

KALA-JARIISTARAPORTTEJA nro 59

*Jouni Tammi
Riitta Niinloja
Martti Rask*

**Ympäristön yhdennetyn seurannan
kalatutkimukset 1992 — 1994**

Helsinki 1996



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Julkaisija

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Julkaisu-aika

Kesäkuu 1996

Tekijä(t)

Jouni Tammi, Riitta Niinioja ja Martti Rask

*Julkaisun nimi***Ympäristön yhdennetyn seurannan kalatutkimukset 1992-1994***Julkaisun laji*

Seurantaraportti

Toimeksiantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

*Toimeksiantopäivämäärä**Projektin nimi ja numero*

Ympäristön yhdennetty seuranta (204 042)

Tiivistelmä

Täässä työssä esitetään tuloksia vuonna 1987 aloitetun Ympäristön yhdennetyn seurannan (YYS) tutkimusjärvien, Valkea-Kotisen, Ison Hietajärven, Pesosjärven ja Vuoskojärven, veden laatuista sekä kalastosta vuosina 1992-1994. Veden laatua kuvaavista muuttujista mukana ovat veden happipitoisuus, pH, väri-luku, alkaliteetti, ravinnepitoisuudet sekä a-klorofyllipitoisuus. Koekalastukset järvillä tehtiin vuosina 1993-1994. Kaloista määritettiin saalislajien ikä, kasvu ja pituusjakauma. Lisäksi ahvenista, siiosta ja hauista otettiin ravintonäytteitä sekä lihasnäytteitä elohopeapitoisuuden määrittystä varten.

Tutkimusjärvien veden laadussa ei havaittu systemaattisia muutoksia verrattuna aiempiin tuloksiin. Myöskään kalakannoissa ei havaittu tapahtuneen lajien normaalista vuosiluokkavaihtelusta poikkeavia muutoksia, eikä järvissä alkuperäisinä lajeina esiintyvien kalojen lisääntymiselle tai poikasten kehitykselle havaittu olevan esteitä missään neljästä tutkimusjärvestä. Ahvenen keskimääräinen elohopeapitoisuus yhdennetyn seurannan järvissä oli 0,1-0,2 µg g⁻¹, mikä on varsin pieni verrattuna muissa tutkimuksissa latvavesistöistä mitattuihin pitoisuuksiin.

Asiasanat

YYS, veden kemia, kalakannat, ikä, kasvu, kalojen ravinto, elohopeapitoisuus

Sarjan nimi ja numero

Kala- ja riistaraportteja 59

ISBN

951-776-054-X

ISSN

1238-3325

Sivumäärä

24 s.

Kieli

Suomi

*Hinta**Luottamuksellisuus**Jakelu*

Riista- kalatalouden tutkimuslaitos
Kalakantojen ja kalavesien tutkimus / Maritta Luoma
PL 202
00151 Helsinki
puh. 90-228 811

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO

1. JOHDANTO	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	2
2.1. Tutkimusalueet	2
2.2. Vesitutkimukset	3
2.3. Koekalastukset	3
2.4. Kalojen iänmääritys	4
2.5. Kalojen ravintinäytteet	4
3. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	5
3.1. Tutkimusjärvien veden laatu	5
3.1.1. Valkea-Kotinen	5
3.1.2. Iso Hietajärvi	5
3.1.3. Pesosjärvi	6
3.1.4. Vuoskojärvi	6
3.2. Koekalastussaaliit	10
3.3. Saaliskalojen ikä, kasvu ja pituusjakauma	11
3.3.1. Valkea-Kotinen	11
3.3.2. Iso Hietajärvi	12
3.3.3. Pesosjärvi	14
3.3.4. Vuoskojärvi	15
3.4. Kalojen ravinto	16
3.4.1. Ahvenen ravinto	16
3.4.2. Siian ravinto	18
3.5. Kalojen elohopeapitoisuus	19
4. JOHTOPÄÄTÖKSET	20
KIRJALLISUUS	21

Liite

YHTEENVETO

Tässä raportissa esitetään tuloksia vuonna 1987 aloitetun Ympäristön yhdenntyn seurannan (YYS) tutkimusjärvien veden laadusta ja kalastosta vuosilta 1992-1994. Vesinäytteet otettiin järvien syvänealueilta. Käsiteltävät vedenlaatusuureet ovat happipitoisuus, pH, väriluku, alkaliteetti, kokonaistyyppi ja -fosfori sekä α -klorofyllipitoisuus. Koekalastukset tutkimusjärvillä tehtiin vuosina 1993-1994. Näytekaloista määritettiin lajikohtaisesti ikä, kasvu ja saaliin pituusjakauma. Ahvenista ja Pesosjärven siiosta otettiin lisäksi ravintonäytteet. Kalojen elohopeapitoisuuden määrittäminen tehtiin ahvenista sekä Ison Hietajärven hauista ja Pesosjärven siiosta.

Tutkimusjärvien veden laadussa ei havaittu merkittäviä muutoksia verrattuna seurannan ensimmäisiltä vuosilta saatuihin tuloksiin. Järvien vuotuinen happitilanne, veden pH ja alkaliteetti ovat pysyneet samoissa tasoissa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Merkittävin näkyvä muutos järvien veden laadussa oli Valkea-Kotisen alusveden talviaikaisten hapettomien jaksojen hienoinen pidentyminen.

Koekalastuksissa ei myöskään havaittu merkittäviä, kalalajien normaalista populaatiodynamiikasta poikkeavia muutoksia. Saalislajisuhteet pysyivät melko muuttumattomina, vaikka Isosta Hietajärvestä saatiin uutena lajina siika ja Vuoskojärvestä ei saatu aiemmin koeverkkosaaliissa esiintynyttä siikaa lainkaan. Isossa Hietajärvestä oli syntynyt 1990-luvun alussa ahvenen ja särjen uudet voimakkaat vuosiluokat. Pesosjärven ahvensaaliissa pienten ahventen (≤ 15 cm) osuus oli selvästi vähentynyt. Vuoskojärvestä saatiin ikäryhmiin 3+ ja 5+ kuuluvia ahvenia, kun vuonna 1990 saalisahvenet olivat yksinomaan kookkaita, vanhoja (ikä 11+) yksilöitä.

Ahvenen ravinto tutkimusjärvissä koostui tyypillisesti pohjaeläimistä, eläinplanktonista sekä Isossa Hietajärvestä merkittävässä määrin myös kalaravinnosta. Ahvenen keskimääräinen elohopeapitoisuus oli Valkea-Kotisessa ja Pesosjärvestä suurin (n. $0,20 \mu\text{g g}^{-1}$). Hauen keskimääräinen elohopeapitoisuus Isossa Hietajärvestä oli selvästi alle Etelä- ja Keski-Suomen järvihaukien keskimääräisen pitoisuuden.

1. JOHDANTO

Ympäristön yhdennetty seuranta, YYS, on Yhdistyneiden Kansakuntien alaisen Euroopan talouskomission puitteissa toimiva kansainvälinen ohjelma ekosysteemien tilan ja ihmisen toiminnan vaikutusten seurantaan. Erityistä huomiota kiinnitetään ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumiseen ja sen vaikutuksiin. YYS:ssa kerätään ja analysoidaan tietoja ilman laadusta ja laskeumasta, pohja- ja pintavedestä sekä maa- ja vesieliöistä. Tutkimukset tehdään yhdenmukaisin menetelmin ja määrävälein pysyvillä koealoilla, joiksi on valittu etupäässä pieniä valuma-alueita (Pilot... 1990, Bergström ym. 1995).

Suomessa Ympäristön yhdennetyn seurannan ohjelma alkoi vuonna 1987. Suomeen on perustettu neljä seuranta-aluetta: Evon Valkea-Kotinen (Lammi), Patvinsuon kansallispuiston Iso Hietajärvi (Lieksa), Oulangan kansallispuiston Pesosjärvi (Kuusamo) sekä Kevon luonnonpuiston Vuoskojärvi (Utsjoki). Alueet edustavat pieniä latvavesistöjä valuma-alueineen ja ohutmaapeitteisinä ne ovat herkkiä reagoimaan ilman epäpuhtauksiin (Söderman ja Dahlbo 1990).

YYS:n toteuttavat Suomessa Ilmatieteen laitos, ympäristöhallinto, Metsäntutkimuslaitos, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) sekä Helsingin, Joensuun, Oulun ja Turun yliopistot. Ensimmäiset koekalastukset seuranta-aluiden järvillä tekivät Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä Karjalan tutkimuslaitoksen Ekologian osasto vuosina 1988-1990 (Järvinen ym. 1992). Tässä työssä esitetään Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tekemien YYS:n järvien koekalastusten tulokset sekä ympäristöhallinnon alueellisten ympäristökeskusten ja Helsingin, Joensuun ja Oulun yliopistojen tekemien vesitutkimusten tuloksia vuosilta 1992-1994.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusalueet

Evon Kotisten aarnialueella sijaitseva Valkea-Kotinen on tutkimusjärvistä pienin pinta-alaltaan ja valuma-alueeltaan (taulukko 1). Järvi on runsashumuksinen ja hapan latvajärvi. Huolimatta tuottavan kerroksen ohuudesta Valkea-Kotisen kasviplankton-tuotanto on melko suuri, sillä vedessä on runsaasti ns. limalevää, *Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing. Kasviplanktonin vuosituotanto järvessä oli vuonna 1992 28 g C m^{-2} , kun se vuosina 1990-91 oli 36 ja 33 g C m^{-2} (Keskitalo ja Salonen 1993, Keskitalo ym. 1995). Tuotanto on verrattain suuri, kun otetaan huomioon, ettei järveen tule ihmisen aiheuttamaa paikallista kuormitusta (Keskitalo ja Salonen 1993).

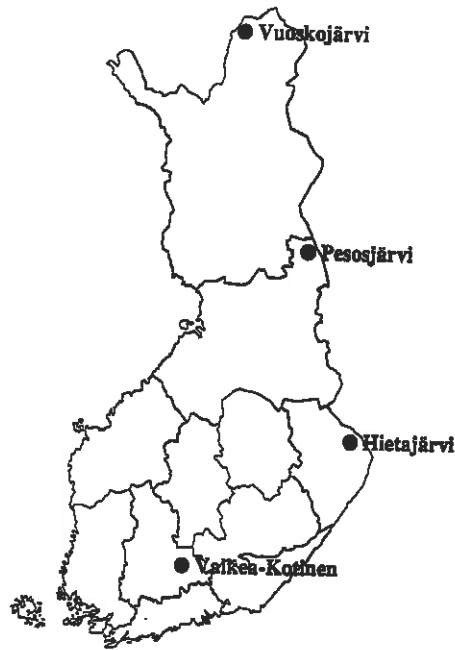
Patvinsuon kansallispuistossa sijaitsevalla Hietajärven YYS-alueella on kaksi järveä, Iso ja Pieni Hietajärvi, joista tässä tutkimuksessa käsitellään vain Isoa Hietajärveä. Se on melko kirkasvetinen, vähäravinteinen järvi, jonka vesi on lievästi hapanta. Iso Hietajärvi on YYS-järvistä suurin pinta-alaltaan ja tilavuudeltaan (taulukko 1). Kasviplanktonituotannoltaan järvi on niukkatuottoinen; vuosituotanto on keskimäärin $13\text{--}17 \text{ g C m}^{-2}$ (Holopainen ym. 1992, Keskitalo ym. 1995).

Oulangan kansallispuistossa sijaitseva Pesosjärvi on kirkasvetinen, oligotrofinen järvi, jonka veden puskurikyky on hyvä. Sen valuma-alue on laajin YYS-järvistä (taulukko 1). Tuotantokyvyltään järvi on karu, kasviplanktonin vuosituotanto on noin 22 g C m^{-2} (Karusalmi ym. 1993).

Kevon luonnonpuiston Vuoskojärvi on hyvin kirkasvetinen, oligotrofinen tunturijärvi, jonka veden puskurikyky on melko hyvä. Kasviplanktonituotanto järvessä oli vuonna 1994 vain $7,6 \text{ g C m}^{-2}$ (Blomqvist 1995).

