noin 17 asteista kuvan 2 mukaisilla paikoilla. Tuusulanjärven 13:lla kurenuottauksella saatiin yhteensä 2212 kesänvanhaa kuhanpoikasta (Rusutjärvellä kolmella vedolla yhteensä 10 poikasta). Tuusulanjärven saaduista kuhanpoikasista noin puolet tuli saaliksi yhdellä ainoalla nuottauksella ja "nollavetoja" tuli yksi kappale (taulukko 9).

Taulukko 9. Kurenuottausten vetokohtaiset saaliit (kpl/0,1 ha) sekä kuhanpoikasten yhteispaino (g) Tuusulanjärvellä syyskuussa 1999. Vedoista 1, 2 ja 10 puuttuivat kuhanpoikasten painotiedot. Nuottauspaikat ovat kuvan 2 mukaiset.

kurenuottauspaikka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
kpl/0,1 ha	7	5	227	4	96	5	6	182	0	1	12	354	1313
yhteispaino g			362	6	164	8	10	290			18	608	2184

Kuhanpoikaset mitattiin millimetrin tarkkuudella. Tuusulanjärven kuhanpoikasten keskipituus oli syyskuussa 64 mm ja moodipituus 63 mm, vastaavat pituudet Rusutjärvellä olivat 85 mm ja 84 mm (taulukot 2 ja 3). Tuusulanjärven kuhanpoikasten keskimääräinen paino oli 1,7 g.

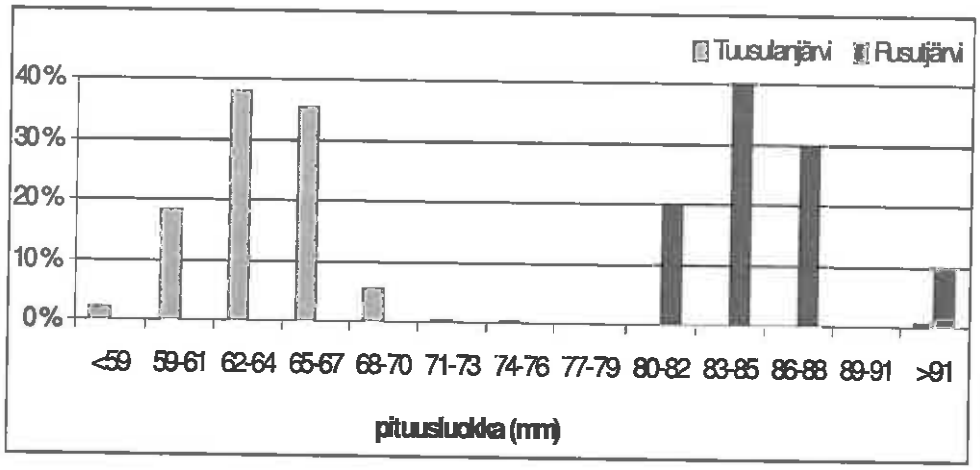
Taulukko 10. Tuusulanjärven ja Rusutjärven kuhanpoikasten pituudet ja tiheydet sekä järvien välinen kuhanpoikasten tiheysindeksi vuosina 1997-1999 syys-lokakuun nuottausten perusteella. Vuonna 1997 ja 1999 käytettiin kurenuottaa ja vuonna 1998 tavanomaista nuottaa.

	Rusutjärvi		Tuusulanjärvi		Järvien välinen	Pyydys
	keskipituus (mm)	kpl/ha	keskipituus (mm)	kpl/ha	indeksi	
1997	63,2	56	74,7	711	12,7	kurenuotta
1998	67,0	5	79,8	51	10,9	nuotta
1999	85,3	33	64,0	1701	51,5	kurenuotta

Taulukko 11. Tuusulanjärven ja Rusutjärven kurenuottausten lukumäärät ja kuhanpoikasten pituuksien keskiarvot ja –hajonnat sekä saaliiden keskiarvot nuottausta kohden keskihajontoineen vuosina 1997 ja 1999.

	aika	nuottauslkm.	pituus ka. mm	s.d.	lukumäärä ka./0,1 ha	s.d.
Tuusulanjärvi	08.97	15	65,8	6,2	88,5	58,4
Rusutjärvi	08.97	13	59,4	8,1	8,5	-
Tuusulanjärvi	09.97	1	70,6	4,0	77,0	-
Tuusulanjärvi	10.97	10	74,7	8,0	63,4	113,8
Rusutjärvi	10.97	13	63,2	4,6	7,2	-
Tuusulanjärvi	09.99	13	64,0	4,4	170,2	361,4
Rusutjärvi	09.99	3	85,3	3,7	3,3	2,5

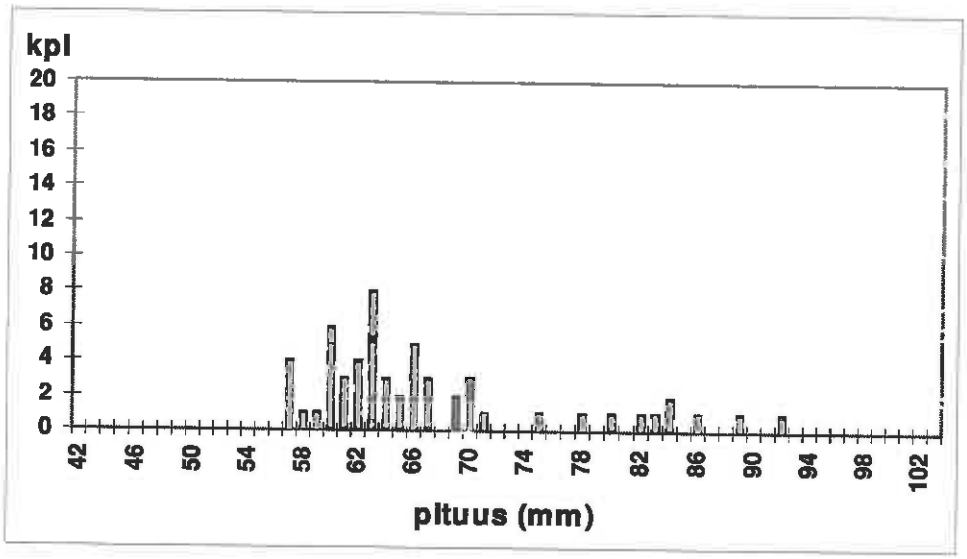
Kuhanpoikasten yleisin kokoluokka syyskuussa Tuusulanjärvellä oli 62-64 mm, johon mahtui 39% kaikista mitatuista 346:sta kuhanpoikasesta. Rusutjärven kaikki kymmenen poikasta mitattiin ja yleisin kokoluokka oli 83-85 mm (40%) (kuva 8).



Kuva 8. Kuhanpoikasten prosentuaaliset pituusjakaumat kokoluokittain mitatuista 346:sta Tuusulanjärven ja 10:stä Rusutjärven poikasesta syyskuussa 1999.

