

Pro gradu –tutkielma

Pääjärven kalayhteisön rakenne sekä ahvenen (*Perca fluviatilis*), särjen (*Rutilus rutilus*) ja kuhan (*Sander lucioperca*) kasvu

Samuli Sairanen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Kalabiologia ja kalatalous

9.2.2006

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Kalabiologia ja kalatalous

SAIRANEN SAMULI, O.: Pääjärven kalayhteisön rakenne sekä ahvenen (*Perca fluviatilis*), särjen (*Rutilus rutilus*) ja kuhan (*Sander lucioperca*) kasvu

Pro gradu: 36 s.

Työn ohjaajat: FT Timo Marjomäki, FT Martti Rask

Tarkastajat: FT Timo Marjomäki, FT Markku Viljanen

Helmikuu 2006

Hakusanat: ahven, *Perca fluviatilis*, ikä, kalayhteisön rakenne, kasvu, kuha, *Sander lucioperca*, kuolevuus, rehevöityminen, särki, *Rutilus rutilus*, yksikkösaalis

TIIVISTELMÄ

Pääjärven kalayhteisön rakennetta, lajien runsaussuhteita sekä kalojen kasvua on viimeksi tutkittu 1970-luvulla. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää kalayhteisön nykytila sekä ahvenen (*Perca fluviatilis*), särjen (*Rutilus rutilus*) ja kuhan (*Sander lucioperca*) kasvunopeudet humuspitoisessa Pääjärvestä sekä verrata tuloksia 30 vuoden takaisiin tuloksiin. Verkkokoekalastuksissa pyydyksenä käytettiin NORDIC-yleiskatsausverkkoja. Koekalastukset toteutettiin satunnaisotannalla syvyysvyöhykkeittäin. Iän- ja kasvunmääritykset tehtiin ahvenella operculumista ja särjellä sekä kuhalla suomusta. Yksikkösaaliiden mukaan biomassaltaan tärkeimmät lajit Pääjärvestä olivat ahven, särki, salakka (*Alburnus alburnus*) ja kuha. Pääjärvi on ahvenkalavaltainen, ja järven rehevöitymisestä huolimatta särkikaloiden osuus ei ole lisääntynyt. Erityisesti kuha on runsastunut viimeisten 30 vuoden aikana johtuen runsaista istutuksista sekä viime vuosien lämpimistä kesistä. Ahvenen ja särjen kasvu näyttää hidastuneen viimeisten 30 vuoden aikana, mutta ainakin ahvenen kohdalla kasvuerot johtuvat osittain eroista käytetyissä menetelmissä. Kuhan kasvu on muihin vastaavan rehevyystason järviin verrattuna kohtalaisen nopeaa, sillä 5-vuotiaat kuhat olivat keskimäärin 40 cm pituisia. Ahvenen ja särjen kuolevuudessa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia viimeisten 30 vuoden aikana.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science

Fish Biology and Fisheries

SAIRANEN SAMULI, O.: Fish community structure and growth of perch (*Perca fluviatilis*), roach (*Rutilus rutilus*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in Lake Pääjärvi (Lammi, Finland)

Master of Science Thesis: 36 p.

Supervisors: PhD Timo Marjomäki, PhD Martti Rask

Inspectors: PhD Timo Marjomäki, PhD Markku Viljanen

February 2006

Key Words: age, catch per unit effort, eutrophication, fish community structure, growth, perch, *Perca fluviatilis*, pikeperch, *Sander lucioperca*, mortality, roach, *Rutilus rutilus*

ABSTRACT

Fish community structure, species abundances and growth of fishes have not been studied in Lake Pääjärvi since early 1970's. The aim of this study was to describe the current state of fish stocks and growth of perch (*Perca fluviatilis*), roach (*Rutilus rutilus*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in humic Lake Pääjärvi and compare the results to previous results from 1970's. NORDIC multimesh survey nets were used in test fishing. Test fishing was carried out using a stratified random sampling method in respect to depth zones. The age and growth of perch were determined from the opercular bones and in the case of roach and pikeperch from scales. According to the catch per unit efforts the most abundant species in Lake Pääjärvi in biomass were perch, roach, bleak (*Alburnus alburnus*) and pikeperch. Percids is the dominant fish group in Lake Pääjärvi and no signs of increase of cyprinids due to eutrophication were found. Especially the proportion of pikeperch has increased during the last 30 years possibly due to large stockings and warm summers over the past few years. The growth of perch and roach seemed to decrease during the last 30 years, but at least in case of perch the differences in growth partially derive from the differences in methods that have been used. The growth of pikeperch is quite fast when compared to other lakes of the same trophic level, because at age of 5 years the mean length of pikeperch was 40 cm. No remarkable changes have taken place in the mortality of perch and roach during the last 30 years.

Sisältö

1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
2.1. Tutkimusalue	7
2.2. Tutkimusaineisto ja menetelmät	8
2.3. Tilastolliset analyysit	12
3. TULOKSET	13
3.1. Kalayhteisön rakenne	13
3.2. Ahvenen, särjen ja kuhan kasvu	19
3.3. Ahvenen ja särjen kuolevuus	23
4. TULOSTEN TARKASTELU	25
4.1. Kalayhteisön rakenne	25
4.2. Ahvenen, särjen ja kuhan kasvu	28
4.3. Ahvenen ja särjen kuolevuus	31
5. PÄÄTELMÄT JA TULEVAISUUDEN TUTKIMUSTARPEET	32
Kiitokset	32
Kirjallisuus	32

1. JOHDANTO

Tärkeimmät kalayhteisön rakenteeseen ja lajien runsaussuhteisiin vaikuttavat tekijät ovat järven pinta-ala, syvyys ja rehevyystaso (Bachmann ym. 1996, Helminen ym. 2000, Jeppesen ym. 2000, Olin ym. 2002). Useissa tutkimuksissa onkin kalayhteisön rakennetta vertailtu pinta-alaltaan ja rehevyystasoltaan erilaisissa vesistöissä (esim. Helminen ym. 2000, Jeppesen ym. 2000). Myös ihmistoiminnan vaikutukset kuten rehevöityminen, happamoituminen sekä istutukset ovat viimeaikoina aiheuttaneet muutoksia kalayhteisöjen rakenteissa (Persson ym. 1991, Brodin & Kuylentierna 1992, Tammi ym. 2003). Erityisesti särkikalajien on havaittu runsastuvan rehevöitymisen johdosta (Persson ym. 1991, Helminen ym. 2000). Verkkokoekalastuksilla voidaan seurata kalayhteisön rakenteessa ja lajien runsaussuhteissa tapahtuvia muutoksia (Kurkilahti & Rask 1999).

Monilla kalalajeilla tärkeimmät kasvuun vaikuttavat tekijät ovat lämpötila ja populaation tiheys (esim. Persson & Greenberg 1990, Lappalainen 2001). Kalojen elinympäristössä tapahtuvat muutokset kuten rehevöityminen tai happamoituminen heijastuvat myös kalojen kasvuun (esim. Nyberg ym. 1995, Lappalainen ym. 2001). Kasvutietoja tarvitaan myös esimerkiksi selvitetessä kalojen sopivaa pyyntikokoa kalastuksen säätelyä varten (esim. Setälä 2003). Kalojen ikä- ja kasvututkimuksilla voidaan seurata kalojen elinolosuhteissa tapahtuvia muutoksia (Rahikainen 1999). Suomessa ahvenen (*Perca fluviatilis*), kuhan (*Sander lucioperca*) ja särjen (*Rutilus rutilus*) kasvua on tutkittu useissa eri vesistöissä (esim. Auvinen 1987, Rask & Raitaniemi 1988, Keskinen ym. 1999).

Lammin-Hämeenkosken Pääjärvi on yksi Suomen tutkituimmista järvistä. Ensimmäiset ekologiset tutkimukset Pääjärvellä tehtiin vuonna 1913, jolloin se kuului Suomen järvien veden ominaisuuksia ja planktonia käsittelevään tutkimusohjelmaan (Ruuhijärvi 1974). Vuodesta 1970 lähtien Pääjärvi on ollut monipuolisen tutkimuksen kohteena aina nykypäivään saakka. Tutkimusten painopiste on kuitenkin ollut veden fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia, planktonia sekä pohjaeläimiä käsittelevissä tutkimushankkeissa (esim. Ilmavirta ym. 1974, Haka ym. 1974, Kairesalo ym. 1985, Grönholm & Hakala 1990, Arvola 1991, George ym. 2004), joten kaloihin liittyvät tutkimukset ovat jääneet vähälle huomiolle. Pääjärvessä kalayhteisön rakennetta, lajien runsaussuhteita sekä kalojen kasvua onkin edellisen kerran laajemmin tutkittu vain 1970-luvun alkupuolella (Viljanen 1974, 1975) Pääjärvi-projektin aikoihin.

Pääjärvi on alueellisesti varsin merkittävä virkistyskalastusjärvi. Järven rehevöitymiskehitys havaittiin jo 1970-luvulla (Ruuhijärvi 1974) ja hidas rehevöityminen on jatkunut edelleen viimeisten 30 vuoden aikana (Hakala & Arvola 1994). Useissa tutkimuksissa on havaittu, että myös muutokset istutettavissa kalalajeissa (esim. Tammi ym. 2003) tai kasvanut kalastuspaine (esim. Auvinen 1987, Huusko ym. 1999, Wusyjack ym. 2002) voivat rehevöitymisen ohella vaikuttaa kalayhteisön rakenteeseen. Taimenen (*Salmo trutta*) istutuksista on luovuttu ja nykyään Pääjärveen istutetaan pääasiassa kuhaa ja siikaa (*Coregonus lavaretus*). Runsaiden kuhaistutuksien myötä myös kalastuslupien (erityisesti uistelulupien) kysyntä on viime vuosina moninkertaistunut. Tämän johdosta voi olettaa, että kalayhteisön rakenteessa on tapahtunut muutoksia viimeisten 30 vuoden aikana. Myös verkkokoekalastusmenetelmät ovat muuttuneet viimeisten 30 vuoden aikana. Yleiskatsausverkot ovat syrjäyttäneet suuren työmäärän takia arvostellut verkkosarjat (Kurkilahti & Rask 1999), joten siinäkin valossa aikaisemmat tulokset eivät enää ole ajan tasalla. Erityisesti kuhaistutuksiin on viimeaikoina panostettu runsaasti resursseja, eikä

kuhan kasvusta Pääjärvässä ole aikaisempaa tutkimustietoa, joten kuhan kasvusta haluttiin saada käsitys.

Tämän pro gradu-tutkielman tarkoituksena oli selvittää kalayhteisön nykytila sekä ahvenen, särjen ja kuhan kasvunopeudet mesotrofisessa (keskiravinteisessa) ja humuspitoisessa Pääjärvässä. Erityisesti on käsitelty kalayhteisön rakennetta sekä ahvenen ja särjen kasvua järven eri osissa. Tarkoituksena oli myös verrata kalayhteisön rakennetta, lajien runsaussuhteita sekä ahvenen ja särjen kasvunopeuksia aikaisemman 1970-luvulla tehdyn tutkimuksen tuloksiin. Tavoitteena oli selvittää, onko viimeisten 30 vuoden aikana kalayhteisön rakenteessa tai ahvenen ja särjen kasvussa tapahtunut merkittäviä muutoksia sekä mahdolliset vasteet erityisesti järven rehevöitymiskehitykseen nähden.

Tämä työ liittyy Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman toimesta tehtyyn koko Pääjärven kattavaa kalastus selvitystä ja kuhan kasvua koskevaan tutkimushankkeeseen. Tutkimuksen rahoittajina toimivat Hämeen TE-keskus, Pääjärven kalastusyhdistys, Kurjalan osakaskunta sekä Lammin ja Hämeenkosken kunnat.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusalue

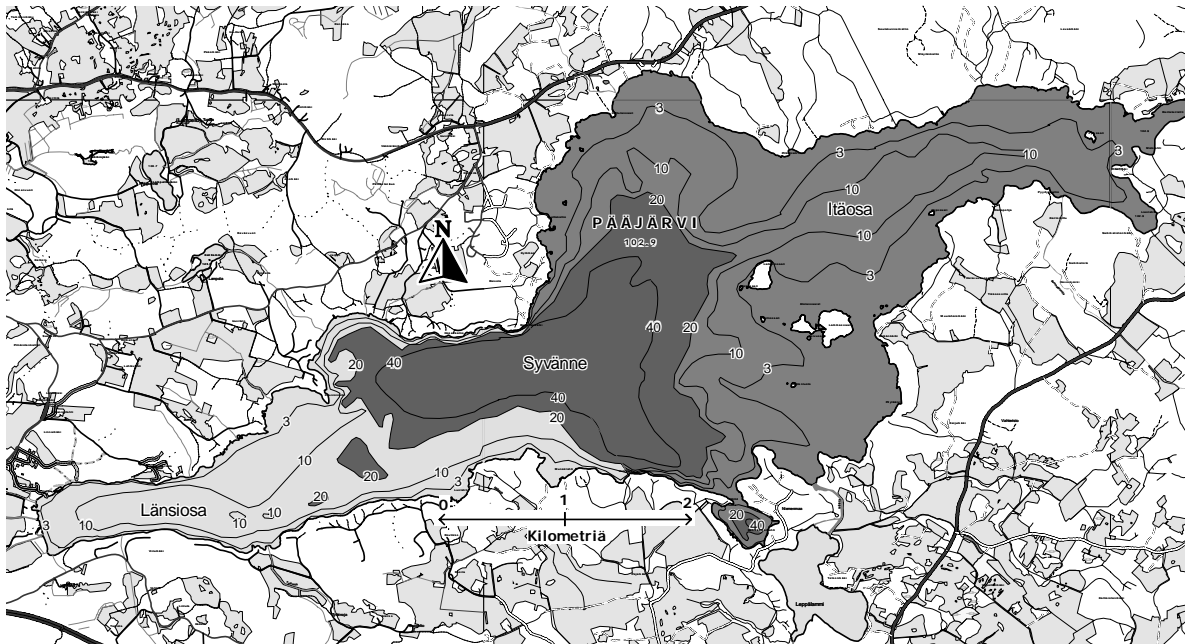
Lammin Pääjärvi (61° 04' N ja 25° 08' E) sijaitsee Etelä-Hämeessä Lammin ja Hämeenkosken kunnissa ja kuuluu Kokemäenjoen vesistön latvajärviin. Se on noin 10 km pitkä, humuspitoinen mesotrofinen järvi, jonka suurin syvyys on 85 m. Järven pinta-ala on 1342 ha, keskisyvyys 14,4 m ja rantaviivan pituus on 33 km. Järven suhteellisen suuri humuspitoisuus näkyy veden väristä sekä vain noin 4 m syvän tuottavan kerroksen ohuudesta (Ruuhijärvi 1974). Pääjärvelle on tyypillistä kesällä vallitseva veden lämpötilakerrostuneisuus, jolloin päällysveden paksuus on keskimäärin 6-8 m. Syksyllä kerrostuneisuus murtuu veden lämpötilan laskiessa noin 10°C:seen. Pääjärven kaltaisessa pitkässä ja syvässä järvestä tuuli sekoittaa helposti päällysvettä sekä muuttaa harppauskerroksen sijaintia (Ruuhijärvi 1974). Pääjärven laajasta valuma-alueesta suurin osa on metsän ja soiden peitossa. Pääjärvi on myös ihmistoiminnan vaikutusten alaisena, sillä järven valuma-alueella harjoitetaan maanviljelystä (18 % valuma-alueen pinta-alasta). Pääjärvestä fosfori on minimiravinne, joka rajoittaa tuotantoa, mutta veden typpipitoisuus on vähäravinteiseksi järveksi erittäin korkea (Nyholm ym. 2003). Järven matalien lahtien ja jokisuiden hidas rehevöityminen havaittiin jo 1970-luvulla ja rehevöitymiskehitys on jatkunut myös viimeisten 30 vuoden aikana (Ruuhijärvi 1974, Hakala & Arvola 1994). Myös järven vedenlaadussa on tapahtunut muutoksia viimeisten 30 vuoden aikana (Taulukko 1). Erityisesti kokonaistyppipitoisuus ja väriarvo ovat kasvaneet, mutta kokonaisfosforipitoisuus näyttää jopa laskeneen. Toisaalta loppukesästä 2004 havaitut sinileväkukinnat viittaavat järven hitaaseen rehevöitymiseen.

Taulukko 1. Pääjärven kemiallisten ominaisuuksien vuotuiset keskiarvot (Ruuhijärvi 1974, Nyholm ym. 2003). Tot. N = kokonaistyppipitoisuus, Tot. P = kokonaisfosforipitoisuus.

Vuosi	pH	Alkaliteetti mmol/l	Sähkönjohtokyky mS/cm/25°C	Väri mg/l Pt	Tot. N mg/m ³	Tot. P mg/m ³
1974	6,98	-	69,0*	40-60	890	12
2001	7,15	0,274	89,8	98	1388	10
2002	7,15	0,287	88,9	93	1464	10

*⁾ mS/cm/20°C

Pääjärvi jaettiin kolmeen eri pyyntialueeseen, jotka ovat länsipää, syväne ja itäpää (Kuva 1). Syväne käsittää järven keskellä olevan yli 20 m syvyisen alueen, joka erottaa länsi- ja itäpään toisistaan lähes kokonaan nopeasti syvenevien rantojen johdosta. Länsipää on pinta-alaltaan pienempi verrattuna itäpäähän, mutta sen keskisyvyys on puolestaan suurempi johtuen jyrkistä rannoista. Itäpäässä puolestaan erityisesti litoraalivyöhykkeen, eli rantavyöhykkeen (0–2 m) osuus on huomattavasti suurempi verrattuna länsipäähän.



Kuva 1. Pääjärven syvyyskartta pyyntialueineen, vaalea harmaa = länsipää (279 ha), tumma harmaa = syväne (342 ha) ja keskitemma harmaa = itäpää (725 ha).