Taulukko 1. Ympäristön yhdennetyn seurannan alueet Suomessa (Bergström ym. 1995).

Alue	Valuma- alue, ha	Järvi, ha	Keskisy- vyys, m	Tilavuus, 10^6 m^3	Sijainti	Korkeus merenpin- nasta, m
Valkea-Kotinen	30	3,6	3,0	0,077	61°14'N 25°04'E	156
Iso Hietajärvi	464	83	3,6	2,9	63°10'N 30°43'E	165
Pesosjärvi	628	44	4,7	2,08	66°17'N 29°31'E	256
Vuoskojärvi	178	17	3,0	0,51	69°44'N 26°57'E	145



Kuva 1. Ympäristön yhdennetyn seurannan alueet.

2.2. Vesitutkimukset

YYJ-järvien vesitutkimukset on tehty ympäristöhallinnon alueellisten ympäristökeskusten, aikaisempien vesi- ja ympäristöpiirien, sekä osaksi yliopistojen ja niiden tutkimusasemien toimesta. Valkea-Kotisen aineisto on pääosin Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman tutkimuksista (Keskitalo ja Salonen 1993, 1995) ja osin Helsingin vesi- ja ympäristöpiiristä (Niinioja ym. 1995a, 1995b). Ison Hietajärven aineisto on peräisin Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin ja Joensuun yliopiston tutkimuksista (Holopainen ym. 1992, Keskitalo ym. 1995, Niinioja ym. 1995a, 1995b). Pesosjärven vesitutkimukset on tehnyt Oulun vesi- ja ympäristöpiiri ja Oulun yliopiston Oulangan biologinen asema (Karusalmi ym. 1993, Niinioja ym. 1995a, 1995b). Lapin vesi- ja ympäristöpiiri on tutkinut Vuoskojärveä.

Vesinäytteet järvistä on otettu ympäristöviranomaisen käyttämin menetelmin (Mäkelä ym. 1992) Limnos- tai Ruttner-tyyppisellä näytteenottimella järvien syvännealueilta. Tässä esitettävät tulokset ovat syvyyksiltä 1 m pinnasta ja 1 m pohjasta.

2.3. Koekalastukset

YYJ-järvet koekalastettiin vuosina 1993-94. Hietajärven, Pesosjärven ja Vuoskojärven koekalastukset tehtiin kahdeksan verkon sarjalla, jossa 1,8 m x 30 m kokoisten monofiilinailonverkkojen solmuvälit olivat 12, 15, 20, 25, 30, 35, 45 ja 60 mm. Verkot laskettiin siten, että tiheät ja harvat verkot vuorottelivat. Pyynti tapahtui vakioiduilla verkkopaikoilla matalasta (2-3 m) ja syvemmältä (5-7 m) sekä Pesosjärvellä lisäksi järven syvänteestä (10-12 m). Valkea-Kotisessa kalat pyydettiin kuudella katiskalla.

Valkea-Kotisen katiskat olivat pyynnissä 18.-21.9.1994 ja ahvensaaliista otettiin otoksena 50 yksilöä. Hietajärvellä ja Pesosjärvellä koekalastukset tehtiin kolmena peräkkäisenä yönä (Hietajärvi 15.-18.8.1994, Pesosjärvi 8.-11.8.1994) siten, että verkot laskettiin illalla n. klo 19.00 ja nostettiin aamulla n. klo 8.00. Vuoskojärvellä kalastettiin yhtenä yönä 1.-2.10.1993 kahdella koeverkkosarjalla.

Kaikki saaliskalat mitattiin 1 cm tarkkuudella ja näytekalat sekä lajikohtaiset kokonaispainot punnittiin gramman tarkkuudella. Jokaisesta lajista pyrittiin ottamaan vähintään 50 kpl (5-10 kpl 1 cm:n pituusluokkaa kohden) näytekaloja iän ja kasvun määrittämistä varten. Ahvenista ja Pesosjärven sioista otettiin lisäksi ravintonäytteet. Näytekalojen mahat säilöttiin 70 %:een etanoliin mahdollisimman nopeasti verkkojen noston jälkeen.

Kalojen elohopeapitoisuuden ($\mu\text{g Hg g}^{-1}$, märkäpaino) määrittämiseksi otettiin ahvenista sekä Hietajärven hauista ja Pesosjärven sioista näytepalat kalojen selkälihaksesta. Näytepalat käärittiin folioon ja jätettiin. Ahvenista näytekaloina (5-10 kpl) valittiin keskikokoisia (13-18 cm) yksilöitä. Vuoskojärvestä otettiin kaikista saalisahvenista (16 kpl) elohopeanäytteet.

2.4. Kalojen iänmääritys

Ahvenen kasvu määritettiin takautuvasti operculum-luusta Monastyrskyn menetelmällä (Bagenal ja Tesch 1978). Ahvenen pituuden ja operculumin leveyden kasvun epälineaarisuuden korjaamiseksi käytettiin Raitaniemen ym. (1988) pienten järvien ahvenille määrittämää arvoa ($b=0,88$). Yli 20 cm:n ahventen iänmääritys tehtiin myös tasapainokivistä (otoliiteista), millä pyrittiin vähentämään vanhojen ahventen operculumista tehtävän iänmäärityksen epävarmuutta. Siian, särjen ja taimenen takautuva iänmääritys tehtiin suomuaista Fraser-Leen menetelmällä (Bagenal ja Tesch 1978). Suomupiteen kehittymispituutena käytettiin siialle ja taimenelle: $c=35$ mm ja särjelle: $c=20$ mm. Iänmäärityksen varmistamiseksi määrittäminen tehtiin sioilta ja taimenilta myös otoliiteista ja yli 20 cm:n särjiltä hartian lukkolousta (cleithrum). Hauen takautuva iänmääritys tehtiin cleithrum-luusta Monastyrskyn menetelmällä, $b=1,0$ (Casselman 1990).

2.5. Kalojen ravintonäytteet

Kalojen ravintonäytteet otettiin samoista koeverkkosarjojen saaliskaloista kuin mistä iänmääritykset tehtiin, lukuunottamatta Valkea-Kotista, missä ravintonäytteet otettiin aiemmalla katiskapyynnillä 15.8.1994. Mahojen täyteisyys ja kunkin saaliseliöryhmän osuus määritettiin silmämääräiseen tilavuuden arviointiin perustuvalla pisteytysmenetelmällä (Windell 1971) (taulukko 3). Tuloksissa esitetyt kunkin saaliseliöryhmän arvot (%) ovat osuuksia kunkin näytteen (kalojen kokoluokka/järvi) täyteisyyspisteiden summasta. Ahvenet jaettiin ravintotarkastelussa kahteen pääluokkaan koon mukaan: alle 15 cm:n ja yli 15 cm:n kaloihin. Lisäksi Hietajärven ja Vuoskojärven ahvenet jaettiin 20 cm:ä suurempiin kokoluokkiin 5 cm:n välein.

3. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

3.1. Tutkimusjärvien veden laatu

3.1.1. Valkea-Kotinen

Valkea-Kotisen veden laadulle on tyypillistä runsashumuksisuus (väriluku n. 100-150 mg Pt l⁻¹) ja happamuus (Keskitalo ym. 1995) ja lisäksi järven happitilanne on heikko; sekä talvi- että kesäkerrostuneisuuden aikaan happi kuluu alusvedestä usein loppuun. Alusveden happikato saattaa vallita lähes läpi vuoden kuten v. 1993 (kuva 2). Talvikauden hapettomat jaksot järvestä vaikuttavat pidentyneen verrattuna seurannan ensimmäisiin vuosiin (vrt. Keskitalo ja Salonen 1993, 1995).

Veden pH järvestä on yleensä happaman puolella, 5-5,5:n välillä (kuva 2). Puskurointikyky vedessä ei ole juuri lainkaan, vaan alkaliteetti-arvot ovat negatiivisia tai alle 0,01 mmol l⁻¹ (Keskitalo ja Salonen 1995). Kasvukauden ravinnepitoisuudet järvestä ovat kokonaisfosforin osalta noin 20 µg l⁻¹ ja kokonaistypen osalta 460-560 µg l⁻¹ (Keskitalo ja Salonen 1995). Päälyys- ja alusveden ravinnepitoisuudet ovat kasvukaudella samaa luokkaa, mutta jääpeitteen aikaan pitoisuudet alusvedessä ovat huomattavasti suuremmat johtuen alusveden hapettomuudesta. Päälyysveden keskimääräiset klorofyllipitoisuudet järvestä olivat vuosina 1992-93 noin 15 µg l⁻¹, mutta vuonna 1994 lähes 35 µg l⁻¹ (kuva 2). Vuosien 1990 ja 1991 keskimääräiset pitoisuudet olivat 31 µg l⁻¹ ja 42 µg l⁻¹ (Keskitalo ym. 1995).

3.1.2. Iso Hietajärvi

Ison Hietajärven vesi on melko kirkasta (väriluku n. 15-30 mg Pt l⁻¹) ja niukkaravinteista. Veden happitilanne pysyy yleensä kohtalaisen hyvänä, vaikka alusvedessä onkin havaittavissa hapen vajausta (kuva 3). Hapen vajausta on todettu talvikerrostuneisuuden aikaan, mutta myös kesäkerrosteisuuden aikana kuten v. 1993 (kuva 3) ja kesinä 1988 ja 1989 (Niinioja ym. 1995b). Kesäiset hapen vajaukset riippuvat lämpötilakerrostuneisuuden voimakkuudesta.

Veden pH järvestä on lievästi happaman puolella, mutta melko lähellä neutraalia eli pH 7:ää (kuva 3). Veden pH:ssa ei ole havaittavissa alenemista seurantajaksolla, joskin keväällä sulamisvedet saattavat lisätä happamuutta (Niinioja ym. 1995b).

Ravinnepitoisuudet Isossa Hietajärvestä ovat alhaiset. Kasvukauden kokonaisfosforipitoisuudet päälyysvedessä ovat alle 10 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuudet noin 200 µg l⁻¹ (Niinioja ym. 1995b). Klorofyllitulokset osoittavat Ison Hietajärven niukkaravinteisuutta, eikä klorofyllin keskimääräisissä pitoisuuksissa ole tapahtunut juuri muutoksia (kuva 3). Vuosien väliset erot lämpötilaoloissa ja kasvukauden pituudessa vaikuttavat vuosittaiseen klorofyllitason vähäiseen vaihteluun.