7.3.4. Nuottaus

Nuottaukset suoritettiin Rusutjärvellä vuonna 1998 lokakuun puolessa välissä veden lämpötilan ollessa 6,5 °C ja Tuusulanjärvellä marraskuun alussa (5 °C). Rusutjärvellä nuottapiiri oli 6 ha ja poikastiheys määritettiin kahden nuotanvedon perusteella. Tuusulanjärven nuottapiiri oli 2 ha ja poikastiheys laskettiin kolmen nuotanvedon perusteella. Keskipituus oli Rusutjärvellä 67,0 mm ja poikastiheys 5 kpl/ha (vuonna 1997 63,2mm ja 56 kpl/ha) ja vastaavasti Tuusulanjärvellä 79,8 mm ja poikastiheys 51 kpl/ha (vuonna 1997 74,7 mm ja 711 kpl/ha) (taulukko 10). Pituusjakauma on kaksihuippuinen (kuva 9).



Kuva 9. Rusutjärven kuhanpoikasten pituusjakauma lokakuussa 1998.

7.4. Tulosten tarkastelu

Vuonna 1996 myöhäisen kevääntulon seurauksena kuhan kutu oli muutaman viikon myöhässä normaaliin ajankohtaan verrattuna. Nuottausten perusteella parhaat kuhanpoikasten esiintymisalueet olivat tutkimusalueella Vanhakylän rauhoitusalueen kalastuskunnan vesialueella. Tuusulanjärvestä ei kuhanpoikasia (0+ -ikäiset) saatu rantanuottauksissa muulloin kuin kahtena heinäkuun lopun nuottauspäivänä. Tuusulanjärven nuottasaaliit vaihtelivat suuresti pyyntialueittain. Yksikkösaaliit liikkuivat 0 -12 kuhanpoikasen välillä (0+ -kuhia/veto). Suuret erot heinäkuussa ja elokuussa tapahtuneiden nuottausten välillä selittyvät sillä, että poikaset ovat siirtyneet tietyn koon saavutettuaan syvempään veteen tai että poikasten kuolevuus oli korkea.

Verrattaessa nuottausalueita keskenään, Vanhakylän vesialueen matalat ranta-alueet mahdollistivat tehokkaamman pyynnin esim. Paijalan syvempiin kalliorantoihin verrattuna. Nuotan kulkiessa varmasti pohjassa ei näin ollen 0+ -poikasten karkaaminen ollut todennäköistä.

Rusutjärveltä saatiin kymmenellä nuotanvedolla vain neljä 0+ -kuhanpoikasta saaliiksi. Koska nuotta pyysi tehokkaasti muita kalalajeja, olisi saaliiksi pitänyt tulla myös 0+ -kuhanpoikasia, mikäli alueella olisi niitä ollut.

Poikasnuottausten kuhanpoikassaaliit vuonna 1997 jäivät selvästi pienemmiksi kuin vuonna 1996. Ajankohta, jolloin poikaset ovat litoraalissa ja täten poikasnuotalla kalastettavissa, oli poikkeuksellisen lyhyt lämpimän alkukesän johdosta. Poikaset olivat siirtyneet valtaosin pelagiaaliin noin kolmea viikkoa aiemmin kuin kesällä 1996. Vuonna 1998 emme suorittaneet poikasnuottauksia koska sen pyydystävyys kyseisillä järvillä on varsin heikko. Niin ollen poikasnuottaus ei anna oikeaa kuvaa kuhanpoikasten todellisesta määrästä.

Poikastroolausten perusteella Tuusulanjärven kuhanpoikasmäärät vuonna 1998 olivat alle sadasosa vuoden 1997 arvoista, mutta lähes kymmenkertaiset vuoteen 1996 verrattuna. Kevään säistä johtuen kuhan kutu tapahtui kahdessa osassa, ensimmäinen toukokuun lopulla, toinen juhannuksen aikoihin (tiedusteltu kalastajilta). Tämä tulee selvästi esille kaksihuippuisesta pituusjakaumasta (kuva 3). Koska pituuksien hajonta oli vuonna 1998 eri kuturyhmistä johtuen poikkeuksellisen suuri, oli keskipituuden tarkastelu vaikeaa. Koleahkosta kesästä johtuen kuhan kasvu oli selvästi hitaampaa kuin vuonna 1997. Jälkimmäisen kuturyhmän kuolevuus lienee ollut suuri talvella 1998-1999. Vuosiluokasta tulee todennäköisesti selvästi huonompi kuin vuoden 1997, mutta parempi kuin vuoden 1996 vuosiluokasta. Poikasten määrään on todettu syksyllä vaikuttavan suuresti kesän lämpötilan; mitä lämpimämpi kesä sitä runsaammin kesänvanhoja poikasia (mm. Hokanson 1977, Colby & Lehtonen 1994, Lappalainen ym. 1995). Rusutjärven troolauksessa ei kuhia saatu ja tiheysarviot perustuvatkin vain nuottauksiin. Mahdollisesti kuhanpoikaset pystyvät väistämään troolin, joka järven mataluuden takia "kynti" ja pöllytti pohjaa.

Vuoden 1999 kurenuottausten perusteella Tuusulanjärven kuhanpoikasmäärät olivat lähes kolminkertaiset lämpöiseen kesään 1997 verrattuna ja yli 30-kertaiset edelliseen kesään verrattuna. Rusutjärvellä kuhanpoikasmäärät olivat noin kuusinkertaiset kesään 1998 nähden, mutta jäivät selvästi vuoden 1997 arvoista. Poikasten pituudet olivat sekä Tuusulanjärvellä että Rusutjärvellä lähes normaalijakautuneita, joten ilmeisesti kevään kutuajan sääolosuhteet olivat koko kutuajan kuhalle suotuisat ja kutu näyttää tapahtuneen esim. vuodesta 1998 poiketen yhdessä jaksossa.

Poikasten pituuksissa oli selvä ero aikaisempiin vuosiin nähden vertailujärvien välillä. Esimerkiksi syksyinä 1998 ja 1997 olivat kuhanpoikaset Tuusulanjärvessä lähes 20% Rusutjärven poikasia pidempiä, mutta nyt olivat Rusutjärven poikaset noin 30% pidempiä kuin Tuusulanjärvessä. Mitä ilmeisimmin Tuusulanjärven kesän 1999 runsas poikastuotanto on aiheuttanut jo kuluneen kesän aikana tiheydestä riippuvaa lajinsisäistä ravintokilpailua, mikä on hidastanut poikasten kasvua.

Vuoden 1997 lokakuun kurenuottauksissa Rusutjärvellä havaittiin luonnonpoikasia ja istutettuja olevan yhtä paljon. Istutetut poikaset erotettiin luonnonpoikasista kasvatuksen aiheuttamista evävaurioista sekä pituudesta, joka oli selvästi kaksihuippuinen syyskuun istutusten jälkeen. Verrattaessa Tuusulanjärven ja Rusutjärven kuhanpoikastiheyksien muutosta elo-lokakuun välisenä aikana, on Rusutjärven luonnonpoikasten hetkellinen luonnollinen kuolevuus ollut kaksinkertainen. Lisäksi istutetut poikaset ovat yli 60 % pidempiä kuin luonnonpoikaset. Istutetut poikaset ovat suurempina parempia kilpailijoita ravinnosta, mikä lisää entisestään luonnonpoikasten kuolevuutta.