2.2. Tutkimusaineisto ja menetelmät

Aineiston keruu Pääjärvellä tapahtui 19.7.–1.10.2004 välisenä aikana. Verkkokoekalastuksissa käytettiin pyydyksenä pohjoismaista NORDIC-yleiskatsausverkkoa (Appelberg ym. 1995). Verkot olivat 30 m pitkiä ja 1,5 m korkeita. Verkot koostuvat 12 eri solmuvälistä (43; 19,5; 6,25; 10; 55; 8; 12,5; 24; 15,5; 5; 35 ja 29 mm) siten, että jokainen solmuväli muodostaa 2,5 m pitkän hapaan verkosta. Koekalastukset toteutettiin satunnaisotannalla syvyysvyöhykkeittäin (Kurkilahti 1999). Pääjärvi jaettiin 200 x 200 m ruutuihin ja pyyntipaikat valittiin arpomalla. Myös verkkojen suunta rantaviivaan nähden satunnaistettiin. Länsi- ja itäpää jaettiin kolmeen syvyysvyöhykkeeseen. Matalimmalla vyöhykkeellä (0–3 m) käytettiin vain pohjaverkkoja. 3–10 m vyöhykkeellä käytettiin pohjaverkkojen lisäksi pintaverkkoja (0,5 m kohotapsit). 10–20 m vyöhykkeellä käytettiin edellisten lisäksi välivesiverkkoja 6 m kohotapseilla. Syväne jaettiin kahteen syvyysvyöhykkeeseen. 20–40 m vyöhykkeellä käytettiin edellisten lisäksi välivesiverkkoja 15 m kohotapseilla, ja yli 40 m vyöhykkeellä lisäksi välivesiverkkoja 30 m kohotapseilla. Verkkomäärissä otettiin huomioon koko järven, pyyntialueiden sekä syvyysvyöhykkeiden pinta-alat, jolloin pyyntiponnistus pinta-alaa kohden pysyi mahdollisimman samana kaikilla pyyntialueilla. Verkkovuorokausien kokonaislukumäärä oli 93 (Taulukko 2).

Taulukko 2. Pääjärven verkkokoekalastusten verkkovuorokaudet pyyntialueittain ja syvyysvyöhykkeittäin vuonna 2004. Po = pohja, Pi = pinta, Vv 1 = välivesi 6 m tapsit, Vv 2 = välivesi 15 m tapsit ja Vv 3 = välivesi 30 m tapsit. Yht. = pyyntialueen kokonaispyyntiponnistus (verkkovuorokausien lukumäärä), Pp/ha = pyyntiponnistus pinta-alaa kohti (verkkoa/ha)

Syvyysvyöhyke	Verkko-tyyppi	Länsipää 279 ha	Syvänne 342 ha	Itäpää 725 ha
0-3 m	Po	3	-	21
3-10 m	Pi	3	-	9
	Po	3	-	9
10-20 m	Pi	3	-	3
	Vv 1	3	-	3
	Po	3	-	3
20-40 m	Pi	-	3	-
	Vv 1	-	3	-
	Vv 2	-	3	-
	Po	-	3	-
> 40 m	Pi	-	3	-
	Vv 1	-	3	-
	Vv 2	-	3	-
	Vv 3	-	3	-
	Po	-	3	-
Yht.		18	27	48
Pp/ha		0,06	0,08	0,07

Koekalastukset toteutettiin kaikilla pyyntialueilla kolmena pyyntikertana 19.7.–26.8.2004 välisenä aikana. Länsipää ja syväne kalastettiin samalla pyyntikerralla ja pyynnissä oli yhtä aikaa 15 verkkoa. Itäpää kalastettiin erikseen ja pyynnissä oli yhtä aikaa 16 verkkoa. Pitkä pyyntijakso mahdollisti sen, että säätilasta, veden lämpötilasta ym. ympäristökijöistä johtuvaa saalisvaihtelua voitiin vähentää. Verkot laskettiin pyyntiin illalla klo 18–21 välisenä aikana ja nostettiin ylös seuraavana aamuna klo 9–12 välisenä aikana, jolloin pyyntiaikaa kertyi noin 14–15 tuntia.

Jokaisesta koeverkosta laskettiin saalislajikohtaiset yksilömäärät ja yhteismassat (1 g tarkkuudella) solmuväleittäin. Lisäksi jokaisesta pyydyksestä laskettiin petoahventen (> 15 cm) yksilömäärä ja yhteismassa solmuväleittäin, jotta petokalojen osuutta saaliista voitaisiin tarkastella. Lopuksi lajikohtaiset prosenttiosuudet massasta ja yksilömäärästä sekä vastaavat yksikkösaaliit (CPUE kg/verkko ja yksilöä/verkko) laskettiin koko järvelle, sekä jokaiselle pyyntialueelle erikseen. Myös keskiarvon keskivirheet yksikkösaaliille laskettiin suoraan aineistosta. Saalislajien pituusjakauman selvittämiseksi jokaisesta kalasta mitattiin kokonaispituus 1 cm tarkkuudella.

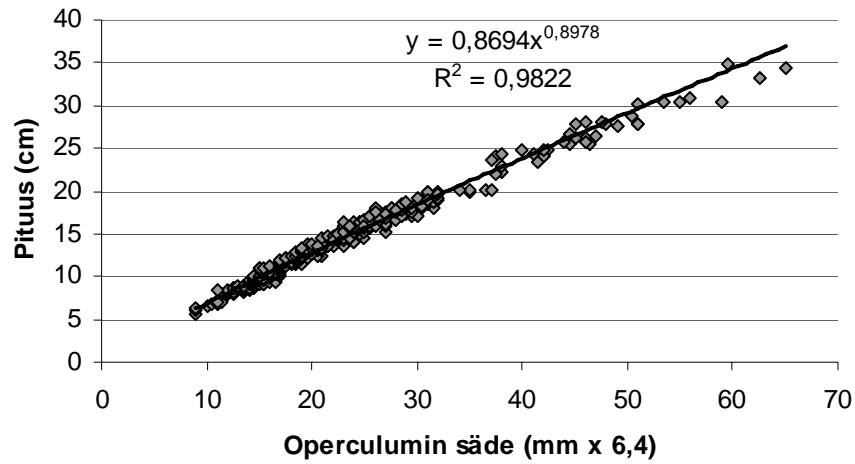
Verrattaessa kalaston rakennetta 1970-luvun tuloksiin (kts. Viljanen 1975) otettiin huomioon länsipäästä vain 0–3, 3–10 ja 10–20 m syvyysvyöhykkeiden sekä itäpäästä 0–3 ja 3–10 m syvyysvyöhykkeiden pohjaverkkojen saaliit, koska aiemmassa tutkimuksessa verkkoja oli pidetty länsipäässä 2–15 m ja itäpäässä 2–5 m syvyydessä pohjalla. Tämän lisäksi otettiin huomioon vain 12,5–55 mm solmuvälien saaliit, mitkä parhaiten vastasivat aiemmin käytettyä VEKARYN-verkkosarjaa.

Ikä- ja kasvututkimuksia varten osa näytekalosta saatiin koekalastussaaalista. Sen lisäksi näytekalaja pyydettiin länsi- ja itäpäästä myös ylimääräisillä kalastuskerroilla käyttäen NORDIC-yleiskatsausverkkoja. Länsipäässä Pappilanlahdella oli pyynnissä myös ankeriasrysä koko pyyntijakson ajan, josta saatiin muutamia näytekalaja. Kookkaampien

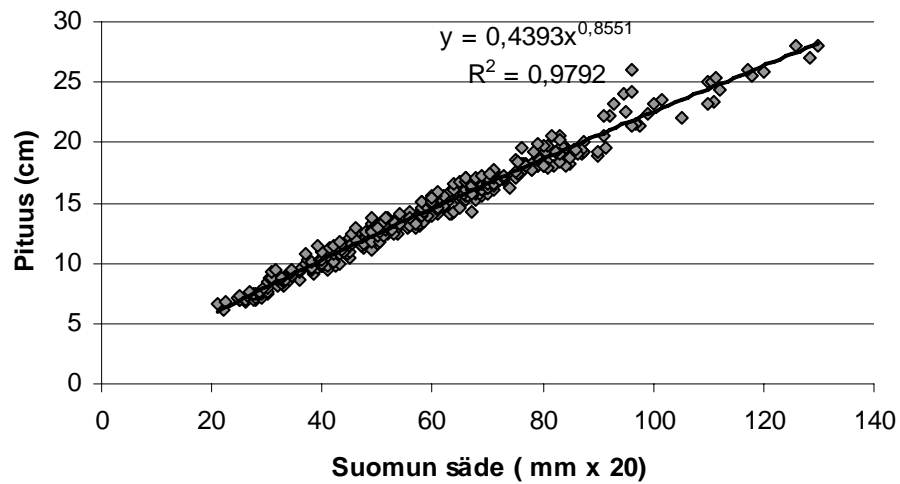
ahventen sekä kuhien riittävän näytemäärän turvaamiseksi pyydettiin kaloja myös tavallisilla 1,5–1,8 x 30 m harvoilla verkoilla, joiden solmuvälit olivat 30, 35, 42, 45, 47, 55 ja 60 mm. Kookkaampia ahvenia ja kuhia pyydettiin kesällä myös uistelemalla sekä syksyllä jiggiä heittelemällä. Näytekalojen pituus mitattiin 1 mm tarkkuudella ja kalat punnittiin 1 g tarkkuudella. Lisäksi ahvenesta määritettiin sukupuoli.

Ahvenen iän- ja kasvunmääritys tehtiin operculumista, eli päällimmäisestä kiduskannenluusta. Iän- ja kasvunmääritykset tehtiin yhteensä 325 ahvenelta, jota varten näytekaloilta irrotettiin ja puhdistettiin molemmat operculumit, ja niiden annettiin kuivua. Ahventen ikä ja vuosirenkaiden etäisyydet mitattiin stereomikroskoopin avulla käyttäen 6,4-kertaista suurennusta. Vuosikasvuyöhykkeiden mittausselin kulki operculumin keskellä luun tyven harjanteen korkeimmasta kohdasta reunaan saakka kohtisuorassa kasvuyöhykkeitä vastaan. Operculumista mitattiin sen säde sekä vuosirenkaiden etäisyydet tyvestä. Särjen sekä kuhan iän- ja kasvunmääritykset tehtiin suomusta yhteensä 328 särjeltä ja 101 kuhlalta. Suomunäytteet (n. 20 suomua/kala) otettiin särjellä kylkiviivan yläpuolelta selkäevän etureunan kohdalta ja kuhlalla kylkiviivan yläpuolelta takimmaisen selkäevän etureunan kohdalta. Suomujen annettiin kuivua suomupusseissa viikon ajan, jonka jälkeen niistä tehtiin suomuprässillä jäljenteet läpinäkyvälle muovilevyille. Särjen ja kuhan ikä sekä vuosirenkaiden etäisyydet mitattiin mikrokortinlukulaitteen (Canon Fiche Reader 250 T) avulla käyttäen 20-kertaista suurennusta. Vuosikasvuyöhykkeiden mittausselin kulki särjellä suomun keskuksesta reunaan saakka takalohkon keskustan ja takakulman välille, jossa vuosirenkaat olivat kohtisuorassa mittausselimeen nähden. Kuhlalla mittausselin kulki suomun keskuksesta reunaan saakka etulohkon keskustan ja etukulman välille. Suomusta mitattiin sen säde sekä vuosirenkaiden etäisyydet keskuksesta.

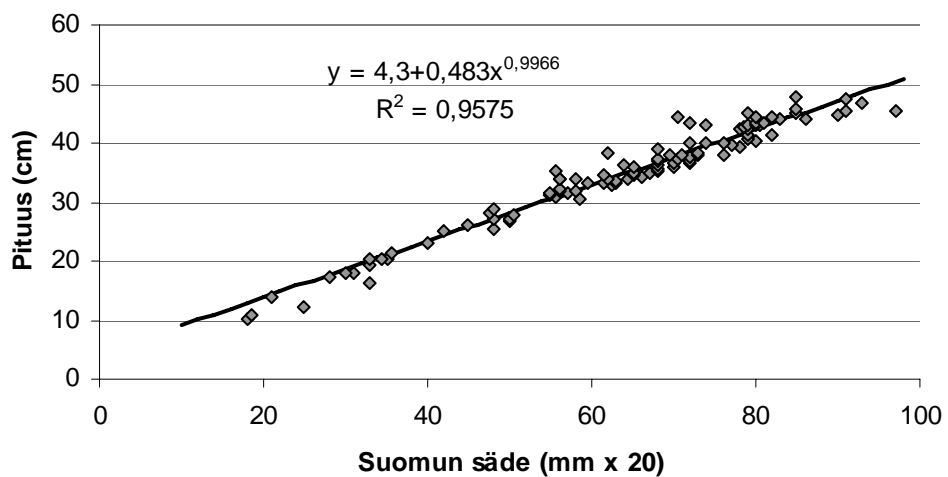
Ahvenen sekä särjen pituuden L ja operculumin/suomun säteen S välistä riippuvuutta (Kuvat 2 ja 3) kuvasi hyvin Monastyrskyn (1930) regressiomalli: $L = aS^b$, missä a ja b ovat vakioita. Ahvenen sekä särjen pituus iässä i (L_i) laskettiin takautuvasti käyttäen ahvenella vakiota ($b = 0,8978$, s.e. $\pm 0,007$) ja särjellä vakiota ($b = 0,8551$, s.e. $\pm 0,007$) kaavalla: $L_i = (S_i S^{-1})^b L$, missä S_i on vuosirenkaan etäisyys operculumin/suomun tyvestä/keskuksesta iässä i . Kuhan pituuden ja suomun säteen välistä riippuvuutta (Kuva 4) kuvasi hyvin Fryn (1943) kaavalla sovitettu käyrä $L = (c + aS^b)$, jossa a , b ja c ovat vakioita. Koska aineistosta puuttuivat 0-vuotiaat kuhat niin kirjallisuuden perusteella päätettiin, että pituus suomujen muodostumishetkellä eli vakio $c = 4,3$. Aiemmissä tutkimuksissa on käytetty mm. arvoja 4,2–4,4 (Ruuhijärvi ym. 1996, Keskinen & Marjomäki 2003). Tämän jälkeen vakiot ($a = 0,4834$, s.e. $\pm 0,055$ ja $b = 0,9966$, s.e. $\pm 0,027$) iteroitiin SPSS v12.0-ohjelmalla käyttäen epälineaarista regressiomallia. Kuhan pituus iässä i laskettiin takautuvasti kaavalla: $L_i = (S_i S^{-1})^b (L - c) + c$.



Kuva 2. Ahvenen pituuden ja operculumin säteen välinen riippuvuus (n = 325).



Kuva 3. Särjen pituuden ja suomun säteen välinen riippuvuus (n = 328).



Kuva 4. Kuhan pituuden ja suomun säteen välinen riippuvuus (n = 100).

Ahvenelle, särjelle ja kuhalle laskettiin takautuvasti ikäryhmäkohtaiset keskipituudet koko aineistosta vuosiluokittain. Ahvenelle ja särjelle laskettiin lisäksi ikäryhmäkohtaiset keskipituudet länsi- ja itäpään pyyntialueille erikseen. Ahvenella ikäryhmäkohtaiset keskipituudet laskettiin erikseen myös koiraille ja naaraille. Kuhan poikasten keskipituudet istutushetkellä saatiin istutuspöytäkirjoista.

Ahvenen ja särjen hetkellisen kokonaiskuolevuuden (Z) laskemiseksi valittiin näytekaloista otos ikä-pituusavaimen muodostamiseksi. Otokseen valittiin kaikki verkoilla pyydytyt ikänäytekalat. Ahvenella ja särjellä käytettiin 1 cm pituusluokkajakoa. Ikä-pituusavaimen avulla laskettiin pituusluokkaan 1 ja ikäryhmään a kuuluvien yksilöiden lukumäärä koko näytteessä (n_{1a}) (koekalastussaaliissa): $n_{1a} = (o_{1a}/o_1)n_1$, jossa o = otos ja n = näyte. Tämän jälkeen ikäryhmäkohtaisista saalisfrekvensseistä laskettiin luonnolliset logaritmit, jotka sijoitettiin koordinaatistoon (saaliskäyrä) (Heincke 1913). Huomioon otettiin vain saaliiseen täysin rekrytoituneet ikäryhmät eli ahvenella 2-10-vuotiaat ja särjellä 5-14-vuotiaat. Keskimääräinen hetkellinen kokonaiskuolevuus saatiin kuvaan sovitetun suoran kulmakertoimesta.

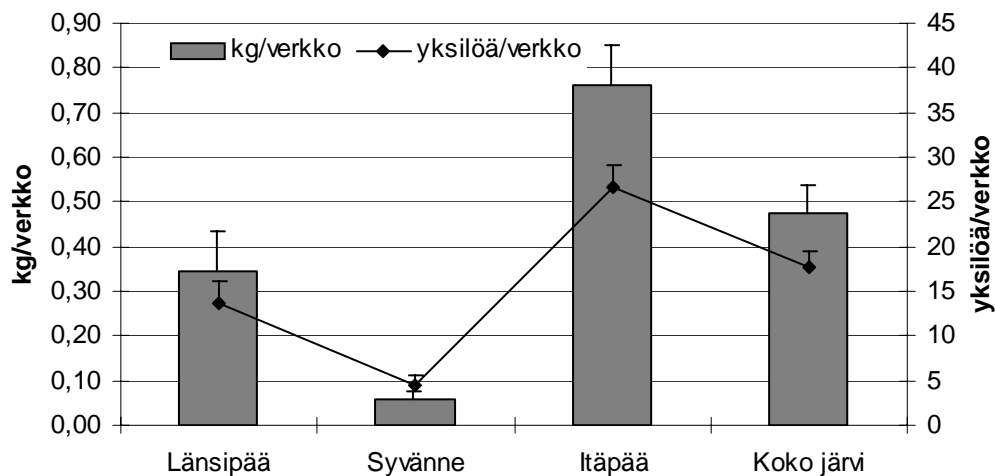
2.3. Tilastolliset analyysit

Ahvenen ja särjen kasvunopeudessa havaittujen erojen tilastollisen merkitsevyyden testaamiseen eri pyyntialueiden, sukupuolten ja vuosien välillä käytettiin kahden riippumattoman otoksen keskiarvotestiä (t -testi). Ikäryhmäkohtaiset keskipituudet testattiin erikseen pareittain. Testisuureen arvot t ja vapausasteet df laskettiin Microsoft Excel ohjelmalla ja vastaavat merkitsevyydet (p -arvot) katsottiin taulukosta. Jos jommankumman testattavan otoksen näytekoko n oli alle 30, niin tarvittava vapausasteluku ratkaistiin yhtälöstä: $1/df = c^2/n_1 - 1 + (1-c)^2/n_2 - 1$, missä $c = (s_1^2/n_1)/(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)$.