3.1.3 Pesosjärvi

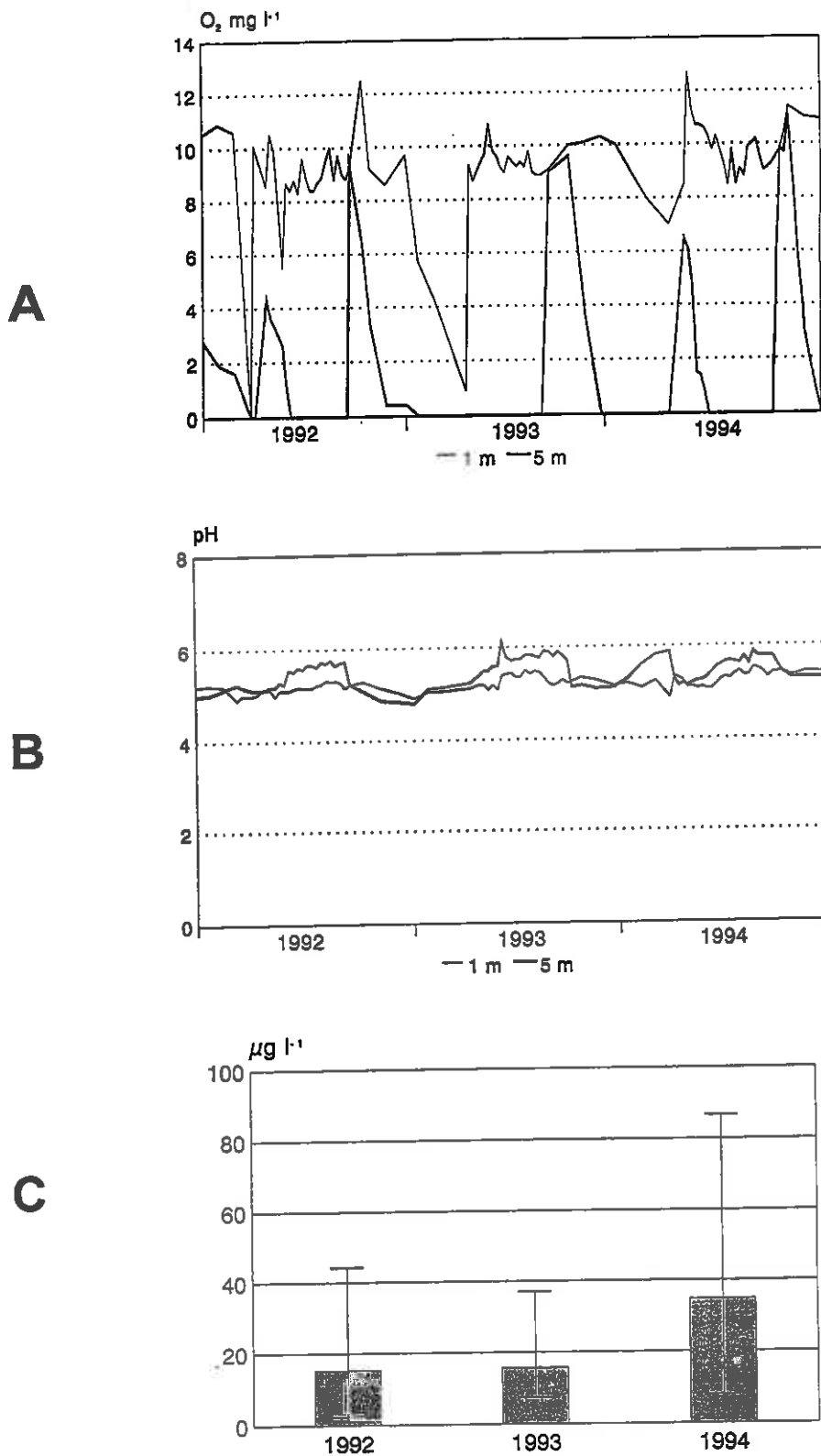
Pesosjärven vesi on melko kirkasta (väriluku n. 10-30 mg Pt l⁻¹) ja vähäravinteista. Järvessä on todettu kevättalvista hapen vajausta mm. vuosina 1992-1993 (Niinioja ym. 1995b) (kuva 4). Vesi on hyvin puskuroitunutta (alkaliteetti n. 0,4-0,45 mmol l⁻¹) johtuen valuma-alueen kalkkipitoisesta maaperästä. Veden puskurikapasiteetissa ei ole tapahtunut juurikaan muutoksia seurannan aikana. Veden pH järvessä vaihtelee 6,5-7,5 välillä (Karusalmi ym. 1993, Niinioja ym. 1995b) (kuva 4).

Järvi on karu, mitä kuvastavat hyvin myös erittäin pienet ravinnepitoisuudet; veden kokonaisfosforipitoisuudet ovat n. 5 µg l⁻¹ ja kokonaistyyppipitoisuudet n. 250 µg l⁻¹ (Niinioja ym. 1995b). Myös kasvukauden klorofyllipitoisuudet ovat erittäin alhaiset (kuva 4).

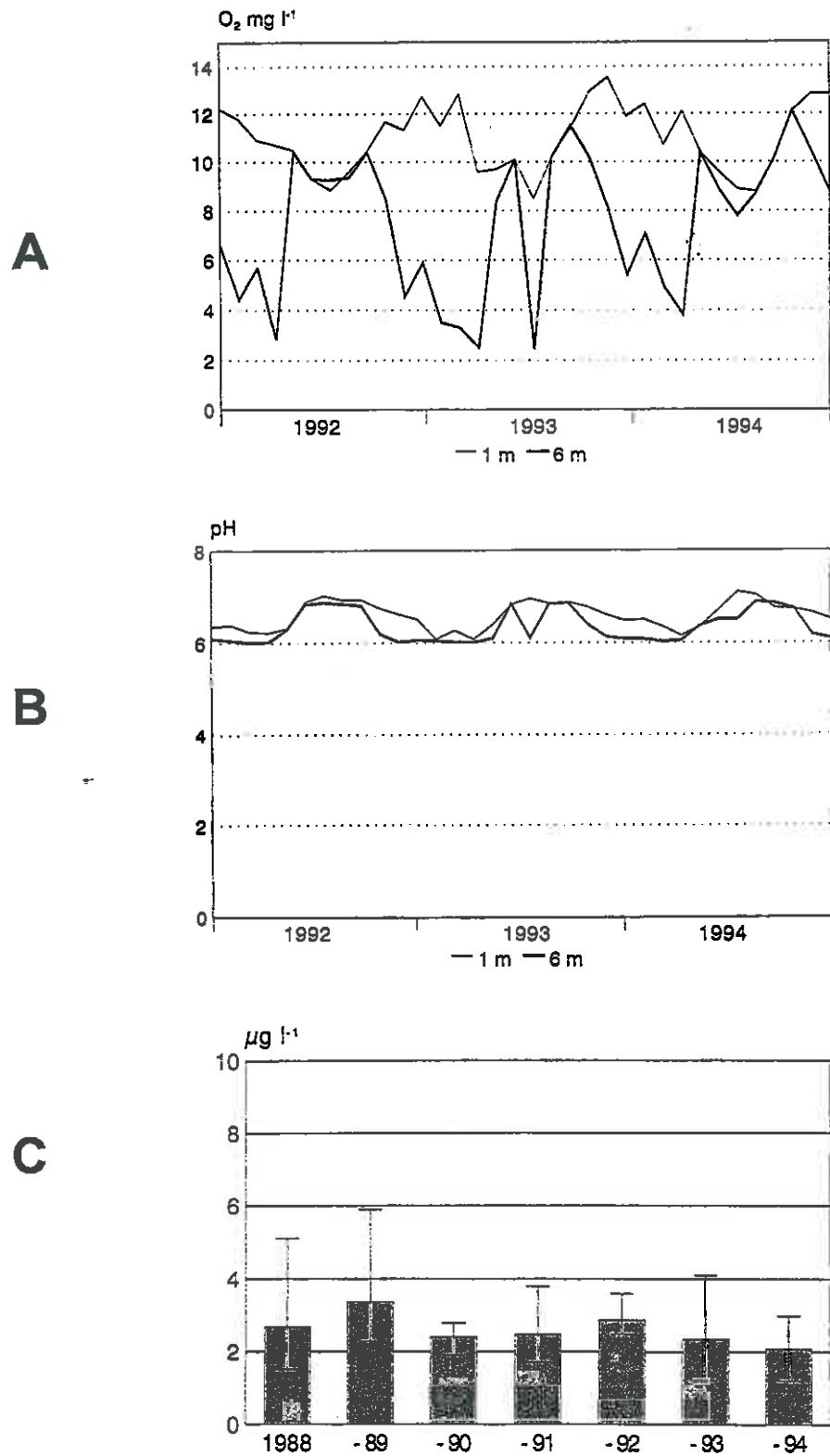
3.1.4 Vuoskojärvi

Vuoskojärven vesi on erittäin kirkasta: veden väriluku avovesikaudella on 7-13 mg Pt l⁻¹ (Blomqvist 1995, Niinioja ym. 1995b). Vuoskojärvessä on todettu talvisin hapen vajausta (Niinioja ym. 1995b) ja vuosina 1992-94 talviset happikadot ovat jatkuneet. Järvi on hyvin pitkään jääpeitteinen, jopa 7 kuukautta vuodessa. Jääpeitteen pitkäaikaisuudesta johtuen pohjoisissa järvissä hapen vajeus on varsin tavallista, vaikkei järveen kohdistukaan jätevesikuormitusta.

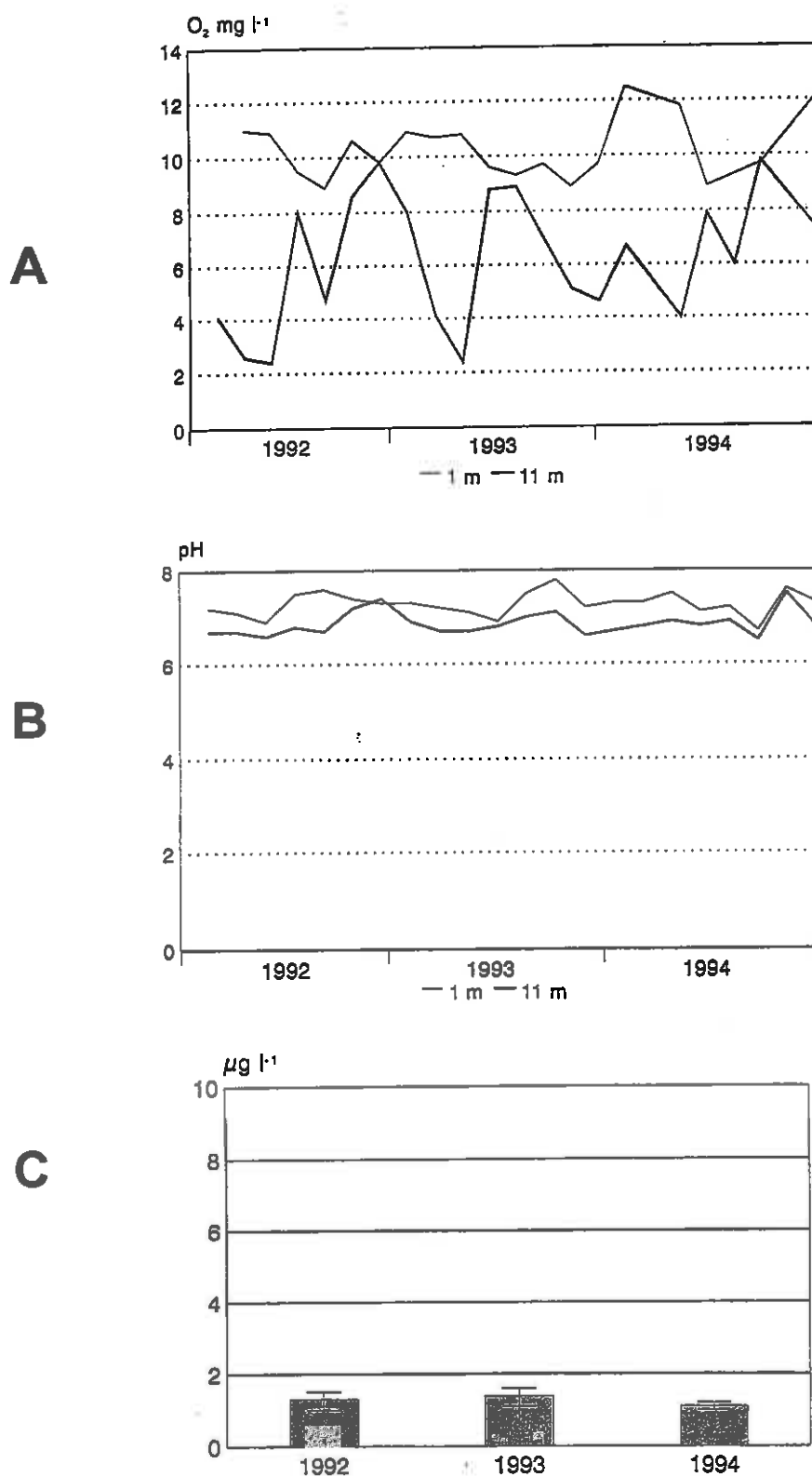
Vuosina 1992-94 veden pH järvessä vaihteli 6,5-7,5 välillä ja oli keskimäärin 7,4 (Niinioja ym. 1995b). Muutosta ei tässä suhteessa ole tapahtunut ja myös veden puskurointikyky on pysynyt melko korkeana. Vuoskojärvi on YYS-järvistä karuin ja sen keskimääräiset klorofyllipitoisuudet ovat erittäin pienet, noin 0,8 µg l⁻¹ (Blomqvist 1995).