Kuhanpoikasten tulisi olla noin 60-70 mm kasvukauden loputtua selviytyäkseen tulevasta talvesta (Lehtonen ym. 1992). Vuonna 1997 Tuusulanjärven kuhista lähes 90 % oli tätä pidempiä. Rusutjärvellä vain 13 % luonnonpoikasista ylitti tämän rajan.

Kurenuotan sivusaaliista silmämääräisesti havaittu ja kuhanpoikasten pääravintona yleisesti pidetty nollavuotiaiden kuoreiden oleellinen vähentyminen edellisvuosista Tuusulanjärvellä on osaltaan vaikuttanut kuhien hidastuneeseen kasvuun Tuusulanjärvellä. Tutkimatta jäi kuitenkin primäärisyy samanvuotisten kuoreiden vähäisiin määriin. Mahdollisesti kuoreen poikastuotanto on jäänyt syystä tai toisesta edellisvuosia alhaisemmalle tasolle. Myös sivusaaliista havaittu ja haastatteluillakin todettu ahvenpopulaation kasvu ja 2 -vuotiaiden kuhien runsaus Tuusulanjärvellä on voinut pienentää kuhanpoikasten ravintona pidetyn kuoreen eloonjäämismahdollisuuksia. Jos näin on, saattaa ahvenen priorisoimien ravintokohteiden väheneminen vahvistaa predaatiota myös nollikkaita kuhia kohtaan.

Rusutjärvellä Tuusulanjärven jälkeen suoritettu kurenuottaus antoi odotusarvoon nähden pienehkön kuhanpoikassaaliin. Aikaisempiin tutkimuskesiin verrattuna poikaset olivat poikkeuksellisen hyvin kasvaneita ja selvinnevät tulevasta talvesta ainakin kokonsa puolesta. Kuhan poikastuotanto on todennäköisesti ollut Tuusulanjärveä pienempi, mutta vähäisempi ravintokilpailu on edesauttanut kuhien kasvua, mikä taas tullee kompensoimaan eroa lähitulevaisuudessa vuosiluokan 1999 vahvuuksissa vertailujärvien välillä.

Järvien välinen kuhanpoikastiheysindeksi ylsi tutkimusvuosien 1996-1999 aikana ensimmäistä kertaa yli 50:een. Rusutjärvellä kutu ei ollut onnistunut niin hyvin kuin Tuusulanjärvellä tai Rusutjärven poikastuotantopotentiaali oli pienempi. Voi myös olla, että Rusutjärven poikaskuolleisuus on suurempi kuin Tuusulanjärvellä kuhan poikasten elämän alkutaipaleella.

Nuottausten perusteella vuonna 1998 Tuusulanjärven poikastiheys oli lokakuussa noin kymmenkertainen Rusutjärveen verrattuna (vuoden 1997 indeksi oli 12,7). Lokakuun nuottauksissa Rusutjärvellä havaittiin ainoastaan luonnonpoikasia. Istutettujen poikasten keskipituus oli syyskuussa 88 mm, joten lokakuussa niiden pitäisi olla hieman pidempiä. Myöskään istutetuille poikasille tyypillisiä evävaurioita ei ollut havaittavissa saaduissa poikasissa. Kaksihuippuinen pituusjakauma on samankaltainen kuin Tuusulanjärvellä. Istutetut poikaset olivat nuottaushetkellä jossain muualla omana parvenaan. Luonnonpoikasista osa ei kasvane riittävän suureksi selvitäkseen talvesta.

7.5. Johtopäätökset

Kesinä 1996-1999 suoritettu kuhanpoikasten pyynti osoitti, että osa menetelmistä on tarkoitukseen sopivia. Vastaisuudessa luovumme poikasnuottauksista sekä heittoverkon käytöstä kuhan poikastutkimuksessa.

Vuonna 1997 kurenuotalla saadut poikastiheydet olivat noin kolminkertaiset verrattuna poikastroolin vastaaviin arvoihin. Erot selittyvät pyydysten korkeuserosta. Kurenuotan pyyntikorkeus on 6 metriä, kun poikastroolin suuaukko oli kahden metrin korkuinen. Kuhanpoikaset olivat siten jakautuneet vertikaalisesti tasaisesti koko vesipatsaaseen.

Pyydetyt kuhamäärät vuonna 1997 olivat suuria vuoteen 1996 verrattuna. Kumulatiivinen koekalastettu pinta-ala vastaa noin 1,5 % koko Tuusulanjärven alasta. Koska luonnollinen kuolevuus hävittää suurimman osan kuhanpoikasista ennen niiden rekrytoitumista kalastuksen piiriin, ei kuhakanta vaarannu koekalastusten seurauksena.

Luonnollinen kuolevuus elo-lokakuussa vuonna 1997 oli Rusutjärvellä kaksinkertainen Tuusulanjärveen verrattuna. Siksi kuhanpoikasten suhteellinen osuus muuttuu vertailujärvillä ajan funktiona kalenterivuoden aikana. Poikasten määrään on todettu syksyllä vaikuttavan suuresti kesän lämpötilan; mitä lämpimämpi kesä sitä runsaammin kesänvanhoja poikasia (mm. Hokanson 1977, Colby & Lehtonen 1994, Lappalainen ym. 1995).

Kurenuottausten sivusaaliista tehtyjen havaintojen, koekalastusten (ks. luku 3) sekä haastattelujen (kalastajat Tuusulanjärvellä) perusteella Tuusulanjärven kalastossa on tapahtunut muutoksia ainakin kuoreen ja ahvenen osalta. Tällöin myös kuhanpoikastiheystutkimusten tulosten tarkkuuden painoarvo kasvaa. Siten kuhanpoikastuotannossa mahdollisesti tapahtuvat satunnaisvaihteluiden ulkopuolelle jäävät muutokset havaittaisiin ajoissa. Koska kuhanpoikaset eivät ole edes syksyllä pelagiaalissa tasaisesti jakautuneita, tulisi jatkossa nuottauskertojen tai troolausvetojen lukumäärää ainakin kaksinkertaistaa tiheysarvion luotettavuuden lisäämiseksi. Näin kalastetun alueen kattavuus koko Tuusulanjärveen nähden kasvaa ja samalla oletettavasti myös keskihajonta pienenee ja tulosten luotettavuus siten kasvaa.

Vertailu eri vuosien välillä tulisi tehdä siten, että poikasaineisto kerätään samana suhteellisen lyhyenä ajankohtana samoilta alueilta, jolloin kalojen koko ja liikkumisaktiivisuus sekä pyydystettävyys olisivat mahdollisimman samankaltaisia (Thoresson 1993).

Uusimalla nuottauksia ja troolauksia samoilla alueilla useita kertoja päästään luotettavimpiin tuloksiin ja arvioihin poikasmääristä. Mikäli poikastiheydet lasketaan pinta-alaan suhteutettuna, niiden vertailu on mahdollista laajemminkin saman järven ja muiden vesialueiden välillä.