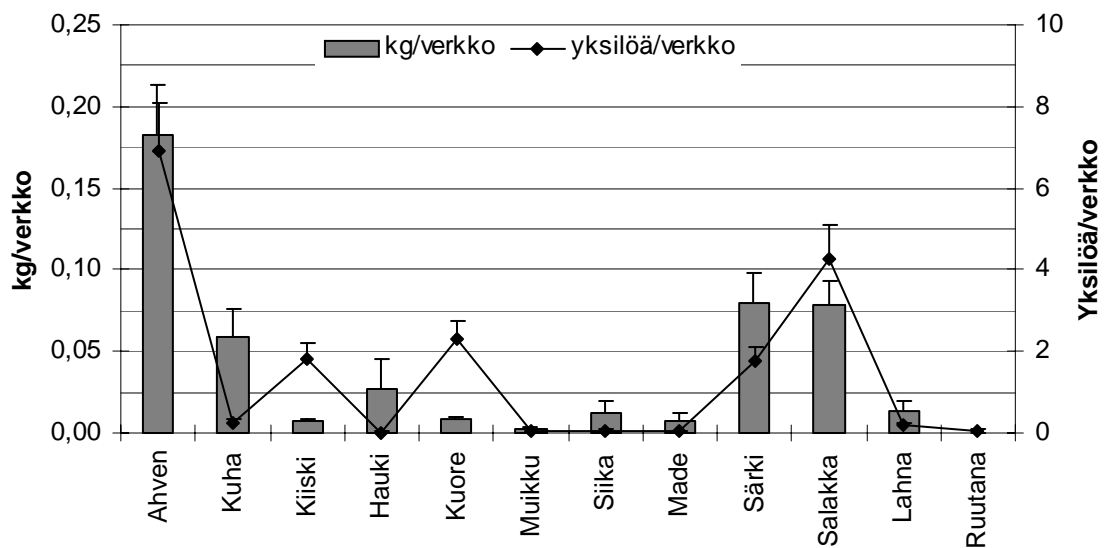
3. TULOKSET

3.1. Kalayhteisön rakenne

Pääjärven kokonaisyksikkösaalis massana oli 0,48 kg/verkko ja yksilömääränä 18 yks./verkko (Kuva 5). Yksikkösaaliit olivat suurimmat itäpäässä ja pienimmät syvänteellä. Koekalastusten perusteella Pääjärnessä esiintyy ainakin 12 kalalajia. Yksikkösaaliiden mukaan biomassaltaan tärkeimmät lajit ovat ahven, särki, salakka (*Alburnus alburnus*), kuha ja hauki (*Esox lucius*) (Kuva 6). Yksilömäärältään runsaimmat lajit puolestaan ovat ahven, salakka, kuore (*Osmerus eperlanus*), kiiski (*Gymnocephalus cernuus*) ja särki. Pääjärnessä esiintyy myös ainakin suutaria (*Tinca tinca*), sillä pyyntijakson aikana tuli saaliiksi ankeriasryssä kaksi kookasta yksilöä.

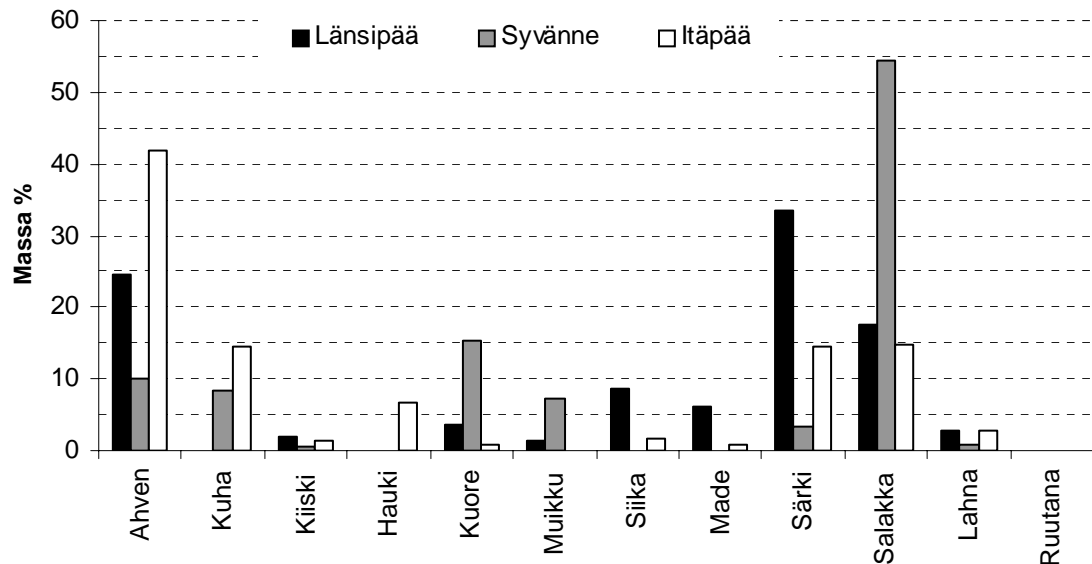


Kuva 5. Pääjärven kokonaisyksikkösaaliit massoina ja yksilömäärinä vuonna 2004 pyyntialueittain ja kokojärvelle erikseen laskettuna sekä keskiarvon keskivirheet.

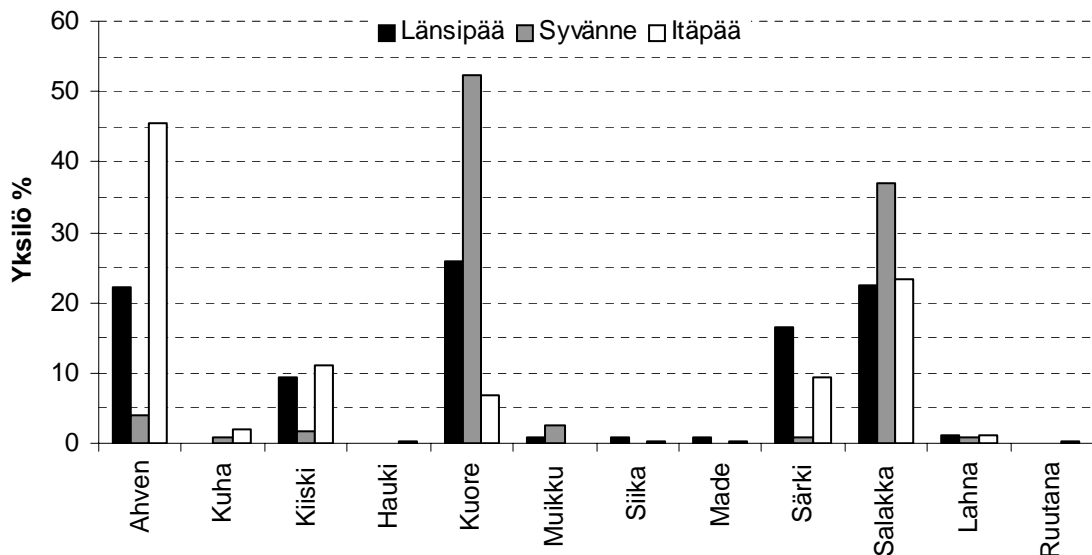


Kuva 6. Pääjärven yksikkösaaliit massoina ja yksilömäärinä kalalajeittain vuonna 2004 sekä keskiarvon keskivirheet.

Kalayhteisön rakenteessa oli eroja sekä yksikkösaaliin massan että yksilömäärän osalta Pääjärven eri pyyntialueiden välillä (Kuvat 7 ja 8). Koekalastusten mukaan länsipäässä järveä biomassaltaan vallitsevat lajit ovat särki, ahven, salakka ja siika. Syvänteellä biomassaltaan tärkeimmät lajit ovat salakka ja kuore. Itäpäässä järveä biomassaltaan tärkeimmät lajit puolestaan ovat ahven, särki, salakka ja kuha. Yksilömäärältään runsaimmat lajit länsipäässä järveä ovat kuore, salakka, ahven ja särki. Syvänteellä taas yksilömäärältään vallitsevat lajit ovat kuore ja salakka. Itäpäässä järveä yksilömäärältään runsaimmat lajit puolestaan ovat ahven, salakka, kiiski ja särki.

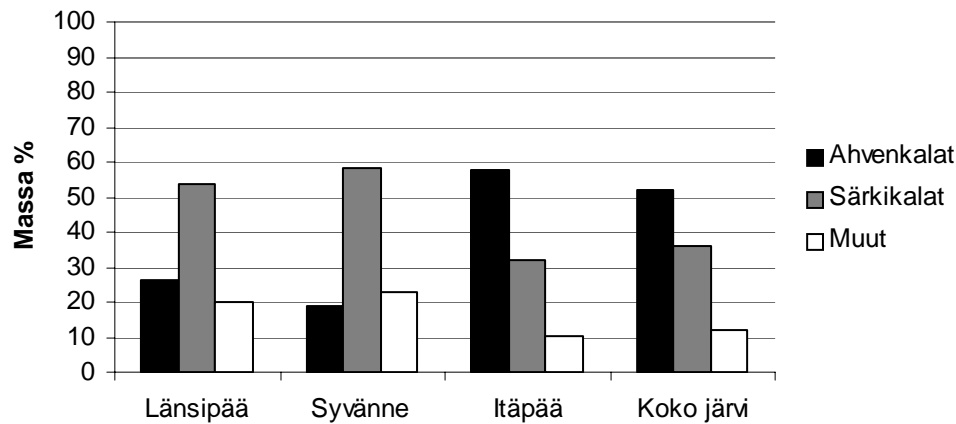


Kuva 7. Eri kalalajien prosenttiosuudet yksikkösaaliin massasta Pääjärven pyyntialueittain vuonna 2004.

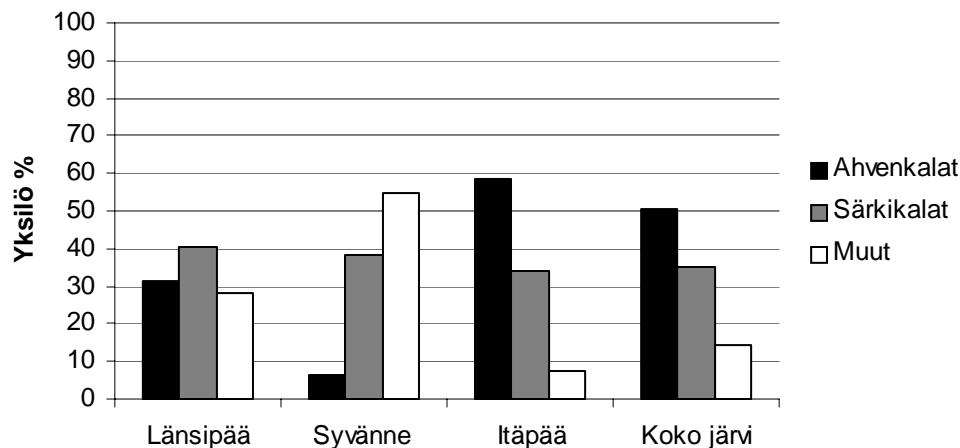


Kuva 8. Eri kalalajien prosenttiosuudet yksikkösaaliin yksilömäärästä Pääjärven pyyntialueittain vuonna 2004.

Koekalastussaaliiden perusteella Pääjärven kalastoa hallitsevat biomassan osalta ahvenkalat (ahven, kuha ja kiiski) 52 % osuudella (Kuva 9). Särkikalojen (särki, salakka, lahna (*Abramis brama*) ja ruutana (*Carassius carassius*)) osuus yksikkösaaliin massasta oli 36 %. Pyyntialueiden osalta ahvenkalat ovat vallitsevia itäpäässä järveä. Länsipäässä järveä ja syvänteellä puolestaan kalastoa hallitsevat biomassan osalta särkikalat. Myös yksilömäärän osalta Pääjärven kalastoa hallitsevat ahvenkalat 51 % osuudella (Kuva 10). Särkikalojen osuus yksilömäärästä oli 35 %. Pyyntialueiden osalta itäpäässä järveä ahvenkalat olivat vallitsevia myös yksilömäärän osalta. Länsipäässä järveä puolestaan särkikalat hallitsevat kalastoa yksilömäärän osalta, mutta syvänteellä vallitsevia olivat muut kalat (lähinnä kuore).

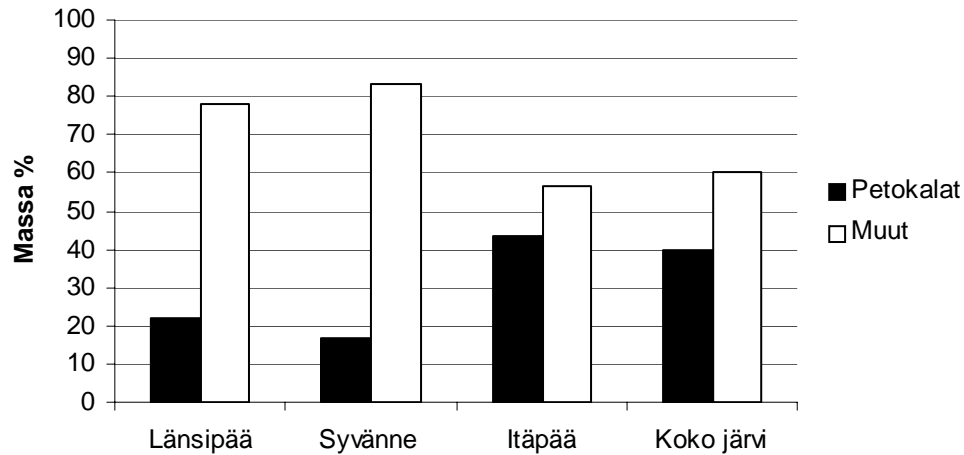


Kuva 9. Ahven- ja särkikalojen prosenttiosuudet yksikkösaaliin massasta Pääjärvessä vuonna 2004 pyyntialueittain ja kokojärvelle erikseen laskettuna.

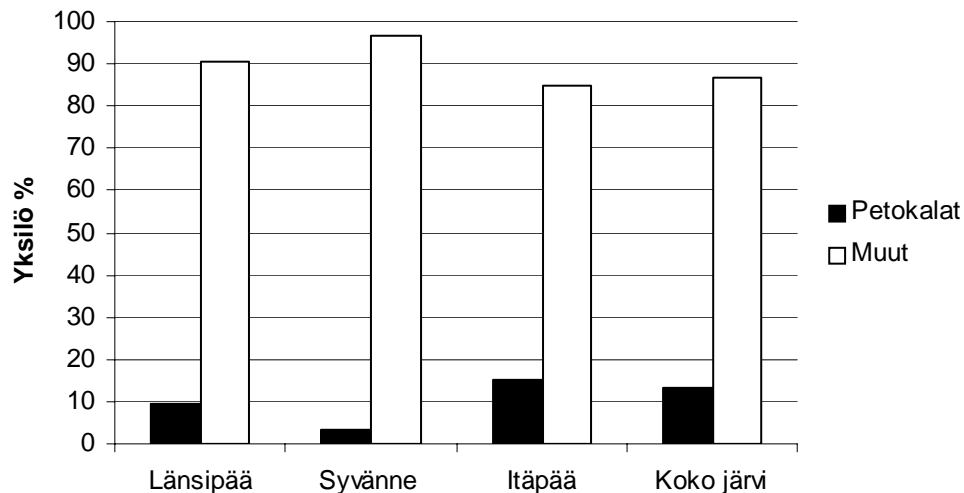


Kuva 10. Ahven- ja särkikalojen prosenttiosuudet yksikkösaaliin yksilömäärästä Pääjärvessä vuonna 2004 pyyntialueittain ja kokojärvelle erikseen laskettuna.

Koekalastusten perusteella Pääjärvessä petokalojen (yli 15 cm ahven, kuha, hauki (*Esox lucius*) ja made (*Lota lota*)) osuus yksikkösaaliin massasta oli 40 % (Kuva 11). Itäpäässä järveä petokalojen osuus yksikkösaaliin massasta oli jopa 44 %, kun taas syvänteellä vain 17 %. Yksilömäärästä puolestaan petokalojen osuus Pääjärvellä oli 13 % (Kuva 12). Myös pyyntialueiden osalta petokalojen osuus yksilömäärästä oli suurin itäpäässä järveä 15 % osuudella ja pienin syvänteellä osuuden ollessa vain 3 %.