Kuva 2. Veden A) happipitoisuus B) pH ja C) pintaveden (0-1 m) keskimääräinen a-klorofyllipitoisuus sekä kasvukauden minimi- ja maksimiarvot vuosina 1992-1994 Valkea-Kotisessä. Huomaa klorofylliasteikon ero kuviin 3 ja 4 verrattuna.



Kuva 3. Veden A) happipitoisuus ja B) pH Isossa Hietajärvessä vuosina 1992-1994 ja C) pintaveden (0-2 m) keskimääräinen *a*-klorofyllipitoisuus sekä kasvukauden minimi- ja maksimiarvot vuosina 1988-1994.



Kuva 4. Veden A) happipitoisuus B) pH ja C) pintaveden (0-2 m) keskimääräinen α -klorofyllipitoisuus sekä kasvukauden minimi- ja maksimiarvot vuosina 1992-1994 Pesosjärvessä.

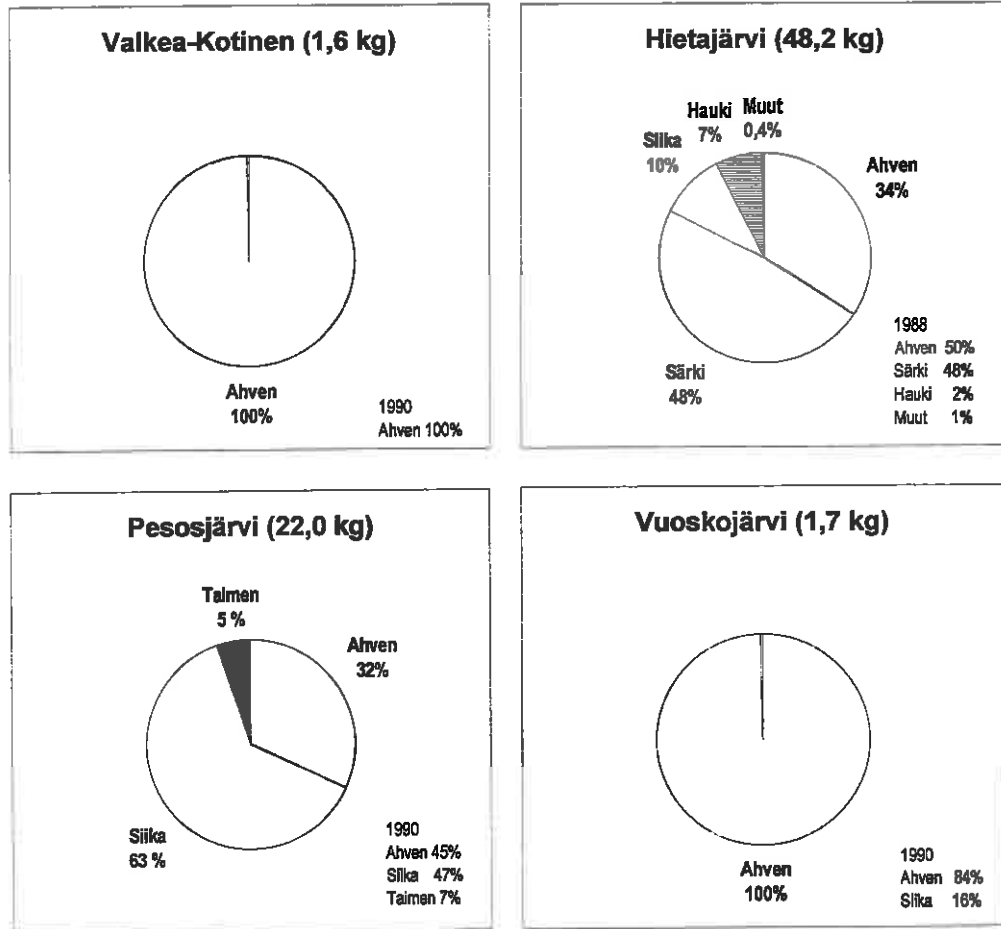
3.2. Koekalastussaaliit

Hietajärven ja Pesosjärven kokonaissaaliit pyyntikertaa (verkkosarjayötä) kohti (taulukko 2) olivat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa koekalastuksissa (Hietajärvi 1988 9,5 kg, Pesosjärvi 1990 11,9 kg). Vuoskojärven kokonaissaalis pyyntikertaa kohti (taulukko 2) jäi alle kymmenesosaan vuoden 1990 saaliista (13,8 kg) eikä koekalastuksissa saatu lainkaan siikaa, jota v. 1990 oli 16 % saaliin kokonaisbiomassasta. Heikko kokonaissaalis v. 1993 saattoi johtua myöhäisemmästä pyyntiajankohdasta verrattuna edellisiin koekalastuksiin. Valkea-Kotisen ahvensaalis oli otos katiskoilla pyydetyistä kaloista (taulukko 2), eikä näin ollut vertailukelpoinen vuoden 1990 verkkosarjasaaliin (3,1 kg) kanssa.

Saalislajisuhteissa ei havaittu merkittäviä eroja verrattuna vuosien 1988-90 koekalastuksissa saatuihin tuloksiin (kuva 5). Lukuunottamatta Vuoskojärveä kaikista järvistä saatiin samat kalalajit kuin vuosien 1988-90 koekalastuksissa ja lisäksi uutena lajina saatiin Hietajärvestä siika. Valkea-Kotisen ainoa saalislaji oli ahven. Hietajärven saaliin kokonaisbiomassasta oli 34 % ahvenia, 48 % särkiä, 10 % siikoja, 7 % haukia, 0,3 % kiiskiä ja 0,1 % salakoita. Pesosjärven saalislajeina olivat ahven (32 % saaliin kokonaisbiomassasta), siika (63 %) ja taimen (5 %). Vuoskojärven ainoaksi saalislajiksi jäi ahven.

Taulukko 2. Ympäristön yhdenntyn seurannan järvien koekalastussaalis vuosina 1993-94 (kg/verkkosarja/pyyntikerta sekä kpl/verkkosarja/pyyntikerta). Valkea-Kotisen ahvensaalis on otos katiskoilla pyydetyistä kaloista.

		Ahven	Siika	Taimen	Särki	Hauki	Kiiski	Salakka	Yhteensä
Valkea-Kotinen	kg	1,6	–	–	–	–	–	–	1,6
	kpl	50	–	–	–	–	–	–	50
Hietajärvi	kg	5,5	1,6	–	7,8	1,1	0,04	0,02	16,1
	kpl	94	1	–	184	1,3	4,7	0,7	286
Pesosjärvi	kg	2,4	4,6	0,4	–	–	–	–	7,4
	kpl	53,3	9,7	2,3	–	–	–	–	65
Vuoskojärvi	kg	0,83	–	–	–	–	–	–	0,83
	kpl	8	–	–	–	–	–	–	8

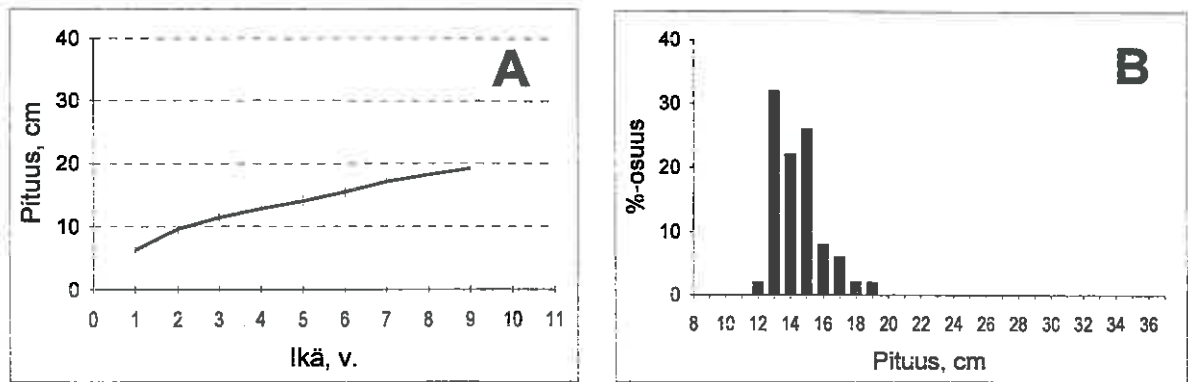


Kuva 5. Koekalastussaaliin biomassan jakautuminen lajeittain Ympäristön yhdenntetyn seurannan järvissä vuosina 1993-94. Vertailuna edellisten koekalastusten saalislajisuhteet vuosilta 1988-90.

3.3. Saaliskalojen ikä, kasvu ja pituusjakauma

3.3.1. Valkea-Kotinen

Valtaosa Valkea-Kotisen ahvensaaliista (keskipaino 32 g, keskipituus 14,4 cm) oli 4-5-vuotiaita alle 16 cm:n mittaisia kaloja (kuva 6). Ahventen kokojakauma oli hyvin samantyyppinen kuin vuonna 1990, jolloin n. 70 % saaliista oli 11-15 cm:n kaloja. Ahvenen kasvunopeus järvessä on alhainen, sillä 15 cm:n pituus saavutetaan vasta kuudennella kasvukaudella (kuva 6, liite 1). Kasvunopeudessa ei havaittu eroa verrattuna vuoden 1990 koekalastuksista saatuihin tuloksiin.



Kuva 6. Ahvenen A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen ja B) saaliin pituusjakauma Valkea-Kotisessa (n=50).

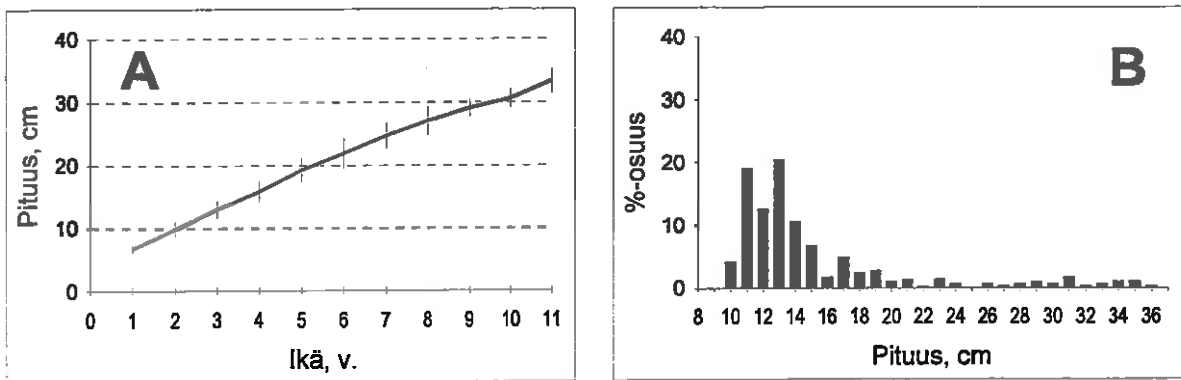
3.3.2. Iso Hietajärvi

Ahvensaaliissa (keskipaino 59 g, keskipituus 15,2 cm) oli vallitsevina ikäryhminä 2+ ja 3+. Saaliin pituusjakauma (kuva 7) oli muuttunut merkittävästi vuoden 1988 koekalastuksista edellä mainituista vahvoista vuosiluokista johtuen. Vuonna 1988 vain n. 7 % ahvensaaliista kuului alle 15 cm:n pituusluokkiin kun vuonna 1994 vastaava luku oli n. 70 %. Kuten vuonna 1988 saaliiksi saatiin kuitenkin edelleen myös huomattavan kookkaita ahvenia; n. 10 % ahvensaaliista oli yli 25 cm:n mittaisia kaloja. Ahvenen kasvunopeudessa (kuva 7) ei havaittu eroja verrattuna edellisistä koekalastuksista saatuihin tuloksiin. Tutkimusjärjestyksestä Hietajärvessä ahvenen kasvunopeus on suurin, sillä ahvenet saavuttavat 15 cm:n pituuden neljännellä kasvukaudellaan ja 30 cm:n pituuden 9-10 vuotiaina.