Kirjallisuus

Ali, M. A. & Ryder, R. A. 1977: Photoreceptors and visual pigments as related to behavioral responses and preferred habitats of perches (Perca spp.) and pikeperches (Stizostedion spp.). J. Fish. Res. Board Can. 34:1475-1480.

Colby, P. & Lehtonen, H. 1994: Suggested causes for the collapse of zander, Stizostedion lucioperca (L.), populations in northern and central Finland through comparisons with North American walleye Stizostedion vitreum (Mitchill). Aqua Fennica 24(1): 9-20.

Deelder, C., & Willemsen, J. 1964. Synopsis of biological data on pike-perch, Lucioperca lucioperca (Linnaeus) 1758. FAO Fisheries Synopsis 28: 1-58.

Erm, V. 1981: Koha. Tallinn Valgus. 127 p.

Fontell, E., Kervinen, J. & Lehtonen, H. 1997. Kuhan kutupaikat Tuusulanjärvessä vuonna 1997. Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. Moniste 7 s.

Hansson, S. & Rudstam, L. 1990: Eutrophication and the Baltic fish communities. Ambio 19:123-125.

Hokanson, K. E. F. 1977: Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. J.Fish.Res. Board Ca. 34: 1524-1550.

Järnefelt, H. 1949: Die Fische und die Gewässertypen. Verh. Internat. Ver. Limnol. 10: 215-231.

Lappalainen, J., Erm, V. & Lehtonen, H. 1995. Pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) catch in relation to juvenile density and water temperature in Pärnu Bay, Estonia. Fisheries Management and Ecology 2(2):113-120.

Lehtonen, H. & Lappalainen, J. 1995: The effects of climate on the year-class variations of certain freshwater fish species. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 121: 37-44.

Lehtonen, H., Lappalainen J., Forsman L., Soivio A ., Urho L., Vuorinen P.J. & Tigerstedt C. 1992: Ilmaston muutoksen vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Kirjallisuusselvitys. RKTL, Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 47, 1-119.

Lehtonen,H., Miina,T. & Frisk,T.1984. Natural occurrence of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) and success of introductions in relation to water quality and lake area in Finland. Aqua Fennica 14(2):189-196.

Marshall, T. R. 1977: Morphological, physiological, and ethological differences between walleye Stizostedion vitreum vitreum and pikeperch S. lucioperca. J. Fish. Res. Board Can. 34: 1515-1523.

Neuman, E., Roseman, E. & Lehtonen, H. 1996. Determination of year-class strength in percid fishes. Ann. Zool. Fennici 33:315-318.

Repecka, R. & Mileriene, E. 1991: Species composition and abundance in shore-zone fish communities of the Kurshiu bay during 1985-1989. Ecology 5: 65-80.Vilnius.

Sonesten, L. 1991: Gösens biologi en litteratussammanställning. Inf. Sötvattenslab. Drottningholm Nr. 1/1991, 89 pp.

Svärdson, G. & Molin, G.. 1973: The impact of climate on Scandinavian populations of the sander, Stizostedion lucioperca (L.). Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 53: 112-139.

Svärdson, G. & Molin, G.. 1981: The impact of eutropohication and climate on a warmwater fish community. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 59: 142-151.

Thiel, R. 1991: Stoff- und Energieunsatz der Jung- und Kleinfische in Boddengewässern der südlichen Ostsee. Arbeiten Deutscher Fischereiverband 52:45-56.

Thoresson, G. 1993: Guidelines for coastal monitoring, Fishery biology. Fiskeriverket Kustlaboratoriet, kustrapport 1993:1, 35 pp.

Toivonen, J. 1966: Kuha rehevöityvissä järvissämme. Limnologisymposion 1965:-62-67.

Virbickas, J., Gerulaitis, A., Misiúniené, D. & Sineviciené, D. 1974: Biology and fishery of the pike-perch in the water bodies of Lithuania. State Publ. House "Mintis". Vilnius 1974. 276 pp.

Winkler, H. M., Debus, L. R., Thiel, R. & Franek, D. 1994: Variability of young and small sized fish community in a southern Baltic estuary from 1983 to 1992. Proc. VIII Congress of SEI, Oviedo Spain. 26. Sept. to 2. Oct. 1994.

8. Rusutjärven ja Tuusulanjärven kalojen kasvu

Martti Rask[1], Sami Vesala[1], Kari Nyberg[2] ja Jukka Ruuhijärvi[1]

[1]Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema, 16970 Evo
[2]Helsingin yliopisto, Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, PL 27, 00014 Helsinki

8.1. Johdanto

Kalojen kasvunopeus vaihtelee suuresti käytössä olevien ravintovarojen mukaan. Rehevissä järvissä särkikalojen tiheydet ovat yleensä suuria, eläinplankton ja pohjaeläin -ravinnosta on kova kilpailu ja kalojen kasvu hidasta. Reheviin olosuhteisiin sopeutuneille petokaloille esim. kuhalle, on sen sijaan runsaasti ravintoa tarjolla. Toisaalta petokalojenkin on planktonsyöntivaiheen poikasina selvittävä mahdollisesta ravintopulasta ennen kalaravintoon siirtymistään.

Vuonna 1997 tutkittiin Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymän ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen välisen sopimuksen mukaisesti ahvenen, kuhan, kiisken, lahnan ja särjen kasvua Tuusulanjärvessä (Rask ym. 1997). Vastaavanlaiseen sopimukseen perustuen tutkittiin vuonna 1999 Rusutjärven ahvenen, kuhan ja särjen kasvua. Tässä raportissa esitetään kummankin tutkimuksen keskeiset tulokset, joita voidaan soveltuvin osin käyttää vertailuaineistona myöhemmin, kun pohditaan ravintoketjukunnostuksen vaikutuksia.

8.2. Aineisto ja menetelmät

8.2.1. Näytteet

Rusutjärven ahvenen, kuhan, särjen ja lahnan sekä Tuusulanjärven ahvenen, kuhan, kiisken, särjen sekä lahnan ikä- ja kasvututkimuksia varten oli sovittu otettavaksi joka lajin osalta noin sadan kalan näyte. Näytteiksi valittiin eri kokoisia kaloja, jotta ne olisivat kattaneet kaikki ikä- ja kokoluokat. Näin toimien näytekalojen ikä- ja kokojakauma ei vastaa kalakantojen koostumusta järvessä, mutta antaa toisaalta kuvan kalojen kasvunopeudesta vanhemmalla iällä. Näytteet otettiin Tuusulanjärvestä elokuun 1996 verkkokoekalastuksen saaliista (suurin osa kuhista ja kiiskistä, osa ahvenista) sekä toukokuun 1997 koenuottauksista (osa ahvenista, särjet ja lahnat). Rusutjärvestä näytteet otettiin kesän 1999 koekalastussaaliista.