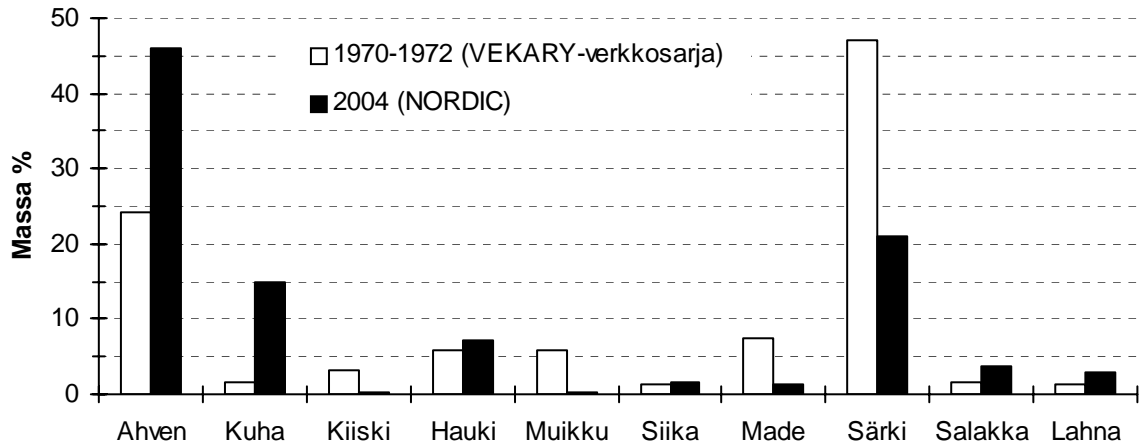


Kuva 11. Petokalojen prosenttiosuudet yksikkösaaliin massasta Pääjärvessä vuonna 2004 pyyntialueittain ja kokojärvelle erikseen laskettuna.

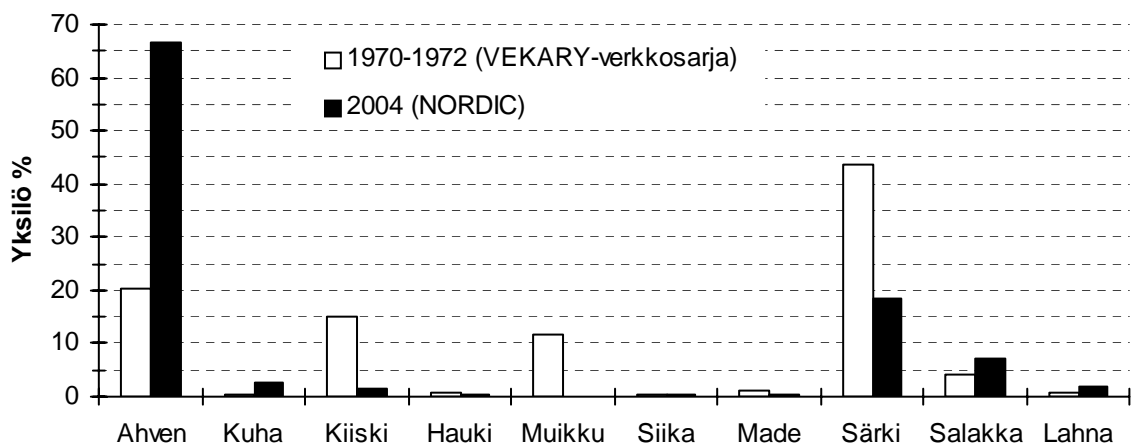


Kuva 12. Petokalojen prosenttiosuudet yksikkösaaliin yksilömäärästä Pääjärvessä vuonna 2004 pyyntialueittain ja kokojärvelle erikseen laskettuna.

Verrattaessa tuloksia aikaisemman 1970-luvulla tehdyn tutkimuksen (Viljanen 1975) tuloksiin näyttää kalayhteisön rakenteessa tapahtuneen muutoksia (Kuvat 13 ja 14). Ahvenen osuus yksikkösaaliin massasta näyttää kasvaneen 24 prosentista 46 prosenttiin ja kuhan osuus 2 prosentista 15 prosenttiin. Särjen osuus yksikkösaaliin massasta puolestaan näyttää vähentyneen 47 prosentista 21 prosenttiin. Myös mateen ja muikun osuudet yksikkösaaliin massasta näyttävät vähentyneen. Varsinkin yksilömäärästä ahvenen osuus näyttää kasvaneen huomattavasti 21 prosentista 67 prosenttiin. Särjen osuus yksilömäärästä puolestaan näyttää vähentyneen 44 prosentista 19 prosenttiin. Myös kiisken ja muikun osuudet yksilömäärästä näyttävät vähentyneen.



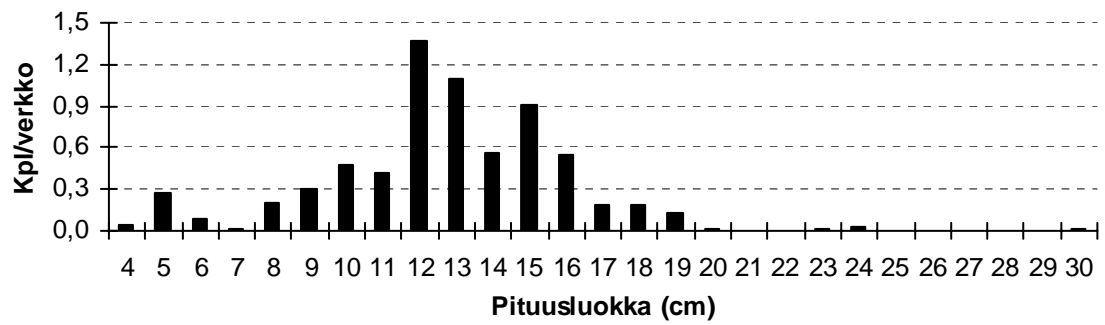
Kuva 13. Eri kalalajien prosenttiosuudet yksikkösaaliin massasta Pääjärvässä vuonna 2004 (NORDIC, vain solmuvälit 12,5–55 mm pohjaverkoista alle 20 m syvyyssyöhykkeiltä) ja vuosina 1970–72 (Viljanen 1975, VEKARY-verkkosarja, solmuvälit 12–70 mm).



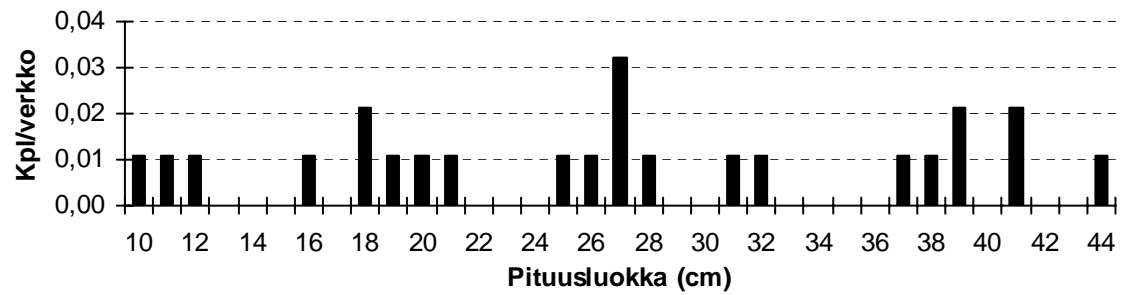
Kuva 14. Eri kalalajien prosenttiosuudet yksikkösaaliin yksilömäärästä Pääjärvässä vuonna 2004 (NORDIC, vain solmuvälit 12,5–55 mm pohjaverkoista alle 20 m syvyyssyöhykkeiltä) ja vuosina 1970–72 (Viljanen 1975, VEKARY-verkkosarja, solmuvälit 12–70 mm).

Verkkokoekalastusten perusteella ahvenen vallitseva kokoluokka on Pääjärvässä 12–13 cm pituiset yksilöt (Kuva 15). Toisaalta myös yli 15 cm petoahvenia oli saaliissa kohtalaisesti. Kesän 2004 poikaset (0+-vuotiaat) erottuvat myös omana ryhmänään. Kuhalla puolestaan erottuu kaksi ikäryhmää (1+ ja 2+-vuotiaat) omina ryhminään, mutta mikään kokoluokka ei näytä olevan erityisen vallitseva. Pääjärven kiisket ja kuoreet olivat melko pienikokoisia. Kiiskellä vallitseva kokoluokka oli 6–7 cm pituiset yksilöt ja kuoreella 8 cm pituiset yksilöt. Salakalla puolestaan selkeästi vallitsevana kokoluokkana erottuivat muista 14–15 cm pituiset yksilöt. Särjen kokojakauma Pääjärvässä oli monipuolinen ja kokojakauma oli kaksihuippuinen. Saaliissa oli runsaasti 13–14 cm pituisia yksilöitä sekä 16–18 cm pituisia yksilöitä. Myös kookkaita yli 20 cm pituisia yksilöitä oli saaliissa jonkin verran.

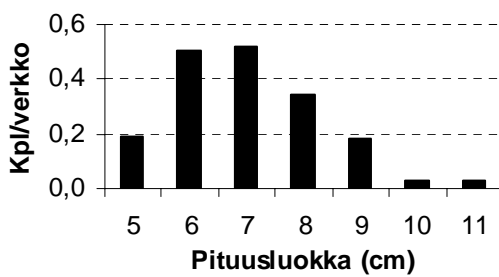
A. Ahven



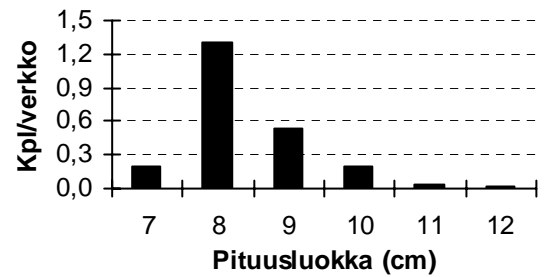
B. Kuha



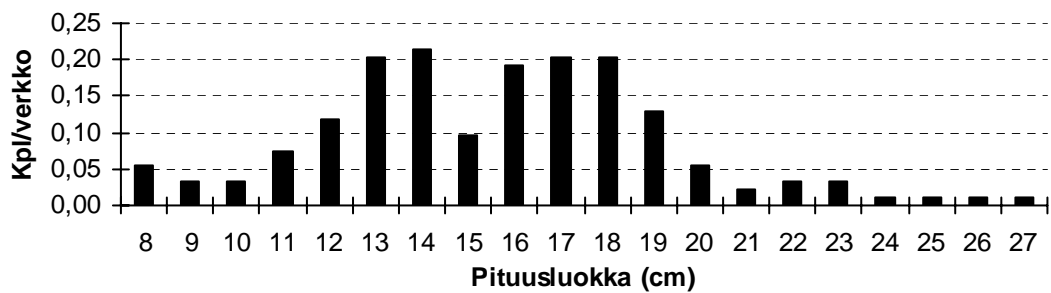
C. Kiiski



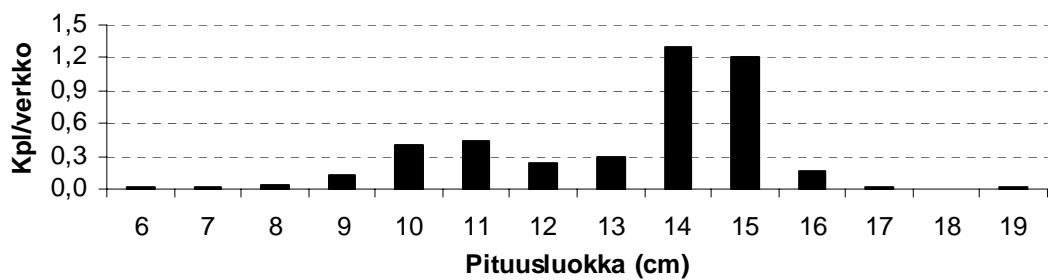
D. Kuore



E. Särki



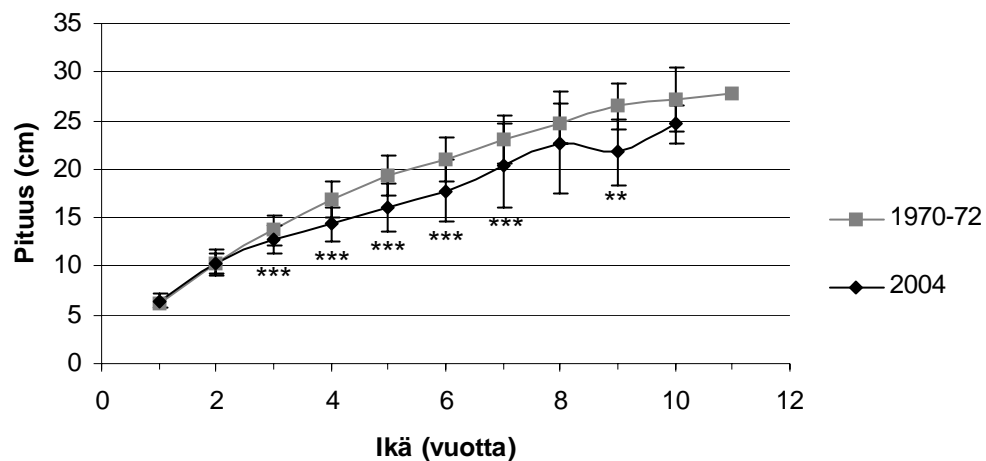
F. Salakka



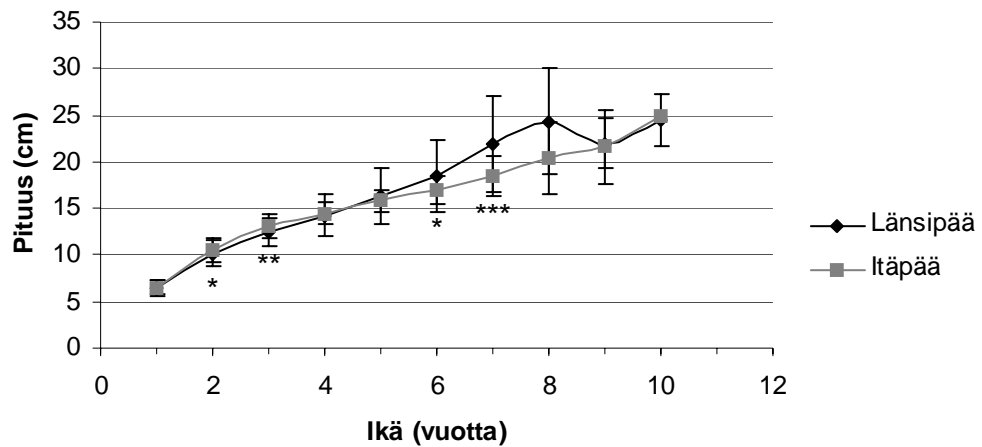
Kuva 15. Koekalastussaaliin tärkeimpien kalalajien kokojakaumat Pääjärviessä vuonna 2004.

3.2. Ahvenen, särjen ja kuhan kasvu

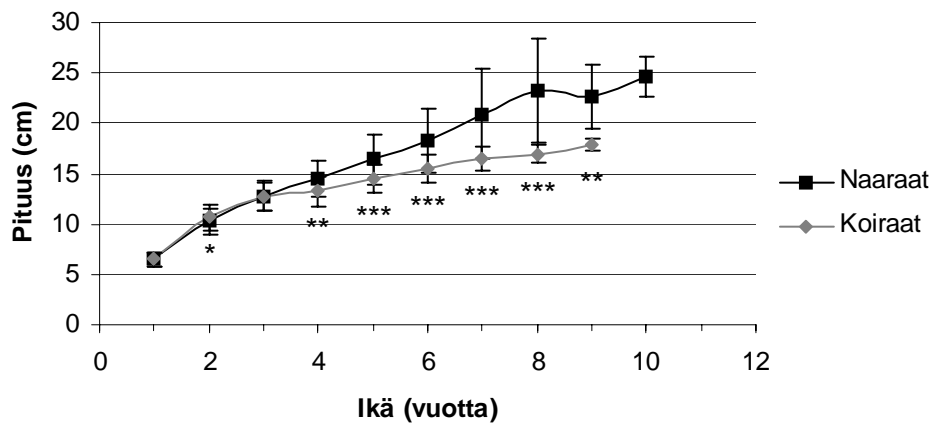
Ahven saavuttaa 20 cm pituuden Pääjärnessä keskimäärin seitsemannen kasvukauden aikana (Kuva 16). Kasvu on kuitenkin hidastunut verrattaessa tuloksia aikaisemman 1970-luvulla tehdyn (Viljanen 1975) tutkimuksen tuloksiin. Ero oli ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa tilastollisesti erittäin merkitsevä 3-7-vuotiaana ja merkitsevä 9-vuotiaana (*t*-testi). Toisaalta myös yksilöiden väliset kasvuerot olivat suuria. Esim. pituudet 7-vuotiaana vaihtelivat välillä 15–32 cm. Ahvenen ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa oli eroja myös pyyntialueiden välillä (Kuva 17). Itäpäässä 2-3-vuotiaana ahventen keskipituudet olivat suuremmat kuin länsipäässä, ja ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä 2-vuotiaana ja merkitsevä 3-vuotiaana (*t*-testi). Toisaalta 5-8-vuotiaana ahvenet puolestaan olivat suurempia länsipäässä ja ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä 6-vuotiaana ja erittäin merkitsevä 7-vuotiaana (*t*-testi). Ahvenen ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa oli eroja myös sukupuolten välillä (Kuva 18). Koiraiden keskipituudet olivat 1-3-vuotiaana suuremmat kuin naaraiden ja ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä 2-vuotiaana (*t*-testi). 4-vuotiaana ja sitä vanhempana naaraat puolestaan kasvoivat koiraita nopeammin ja erot olivat tilastollisesti merkitseviä tai erittäin merkitseviä (*t*-testi). Tarkasteltaessa ahvenen ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia vuosiluokkakohtaisesti havaitaan, että erityisesti vuosiluokkien 1996, 2001 ja 2002 kasvunopeus on ollut poikkeuksellisen hyvä (Kuva 19).