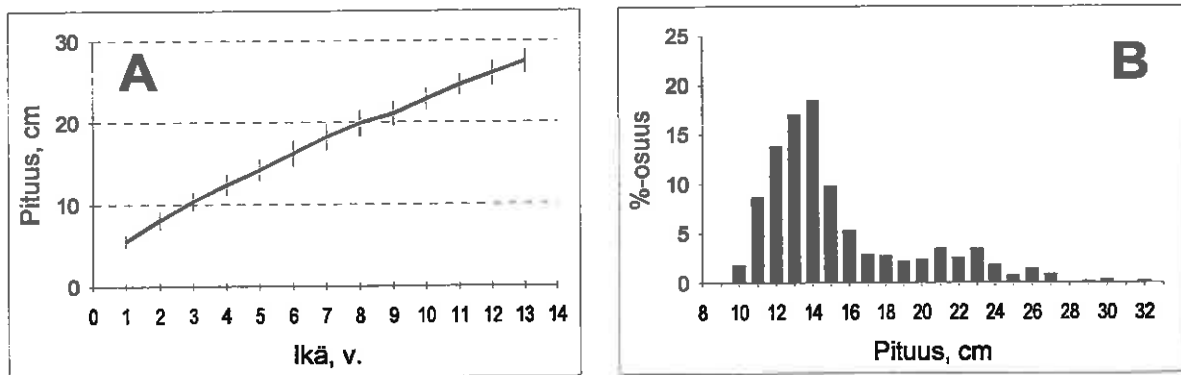
Hietajärven särkisaaliissa (keskipaino 42,2 g, keskipituus 15,3 cm) vallitsevina ikäryhminä olivat 3+ ja 4+. Kuten ahvensaaliissa myös särkisaaliin pituusjakaumassa (kuva 8) oli tapahtunut merkittävä muutos verrattuna vuoden 1988 koekalastusten tuloksiin. Vuonna 1988 n. 70 % särkisaaliista kuului pituusluokkiin 19-24 (vallitsevina ikäryhminä olivat 8+ ja 9+) kun taas vuonna 1994 n. 70 % saaliista kuului pituusluokkiin 11-16 cm. Särjen kasvunopeus (kuva 8) ei eronnut edellisten koekalastusten tuloksista. Särjet saavuttavat 15 cm:n pituuden 5-vuotiaina ja kasvunopeutta voidaan pitää keskimääräisenä verrattuna havaintoihin pienistä, karuista suomalaisista järjistä (Rask ja Tuunainen 1990).

Haukia saatiin neljä yksilöä (keskipaino 840 g, keskipituus 50,3 cm). Hauen kasvussa ei havaittu eroja verrattuna vuoden 1988 koekalastusten tuloksiin. Hauki saavuttaa 40 cm:n pituuden neljännellä kasvukaudellaan (kuva 9), joten kasvua voidaan pitää melko nopeana (vrt. esim. Korhonen ja Heikinheimo-Schmid 1993). Vähäisestä yksilömäärästä johtuen sukupuolia ei eroteltu kasvun tarkastelussa. Siikaa saatiin kolme yksilöä (keskipaino 1 619 g, keskipituus 52,5 cm) vaikka aiemmissa koekalastuksissa sitä ei saatu lainkaan. Siikat olivat tiheäsiivilähampaista planktonsiikaa ja niiden kasvunopeutta (kuva 9) voidaan pitää hyvänä (vrt. esim. Salojärvi 1988). Siikat ovat peräisin 1980-luvulla tehdyistä istutuksista ja nykyinen kanta on ilmeisen pieni (K. Lyytikäinen, suullinen tieto).

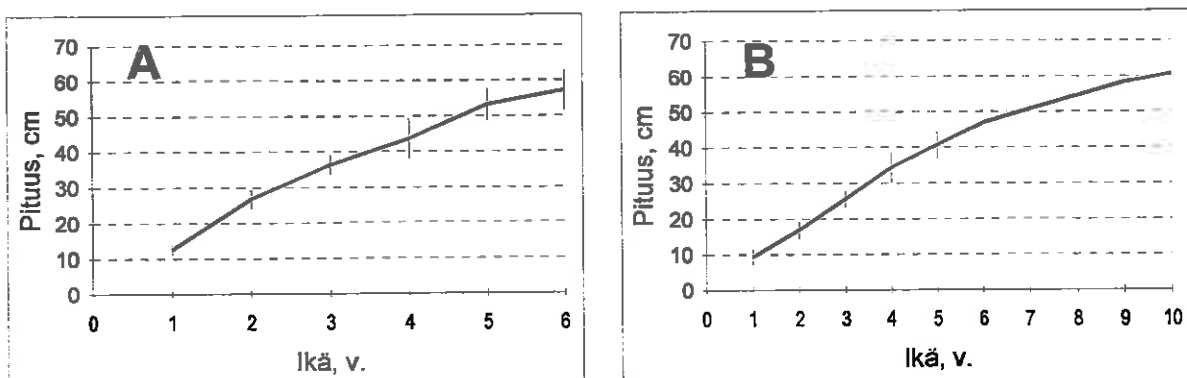
Hietajärven ahvenen, särjen ja hauen kasvunopeuksissa ei ollut tapahtunut muutoksia vuoteen 1988 verrattuna. Merkittävin näkyvä muutos populaatioissa oli ahvenen 2+- ja 3+-vuosiluokkien sekä särjen 3+- ja 4+-vuosiluokkien suurentunut osuus saaliissa.



Kuva 7. Ahvenen A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen (n=76) ja B) saaliin pituusjakauma (n=282) Hietajärvessä.



Kuva 8. Särjen A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen (n=60) ja B) saaliin pituusjakauma (n=552) Hietajärvessä.



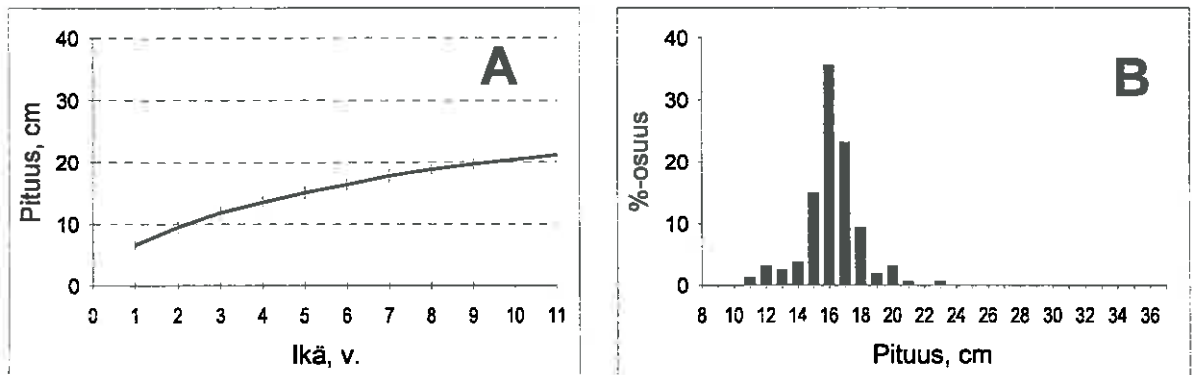
Kuva 9. A) Hauen (n=4) ja B) siian (n=3) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen Hietajärvessä.

Ikärakenteen muutosta on kuitenkin pidettävä lajien normaaliin populaatiodynamiikkaan kuuluvana ilmiönä. Hietajärven veden pH on ollut viime vuosina jatkuvasti 6-7:n välillä (kuva 3) ja alkaliteetti 0,05-0,1 mmol l⁻¹, mikä on riittävän neutraalia ahvenen ja myös sitä herkemmän särjen lisääntymiselle ja poikasten kehitykselle (vrt. Rask ja Tuunainen 1990).

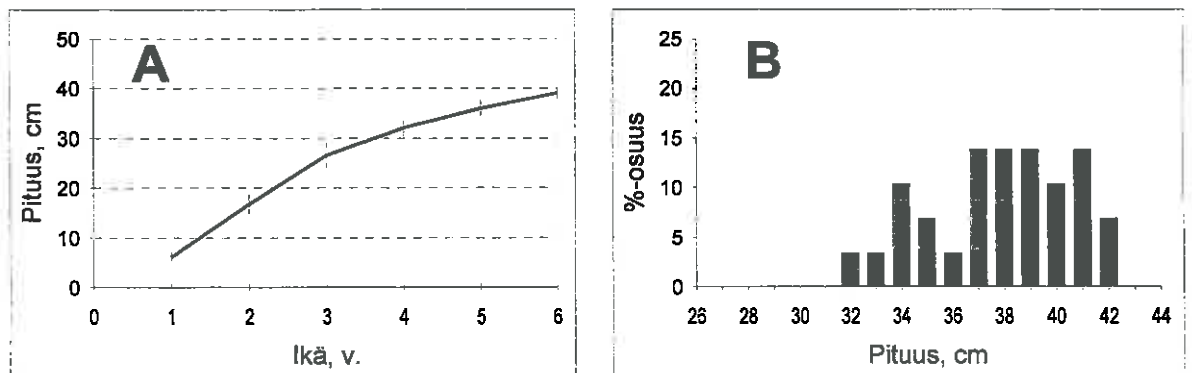
3.3.3. Pesosjärvi

Pesosjärven ahvensaaliin (keskipaino 44 g, keskipituus 16,2 cm) vallitsevana ikäryhmänä oli 5+. Saaliin keskipituus oli kasvanut vuoden 1990 koekalastuksista. Tällöin n. 60 % ahvenista oli alle 15 cm:n mittaisia, kun taas vuonna 1994 vain n. 10 % saalisahvenista kuului alle 15 cm:n pituusluokkiin (kuva 10). Ahvenen kasvu on hitaampaa kuin esim. Hietajärvässä, mutta sitä voidaan pitää normaalina. Ahvenet saavuttavat 15 cm:n pituuden 5-vuotiaana (kuva 10). Kasvunopeudessa ei havaittu eroja verrattuna vuoden 1990 tuloksiin.

Siikaa saatiin selvästi vähemmän (4,6 yksilöä/verkkosarja/pyyntikerta) kuin vuonna 1990 (20,1 yksilöä/verkkosarja/pyyntikerta). Siikat olivat tiheäsiivilähampaista planktonsiikaa ja saalis koostui suhteellisen kookkaista (keskipaino 479 g, keskipituus 37,8) yksilöistä (kuva 11). Järveen on istutettu 1980-luvulla planktonsiikaa eikä kanta



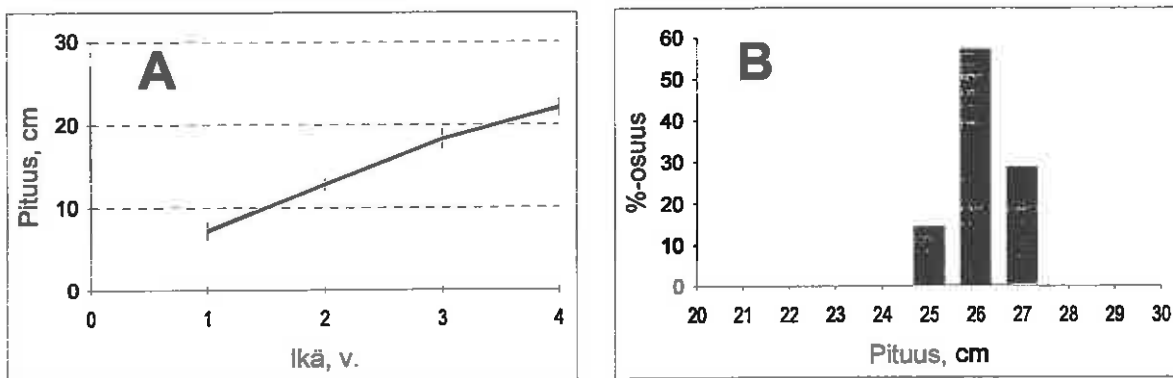
Kuva 10. Ahvenen A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen (n=43) ja B) saaliin pituusjakauma (n=160) Pesosjärvässä.