8.2.2. Näytteiden käsittely

Näytekaloista mitattiin niiden kokonaispituus leuankärjestä yhteen puristetun pyrstön kärkeen saakka (RT-mitta; rostrum totale) millimetrin tarkkuudella sekä paino gramman tarkkuudella. Mittausten jälkeen näytekaloista otettiin luu- ja suomunäytteitä niiden ikä- ja kasvumäärityksiä varten. Suomunäytteet otettiin kuhista, särjistä ja lahnoista. Ahvenista otettiin toinen päällimmäinen kiduskannen luu (operculum). Lah-

noilta sekä särjiltä otettiin suomujen lisäksi hartian lukkoluut (cleithrum) ja ahvenilta, kuhilta sekä kiiskiltä kuuloluut (otoliitit), koska niistä vanhojen yksilöiden iät voidaan määrittää luotettavammin kuin pelkästään suomuista. Luunäytteet keitettiin, pestiin, kuivattiin ja laitettiin numeroituihin näytepusseihin jatkokäsittelyä varten.

8.2.3. Ikämääritykset näytekaloista

Kuhien ja särkien suomunäytteistä prässättiin jäljenteet läpinäkyville 1 mm:n paksuisille polykarbonaattilevyn paloille (noin 5 suomua/näytekala), joita tarkasteltiin mikrofilmin suurentavalla lukulaitteella. Koska osa lahnoista ja särjistä oli hyvin vanhoja ja niiden ikiä oli mahdoton määrittää suomujäljenteistä, iät määritettiin cleithrumeista, joita valaistiin ylä-sivusuunnasta kahdesta suunnasta kylmävalolaitteella ja niitä tarkasteltiin stereomikroskoopilla (suurennos 4,8 *). Ahvenen operculumeita (suurennos 4,8 *) ja otoliitteja (suurennos 16 *) tutkittiin samalla tavalla.

8.2.4. Kasvun määritykset

Ahvennäytteiden kasvuvyöhykkeet mitattiin stereomikroskoopin okulaarin mitta-asteikon avulla operculumeista ja takautuvasti määritetyt vuosittaiset kasvut laskettiin Monastyrskyn kasvuyhtälöllä (Bagenal & Tesch 1978; kaava 1). Ahvenen pituuden ja operculumin säteen allometrisen kasvun korjauskertoimena käytettiin Raitaniemi ym. (1988) määrittämää arvoa b = 0,88. Myös lahnojen cleithrumien kasvuvyöhykkeet mitattiin stereomikroskoopin okulaarin mitta-asteikon avulla ja takautuvasti määritetyt vuosittaiset kasvut laskettiin Monastyrskyn menetelmällä. Lahnan pituuden ja cleithrumin säteen allometrisen kasvun korjauskertoimena käytettiin Lahden Vesijärven Enonselän lahnoille määritettyä arvoa b = 0,86 (Nyberg 1991). Kuhien ja särkien vuosittaiset kasvuvyöhykkeet mitattiin takautuvaa kasvunmääritystä varten läpinäkyvän muoviviivaimen millimetriasteikolla suoraan suomujäljenteistä mikrofilmin lukulaitteen näytöltä. Takautuvat kasvut laskettiin Fraser-Leen menetelmällä (Bagenal & Tesch 1978; kaava 2). Kuhan suomun muodostumisen alkupituutena käytettiin arvoa c = 4,4 cm (Ruuhijärvi ym. 1996) ja särjellä arvoa 1,9 cm (Horppila ym. 1997). Kiiskien takautuvia kasvuja ei mitattu otoliiteista. Sen sijaan niiden kasvu esitetään havaittuina ikäryhmäkohtaisina keskipituuksina (cm) ja -painoina (g).

$$L_n = L * (S_n / S)^b \qquad (1)$$

$$L_n = (S_n / S) * (L - c) + c \qquad (2)$$

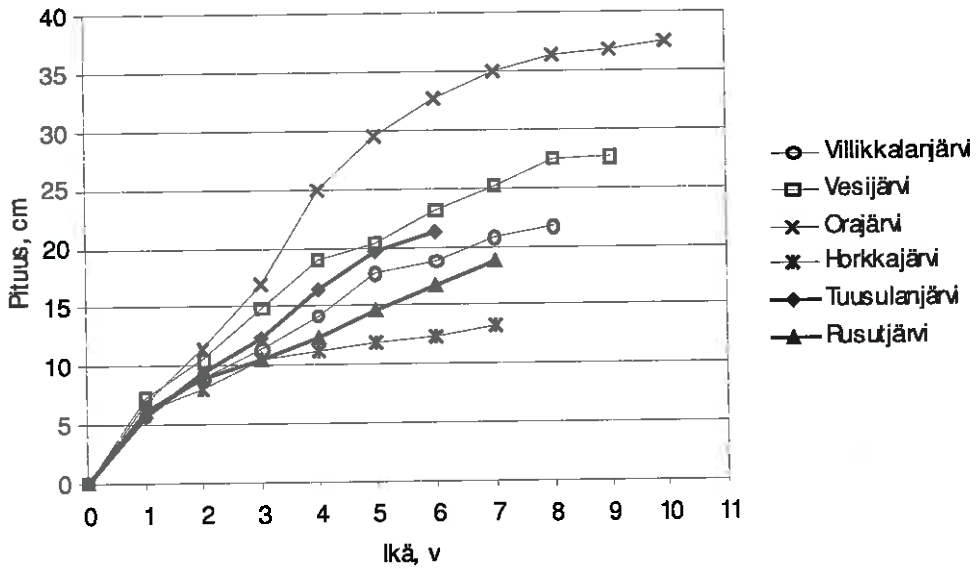
joissa:

L_n = kalan takautuvasti laskettu pituus vuonna n (cm)
L = kalan mitattu kokonaispituus (cm).
S_n = suomusta tai luusta mitattu säde vuonna n (mm).
S = suomun tai luun mitattu kokonaissäde (mm).
b = kalan pituuden ja luun säteen allometrisen kasvun lajikohtainen korjauskerroin.
c = kalan lajikohtainen ensimmäisten suomujen muodostumispituus (cm).