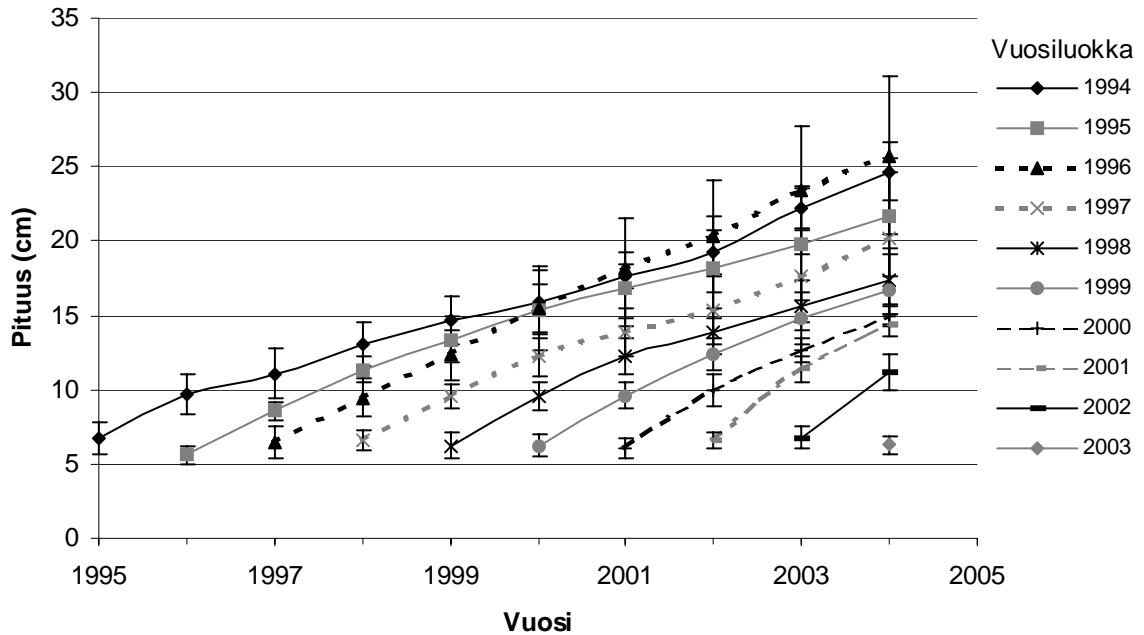
Kuva 16. Ahvenen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärnessä vuosina 1970–72 (Viljanen 1975) ja vuonna 2004 sekä keskihajonnat (2004 $n = 317$, 1970–72 $n = 682$). ** $p < 0.01$ ja *** $p < 0.001$.



Kuva 17. Ahvenen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärvässä vuonna 2004 pyyntialueittain sekä keskihajonnat (länsipää n = 164, itäpää n = 153). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ ja *** $p < 0.001$.

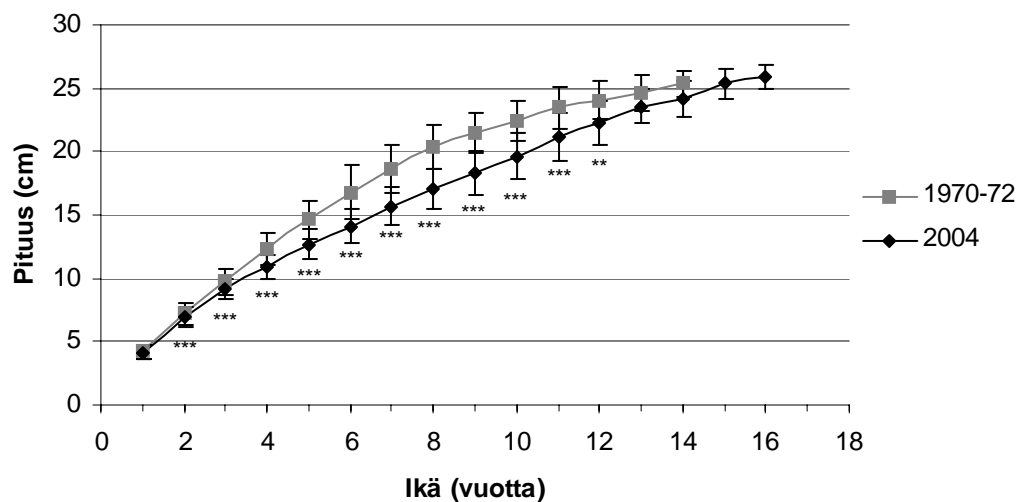


Kuva 18. Ahvenkoiraiden ja naaraiden takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärvässä vuonna 2004 sekä keskihajonnat (naaraat n = 199, koiraat n = 106). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ ja *** $p < 0.001$.

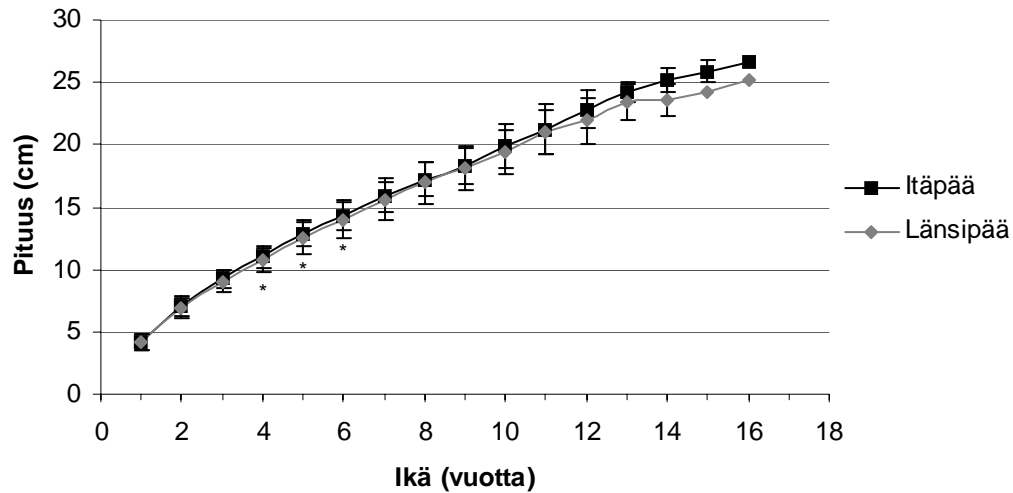


Kuva 19. Ahvenen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärnessä vuosiluokittain sekä keskihajonnat.

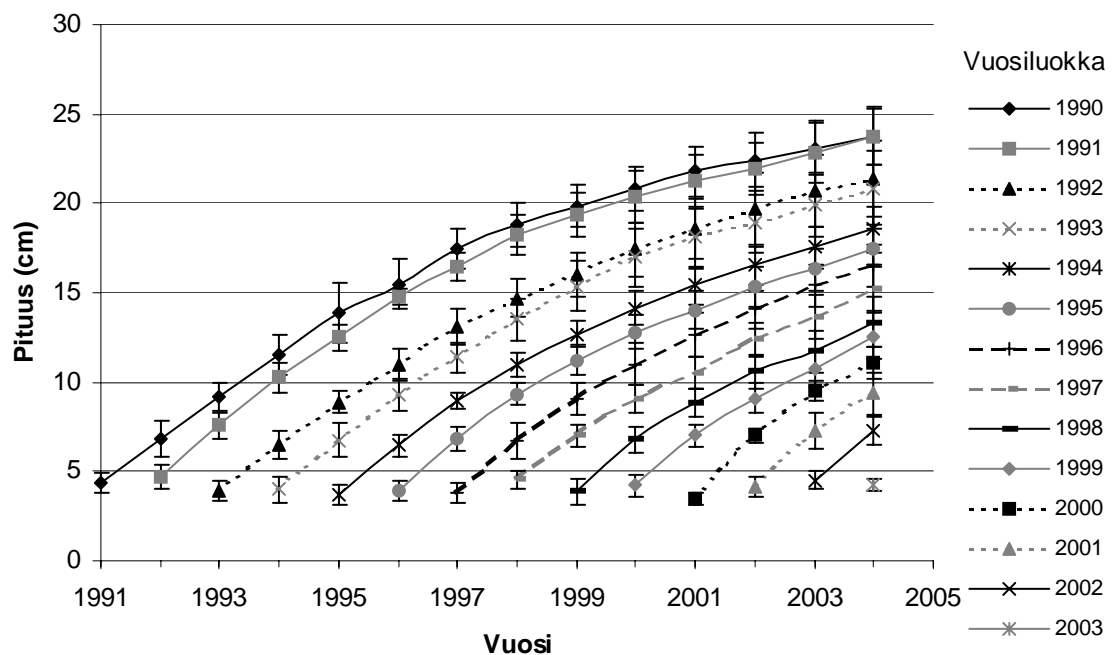
Särki saavuttaa 20 cm keskipituuden Pääjärnessä 11 kasvukauden aikana (Kuva 20). Myös särjen kasvu on hidastunut verrattaessa tuloksia aikaisemman 70-luvulla tehdyn tutkimuksen (Viljanen 1975) tuloksiin. Ero oli ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa tilastollisesti erittäin merkitsevä 2-11-vuotiaana ja merkitsevä 12-vuotiaana (*t*-testi). Särjen ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa oli eroja myös pyyntialueiden välillä (Kuva 21). Ikäryhmäkohtaiset keskipituudet olivat särjellä itäpäässä hieman suuremmat kuin länsipäässä ja ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä vain 4-6-vuotiaana (*t*-testi). Tarkasteltaessa särjen ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia vuosiluokkakohtaisesti havaitaan, että 90-luvun alussa syntyneet vuosiluokat, erityisesti vuosiluokka 1991, ovat olleet nopeakasvuisia (Kuva 22).



Kuva 20. Särjen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärnessä vuosina 1970–72 (Viljanen 1975) ja vuonna 2004 sekä keskihajonnat (2004 $n = 327$, 1970–72 $n = 700$). ** $p < 0.01$ ja *** $p < 0.001$.



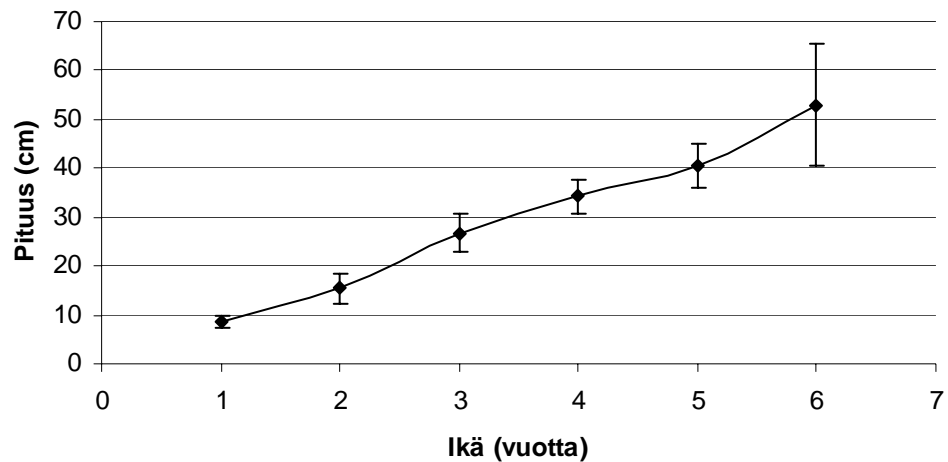
Kuva 21. Särjen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärvässä vuonna 2004 pyyntialueittain sekä keskihajonnat (itäpää n = 154, länsipää n = 173). * p<0.05.



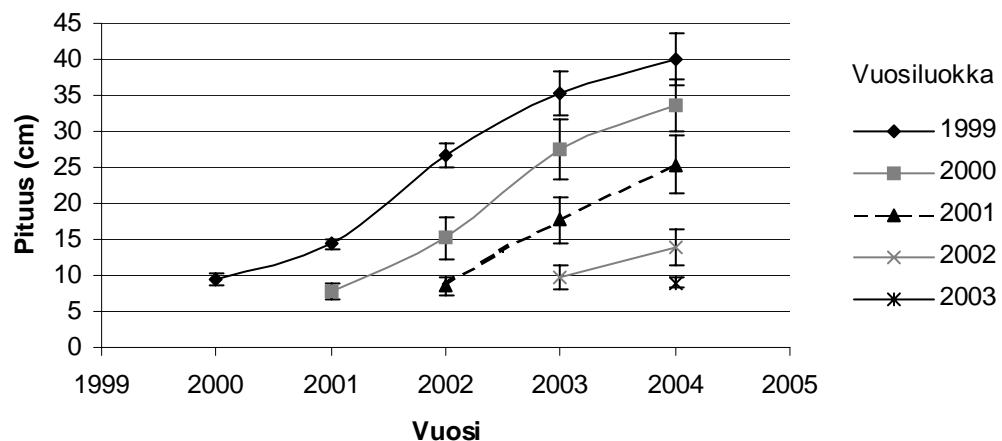
Kuva 22. Särjen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärvässä vuosiluokittain sekä keskihajonnat.

Kuhan pituuskasvu Pääjärvässä on viiden ensimmäisen kasvukauden aikana lähes lineaarista. Kuha saavuttaa Pääjärvässä kalastusasetuksessa säädetyn alamitan 37 cm keskimäärin viidennen kasvukauden aikana ja on kasvukauden päättyessä keskimäärin 40 cm mittainen (Kuva 23). Toisaalta nopeakasvuimmat yksilöt ovat jo 4-vuotiaana yli 40 cm mittaisia. Kun tarkastellaan kuhan ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia vuosiluokkakohtaisesti, havaitaan että kasvu on hyvin samanlaista kaikilla vuosiluokilla (Kuva 24). Lisäksi esimerkiksi kasvukaudella 2002 on kasvu ollut kaikilla vuosiluokilla erityisen nopeaa. Verrattaessa kuhan poikasten keskipituuksia istutushetkellä ja

takautuvasti laskettuja keskipituuksia 1-vuotiaana havaitaan, että poikasten kasvu on nopeaa vielä loppukesän ja syksyn aikana (Taulukko 3).



Kuva 23. Kujan takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Pääjärvenssä vuonna 2004 sekä keskihajonnat (n = 101).



Kuva 24. Kujan takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet vuosiluokittain Pääjärvenssä sekä keskihajonnat.

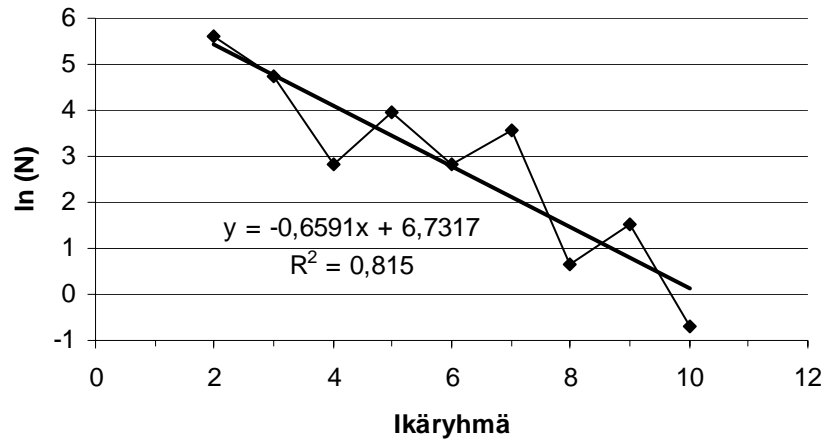
Taulukko 3. Kujan keskipituudet istutushetkellä ja takautuvasti lasketut keskipituudet 1-vuotiaana Pääjärvenssä vuosiluokittain.

Vuosi- luokka	istutus- päivä	Keskipituus (cm) istutus hetkellä	Keskipituus (cm) 1-vuotiaana	n
1999	8.elo	7	9,32	18
2000	26.elo	7	7,86	45
2001	31.heinä	5,5	8,52	23
2002	21.heinä	6,3	9,71	8
2003	27.heinä	5	8,93	5

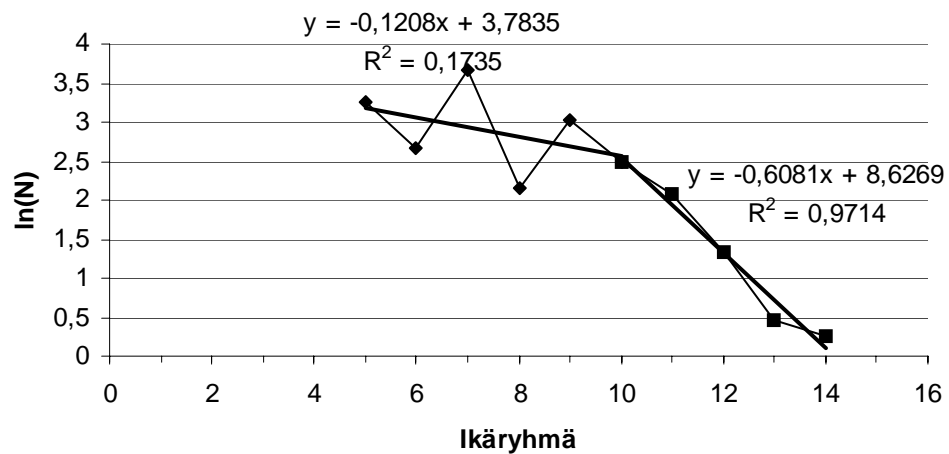
3.3. Ahvenen ja särjen kuolevuus

Ahvenella hetkellinen kokonaiskuolevuus Pääjärvenssä pysyy suhteellisen vakiona 2-10-vuotiailla kaloilla (Kuva 25). Hetkellisen kokonaiskuolevuuden (Z) arvoksi saatiin

ahvenella 0,66 (s.e. $\pm 0,12$). Särjellä puolestaan hetkellinen kokonaiskuolevuus Pääjärvässä on 5-10-vuotiailla huomattavasti pienempi kuin 10-14-vuotiailla kaloilla (Kuva 26). Hetkellisen kokonaiskuolevuuden arvoksi saatiin 5-10-vuotiailla särjillä 0,12 (s.e. $\pm 0,13$) ja 10-14-vuotiailla 0,61 (s.e. $\pm 0,06$).