Kuva 11. Siian A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen ja B) saaliin pituusjakauma Pesosjärvässä (n=29).

todennäköisesti lisääntynyt järvessä luontaisesti. Siikojen kasvunopeus (kuva 11) on varsin hyvä (vrt. esim. Rask ym. 1988, Salojärvi 1988): 30 cm:n pituus saavutetaan neljännellä kasvukaudella.

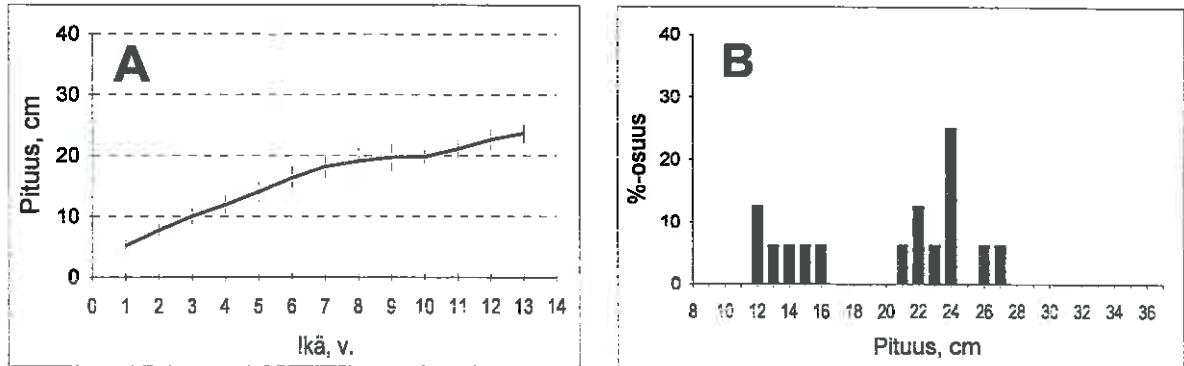
Taimenia saatiin 7 yksilöä (keskipaino 163 g, keskipituus 26,2 g) ja kaikki kuuluivat ikäryhmään 4+. Taimenen kasvussa ei havaittu eroja vuoden 1990 koekalastuksista saatuihin tuloksiin. Taimen saavuttaa 20 cm:n pituuden neljännellä kasvukaudellaan (kuva 12), mikä vastaa havaintoja Kuusamon virtavesistöistä (Toivonen 1978, Huusko 1990). Järven laskupuroon, Pesospuroon 1990 rakennettu mittapato estää edelleen taimenen nousun Kitkajoesta Pesosjärveen. Taimen kuitenkin todennäköisesti lisääntyy purossa mittapadon yläpuolella, missä havaittiin runsaasti 10-20 cm:n mittaisia taimenia.



Kuva 12. Taimenen A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen ja B) saaliin pituusjakauma Pesosjärvessä (n=7).

3.3.4. Vuoskojärvi

Vuoskojärven ahvensaalis koostui melko kookkaista (keskipaino 104 g, keskipituus 19,8 cm) yksilöistä, joista suurin osa kuului ikäryhmiin 7+ - 13+. Kalojen keskikoko oli kuitenkin pienentynyt vuoden 1990 koekalastuksista (keskipaino v. 1990 139 g) ja saaliissa oli ikäryhmiin 3+ - 5+ kuuluvia, alle 15 cm:n mittaisia ahvenia (kuva 13), jotka puuttuivat edellisissä koekalastuksissa vuonna 1990 kokonaan. Ahvenen kasvu Vuoskojärvessä on melko hidasta, sillä ahvenet saavuttavat 15 cm:n pituuden vasta kuudennella kasvukaudella ja 20 cm:n pituuden n. 9-vuotiaina (kuva 13). Kasvunopeudessa ei havaittu eroja verrattuna vuoden 1990 tuloksiin. Vuoskojärveen istutettujen ja vielä vuoden 1990 koekalastuksissa saatujen siikojen populaatiokoon pienemisellä saattaa olla vaikutuksia järven ahvenpopulaatioon ja sen vuosiluokkavoimakkuuksiin.



Kuva 13. Ahvenen A) takautuvasti määritetty kasvu keskihajontoineen ja B) saaliin pituusjakauma Vuoskojärvässä (n=16).

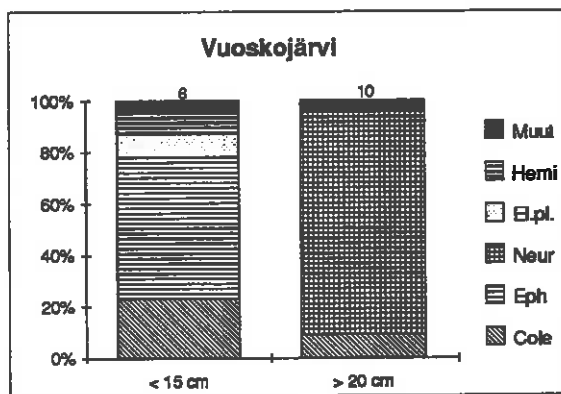
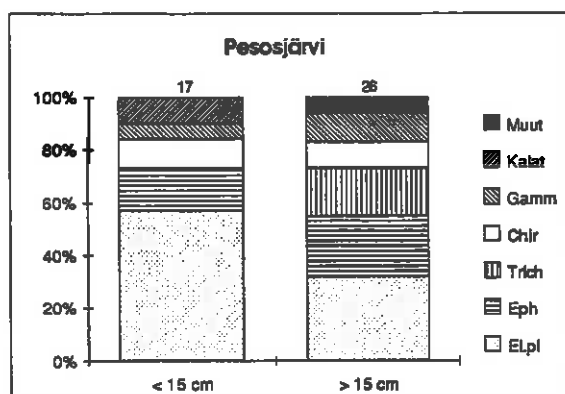
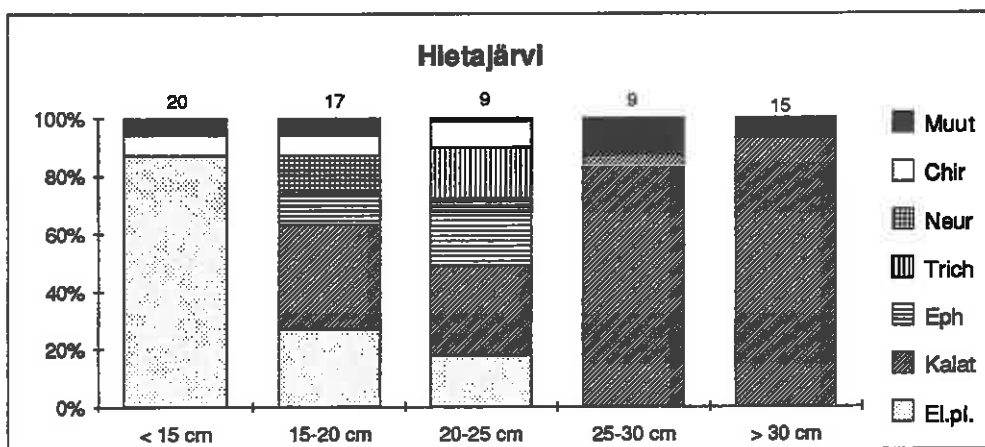
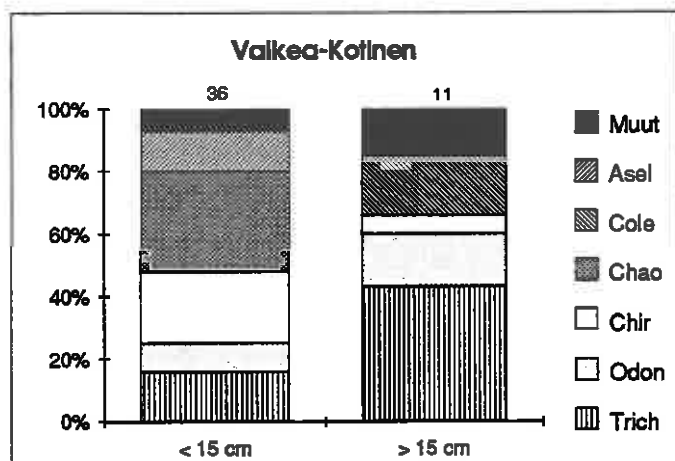
Yhdennetyin seurannan järvissä ahvenen kasvu on hidasta, mutta ei kuitenkaan selaista kääpiökasvua, jota tavataan pienten humusjärvien ylitteissä populaatioissa (vrt. Rask ja Raitaniemi 1988), joissa vain harvat yksilöt ylittävät elinaikanaan 15 cm:n pituuden. Iso Hietajärvi poikkeaa muista YYS-järvistä, sillä siellä ahven saavuttaa 20 cm:n pituuden jo kuudennella kasvukaudellaan. Kasvua voidaan pitää hyvänä, se on mm. parempi kuin Tvärminnessä mitattu (Koli ym. 1985), mutta jää kuitenkin selvästi jälkeen suurempien järvien pelagisista kalaa syövästä ahvenista (ks. Raitaniemi ym. 1988). Nopeimmillaan ahven voi Suomen oloissa saavuttaa 20 cm:n pituuden jo kolmannella kasvukaudellaan (Nyberg ym. 1995).

3.4. Kalojen ravinto

3.4.1. Ahvenen ravinto

Valkea-Kotisessa sekä pienten (≤ 15 cm), että suurempien (> 15 cm) ahventen ravinto koostui lähes yksinomaan pohjaeläimistä. Pienten ahventen tärkeimpinä saaliseläinryhminä olivat sulkasääskien (Chaoboridae) (32 %) ja surviaissääskien (Chironomidae) toukat (23 %) sekä lisäksi vesiperhosten (Trichoptera) toukat ja vesisiirat *Asellus* sp. (kuva 14). Suurempien ahventen ravinnossa oli eniten vesiperhosten toukkia (43 %) sekä lisäksi kovakuoriaisten (Coleoptera) ja sudenkorentojen (Odonata) toukkia. Eläinplanktonia ei kummankaan kokoluokan ravinnossa ollut juuri lainkaan, mikä saattoi johtua suhteellisen myöhäisestä pyyntiajankohdasta (15.8.). Esimerkiksi vuonna 1990 yleisimpien vesikirppujen tiheys järvessä laski merkittävästi elokuun puoliväliin mennessä (Holopainen ym. 1992).

Hietajärvessä pienten ahventen (≤ 15 cm) ravinnosta lähes 90 % oli eläinplanktonia (kuva 14). Tärkeimmät ryhmät olivat litoraalivesikirput (39 %) sekä hankajalkaisäyriäiset *Cyclops* sp. (20 %) ja lisäksi esiintyi *Daphnia*, *Diaphanosoma*, *Bosmina* ja *Bythotrephes* sukujen vesikirppuja. Suurempien ahventen (> 15 cm) ravinnossa kalojen osuus kasvoi ja yli 25 cm:n ahventen ravinnosta n. 90 % oli kaloja; ahvenia ja särkiä sekä määrityskelvottomia yksilöitä. Lisäksi hyönteisryhmistä ravinnossa esiintyi päivänkorentojen (Ephemeroptera), vesiperhosten, verkkosiipisten (Neuroptera) ja surviaissääskien toukkia.



Kuva 14. Ahvenen ravinnon koostumus tutkimusjärvisssä elokuussa 1994 (Vuoskojärvi 2.10.1993). Tutkittujen majojen lukumäärät pylväiden yläpuolella. Asel=vesisiirat, Chao=sulkasääskien toukat, Chir=surviaissääskien toukat, Cole=kova-kuoriaiset, El.pl.=eläinplankton, Eph=päivänkorentojen toukat, Gamm=leväkatkat, Hemi=vesiluteet, Neur=verkkosiipisten toukat, Odon=sudenkorentojen toukat, Trich=vesiperhosten toukat.

Pesosjärvessä yli puolet pienten ahventen (≤ 15 cm) ravinnosta oli eläinplanktonia (kuva 14). Tärkeimpänä ryhmänä oli litoraalivesikirput (22 %) ja lisäksi esiintyi *Daphnia*, *Bosmina*, *Bythotrephes*, *Diaphanosoma* ja *Holopedium* sukujen vesikirppuja sekä *Eudiaptomus* ja *Cyclops* sukujen hankajalkaisäyriäisiä. Pohjaeläimistä ahventen ravinnossa esiintyi päivänkorentojen, vesiperhosten ja surviaissääskien toukkia sekä *Gammarus*-suvun leväkatkoja.