8.3. Tulokset ja niiden tarkastelu

8.3.1. Ahven

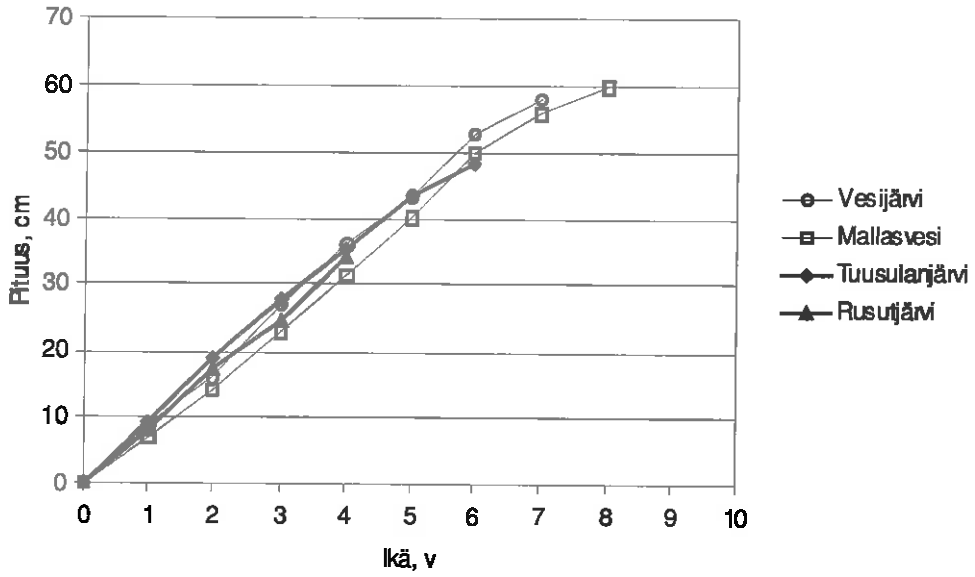
Ahvenen kasvu Tuusulanjärvessä on nopeampaa kuin Rusutjärvessä (kuva 1). Ero on selvä kolmannesta elinvuodesta alkaen, mutta vanhempien kalojen pieni lukumäärä kummankin järven näytteissä edellyttää varovaisuutta johtopäätösten tekemisessä. Tuusulanjärven ahvenen kasvu sopii hyvin Kolin (1990) esittämiin lukuihin ahvenen keskimääräisestä kasvunopeudesta: 11-13 cm 3-vuotiaana ja 19-21 cm 7-vuotiaana. Verrattuna muiden rehevien järvien kuten Villikkalanjärven (Peltonen ym. 1996) tai Vesijärven (Horppila ym. 1997) ahventen kasvuun suurtakaan eroa ei ole havaittavissa. Rusutjärven ahvenen kasvu sen sijaan vaikuttaa selvästi edellä mainittuja järviä hitaammalta. Kuvassa 1 on annettu esimerkin vuoksi myös erittäin hyvä ja erittäin huono ahvenen kasvu. Ensin mainittu on Orajärvestä, jossa happamoituminen haittasi ahvenen lisääntymistä 1980-luvulla ja syntyneille niukoille vuosiluokille riitti poikkeuksellisen hyvin ravintoa (Nyberg ym. 1995). Kitukasvuesimerkki puolestaan on humuksisesta pikkujärvestä, jossa ahven on ainoa kalalaji ja ahvenkanta erittäin tiheä, mistä seuraa kova lajinsisäinen ravintokilpailu ja hyvin hidas kasvu (Rask 1983). Rehevöityneissä järvissä kumpikaan ääritilanne ei juuri näytä tulevan kysymykseen, joskin Rusutjärven ahvenen hidas kasvu viittaa Tuusulanjärveä huonompaan ravintotilanteeseen, jonka taustalla saattaisi olla lajin sisäinen tai lajien välinen ravintokilpailu. Onnistunut ravintoketjukunnostus yhdistettynä sopivaan kalastuksen säätelyyn saattaisi kummassakin järvessä edistää ahventen muuttumista petokaloiksi aikaisempaa suuremmassa määrin, mistä tuloksena voisi olla ahvenkannan vahvistuminen ja nimenomaan isojen ahventen määrän suureneminen.



Kuva 1. Tuusulanjärven ja Rusutjärven ahvenen kasvu verrattuna muihin järviin.

8.3.2. Kuha

Kuhakin kasvaa Tuusulanjärvessä paremmin kuin Rusutjärvessä. (kuva 2). Erot eivät ole suuria, mutta kuhavuosiluokkien 1996 ja 1998 kasvua Rusutjärvessä voidaan pitää heikkona. Yhtenä syynä kasvueroihin saattaa olla kuoreen puuttuminen Rusutjärvestä. Kolin (1990) mukaan viisivuotiaiden kuhien pituus on parhaimmillaan lähes 40 cm, joka Tuusulanjärvessä näyttää ylittyvän selvästi (43,5 cm) ja Rusutjärvessäkin mah-

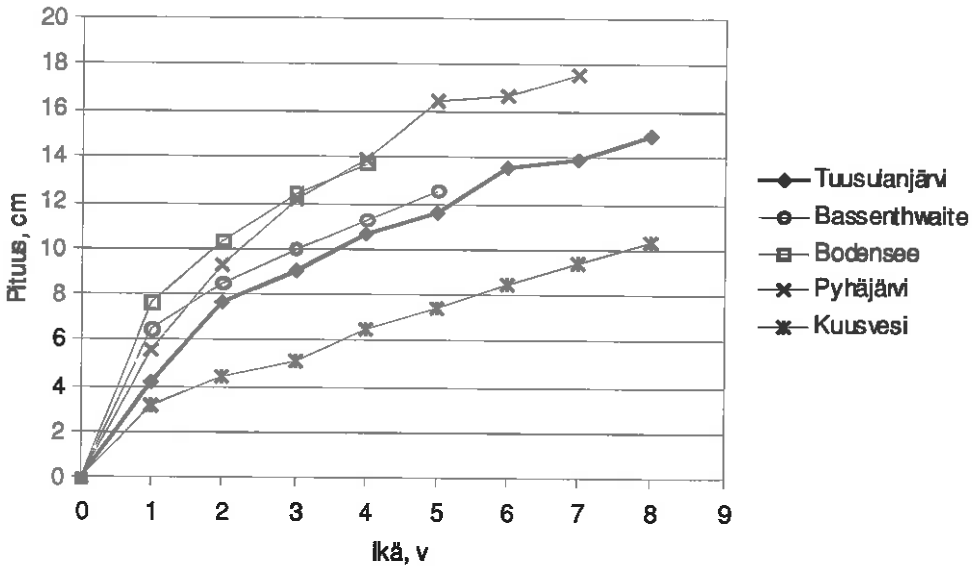


Kuva 2. Tuusulanjärven ja Rusutjärven kuhan kasvu verrattuna muihin järviin.

dollisesti. Tuusulanjärven kuhan kasvu ylittää useimmat havainnot Suomen rannikkovesistä (Lehtonen ym 1996). Sen sijaan Uudenmaan ja Hämeen sisävesistä havaituista parhaista kuhan kasvuista, esimerkiksi Vanajavedestä (Ruuhijärvi ym. 1996), Tuusulanjärven kuhan kasvu jää jonkin verran jälkeen ja Rusutjärven vielä enemmän. Vertailun vuoksi kuvassa 2 on annettu kuhan kasvutiedot myös Vesijärvessä (Horppila 1997) ja Mallasvedessä (Toivonen 1970).