Kuva 25. Ahvenen saaliskäyrä ja siihen sovitettu suora, jonka kulmakertoimen on hetkellinen kokonaiskuolevuus (Z).



Kuva 26. Särjen saaliskäyrä ja siihen 5-10 sekä 10-14-vuotiaille erikseen sovitetut suorat, joiden kulmakertoimet ovat hetkelliset kokonaiskuolevuudet (Z).

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1. Kalayhteisön rakenne

Pääjärven yksikkösaaliit sekä massoina että yksilömäärinä jäivät varsin niukoiksi. Koekalastussaaliiden perusteella Pääjärvi on ahvenkalavaltainen ja myös petokalojen osuus yksikkösaaliista oli varsin suuri. Suurimmat yksikkösaaliit saatiin itäpäästä järveä, joka oli pinta-alaltaan suurin pyyntialueista, joten kalaston rakenne itäpään pyyntialueella vaikutti suuresti myös koko järveä käsitteleviin tuloksiin.

Pääjärven kokonaisyksikkösaaliit olivat lähes 50 % pienempiä kuin muissa kokonaisfosforipitoisuuden osalta samankaltaisissa mesotrofisissa järvissä (Helminen ym. 2000, Olin ym. 2002). Ainoastaan itäpään pyyntialueen kokonaisyksikkösaalis oli lähellä saman rehevyydston järvien keskiarvoa, kun taas länsipäässä järveä ja syvänteellä kokonaisyksikkösaaliit olivat huomattavasti pienempiä. Myös kalalajikohtaiset yksikkösaaliit olivat pieniä muihin mesotrofisiin järviin verrattuna (Olin ym. 2002). Ainoastaan kuhan yksikkösaalis massana oli suurempi kuin Olinin ym. (2002) tutkimuksen mesotrofisissa järvissä. Pienistä yksikkösaaliista, veden tummasta väristä ja hämärän aikaan tapahtuneesta pyynnistä johtuen voidaan olettaa, ettei pyydysten saturoituminen eli verkon täytyminen kaloista ole merkittävästi vaikuttanut niiden pyytävyyteen (Olin ym. 2004), ja sitä kautta tuloksiin. Syvänteeseen yksikkösaaliiseen ovat voineet mahdollisesti vaikuttaa epäedulliset kalastusolosuhteet. Esimerkiksi toisella pyyntikerralla elokuun alkupuolella alusveden kovat virtaukset vetivät jopa lippupoijun vedenpinnan alapuolelle, joten 30 m tapseilla olleen välivesiverkon ja pohjaverkon pyytävyydestä kyseisellä pyyntikerralla ei ole varmuutta. Mahdollisesti myös kesän 2004 poikkeukselliset olosuhteet (tulva) ovat vaikuttaneet yksikkösaaliisiin. Kesä 2004 oli erittäin sateinen ja Pääjärven vedenpinta nousi korkeammalle kuin kevättulvan aikaan. Tämän johdosta osa kaloista oli mahdollisesti siirtynyt tulvarannoille koekalastuksissa käytettyjen pyydysten ulottumattomiin. Esimerkiksi kuhia tuli parhaiten saaliiksi rantaverkoista 0-3 m syvyysvyöhykkeeltä ja kasvututkimuksia varten saatiin useita yksilöitä saaliiksi jopa kasvillisuuden sekaan viritetystä ankeriasrysästä. Samanlainen ilmiö on havaittu kesällä 2004 myös esim. Lahden Vesijärvellä (Ruuhijärvi & Ala-Opas 2005).

Suomen vakinaiseen kalastoon kuuluu 60 kalalajia, joista 37 lajia esiintyy sisävesissä (Koli 1990). Viljasen (1974) mukaan Pääjärvestä esiintyi 1970-luvulla 16 joko alkuperäistä tai istutettua kalalajia. Tämän tutkimuksen perusteella Pääjärvestä näistä lajeista esiintyy ainakin 13. Eroa selittää se, että esimerkiksi taimenistutuksista on luovuttu. Pääjärven kivikkorannoilla esiintyy myös kivisimppua (*Cottus cobio*) (J. Ruuhijärvi, henk.koht. tiedonanto) ja kivenuoliaista (*Noemacheilus barbatulus*) (M. Rask, henk.koht. tiedonanto), joiden pyydystämiseen sähkökalastus soveltuu verkkokalastuksia paremmin. Tärkeimmät tekijät, jotka vaikuttavat kalalajien lukumäärään, ovat järven pinta-ala sekä rehevyydston taso (Bachmann ym. 1996, Helminen ym. 2000, Jeppesen ym. 2000, Olin ym. 2002, Tammi ym. 2003). Saarimaantieteellisen teorian mukaan pinta-alaltaan suurissa ja syvissä järvissä on tarjolla enemmän erilaisia elinympäristöjä, mikä selittää suuremman lajilukumäärän (Mac Arthur & Wilson 1967, Jeppesen ym. 2000). Esimerkiksi Päijänteessä alkuperäisiä kalalajeja on 26 ja Laatokassa 40 (Koli 1990). Pääjärvestä esiintyvien kalalajien lukumäärä on hyvin lähellä muiden pinta-alaltaan ja rehevyydstonaltaan samankaltaisten järvien lajilukumäärää (Helminen ym. 2000, Olin ym. 2002, Tammi ym. 2003). Biomassaltaan tärkeimmät lajit ahven, särki, salakka, kuha ja hauki ovat biomassaltaan tärkeimpiä lajeja myös muissa samankaltaisissa järvissä esim. Lahden Vesijärvessä (Olin ym. 2002), kuin myös yksilömäärältään runsaimmat lajit ahven, salakka, kuore, kiiski ja särki. Tässä suhteessa Pääjärven kalaston rakenne edustaa

tyypillisen suomalaisen mesotrofisen ja pinta-alaltaan suurehkon järven kalaston rakennetta.

Koekalastusten perusteella Pääjärvi on ahvenkalavaltainen, mikä on Perssonin ym. (1991) mukaan tyypillistä mesotrofisille järville. Vaikka järven rehevöityminen on käynnissä niin rehevöitymisestä johtuva särkikalojen runsastuminen (Persson ym. 1991, Persson 1991, Helminen ym. 2000, Jeppesen ym. 2000, Olin ym. 2002) ei näy kalayhteisön rakenteessa, sillä särkikalamäärät olivat varsin pienet. Rehevöityneissä järvissä särkikalojen yksikkösaaliit ovat yleensä useita kiloja ja särkikalat hallitsevat kalastoa (Helminen ym. 2000, Olin ym. 2002). Myös Pääjärven särkikalojen lajilukumäärä on pieni, esimerkiksi pasuri (*Blicca bjoerkna*), sorva (*Scardinius erythrophthalmus*) sekä sulkava (*Abramis ballerus*) puuttuvat kalastosta. Pääjärvi ei vielä ole niin rehevä, että pasuri, sorva tai sulkava menestyisi siinä. Syynä puuttumiseen voi olla myös leviämissesteet. Kalayhteisön rakenne kuitenkin erosi pyyntialueiden välillä. Itäpäässä järveä yksikkösaaliin massan osalta vallitsevia olivat ahvenkalat, kun taas syvänteellä ja länsipäässä järveä särkikalat olivat vallitsevia. Itäpään pyyntialue oli pinta-alaltaan suurin ja myös verkkovuorokausia kertyi eniten, joten kalayhteisön rakenne itäpään pyyntialueella heijastuu myös koko järveä käsitteleviin tuloksiin. Ahvenkalojen särkikaloja pienempi osuus länsipään pyyntialueella selittyy ainakin osittain sillä, että ainuttakaan kuhaa ei saatu länsipäästä koekalastuksissa saaliiksi. Kuhaa kuitenkin esiintyy myös länsipäässä, sillä kasvututkimuksia varten pyydetyistä kuhista suurin osa saatiin nimenomaan kyseiseltä pyyntialueelta. Mahdollisesti myös kesän 2004 tulvalla oli vaikutusta länsipään pyyntialueen heikkoon kuhasaaliiseen koekalastuksissa, sillä litoraalivyöhykkeen osuus pinta-alasta on huomattavasti pienempi kuin itäpäässä. Tästä johtuen myös pyyntiponnistus 0-3 m syvyysohjukkeella oli samassa suhteessa pienempi kuin itäpäässä. Toinen mahdollinen selitys länsipään pyyntialueen särkikalavaltaisuuteen ja itäpään ahvenkalavaltaisuuteen liittyy eroihin erityisesti nuorten ahvenien ja särkien saalistustehokkuudessa erilaisissa elinympäristöissä. Ahvenen on havaittu olevan särkeä ja lahnaa tehokkaampi saalistaja kasvillisuuden joukossa, ja särki puolestaan on ahventa tehokkaampi saalistaja vapaan veden alueella (Winfield 1986, Diehl 1988). Diehlin (1988) mukaan nuoret ahvenet myös suosivat vesikasvillisuusalueita, kun taas nuoret särjet ja lahnat puolestaan suosivat kasvillisuudesta vapaita alueita. Itäpään pyyntialueella litoraalivyöhykkeen osuus pinta-alasta on suuri ja myös kasvillisuuden peittäämä pinta-ala on suuri, kun taas länsipäässä rannat syvenevät nopeasti ja kasvillisuuden peitossa oleva pinta-ala on suhteellisesti huomattavasti pienempi kuin itäpäässä. Tästä johtuen itäpää mahdollisesti suosii ahvenen nuoruusvaiheita ja länsipää puolestaan särjen ja lahnan nuoruusvaiheita saalistustehokkuuden kautta, mikä selittäisi erot kalayhteisön rakenteessa. Syvänteen pyyntialueen särkikalavaltaisuus selittyy salakan ylivoimaisella osuudella yksikkösaaliin massasta. Toisaalta yksilömäärän osalta runsain laji syvänteellä kuitenkin oli kuore. Tässä suhteessa tulokset olivat odotetun mukaisia, sillä molemmat lajit ovat tyypillisiä ulappa-alueen kalalajeja. Myös muikku on tyypillinen selkävesien planktonisyöjä, mutta koekalastusten perusteella Pääjärven muikkukanta on tällä hetkellä varsin heikko.

Petokalojen osuus yksikkösaaliin massasta oli kohtalaisen suuri. Esimerkiksi hyvänä kuhajärvenä pidetyllä Lahden Vesijärvellä ei päästä petokalojen osalta vastaaviin osuuksiin (Ruuhijärvi & Ala-Opas 2005). Perssonin ym. (1991) mukaan petokalojen osuus on korkeimmillaan mesotrofisissa järvissä, joihin Pääjärvi myös luetaan. Petokaloista petoahvenet (yli 15 cm) olivat vallitsevia kaikilla pyyntialueilla. Toisaalta myös kuhan osuus oli merkittävä erityisesti itäpään pyyntialueella. Kuhan suhteellisen suuri osuus johtuu osittain viime vuosien runsaista istutuksista (keskimäärin 14 500 kpl/vuosi, 11

kpl/ha), mutta toisaalta myös viime vuosien (1999, 2001 ja 2002) lämpimillä kesillä on osuutta asiaan. Ahvenen onkin havaittu olevan petokaloista vallitseva laji oligotrofisissa sekä mesotrofisissa järvissä ja hauen sekä kuhan puolestaan eutrofisissa eli rehevissä järvissä (Persson ym. 1991, Jeppesen ym. 2000). Tässä suhteessa tulokset tukevat aikaisempia tutkimuksia. Todennäköisesti hauen osuus petokaloista on todellisuudessa suurempi kuin nyt saatujen tulosten perusteella näyttää. Tämä johtuu siitä, että hauki viihtyy kasvillisuuden joukossa ollen näin koekalastusverkkojen ulottumattomissa. Toisaalta myös eri-ikäisten ja kokoisten haukien pyydystettävyys koekalastusverkoilla vaihtelee johtuen pyydysten valikoivuudesta (Pierce & Tomcko 2003). Pääjärven haukikanta kuitenkin vaikuttaa runsaalta, sillä pyydetessä näytekaloja kasvututkimuksia varten saatiin sivusaaliina useita haukia. Petokalojen osuus oli suurimmillaan itäpäässä järveä, mikä johtuu kuhan osuudesta saaliissa. Syvänteellä petokalojen osuus puolestaan oli pienin, mikä oli vastoin ennako-odotuksia. Erityisesti kuhia odotettiin tulevan saaliiksi syvänteeltä huomattavasti enemmän. Todennäköisesti kesän 2004 olosuhteilla oli vaikutusta asiaan. Mahdollisesti saaliskalojen siirtyessä lämpötilan ja ravinnon houkuttelemina tulvarannoille myös kuhat ja petoahvenet siirtyivät niiden perässä matalampaan. Runsaille petokalakannoilla on myös sikäli merkitystä, että ne saattavat myös osaltaan pitää särkikalakantoja kurissa. Monissa biomanipulaatiohankkeissa onkin rehevöityneisiin järviin istutettu petokaloja, lähinnä haukea ja kuhaa, vähentämään planktonia ravinnokseen käytettäviä kaloja (Berg ym. 1997, Seda ym. 2000, Wusyjack ym. 2002).

Verrattaessa kalayhteisön rakennetta 1970-luvulla tehdyn tutkimuksen (Viljanen 1975) tuloksiin näyttää ahvenen ja kuhan osuus yksikkösaaliin massasta runsastuneen ja vastaavasti särjen osuus vähentyneen. Havaitut muutokset kalayhteisön rakenteessa viimeisten 30 vuoden aikana eivät kuitenkaan välttämättä ole todellisia, vaan voivat olla käytetyistä menetelmistä johtuvia. 1970-luvulla verkkokoekalastuksissa on käytetty VEKARY:n verkkosarjaa sekä kiinteitä verkkopaikkoja. Lisäksi koekalastuksia on tehty koko avovesikautena ja jopa talvella. Tästä johtuen esim. verkkojen osuminen kutuaikaan hyvillä paikoille saattaa vääristää tuloksia jonkun tietyn kalalajin osalta huomattavasti, jolloin erot kalayhteisön rakenteessa voivat olla pyyntiajankohdasta johtuvia. Tässä tutkimuksessa taas koekalastukset toteutettiin normaaliin koekalastusaikaan loppukesästä, sekä käytettiin pyydyksenä NORDIC-yleiskatsausverkkoja ja satunnaistettuja verkkopaikkoja. Myös koekalastuksissa käytettyjen pyydysten selektiivisyydessä on havaittu eroja (Kurkilahti 1999). Toisaalta havaitut erot kalayhteisön rakenteessa voivat myös olla todenmukaisia. Särjen runsautta 70-luvulla voi osaltaan selittää vuonna 1960 alkanut järven säännöstely, jolloin vedenpinnan kevätmaksimia alennettiin lähes metrillä (Ruuhijärvi 1974). Uusi rantavyöhyke uposkasveineen oli 1970-luvulla vasta muodostumassa ja vähemmän monimuotoinen elinympäristö suosi särkeä ahvenen kustannuksella (Ala-Opas & Sairanen 2005). Ainoana varmana muutoksena kalayhteisön rakenteessa voidaan pitää kuhan runsastumista, sillä kuhan osuus massasta on 10-kertainen 1970-lukuun verrattuna. Runsaille istutuksilla onkin Pääjärveen saatu viime vuosina luotua pyydystettävä kuhakanta. Muutos on ollut hyvin samanlainen myös monissa muissakin järvissä (esim. Peltonen ym. 1999). Yleisesti ottaen 1960- ja 1970-luvulla kuhakannat taantuivat monissa järvissä ja kuha jopa hävisi useista järvistä. Syinä taantumisiin on pidetty peräkkäisiä kylmiä kesiä sekä puuvillaverkot syrjäyttäneiden nailonverkkojen yleistymistä (Colby & Lehtonen 1994, Lehtonen ym. 1996). 1980-luvulta lähtien kuhaa on kotiutettu istutuksin alun perin kuhattomiin järviin sekä järviin, joista se on hävinnyt ja saatu aikaan pysyviä ja luontaisesti lisääntyviä kantoja (Ruuhijärvi ym. 1996). Viime vuosien lämpimien kesien ja runsaiden istutusten johdosta kuhakannat ovatkin runsastuneet monilla järvillä. Myös muikun osuuden väheneminen saattaa olla

todenmukaista, sillä voimakkaat kannanvaihtelut ovat muikulle tyypillisiä (Salojärvi 1987, Auvinen ym. 1993) ja nyt saatetaan olla aallonpohjassa.

Ahvenen vallitseva kokoluokka Pääjärvässä on 12–13 cm pituiset yksilöt, jotka kuuluvat lähes yksinomaan vuosiluokkaan 2002. Tämän vallitsevan vuosiluokan runsaus johtuu todennäköisesti erittäin lämpimästä kesästä 2002, jolloin kasvukausi oli myös keskimääräistä pidempi. Kasvukauden lämpötilalla on useissa tutkimuksissa havaittu olevan positiivinen vaikutus ahvenen vuosiluokan vahvuuteen (esim. Craig ym. 1979, Sarvala & Helminen 1996, Kjellman ym. 2001). Koekalastusten perusteella ahvenen vuosiluokka 2004 (0+-ikäryhmä) näyttää heikolta, mikä selittyy kylmällä kesällä. Myös särjen poikastuotanto vaikuttaa heikolta, sillä saaliiksi ei tullut ainuttakaan 0+-ikäryhmän särkeä. Toisaalta särjen 0+-ikäryhmän poikaset saattavat olla kylminä kesinä Pääjärvässä niin pienikokoisia etteivät edes ehdi rekrytoitua NORDIC-yleiskatsausverkkoon. Myöskään rehevöitymisen vaikutukset eivät näy särkikalojen pituusjakaumissa, sillä särjen ja salakan pituusjakaumat ovat monipuoliset ja saaliissa oli myös kookkaita yksilöitä. Rehevöitymistä ja kalayhteisön rakenteen muutosta kuvaavien alle 10 cm pituisten särkikalojen (Rask ym. 1997) osuus saaliissa oli varsin pieni.