Vuoskojärven näyteahvenet jaettiin kahteen kokoluokkaan (≤ 15 cm ja > 20 cm). Pienempien ahventen tärkein ravintokohde oli päivänkorentojen toukat (55 %) ja suurempien ahventen verkkosiipisten toukat (87 %) (kuva 14). Lisäksi molempien kokoluokkien ahvenet olivat syöneet kovakuoriaisten toukkia ja pienempien ahventen ravinnossa esiintyi myös vesiluteita (Hemiptera).

Hietajärven ahventen mahat olivat keskimäärin täydempiä kuin muissa järvissä (taulukko 3). Lisäksi Hietajärven ahvenet olivat syöneet merkittävän paljon kalaravintoa. Mahojen täyteisyys ja muita järviä selvästi nopeampi ahvenen kasvu Hietajärvessä (kuva 7) viittaisi parempiin ravintovaroihin (esim. runsas särkikanta) verrattuna muihin järviin. Vuoskojärven alhaiset ahventen mahojen täyteisyysarvot saattoivat johtua verrattain myöhäisestä pyyntiajankohdasta (lokakuu).

Taulukko 3. Ahvenen mahojen keskimääräinen täyteisyys tutkimusjärvissä kokoluokittain. Pisteytys: 20 p.=täysi maha, 10 p.=puoliksi täysi maha, 0 p.=tyhjä maha.

Järvi	≤ 15 cm	15-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	> 30 cm
Valkea-Kotinen	6,2	8,0	—	—	—
Hietajärvi	9,6	8,5	8,7	9,0	6,9
Pesosjärvi	5,9	3,4	—	—	—
Vuoskojärvi	3,7	—	4,7	—	—

Yhdennetyin seurannan järvistä kolmessa ahvenen ravinto oli pienille metsäjärville tyypillinen eläinplanktonista ja - etenkin isommilla kaloilla - pohjaeläimistä koostuva. Isossa Hietajärvessä ahvenen elokuisessa ravinnossa näkyi selkeänä kalan koosta riippuva painottuminen eläinplanktoniin pienillä, pohjaeläimiin keskikokoisilla ja kaloihin isoilla yksilöillä (vrt. Koli ym. 1988).

3.4.2. Siian ravinto

Siioista otettiin ravintonäytteet vain Pesosjärvestä. Tutkitut kalat (20 yks.) olivat suhteellisen kookkaita (32-42 cm). Siikojen mahojen keskimääräinen täyteisyys oli 6,4 (asteikolla 0-20 p.) ja ravinnosta n. 80 % oli eläinplanktonia. Vesikirpuista tärkeimmät suvut olivat *Bosmina* (19 %), *Holopedium* (15 %), *Daphnia* (14 %), *Bythotrephes* (5 %) sekä litoraalivesikirput (6 %). Hankajalkaisäyriäisistä esiintyi *Eudiaptomus* (15 %) ja *Cyclops* (7 %) suvut. Muita saaliseliöryhmiä olivat vesiperhosten (10 %), surviaissääskien (5 %) ja päivänkorentojen toukat (2 %) sekä lisäksi esiintyi *Gammarus*-suvun leväkatkoja, *Pisidium*-suvun simpukoita ja muurahaisia.

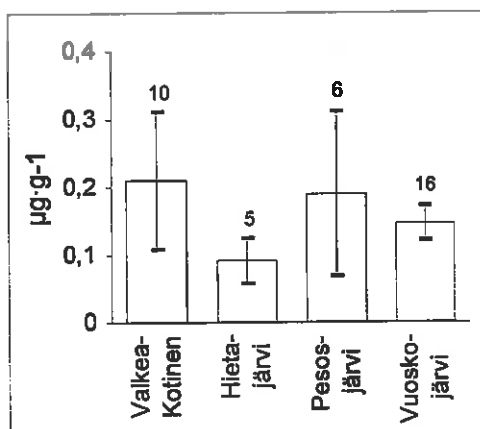
3.5. Kalojen elohopeapitoisuus

Ahvenen keskimääräinen elohopeapitoisuus tutkimusjärvissä vaihteli 0,09-0,21 $\mu\text{g g}^{-1}$ välillä (kuva 15). Suurimmat mitatut pitoisuudet olivat Valkea-Kotisessa 0,45 $\mu\text{g g}^{-1}$, Hietajärvessä 0,13 $\mu\text{g g}^{-1}$, Pesosjärvessä 0,39 $\mu\text{g g}^{-1}$ ja Vuoskojärvessä 0,19 $\mu\text{g g}^{-1}$. Vuoskojärven ahventen keskimääräisen elohopeapitoisuuden pienuus huolimatta näytekalojen suuresta keskikoosta (19,8 cm) ja korkeasta iästä (vanhimmat 13+) verrattuna muiden järvien näytekaloihin, osoittaa, että järvessä on hyvin niukasti ravintoketjussa rikastuvaa elohopeaa.

YY5-järvissä havaitut ahvenen elohopeapitoisuudet ovat aikaisemmin latvavesistä mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna pieniä. Esimerkiksi Evolla kirkasvetisistä pikkujärvistä on mitattu keskimääräisiä pitoisuuksia 0,1-0,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ ja humusjärvistä 0,4-0,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Metsälä ja Rask 1989). Kuhmon metsäjärvillä tehdyissä mittauksissa on ahvenilla todettu jopa 1,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ keskimääräisiä elohopeapitoisuuksia ja suurimpana yksittäisenä pitoisuutena 1,6 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Rask ym. 1995).

Hietajärven hauen keskimääräiseksi elohopeapitoisuudeksi mitattiin neljästä yksilöstä 0,40 $\mu\text{g g}^{-1}$ (SD=0,19), mikä on pienempi kuin Etelä- ja Keski-Suomen järvihaukien (1 kg) keskimääräinen pitoisuus 0,60 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Verta 1990). Valkea-Kotisessa tehdyissä aiemmissa tutkimuksissa 1 kg painoisen hauen keskimääräiseksi pitoisuudeksi on mitattu 0,76 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Verta 1990) ja 0,68 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Rask ja Metsälä 1991). Verrattuna Evon alueen muihin järviin Valkea-Kotisen hauen elohopeapitoisuus on keskitasoa.

Pesosjärven siian keskimääräiseksi elohopeapitoisuudeksi mitattiin viidestä yksilöstä 0,20 $\mu\text{g g}^{-1}$ (SD=0,05), mikä vastaa ahvenen keskimääräistä elohopeapitoisuutta järvessä (kuva 15). Esimerkiksi Evon Iso Valkjärvessä siian keskimääräinen elohopeapitoisuuden (n. 0,1 $\mu\text{g g}^{-1}$) on kuitenkin havaittu olevan ahventa (0,2-0,3 $\mu\text{g g}^{-1}$) alhaisempi (Rask ja Verta 1995), mikä vaikuttaa luontevalta siian syödessä pääasiassa eläinplanktonia. Ahvenen syödessä myös pohjaeläimiä ja kalaa elohopean rikastumisen mahdollisuus lisääntyy pelkästään eläinplanktonia syöviin lajeihin verrattuna.



Kuva 15. Ahvenen elohopeapitoisuus ($\mu\text{g g}^{-1}$, märkäpainosta) ja pitoisuuksien keskihajonta (SD) tutkimusjärvissä. Pylväiden yläpuolella tutkittujen kalojen lukumäärä.

Vaikka tässä esitetyt kalojen elohopeapitoisuudet kertovat lähinnä vain kunkin järven kalojen perustasoista, voidaan ajatella, että elohopeapitoisuus on ajan mittaan yksi käyttökelpoisimpia ilman kautta kulkeutuvien saasteiden määrän indikaattoreita YYS:n tutkimusjärvissä. Ahven on tässä mielessä lajina kiinnostavin, koska sitä saadaan kaikista neljästä järvestä. Elohopeapitoisuuksissa on tosin monista seikoista johtuvaa vaihtelua, mutta sen merkityksen arviointia helpottaa yksi YYS:n perusajatuksista; mahdollisimman monien vesikemiallisten ja biologisten muuttujien mittaaminen.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuosien 1992-1994 mittausten perusteella Ympäristön yhdenntyn seurannan tutkimusjärvien veden pH:ssa, alkaliteetissa, ravinnepitoisuuksissa tai α -klorofyllipitoisuudessa ei ole tapahtunut systemaattisia muutoksia verrattuna seurannan alkuvuosiin. Myös järvien vuotuinen happitilanne on pysynyt melko muuttumattomana, vaikkakin Valkea-Kotisessa on havaittu hapettomien jaksojen hieman pidentyneen verrattuna seurannan alkuvaiheisiin. Muutosten vähäisyys veden laadussa on ymmärrettävää kun otetaan huomioon tutkimusjakson lyhyys (<10 v. kaikkiaan) ja se, että järvien valuma-alueet on rauhoitettu ihmisen muuttavalta toiminnalta.

Kuten YYS:n tutkimusjärvien veden laadussa, ei myöskään järvien kalastossa ole tapahtunut systemaattisia muutoksia verrattuna seurannan ensimmäisistä koekalastuksista saatuihin tuloksiin. Saalislajisuhteissa ja kalalajien kasvunopeuksissa ei havaittu merkittäviä eroja verrattuna aiempiin tuloksiin. Näkyvin muutos järvien kalakannoissa oli Hietajärven särjen ja ahvenen voimakkaiden, uusien vuosiluokkien syntyminen, mikä kuuluu näiden lajien normaaliin populaatiodynamiikkaan. Pesosjärvessä ahvensaaliin kokojakaumassa pienten (≤ 15 cm) ahventen osuus oli selvästi vähentynyt, mutta muutosta ei voida erottaa normaalista vuosiluokkavaihtelusta. Vuoskojärven koekalastuksissa vuonna 1990 oli merkille pantavaa ahvensaaliin koostuminen yksinomaan vanhoista, kookkaista yksilöistä (ikä 11+). Ahvenen lisääntyminen on kuitenkin onnistunut järvessä ainakin 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa, sillä vuoden 1993 koekalastuksissa saatiin ikäryhmiin 3+ ja 5+ kuuluvia ahvenia.

Tutkimusjärviin istutettujen siikojen määrän pienenemisellä saattaa olla vaikutuksia muiden kalalajien populaatioihin Pesosjärvessä, Vuoskojärvässä ja myöskin Hietajärvessä. Siian vähetessä ravintokilpailu ja mahdollinen saalistus esim. ahvenen poikasia kohtaan vähenee. Istutettujen siikojen lisäksi järvien luonnontilaisuutta vähentävänä tekijänä on Pesosjärven Pesospuroon 1990 rakennettu mittapato. Se estää edelleen taimenen nousun Kitkajoesta järveen sekä vähentää järvessä elävien taimenien potentiaalista lisääntymisaluetta.

Kalojen ravintotutkimus tehtiin ensimmäisen kerran YYS:n järvissä. Sen tavoitteena oli kuvata yleisesti kalojen ravinnon koostumusta tutkimusjärvissä. Näytemäärien pienuudesta ja ajallisesta suppeudesta johtuen tuloksia ei voi laajentaa kuvaamaan kalapopulaatioiden koko vuodenaikaista ravinnonkäyttöä. Ahvenen ravintotutkimus saattaa jatkossa olla kiinnostavin, koska ahven esiintyy ainoana lajina kaikissa järvisä. Ahvenen kasvun, mahojen täyteisyyden ja ravintolajiston erot järvien välillä viittaisivat siihen, että Hietajärvessä on ahvenelle parhaat ravintovarot ja Vuoskojärvässä niukimmat.