8.3.3. Kiiski

Kiisken kasvu Tuusulanjärvessä on melko hyvä (kuva 3). Viisivuotiaiden keskipituus oli 11,6 cm kun se Kolin (1990) mukaan on Suomen järvissä yleensä 10 cm. Kiisken kasvua ei ole tutkittu kovin monessa paikassa. Jonkinlaisia äärilaitoja saattavat edustaa Kuusvesi Keski-Suomessa (Eloranta ja Eloranta 1978) sekä Säkylän Pyhäjärvi (Sarvala ym. 1994), jossa kiisken kasvu on samaa luokkaa kuin Bodenseessa Keski-Euroopassa (Rösch ja Schmid 1996) ja Bassenthwaite-järvessä Isossa Britanniassa

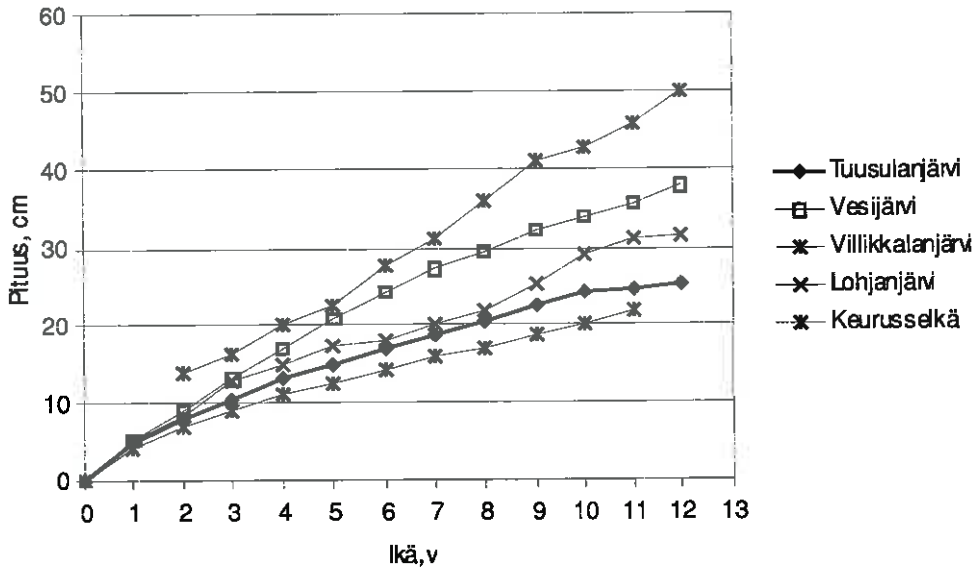


Kuva 3. Tuusulanjärven kiisken kasvu verrattuna muihin järviin.

(Winfield ym. 1996), joihin kiiski on levittäytynyt viime vuosina. Tuusulanjärven koekalastussaaliissa oli kesällä 1996 sangen lukuisasti ja kesällä 1998 jonkin verran isoja (> 15 cm) kiiskiä, jotka puuttuivat tyystin Rusutjärven vuosien 1997 ja 1998 saaliista (ks. luku 3). Vaikutelmaksi jäi, että olosuhteet kiiskelle ovat Tuusulanjärvessä nykyisin sangen suotuisat. Verkkokoekalastusten pituusjakaumista (ks. luku 3) voi varovaisesti päätellä, että kiiski kasvaa Tuusulanjärvessä nopeammin kuin Rusutjärvessä.

8.3.4. Lahna

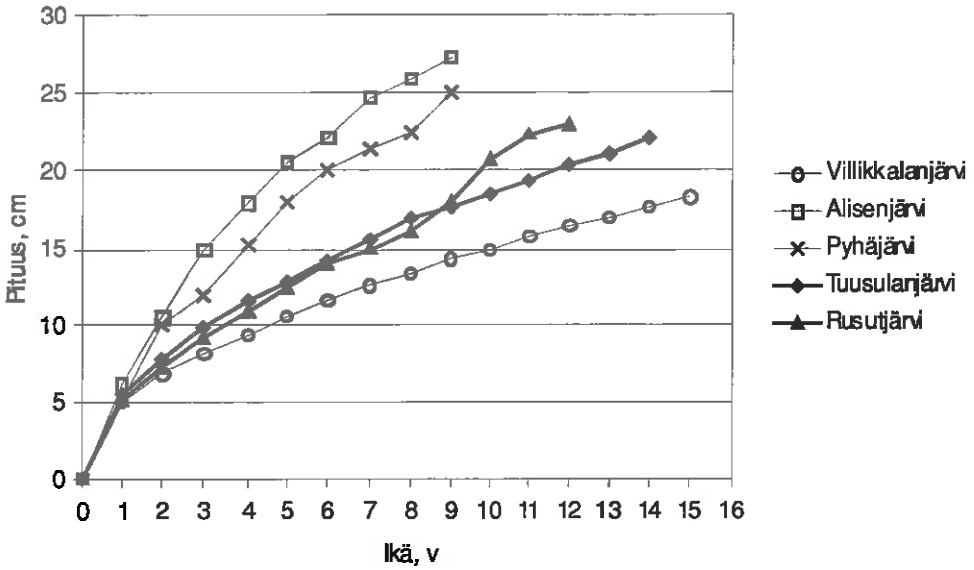
Tuusulanjärven lahnat kasvavat huonosti (kuva 4). Näytteiksi saaduissa kaloissa oli vain joitakin yli 30 cm:n mittaisia tai yli puolen kilon painoisia. Silti joukossa oli todellisia vanhuksia: parisenkymmentä yli 15 vuoden ikäistä ja vanhimmat jopa yli 20 vuotta. Kahdenkymmenen vuoden ikä ja alle puolen kilon paino osoittaa perin huonoa kasvua kun normaalioloissa lahnan pitäisi tavoittaa kilon paino 7-9 vuodessa ja hitaanpuoleisesti kasvavienkin 13-15 vuodessa (Koli 1990). Vertailujärvistä vielä Tuusulanjärveäkin huonompi lahnan kasvu on mitattu Villikkalanjärvestä (Peltonen ym. 1996) kun taas Keurusselän lahna (Salminen 1983) on esimerkki hyväkasvuisesta kannasta. Lahnan kasvun huonontumista voidaan pitää rehevöityville järville tyypillisenä ilmiönä, jonka taustalla on tehokkaasti lisääntyvien lajien ylitiheiden kantojen sisäinen ja välinen ravintokilpailu.



Kuva 4. Tuusulanjärven lahnan kasvu verrattuna muihin järviin.

8.3.5. Särki

Särki kasvaa yhtä hitaasti sekä Rusutjärvessä että Tuusulanjärvessä (kuva 5). Ilmeisenä syynä hitaaseen kasvuun on kannan tiheys ja siitä johtuva ravintokilpailu. Kolin (1990) mukaan hidaskasvuisissa kannoissa viisivuotiaiden särkien keskipituus on 12-13 cm ja nopeakasvuisissa 20-21 cm. Tässä tutkitussa Tuusulanjärven särkinäytteessä viisivuotiaiden kalojen keskipituudeksi saatiin 12,8 cm ja 20 cm:n pituuden saavuttamiseen kuluisi 12 vuotta. Rusutjärven särjillä viisivuotiaiden keskipituus oli 12,2 cm. Kasvukäyrän (kuva 5) mutka paremman kasvun suuntaan kymmenestä ikävuodesta eteenpäin lienee lähinnä näytekalojen pienestä määrästä johtuva sattuma. Vertailujärvistä särjenkin kohdalla huonoin kasvu on havaittu Villikkalanjärvessä, jossa 20 cm:n keskipituus ei ylittynyt 15 ikävuoteen mennessä (Peltonen ym. 1996). Esimerkkejä



Kuva 5. Tuusulanjärven ja Rusutjärven särjen kasvu verrattuna muihin järviin.

hyvästä särjen kasvusta ovat Säkylän Pyhäjärvi (Sarvala ym. 1994) sekä eräät happamoituneet järvet, joissa särkikannan harveneminen lisääntymishäiriöiden vuoksi vähensi ravintokilpailua ja mahdollisti kasvun nopeutumisen (Rask 1992, Rask ym. 1995). Mainittakoon, että Tuusulanjärvestä on julkaistu tietoja hitaasta särjen kasvusta ja Pyhäjärvestä vastaavasti nopeasta jo kuluvan vuosisadan alussa (Järnefelt 1921).