4.2. Ahvenen, särjen ja kuhan kasvu

Ahvenen kasvu Pääjärvässä on muihin järviin verrattuna kohtalaista, sillä 7-vuotiaat ahvenet ovat keskimäärin yli 20 cm pituisia. Ahvenet ovat Suomessa 3-vuotiaana pituudeltaan keskimäärin 11–13 cm, 7-vuotiaana 19–21 cm ja 9-vuotiaana 22–24 cm (Koli 1990). Tässä suhteessa Pääjärven ahvenen kasvunopeus ei poikkea maamme keskiarvosta, vaan edustaa tilannetta tyypillisessä suomalaisessa järvässä. Nopeampaa kasvua on havaittu esim. Karjalan Pyhäjärvässä (Auvinen 1987) sekä Säkylän Pyhäjärvässä (Sarvala ym. 1994), joissa molemmissa ahvenet saavuttavat 20 cm pituuden jo 5-vuotiaana. Hitaampaa kasvua kuin Pääjärvässä on puolestaan havaittu tiheissä ahvenpopulaatioissa pienissä humuspitoisissa metsäjärävissä (Rask & Raitaniemi 1988). Yksilöiden väliset kasvuerot ahvenella olivat suuria etenkin vanhemmissa ikäryhmissä. Tämä johtuu todennäköisesti eroista ravinnonkäytössä. Kalaravintoon siirtyneet yksilöt kasvavat nopeammin kuin planktonia tai pohjaeläimiä ravinnokseen käyttävät samanikäiset yksilöt (Koli 1990, Le Cren 1992, Kjellman ym. 1996, Raitaniemi ym. 2000). Toisaalta ahventen on havaittu kasvavan myös pohjaeläinravinnolla erittäin nopeasti happamoitumisen harventamassa populaatiossa (Nyberg ym. 1995). Pääjärvellä ahvenen on havaittu siirtyvän kalaravinnon käyttöön 4-5-vuotiaana jolloin ahvenet ovat saavuttaneet yli 15 cm pituuden (Viljanen 1975). Myös tämän tutkimuksen tulosten perusteella kookkaimpien ahventen kasvu oli nopeutunut yksilöiden ollessa n. 15–20 cm pituisia, mikä tukee ajatusta ravinnonkäytöstä johtuvista kasvuerosta yksilöiden välillä.

Ahvenen kasvu näyttää hidastuneen 1970-luvun tutkimuksen (Viljanen 1975) tuloksiin nähden. Kasvun hidastuminen ei kuitenkaan välttämättä ole todellista, vaan johtuu ainakin osittain käytetystä menetelmästä, sillä aikaisemmat kasvunmääritykset on tehty suomista kun taas tässä tutkimuksessa kasvunmääritykseen käytettiin operculumia. Käytettyjen menetelmien eroista johtuvaa eroa ahvenen kasvunopeudessa tukee se, että aikaisemmassa tutkimuksessa osasta aineistoa tehtyjen operculumien ja suomujen kaksoismäärityksissä saatiin Viljasen (1975) mukaan operculumista määritettynä 7 % kaloista vanhempia kuin suomusta määritettynä. Toisaalta ahvenen kasvun hidastuminen saattaa olla myös todellista ja johtua mahdollisesti lisääntyneestä ravintokilpailusta särkikalojen sekä omien lajitovereidensä kanssa. Ahvenella on havaittu niin sanottu nuoruusvaiheen pullonkaulausvaikutus, jossa eri koko- ja ikäryhmien välinen kilpailu pohjaeläinravinnosta hidastaa siirtymistä kalaravinnon käyttöön, jolloin kasvu hidastuu

(Persson 1986, Persson & Greenberg 1990). Perssonin & Greenbergin (1990) mukaan ravintokilpailu nuoruusvaiheessa eläinplanktonista särjen kanssa pakottaa ahvenet siirtymään aikaisemmin pohjaeläinravintoon, jolloin kilpailu omien lajitovereiden kesken voimistuu. Todennäköisesti kasvun hidastuminen kuitenkin johtuu eroista käytetyissä menetelmissä.

Tämän tutkimuksen perusteella ahvenen kasvu erosi pyyntialueiden välillä erityisesti vanhemmissa ikäryhmissä. Ero selittyi ainakin osittain sillä, että länsipään pyyntialueelta tuli saaliiksi huomattavasti enemmän kookkaita 7-8-vuotiaita petoahvenia kuhanpyynnin yhteydessä kuin itäpään pyyntialueelta. Toisaalta 2-3-vuotiaana ikäryhmäkohtaiset keskipituudet olivat itäpäässä suuremmat kuin länsipäässä, mutta vaikka ero oli tilastollisesti merkitsevä, niin biologinen merkitys on vähäinen. Myös naaraiden havaittiin olevan ahvenkoiraita nopeakasvuisempia 4-vuotiaana ja sitä vanhemmissa ikäryhmissä. Tulos oli varsin odotetun mukainen, sillä ahvenella naaraiden on havaittu useissa tutkimuksissa kasvavan koiraita nopeammin (esim. Mann 1978, Craig 1980). Myös aikaisemmassa tutkimuksessa (Viljanen 1975) päädyttiin samanlaisiin tuloksiin Pääjärven ahvenien kasvuerosta sukupuolten välillä. Vuosiluokakohtaisessa tarkastelussa vuosiluokan 1996 muita parempi kasvunopeus selittyy myös kookkaiden petoahventen suurella osuudella. Toisaalta vuosiluokkien 2001 ja 2002 hyvä kasvunopeus johtuu todennäköisesti viime vuosien lämpimistä kesistä (Karås 1996, Kjellman ym. 2001).

Särjen kasvu Pääjärvässä on muihin järviin verrattuna kohtalaisen hidasta, sillä vasta 11-vuotiaana särjet ovat keskimäärin yli 20 cm pituisia. Esimerkiksi Säköjärven Pyhäjärvässä särjet saavuttavat 20 cm pituuden 7-vuotiaana (Sarvala ym. 1994) ja Karjalan Pyhäjärvässä jo jopa 5-vuotiaana (Auvinen 1987). Hitaampaa kasvua kuin Pääjärvässä on puolestaan särjen osalta havaittu esim. Hiidenvedessä (Vinni ym. 2000) ja Tuusulanjärvässä (Olin & Rask 2000), jotka molemmat ovat kärsineet rehevöitymisestä. Myös Kolin (1990) mukaan hidaskasvuissa kannoissa 5-vuotiaat särjet ovat 12–13 cm pituisia ja nopeakasvuissa kannoissa puolestaan 20–21 cm pituisia. Tässäkin suhteessa Pääjärven särjet ovat hidaskasvuisia. Pääjärven ahvenen kasvuun verrattuna särjen kasvu on tasaisen hidasta, mutta yksilöiden väliset kasvuerot ovat puolestaan huomattavasti pienempiä kuin ahvenella.

Tämän tutkimuksen perusteella särjen kasvu näyttää hidastuneen verrattaessa tuloksia 1970-luvun tutkimuksen (Viljanen 1975) tuloksiin. Havaittuja eroja särjen ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa voidaan pitää varsin luotettavina ja todenmukaisina, koska molemmissa tutkimuksissa iänmääritykset on tehty suomuista. Lisäksi särjen kohdalla kalan pituuden ja suomun säteen välinen riippuvuus oli lähes sama molemmissa tutkimuksissa, eli iänmääritykset on tehty hyvin samanmuotoisista suomuista, mikä lisää saatujen tulosten luotettavuutta. Särjen kasvun hidastuminen saattaa mahdollisesti johtua hitaasta rehevöitymisestä ja lisääntyneestä ravintokilpailusta vaikka rehevöitymisen vaikutukset eivät kalayhteisön rakenteessa vielä näkyneetkään. Kolin (1990) mukaan särjet kasvavat hitaasti rehevissä vesissä, missä on monipuolinen kalasto ja tiheät särkikalakannat, jolloin kalat kärsivät ravintokilpailusta. Myös Lappalainen ym. (2001) havaitsivat tutkimuksessaan särjen kasvun hidastuneen rehevöitymisen johdosta. Luotettavien johtopäätösten tekemistä kuitenkin vaikeuttaa se, ettei yksikkösaaliita voitu verrata 1970-luvun yksikkösaaliisiin, jolloin mahdolliset muutokset särkikannan biomassassa olisi huomattu. Toisaalta kun tarkastellaan tuloksia vuosiluokakohtaisesti, voidaan havaita, että 90-luvun alussa syntyneiden vuosiluokkien kasvunopeus on ollut melko lähellä 1970-luvun tutkimuksessa havaittua kasvunopeutta. Myöhempien vuosiluokkien kohdalla särjen kasvu näyttää hidastuneen vähitellen.

Ero särjen kasvussa pyyntialueiden välillä oli pieni. Vaikka nyt saatujen tulosten perusteella särjet näyttävät kasvavan järven itäpäässä hieman nopeammin kuin länsipäässä, niin eron biologinen merkitys on varsin vähäinen. Toisaalta myös Viljanen (1975) päätyi aikaisemmassa tutkimuksessa hyvin samankaltaisiin tuloksiin kasvuerossa pyyntialueiden välillä. Yksi mahdollinen selitys särjen hieman parempaan kasvuun järven itäpäässä on se, että kesällä vallitsevat etelä-länsituulet kuljettavat lämmintä pintavettä järven itäpäähän, jolloin länsipäässä puolestaan kylmä alusvesi kumpuaa pintaan. Lämpötilalla on havaittu olevan vaikutusta särjen kasvuun Pääjärven eteläpuolella etenkin nuoruusvaiheessa (Viljanen 1975). Tätä ajatusta tukevat myös nyt saadut tulokset särjen kasvusta etenkin ensimmäisenä kasvukautena, kun ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia 1-vuotiaana tarkastellaan vuosiluokkakohtaisesti. Erityisen lämpiminä kesinä 1997, 1999 ja 2002 särjet kasvoivat ensimmäisenä kasvukautenaan huomattavasti paremmin kuin viileinä kesinä 1996, 1998 ja 2000. Havaitut erot kasvussa johtuvat mitä todennäköisimmin juuri eroista kesien lämpösummissa.

Kuhan kasvu Pääjärven muihin järviin verrattuna kohtalaisen nopeaa, sillä 5-vuotiaat kuhat ovat keskimäärin 40 cm pituisia. Nopeampaa kasvua on havaittu esimerkiksi rehevöityneessä Tuusulanjärven, jossa 5-vuotiaat kuhat ovat keskimäärin 45 cm pituisia (Olin & Ruuhijärvi 2004) ja Lahden Vesijärven (Ruuhijärvi & Ala-Opas 2005). Hitaampaa kasvua puolestaan on havaittu suurilla ja karuilla järvillä kuten Puulavedellä ja Päijänteen Tehinselällä, jossa 5-vuotiaat kuhat ovat keskimäärin vain 28 cm pituisia (Keskinen ym. 1999, Keskinen & Marjomäki 2003). Myös Saaristomerellä kuhat ovat hidaskasvuista (Setälä ym. 2003). Kasvukauden lämpötila on yksi tärkeimmistä kuhan kasvuun vaikuttavista tekijöistä (Karjalainen ym. 1996, Lehtonen ym. 1996, Ruuhijärvi ym. 1996, Lappalainen 2001, Lappalainen ym. 2005). Kuhan kasvu onkin nopeinta tummavetisissä, rehevöityneissä sekä matalissa järvissä, joiden päällysvesi lämpenee nopeasti keväällä ja puolestaan hitainta kirkasvetisissä, karuissa sekä syvissä järvissä (Keskinen & Marjomäki 2003). Vaikka Pääjärvi onkin erittäin syvä järvi, niin järven itäpäässä on laajoja matalia nopeasti lämpeneviä alueita, joiden merkitystä kuhalle vielä kesäaikaan vallitsevat etelä-länsituulet korostavat. Todennäköisesti juuri veden humuspitoisuudesta johtuen kuhan kasvu Pääjärven itäpäässä on nopeampaa kuin Keskinen & Marjomäen (2003) tutkimuksen vastaavan syvyisissä ja kokonaisfosforipitoisuudeltaan samankaltaisissa järvissä.

Lämpötilan merkitys Pääjärven kuhan kasvuun korostuu, kun tuloksia tarkastellaan vuosiluokkakohtaisesti. Erityisen lämpiminä kesinä 2001 ja 2002 kuhan kasvu kaikkien vuosiluokkien osalta oli nopeaa verrattuna esimerkiksi kuhan kasvuun kylmänä kesänä 2000. Myös ikäryhmäkohtaiset keskipituudet 1-vuotiaana olivat lämpimien kesien 1999 ja 2002 jälkeen suurempia kuin kylmän ja sateisen kesän 2000. Tässä suhteessa nyt saadut tulokset tukevat aikaisempia tutkimuksia, sillä ensimmäisen kasvukauden lämpötilan on havaittu vaikuttavan kuhan poikasten kasvunopeuteen ja sitä kautta poikasten pituuteen ensimmäisenä syksynä (Lappalainen ym. 2000, Kjellman ym. 2001). Tällä on merkitystä syntyvän vuosiluokan voimakkuuteen, sillä 0-vuotiaiden kuhan talviaikainen kuolleisuus on niiden pituudesta riippuvaa ja pienimmät talven yli selvinneet kuhat ovat yleensä 5–6 cm pituisia (Kirjasniemi & Valtonen 1997, Lappalainen ym. 2000). Vaikka kuhaistutukset yleensä tehdään syksyllä ja istutuksissa suositetaan suurikokoisia poikasia, niin Pääjärven kuhat istutetaan jo heinä-elokuussa. Kuhanpoikasten aikainen istutusajankohta ja pienikokoiset istukkaat vaikuttaa kuitenkin toimivalta ratkaisulta, sillä nyt saatujen tulosten perusteella voidaan olettaa, että kuhan poikaset kasvavat Pääjärven itäpäässä vielä loppukesän ja syksyn aikana hyvin. Toisaalta esimerkiksi Lahden Vesijärvellä on havaittu syksymmällä istutettujen suurikokoisten poikasten tuottavan moninkertaisen saaliin normaalikokoisiin

istukkaisiin nähden (Ruuhijärvi & Ala-Opas 2004, Ruuhijärvi & Salminen 2004, Ruuhijärvi ym. 2005). Epävarmuutta tuloksiin istutettujen poikasten kasvusta loppukesällä kuitenkin lisää se, ettei kuhan luontaisen lisääntymisen osuudesta Pääjärvässä ole tietoa. Myös takautuvasti lasketuissa keskipituuksissa 1-vuotiaana voi olla harhaa johtuen käytetystä menetelmästä. Asiaa kannattaisi kuitenkin tutkia, koska se toisi lisää tietoa Pääjärven kuhaistutusten merkityksestä.

4.3. Ahvenen ja särjen kuolevuus

Pääjärven ahvenella hetkellinen kokonaiskuolevuus pysyi iän suhteen vakiona, kun taas särjellä kuolevuus oli vanhemmilla ikäryhmillä huomattavasti suurempi kuin nuoremmilla. Erityisen mielenkiintoista on se, että verrattaessa tuloksia aikaisemman tutkimuksen (Viljanen 1975) tuloksiin voidaan todeta, ettei ahvenen tai särjen kuolevuudessa ole tapahtunut merkittäviä muutoksia viimeisten 30 vuoden aikana. Esimerkiksi ahvenen osalta nyt laskettu hetkellisen kokonaiskuolevuuden (Z) arvo on lähes sama kuin 1970-luvulla. Ja toisaalta myös Viljanen (1975) havaitsi, että Pääjärven särjellä kuolevuus oli vanhemmissa ikäryhmissä suurempaa kuin nuoremmissa. Koska molemmat lajit jäävät nykyisen solmuvälirajoituksen (26–44 mm verkot kielletty) johdosta lähes kokonaan verkkopyynnin ulkopuolelle ja muu niihin kohdistuva pyynti on vähäistä, täytyy myös kalastuskuolevuuden osuuden kokonaiskuolevuudesta olla melko pieni. Voidaan siis olettaa että nyt lasketut hetkellisen kokonaiskuolevuuden arvot ovat molempien lajien osalta melko lähellä luonnollisen kuolevuuden arvoja. Tätä ajatusta tukee se, että Auvinen (1987) arvioi tutkimuksessaan 5-10-vuotiaiden ahventen luonnollisen kuolevuuden olevan luokkaa 0,3–0,4 ja 6-12-vuotiaiden särkien luokkaa 0,1. Vanhojen ja kookkaiden särkien suurempi hetkellinen kokonaiskuolevuus voi osittain selittyä haitallisten tautien ja infektioiden yleistymisellä iän myötä (esim. Kortet ym. 2002), jolloin myös riski altistua saalistukselle voi kasvaa. Mutta toisaalta kalojen koon kasvaessa niiden riski altistua saalistukselle pienenee (Lundvall ym. 1999), joten todennäköisesti vanhojen ja kookkaiden särkien suurempi kuolevuus johtuu yleisesti vanhuudesta ja iän myötä yleistyvistä taudeista.