Ympäristötekijöiden aiheuttamia kalastomuutoksia arvioitaessa verkoilla tapahtuvaan näytteenottoon liittyy ongelmia. Ympäristömuutokset vaikuttavat voimakkaimmin kalojen nuoruusvaiheisiin ja tällöin mahdolliset lisääntymishäiriöt kalastossa näkyvät verkkosaaliissa lajien ikä- ja pituusjakauman sekä lajien runsaussuhteiden muutoksina vasta muutaman vuoden viiveellä. Usein kuitenkin kalojen mäti- ja poikasvaiheiden tutkimusta ei ole resurssien vähäisyyden vuoksi mahdollista sisällyttää kalastoseurantaan. Verkoilla tehty koekalastus mahdollistaa kuitenkin voimakkaiden ympäristömuutosten, kuten happamoitumisen ja rehevöitymisen vaikutuksien seuraamisen edellä mainituin rajoituksin. YYS:n järvien koekalastuksissa olisi järkevää siirtyä käyttämään nk. yleiskatsausverkkoja, sillä niillä saadaan vastaavalla työmäärällä luotettavampi kuva kalayhteisöstä kuin perinteisellä kahdeksan eri silmäkoon verkkosarjalla. Yleiskatsausverkoilla voidaan myös välttää liian voimakas, jopa kalakantojen rakennetta muuttava pyynti näytteenoton yhteydessä.

KIRJALLISUUS

- Bagenal, T. B. & Tesch, F. W. 1978. Age and growth. Teoksessa: Bagenal, T. B. (toim.). Methods for assesment of fish production in fresh waters. IBP Handbook No 3: 101-136. Oxford.
- Bergström, I., Mäkelä, K. & Starr, M. (toim.). 1995. Integrated Monitoring Programme in Finland. Ministry of the Environment, Environment Policy Department, Report 1, 1995. 138 s.
- Blomqvist, I. 1995. Ympäristön yhdennetyn seurannan planktonitutkimukset Vuoskojärvellä vuonna 1994. Turun yliopisto, Lapin tutkimuslaitos, Kevo. 24 s.
- Casselman, J. M. 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish. Trans. Am. Fish. Soc. 119: 673-688.
- Holopainen, A.-L., Huovinen, P., Huttunen, P. & Niinioja, R. 1992. Yhdennetyn seurannan planktonitutkimukset Hietajärvellä vuonna 1990. Teoksessa: Keskitalo, J. & Holopainen, A.-L. (toim.). Yhdennetyn seurannan planktonitutkimukset Valkea-Kotisella ja Hietajärvellä vuonna 1990. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen monisteita, n:o 2/1992: 31-60.
- Huusko, A. 1990. Kuusinkijoen vesistöalueen kalatalousselvitys. Kalatutkimuksia 14, RKTL, Helsinki. 238 s.
- Järvinen, A., Rask, M., Niemelä, E., Raitaniemi, J. & Turunen, T. 1992. Yhdennetyn ympäristöseurannan järvien koekalastukset. Kalatutkimuksia 54, RKTL, Helsinki. s. 1-9.

- Karusalmi, A., Heinimaa, S. & Arvola, L. 1993. Yhdennetyin seurannan planktonitutkimukset Pesosjärvellä vuonna 1992. Teoksessa: Arvola, L. & Karusalmi, A. (toim.). Yhdennetyin seurannan planktonitutkimukset Pesosjärvellä ja Valkea-Kotisella vuonna 1992. Oulun yliopisto, Kuusamo. Oulangan biologisen aseman monisteita 15: 5-29.
- Keskitalo, J. & Salonen, K. 1993. Yhdennetyin seurannan kasviplanktonitutkimukset Valkea-Kotisella vuonna 1992. Teoksessa: Arvola, L. & Karusalmi, A. (toim.). Yhdennetyin seurannan planktonitutkimukset Pesosjärvellä ja Valkea-Kotisella vuonna 1992. Oulun yliopisto, Kuusamo. Oulangan biologisen aseman monisteita 15: 30-55.
- Keskitalo, J. & Salonen, K. 1995. Water chemistry. Teoksessa: Bergström, I., Mäkelä, K. & Starr, M. (toim.). Integrated Monitoring Programme in Finland. Ministry of the Environment, Environment Policy Department, Report 1, 1995: 76-83.
- Keskitalo, J., Salonen, K. & Holopainen, A.-L. 1995. Plankton. Teoksessa: Bergström, I., Mäkelä, K. & Starr, M. (toim.). Integrated Monitoring Programme in Finland. Ministry of the Environment, Environment Policy Department, Report 1, 1995: 102-109.
- Koli, L., Rask, M. & Aro, E. 1985. Growth, age distribution and year class strength of perch, *Perca fluviatilis* L., at Tvärminne, northern Baltic Sea. *Aqua Fennica* 15: 161-167.
- Koli, L., Rask, M., Viljanen, M. & Aro, E. 1988. The diet of perch, *Perca fluviatilis* L., at Tvärminne, northern Baltic Sea, and a comparison with two lakes. *Aqua Fennica* 18, 2: 185-191.
- Korhonen, P. & Heikinheimo-Schmid, O. 1993. Suurten petokalojen ravinto Ontojärvessä ja Lentuassa ja ravinnonkulutuksen arviointi. Kalatutkimuksia 78, RKTL, Helsinki. 52 s.
- Metsälä, T. & Rask, M. 1989. Mercury concentrations of perch, *Perca fluviatilis* L., in small Finnish headwater lakes with different pH and water colour. *Aqua Fennica* 19,1: 41-46.
- Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja B 10. Helsinki. 86 s.
- Niinioja, R., Seuna, P., Villa, L., Ylitolonen, A. & Mähönen, O. 1995a. Catchment runoff and surface waters. Teoksessa: Bergström, I., Mäkelä, K. & Starr, M. (toim.). Integrated Monitoring Programme in Finland. Ministry of the Environment, Environment Policy Department, Report 1, 1995: 39-40.
- Niinioja, R., Villa, L., Ylitolonen, A. & Mähönen, O. 1995b. Surface waters. Water chemistry. Teoksessa: Bergström, I., Mäkelä, K. & Starr, M. (toim.). Integrated Monitoring Programme in Finland. Ministry of the Environment, Environment Policy Department, Report 1, 1995: 78-83.
- Nyberg, K., Raitaniemi, J., Rask, M., Mannio J. & Vuorenmaa, J. 1995. What can perch population data tell us about the acidification history of a lake? *Water, Air and Soil Pollution* 85: 395-400.
- Pilot programme on integrated monitoring. Annual synoptic report 1990. Helsinki. National Board of Waters and the Environment. Environment Data Centre. 88 s.
- 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: 209-219.

Rask, M. & Raitaniemi, J. 1988. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in recently acidified lakes of Southern Finland - a comparison with unaffected waters. Arch. Hydrobiol. 112: 387-397.

Rask, M., Vuorinen, M. & Vuorinen, P. J. 1988. Whitefish stocking: an alternative in mitigating acidification effects? Finnish Fish. Res. 9: 489-495.

Rask, M. & Tuunainen, P. 1990. Acid-induced changes in fish populations of small Finnish lakes. Teoksessa: P. Kauppi, P. Anttila & K. Kenttämies (toim.). Acidification in Finland. Berlin, Springer Verlag. s. 911-927.

Rask, M. & Metsälä, T. 1991. Mercury concentrations in northern pike *Esox lucius* L. in small lakes of Evo area, southern Finland. Water Air Soil Pollut. 56: 369-378.

Rask, M. & Verta, M. 1995. Concentrations and amounts of methylmercury in the limed and acid basins of a small lake. Water, Air and Soil Pollution 80: 577-580.

Rask, M., Markkanen, S.-L., Nyberg, K., Ojala, A., Tallberg, P., Makkonen, E. & Liimatainen, H.-M. 1995. Metsätalouden limnologiset vaikutukset: havainnot ja Kuhmon metsäjärviltä vuosina 1991-1994. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 2: 241-262.

Salojärvi, K. 1988. Effect of the stocking density of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s. l.) fingerlings on the fish yield in lake Peranka, Northern Finland. Finnish Fish. Res. 9: 407-416.

Söderman, G. & Dahlbo, K. 1990. Tuloksia Suomen ympäristön yhdenntystä seurannasta kaudelta 1988/89. YYS-raportti 1990. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallitus. 25 s.

Toivonen, J. 1978. Taimenen poikastiheyksistä Kuusinkijoessa, Kitkajoessa ja Oulankajoessa. Oulun yliopisto. Acta Univ. Ouluensis A 68. Biol. 4: 175-182.

Verta, M. 1990. Mercury in Finnish forest lakes and reservoirs: Anthropogenic contribution to the load and accumulation in fish. Publications of the Water and Environment Research Institute. National Board of Waters and the Environment, Finland, No 6: 1-33.

Windell, J. T. 1971. Food analysis and rate of digestion. Teoksessa: Ricker, W. E. (toim.). Methods for assesment of fish production in fresh waters. IPB handbook 3: 215-226. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

LIITE 1.

Taulukko 1. Ympäristön yhdenntetyn seurannan tutkimusjärvien kalalajien keskipituudet (cm) ja keskihajonnat (SD) ikäryhmittäin vuosina 1993-94.

Valkea-Kotinen				Hietajärvi			
Ahven				Siika			
Ikä	Pituus cm	SD	n	Ikä	Pituus cm	SD	n
1	6,3	0,56	50	1	9,4	2,12	3
2	9,6	0,77	50	2	16,9	2,36	3
3	11,4	0,64	50	3	25,6	2,16	3
4	12,8	0,66	49	4	34,3	4,15	3
5	14,0	0,79	38	5	40,6	3,68	3
6	15,4	0,80	15	6	46,8	0,0	1
7	17,1	0,58	5	7	50,7	0,0	1
8	18,2	0,0	1	8	54,5	0,0	1
9	19,2	0,0	1	9	58,3	0,0	1
				10	60,7	0,0	1
Hietajärvi				Pesosjärvi			
Ahven				Ahven			
Ikä	Pituus cm	SD	n	Ikä	Pituus cm	SD	n
1	6,7	0,64	76	1	6,6	0,64	43
2	9,8	1,15	76	2	9,5	0,91	43
3	13,1	1,34	61	3	11,8	0,98	37
4	15,9	1,62	49	4	13,5	0,99	34
5	19,3	1,89	34	5	15,1	0,96	24
6	21,9	2,41	28	6	16,4	0,93	17
7	24,7	2,05	22	7	17,8	1,01	10
8	27,0	2,22	14	8	18,8	0,75	6
9	29,1	1,32	10	9	19,7	0,81	3
10	30,6	1,48	7	10	20,4	0,0	1
11	33,4	1,89	2	11	21,2	0,0	1
Särki				Siika			
Ikä	Pituus cm	SD	n	Ikä	Pituus cm	SD	n
1	5,5	0,72	60	1	6,2	0,91	29
2	8,1	1,07	60	2	16,7	1,95	29
3	10,4	1,09	59	3	26,5	2,44	29
4	12,4	1,23	51	4	32,1	1,76	25
5	14,2	1,30	46	5	36,0	1,55	16
6	16,2	1,57	34	6	39,0	1,11	2
7	18,2	1,65	30				
8	19,9	1,62	27				
9	21,1	1,50	20				
10	22,9	1,34	15				
11	24,6	1,24	11				
12	26,1	1,52	7				
13	27,5	1,45	4				
14	30,5	0,0	1				
Hauki				Taimen			
Ikä	Pituus cm	SD	n	Ikä	Pituus cm	SD	n
1	12,6	1,41	4	1	7,2	1,02	7
2	26,8	2,65	4	2	12,8	0,75	7
3	36,3	2,72	4	3	18,3	1,21	7
4	43,6	5,72	3	4	22,1	1,06	7
5	53,2	4,48	2				
6	57,2	5,69	2				
				Vuoskojärvi			
				Ahven			
				Ikä	Pituus cm	SD	n
				1	5,1	0,91	16
				2	7,7	0,88	16
				3	10,0	1,28	16
				4	11,9	1,49	13
				5	14,0	1,76	12
				6	16,3	1,94	10
				7	18,2	1,92	10
				8	19,1	2,12	7
				9	19,7	2,20	5
				10	19,8	1,05	4
				11	21,1	1,37	4
				12	22,6	1,64	4
				13	23,7	1,59	4