8.4. Johtopäätökset

Tämän kasvututkimuksen tulokset tukevat hoitokalastusprojektin verkkokoekalastuksissa vuosina 1996-1999 tehtyjä havaintoja siitä että kalayhteisön rakenne Rusutjärvessä ja Tuusulanjärvessä on voimakkaasti vinoutunut hitaasti kasvavien särkikalojen suuntaan. Ahvenkalojen kasvunopeudet ovat kohtalaisia, mutta särjen ja lahnan kasvu on huonoa ja selvästi alle lajeille tyypillisen keskimääräisen kasvunopeuden. Tässä työssä mitatut huonot särkikalojen kasvut yhdessä näiden kalojen koekalastuksissa havaitun runsauden kanssa viittaavat selkeästi ylitiheisiin kantoihin ja särkikalojen huomattavaan merkitykseen Tuusulanjärven ravinnekierrossa ja sisäisessä kuormituksessa. Särkikalojen poistopyynnin (ks. luku 2) vaikutusta kalojen kasvunopeuksiin on vielä liian aikaista arvioida.

Ahvenkalojen parempi kasvu Tuusulanjärvessä Rusutjärveen verrattuna johtuu todennäköisesti usean tekijän yhteisvaikutuksesta. Esimerkiksi Tuusulanjärven suurempi koko ja syvyys tekevät siitä Rusutjärveä monimuotoisimman elinympäristön, jolloin eri kalalajit pystyvät ainakin jossain määrin välttämään haitallisia vuorovaikutuksia, mm. ravintokilpailua. Kuore tarjoaa Tuusulanjärvessä kuhalle ravintovaran, joka puuttuu Rusutjärvestä. Tuusulanjärven ravinnepitoisuudet, erityisesti fosfaattifosfori, ja klorofyllipitoisuudet ovat suurempia kuin Rusutjärvessä (Olin & Ruuhijärvi 1999), mikä viittaa ekosysteemin suurempaan biologiseen tuotantokykyyn Tuusulanjärvessä.

Kirjallisuus

Bagenal, T.B. & Tesch F.W. 1978: Age and growth. Teoksessa: Bagenal, T. (ed.): Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell, Oxford, p. 101-136.

Eloranta, P. & Eloranta, A. 1978. Tutkimus kalaston rakenteesta ja kalojen kasvusta Kuusvedessä, Ahvenisessa ja Leivonvedessä (Laukaa). Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 10, s. 1-46.

Horppila, J., Malinen, T., Nyberg, K., Peltonen, H. & Ruuhijärvi, J. 1997: Kalakantojen pysyvyys viisivuotisen tehokalastuksen jälkeen. Maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimushanke 309972717. Loppuraportti. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos.

Järnefelt, H. 1921. Untersuchungen über die Fische und ihre Nahrung im Tuusulasee. Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 52(1), 160 s.

Kansanen, P. & Pekkarinen, M. 1996. Tuusulanjärven sisäinen kuormitus ja mahdollisuudet pilaantuneen sedimentin kunnostamiseen. Vesitalous 3/1996, s. 8-13.

Koli, L. 1990. Suomen kalat. WSOY, Porvoo, 357 s.

Lehtonen, H., Hansson, S. & Winkler, H. 1996. Biology and exploitation of pikeperch, Stizostedion lucioperca (L.) in the Baltic Sea area. Ann. Zool. Fennici. 33, s. 525-535.

Nyberg, K. 1991: Vesijärven Enonselän ahvenen ja lahnan kasvu. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos.

Nyberg, K., Raitaniemi, J., Rask, M., Mannio, J. & Vuorenmaa, J. 1995: What can perch population tell us about the acidification history of a lake? Water, Air and Soil Pollution 85, p. 395-400.

Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 1999. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset, vuosiraportti 1998. Kala- ja riistaraportteja 158, 100 s.

Peltonen, H., Nyberg, K. & Lehtonen. H. 1996: Villikkalanjärven kalatutkimukset vuonna 1996. Tutkimusraportti. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos.

Raitaniemi, J., Rask, M. & Vuorinen, P.J. 1988: The growth of perch, Perca fluviatilis L., in small Finnish lakes at different stages of acidification. Helsinki. Ann Zool. Fennici 25, p. 209-219.

Rask, M. 1983. Differences in growth of perch (Perca fluviatilis L.) in two small forest lakes. Hydrobiologia 101, s. 139-144.

Rask, M. 1992. Effects of acidification and liming on fish populations in Finland. Finnish. Fish. Res. 13, p. 107-117.

Rask, M., Iivonen, P., Järvenpää, T., Mannio, J., Nyberg, K. & Railo, E. 1995: Alisenjärven hydrobiologiset tutkimukset. Teoksessa: Frisk, T. (toim.): Nokian Alisenjärven neutralointiselvitys. Loppuraportti. Vesi- ja ympäristöhallitus. Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri. Helsinki 1995.

Rask, M., Nyberg, K. & Ruuhijärvi, J. 1997. Ahvenen, kuhan, kiisken, lahnan ja särjen kasvu Tuusulanjärvessä vuosien 1996 ja 1997 näytteiden perusteella. Tutkimusraportti. 7 s. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema.

Ruuhijärvi, J., Salminen, M. & Nurmio, T. 1996. Releases of pikeperch (Stizostedion lucioperca (L.)) fingerlings in lakes with no established pikeperch stock. Ann. Zool. Fennici 33, s. 553-567.

Rösch, R. & Schmid, W. 1996. Ruffe (Gymnocephalus cernuus L.), newly introduced into Lake Constance: preliminary data on population biology and possible effects on whitefish (Coregonus lavaretus L.). Ann Zool. Fennici 33, s. 467-471.

Salminen, M. 1983: Lahnan kasvusta ja lisääntymisbiologiasta Lohjanjärvessä ja Keurusselässä. Helsingin yliopisto, eläintieteen laitos, morfologian ja ekologian osasto. Pro gradu -tutkielma. Lokakuu 1983.

Sarvala, H., Helminen, H. & Hirvonen, A. 1994: The effect of intensive fishing on fish populations in Lake Pyhäjärvi, south-west Finland. In: Cowx, I.G. (ed.): Rehabilitation of freshwater fisheries. Blackwell, Oxford, p. 77-89.

Toivonen, J. 1970: Mallasveden kuhan kasvu ja kannan ikäryhmäkoostumus. Suomen kalastuslehti 4. 1970.

Winfield, I., Adams, C.E. & Fletcher J.M. 1996. Recent introductions of the ruffe (Gymnocephalus cernuus) to three United Kingdom lakes containing Coregonus species. Ann. Zool. Fennici 33, s. 459-466.