5. PÄÄTELMÄT JA TULEVAISUUDEN TUTKIMUSTARPEET

Pääjärven kalaston nykytilaa voidaan pitää vastaavan rehevyytason järville tyypillisenä, sillä ahven- ja petokalojen (etenkin kuhan) osuudet saaliissa olivat suuret. Vastaavasti särkikalojen osuus saaliissa jäi pieneksi, joten esimerkiksi mihinkään hoitokalastushankkeeseen ei ole tarvetta ryhtyä. Järven hidas rehevöityminen on kuitenkin käynnissä (Hakala & Arvola 1994) ja tilanne voi muuttua huonommaksi, mikäli fosforirajoitteiseen järveen tulee runsaasti ylimääräistä fosforia. Tällöin särkikalat runsastuvat arvokalojen, kuten viileää ja hapekasta vettä suosivien muikun ja siian, kustannuksella (Persson ym. 1991). Toisaalta kuha puolestaan hyötyy rehevöitymisestä (Persson ym. 1991, Jeppesen ym. 2000), jolloin kuhakanta vahvistuu entisestään.

Istutusten avulla Pääjärveen onkin saatu luotua kohtalaisen nopeakasvuinen kuhakanta. Kova kalastuspaine, alhainen alamitta (37 cm) ja nykyinen solmuvälirajoitus kuitenkin rajoittavat kuhien varttumista kookkaammiksi, jolloin osa kasvupotentiaalista jää hyödyntämättä. Kujan kasvunopeuden perusteella ei olisi esteitä nykyisen solmuvälirajoituksen laajentamiselle koskemaan 26–49 mm tai 26–54 mm verkkoja ja samalla alamitan nostamiselle 40 tai 45 cm, jolloin myös luontaiselle lisääntymiselle olisi paremmat edellytykset. Mielenkiintoista olisikin saada tietoa kujan luontaisen lisääntymisen ja istutusten osuudesta koko poikastuotantoon. Asiaa voitaisiin tutkia esimerkiksi merkitsemällä istukkaat tai pitämällä väli vuosia istutuksissa, ja tehdä ikä- ja kasvututkimus muutaman vuoden päästä (esim. Ruuhijärvi & Salminen 2004). Se toisi tietoa istutusten merkityksestä, jolloin päästäisiin entistä tarkempiin istukasmääriin. Mielenkiintoista olisi myös saada tietoa siian kasvusta, koska siitä olisi hyötyä sekä istutuksia suunniteltaessa että mahdollisista muutoksista solmuvälirajoitukseen päätettäessä. Myös Pääjärven kalayhteisön rakennetta kannattaisi tutkia seuraavan kerran esimerkiksi 5-10 vuoden päästä, jotta esimerkiksi järven hitaasta rehevöitymisestä johtuvat mahdolliset muutokset havaittaisiin ajoissa.

KIITOKSET

Työn ohjaajien lisäksi haluan kiittää Jukka Ruuhijärveä kommentteista ja lisätiedoista käsikirjoitusvaiheessa. Haluan myös kiittää Pasi Ala-Opasta, Tapio Keskistä sekä Sami ”Vesku” Vesalaa neuvoista ja avusta kalojen iänmäärittämiseen liittyen. Erityiset kiitokset Hämeen TE-keskukselle, Pääjärven kalastusyhdistykselle, Kurjalan osakaskunnalle sekä Lammin ja Hämeenkosken kunnille taloudellisesta tuesta. Mukavasta ja leppoisasta työskentelyilmapiiristä kiitokset koko Lammin Biologisen aseman henkilökunnalle.

KIRJALLISUUS

- Ala-Opas P. & Sairanen S. 2005. Kalaston nykytila ja kujan kasvu Lammin-Hämeenkosken Pääjärvestä. Helsingin yliopisto, Lammin biologinen asema, 14 s.
- Appelberg M., Berger H.-M., Hesthagen T., Kleiven E., Kurkilahti M., Raitaniemi J. & Rask M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. *Water, Air, Soil Pollut.* 85: 401-406.
- Arvola L. 1991. Recent trends in water chemistry of lake Pääjärvi. *Lammi Notes* 18: 1-5.
- Auvinen H. 1987. Growth, mortality and management of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.), vendace (*Coregonus albula* L.), roach (*Rutilus rutilus* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Pyhäjärvi (Karelia). *Finn. Fish. Res.* 8: 38-47.

- Auvinen H., Karjalainen J., Viljanen M. & Riikonen R. 1993. Kalastuksen vaikutus muikun kannanvaihteluun Ontamojärvellä. *Suomen Kalastuslehti* 100: 22-26.
- Bachmann R., Jones B., Fox D., Hoyer M., Bull L. & Canfield D. 1996. Relations between trophic state indicators and fish in Florida (U.S.A.) lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 842-855.
- Berg S., Jeppesen E. & Søndergaard M. 1997. Pike (*Esox lucius* L.) stocking as a biomanipulation tool 1. Effects on the fish population in Lake Lyng, Denmark. *Hydrobiologia* 342/343: 311-318.
- Brodin Y-W. & Kuylenstierna J. 1992. Acidification and critical loads in Nordic countries: a background. *Ambio* 21: 332-338.
- 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 Fenn.* 24: 9-20.
- Craig J. F., Kipling C., Le Cren E. D. & McCormack J. C. 1979. Estimates of the numbers, biomass and year-class strengths of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Windermere from 1967 to 1977 and some comparisons with earlier years. *J. Anim. Ecol.* 48: 315-325.
- Craig J. F. 1980. Growth and production of the 1955 to 1972 cohorts of perch, *Perca fluviatilis* L., in Windermere. *J. Anim. Ecol.* 49: 291-315.
- Diehl S. 1988. Foraging efficiency of three freshwater fishes: effects of structural complexity and light. *Oikos* 53: 207-214.
- Fry F. E. J. 1943. A method for the calculation of the growth of fishes from scale measurements. *Publications of the Ontario Fisheries Research Laboratory* 61: 5-18.
- George D. G., Järvinen M. & Arvola L. 2004. The influence of the North Atlantic Oscillation on the winter characteristics of Windermere (UK) and Pääjärvi (Finland). *Boreal Environ. Res.* 9: 389-400.
- Grönholm L. & Hakala I. 1990. Annual and diurnal vertical migrations and the food of *Mysis relicta* in lake Pääjärvi, southern Finland. *Ann. Zool. Fenn.* 27: 265.
- Haka P., Holopainen I. J., Ikonen E., Leisma A., Paasivirta L., Saaristo P., Sarvala J. & Sarvala M. 1974. Pääjärven pohjaeläimistö. *Luonnon tutkija* 78: 157-173.
- Hakala I. & Arvola L. 1994. Alarming signs of eutrophication in Lake Pääjärvi. *Lammi Notes* 21: 1-5.
- Heincke F. 1913. Investigations on the plaice. General report 1. 1. Plaice fishery and protective regulations. Part I. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 17A: 1-153. ref. Ricker 1975.
- Helminen H., Karjalainen J., Kurkilahti M., Rask M. & Sarvala J. 2000. Eutrophication and fish biodiversity in Finnish lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27: 194-199.
- Huusko A., Jurvelius J. & Louhimo J. 1999. Characterizing the pelagic fish assemblage in Lake Paanajärvi: scarce stocks and large individuals. *Fennia* 177: 37-43.
- Ilmavirta K., Ilmavirta V. & Kotimaa A-L. 1974. Pääjärven kasviplankton. *Luonnon tutkija* 78: 133-148.
- Jeppesen E., Jensen J., Søndergaard M., Lauridsen T. & Landkildehus F. 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphory gradient. *Freshwat. Biol.* 45: 201-218.
- Kairesalo T., Koskimies I., Lehtovaara A. & Vähä-Piikkiö I. 1985. Consequences of fertilization within a littoral *Equisetum fluviatile* L. stand in Lake Pääjärvi, southern Finland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2904-2908.

- Karjalainen J., Lehtonen H. & Turunen T. 1996. Variation in the relative year-class strength of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in two Finnish lakes at different latitudes. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 437-442.
- Karås P. 1996. Recruitment of perch (*Perca fluviatilis* L.) from Baltic coastal waters. *Arch. Hydrobiologia* 138: 99-121.
- Keskinen T., Marjomäki T. J., Valkeajärvi P., Salonen S. & Helminen H. 1999. Kuhakantojen hoito Keski-Suomessa. Nykytila ja Kehittämissuunnitelma. *Kala- ja riistahallinnon julkaisuja* 37, MMM, Helsinki, 46 s.
- Keskinen T. & Marjomäki T. J. 2003. Growth of pikeperch in relation to lake characteristics: total phosphorus, water color, lake area and depth. *J. Fish Biol.* 63: 1274-1282.
- Kirjasniemi M. & Valtonen T. 1997. Winter mortality of young-of-the-year pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Ecol. Freshwat. Fish* 6: 155-160.
- Kjellman J., LeCren D., Smith P. & Green D. M. 1996. Population dynamics of percid fish. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 309-312.
- Kjellman J., Lappalainen J. & Urho L. 2001. Influence of temperature on size and abundance of age-0 perch and pikeperch. *Fish. Res.* 53: 47-56.
- Koli L. 1990. *Suomen kalat*. WSOY, Porvoo, 357 s.
- Kortet R., Vainikka A. & Taskinen J. 2002. Epizootic cutaneous papillomatosis in roach *Rutilus rutilus*: sex and size dependence, seasonal occurrence and between-population differences. *Dis. Aquat. Org.* 52: 185-190.
- Kurkilahti M. 1999. Nordic multimesh gillnet - robust gear for sampling fish populations. Väitöskirja, Turun yliopisto.
- Kurkilahti M. & Rask M. 1999. Verkkokoekalastukset. Teoksessa: Böhling P. & Rahikainen M. (toim.), *Kalataloustarkkailu, Periaatteet ja menetelmät*, RKTL, Helsinki, 151-161.
- Lappalainen A., Rask M., Koponen H. & Vesala S. 2001. Relative abundance, diet and growth of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) at Tvärminne, northern Baltic Sea, in 1975 and 1997: responses to eutrophication? *Boreal Environ. Res.* 6: 107-118.
- Lappalainen J., Erm V., Kjellman J. & Lehtonen H. 2000. Size-dependent winter mortality of age-0 pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in Pärnu Bay, the Baltic Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 451-458.
- Lappalainen J. 2001. Effects of environmental factors, especially temperature, on the population dynamics of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). Väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Lappalainen J., Malinen T., Rahikainen M., Vinni M., Nyberg K., Ruuhijärvi J. & Salminen M. 2005. Temperature dependent growth and yield of pikeperch, *Sander lucioperca*, in Finnish lakes. *Fish. Manage. and Ecol.* 12: 27-35.
- Le Cren E. D. 1992. Exceptionally big individual perch (*Perca fluviatilis*) and their growth. *J. Fish Biol.* 40: 599-625.
- Lehtonen H., Hansson S. & Winkler H. 1996. Biology and exploitation of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in the Baltic Sea area. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 525-535.
- Lundvall D., Svanbäck R., Persson L. & Byström P. 1999. Size-dependent predation in piscivores: interactions between predator foraging and prey avoidance abilities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1285-1292.
- Mac Arthur R. & Wilson E. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Mann R. K. H. 1978. Observations on the biology of the perch, *Perca fluviatilis*, in the River Stour, Dorset. *Freshwat. Biol.* 8: 229-239.

- Monastyrsky G. N. 1930. Methods of determining the growth of fish in length by their scales. *Trudy nauch. ryb Khozy.* 5: 5-44. ref. Ricker 1975.
- 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, Soil Pollut.* 85: 395-400.
- Nyholm A.-M., Jansson H., Puronummi N., Nyholm R., Ala-Opas P., Hakala I., Huitu E., Mäkelä S., Tulonen T. & Arvola L. 2003. Valuma-alueen ja vesistön välisen vuorovaikutuksen arviointi. *Maa- ja elintarviketalous* 38, MTT, Jokioinen, 75 s.
- Olin M. & Rask M. (toim.). 2000. Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurunostuksen kalatutkimuksia vuosina 1996-1999. *Kala- ja riistaraportteja*. 184. RKTL, Helsinki, 74 s.
- Olin M., Rask M., Ruuhijärvi J., Kurkilahti M., Ala-Opas P. & Ylönen O. 2002. Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *J. Fish Biol.* 60: 593-612.
- Olin M. & Ruuhijärvi J. (toim.). 2004. Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurunostuksen kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. *Kala- ja riistaraportteja*. 324. RKTL, Helsinki, 60 s.
- Olin M., Kurkilahti M., Peitola P. & Ruuhijärvi J. 2004. The effects of fish accumulation on the catchability of multimesh gillnet. *Fish. Res.* 68: 135-147.
- Peltonen H., Ruuhijärvi J., Malinen T., Horppila J., Olin M. & Keto J. 1999. The effects of food-web management on fish assemblage dynamics in a north-temperate lake. *J. Fish Biol.* 55: 54-67.
- Persson L. 1986. Effects of reduced interspecific competition on resource utilization in perch (*Perca fluviatilis*). *Ecology* 67: 355-364.
- Persson L. & Greenberg L. A. 1990. Juvenile competitive bottlenecks: The perch (*Perca fluviatilis*)-roach (*Rutilus rutilus*) interaction. *Ecology* 71: 44-56.
- Persson L., Diehl S., Johansson L., Andersson G. & Hamrin S. 1991. Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes—patterns and the importance of size-structured interactions. *J. Fish Biol.* 38: 281-293.
- Persson, L. 1991. Interspecific interactions. Teoksessa: Winfield, I. J & Nelson, J. S. (toim.), *Cyprinid Fishes Systematics, biology and exploitation*, Chapman & Hall, London, 530-551.
- Pierce R. & Tomcko C. 2003. Variation in gill-net and angling catchability with changing density of northern pike in a small Minnesota lake. *Trans. Am. Fish. Soc.* 132: 771-779.
- Rahikainen M. 1999. Kasvututkimukset. Teoksessa: Böhling, P. & Rahikainen, M. (toim.), *Kalataloustarkkailu, Periaatteet ja menetelmät*, RKTL, Helsinki, 77-91.
- 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., Kurkilahti M. & Olin M. 1997. Koeverkkoalastuksen oikeat työtavat ja -välineet. *Suomen Kalastuslehti* 104 (5): 22-25.
- Raitaniemi J., Nyberg K. & Torvi I. 2000. Lajikohtaisia erityispiirteitä. Teoksessa: Raitaniemi J., Nyberg K. & Torvi I. (toim.), *Kalojen iän ja kasvun määrittäminen*, RKTL, Helsinki, 125-161.
- Ricker W. E. 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bull. Fish. Res. Board Can. 191, 382 s.
- Ruuhijärvi J., Salminen M. & Nurmio T. 1996. Releases of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) fingerlings in lakes with no established pikeperch stock. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 553-567.
- Ruuhijärvi J. & Ala-Opas P. 2004. Vesijärven kalataloudellinen tarkkailu sekä Vesijärvi-projektien kalatutkimukset vuodelta 2003. RKTL, Evon kalantutkimusasema, 39 s.

- Ruuhijärvi J. & Salminen M. 2004. The effect of stocking size on survival of fingerling pikeperch (*Sander lucioperca*). Teoksessa: Barry T. P. & Malison J. A. (toim.), *Proc. Of Percis III: The Third International Percid Fish Symp.*, Univ. of Wisconsin Sea Grant Inst., Madison, WI, 123-124.
- Ruuhijärvi J. & Ala-Opas P. 2005. Vesijärven kalataloudellinen tarkkailu sekä Vesijärviprojektien kalatutkimukset vuodelta 2004. RKTL, Evon kalantutkimusasema, 34 s.
- Ruuhijärvi J., Malinen T., Ala-Opas P. & Tuomaala A. 2005. Fish stocks of Lake Vesijärvi: from nuisance to flourishing fishery in 15 years. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 384-389.
- Ruuhijärvi R. 1974. Pääjärvi. *Luonnon Tutkija* 78: 101-107.
- Salojärvi K. 1987. Why do vendace (*Coregonus albula*) populations fluctuate? *Aqua Fenn.* 17: 17-26.
- Sarvala J., Helminen H. & Hirvonen A. 1994. The effect of intensive fishing on fish populations in Lake Pyhäjärvi, south-west Finland. Teoksessa: Cowx, I. G. (toim.), *Rehabilitation of freshwater fisheries*, University of Hull, U.K., 77-89.
- Sarvala J. & Helminen H. 1996. Year-class fluctuations of perch (*Perca fluviatilis*) in Lake Pyhäjärvi, Southwest Finland. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 389-396.
- Seda J., Hejzlar J. & Kubecka J. 2000. Trophic structure of nine Czech reservoirs regularly stocked with piscivorous fish. *Hydrobiologia* 429: 141-149.
- Setälä J., Heikinheimo O., Saarni K. & Raitaniemi J. 2003. Verkon solmuvälin suurentamisen vaikutus saaristomeren ammattikalastuksen kuha- ja ahvensaaliin arvoon. *Kala- ja Riista Raportteja*. 297. RKTL, Helsinki.
- Tammi J., Appelberg M., Beier U., Hesthagen T., Lappalainen A. & Rask M. 2003. Fish status survey of nordic lakes: effects of acidification, eutrophication and stocking activity on present fish species composition. *Ambio* 32: 98-105.
- Viljanen M. 1974. Pääjärven kalasto. *Luonnon tutkija* 78: 174-180.
- Viljanen M. 1975. Särjen ja ahvenen kasvusta ja kasvuun vaikuttavista tekijöistä Pääjärvessä (EH). Lisensiaattityö, Helsingin yliopisto, 62 s.
- Vinni M., Horppila J., Olin M., Ruuhijärvi J. & Nyberg K. 2000. The food, growth and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphometry and water quality. *Aquat. Ecol.* 34: 421-431.
- Winfield I. J. 1986. The influence of simulated aquatic macrophytes on the zooplankton consumption rate of the juvenile roach, *Rutilus rutilus*, rudd, *Scardinius erythrophthalmus* and perch, *Perca fluviatilis*. *J. Fish Biol.* 29: 37-48.
- Wusyjack K., Kasprzak P., Laude U. & Mehner T. 2002. Management of a pikeperch stock in a long-term biomanipulated stratified lake: efficient predation vs. low recruitment. *Hydrobiologia* 479: 169-180.