

RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



54
1992



RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



Vastaava toimittaja: Lauri Urho

Toimittajat: Irma Kolari, Marja-Liisa Koljonen, Antti Lappalainen, Riitta Rahkonen, Atso Romakkaniemi, Matti Salminen, Lena Söderholm-Tana, Pirkko Söderkotalahti ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukielenä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–98), "Tiedonantoja" (no:t 1–24) ja "Meddelanden" (no:t 1–21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Lauri Urho

Redaktörer: Irma Kolari, Marja-Liisa Koljonen, Antti Lappalainen, Riitta Rahkonen, Atso Romakkaniemi, Matti Salminen, Lena Söderholm-Tana, Pirkko Söderkotalahti och Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråken är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner kan erhållas från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202, 00151 Helsingfors).

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften bör riktas till informationstjänsten.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar är en fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–98), "Tiedonantoja" (nr 1–24) och "Meddelanden" (nr 1–21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelning och fiskodlingsavdelning är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 54

1992

Yhdennetyn ympäristöseurannan järvien koekalastukset

Aimo Järvinen, Martti Rask, Eero Niemelä, Jari Raitaniemi ja Timo Turunen

**Lapin happamoitumistutkimus - taimenen poikastutkimukset
Lutto- ja Paatsjoen vesistöalueilla**

Jaakko Erkinaro, Eero Niemelä ja Martti Rask

Iso Valkjärven vesikemialliset ja biologiset tutkimukset

**Marko Järvinen, Martti Rask, Kirsi Kuoppamäki, Erkki Makkonen,
Jukka Ruuhijärvi ja Lauri Arvola**

**Kalkituksen akuutit vaikutukset ahvenen ja pitkäaikaiset
vaikutukset siian elintoiintoihin Isossa Valkjärnessä**

Pekka Vuorinen, Seppo Peuranen, Marja Vuorinen ja Martti Rask

**Kalakantojen kehitys Etelä-Suomen pienissä happamoituneissa
järvissä kalkituksen jälkeisinä vuosina**

Jari Raitaniemi, Martti Rask, Aimo Järvinen ja Kari Nyberg

**Suomalaisten suhtautuminen vesistöjen happamoitumisen
torjuntatoimenpiteisiin**

Antti Lappalainen

Helsinki 1992

**Kalakantojen kehitys Etelä-Suomen pienissä happamoituneissa
järvissä kalkituksen jälkeisinä vuosina**

Jari Raitaniemi¹, Martti Rask², Aimo Järvinen¹ ja Kari Nyberg¹

**¹Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Helsinki**

**²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Evon kalastuskoeasema
Evo**

1. JOHDANTO

Laskeumaperäiselle happamoitumiselle herkimpiä vesiä ovat Suomessa pienet ja karut latvajärvet, lammet ja purot, joiden sijaintialueilla hapan laskeuma on tavallista suurempi sekä maaperä hapanta ja puskurointikyvyltään heikkoa. Tällaisia alueita, joilla myös happamuuden kalastolle aiheuttamat muutokset ovat Pohjanmaan aluna-alueiden ohella yleisimpiä, on keskisellä ja läntisellä Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Kaakkois-Suomessa.

Suurin osa sekä rakenteeltaan muuttuneista että hävinneistä kalakannoista on happamuudelle herkän särjen kantoja. Lisäksi muut särkikalat, ahven, kiiski, hauki, made, siika ja muikku ovat paikoin kärsineet happamoitumisesta (Tuunainen ym. 1991). Rinnan särjen ja muiden särkikalojen kanssa happamoitumisen alkuvaiheessa vesistä katoaa myös rapu, jonka kantoja on säilynyt rutolta turvassa juuri pienissä latvajärvissä ja -puuroissa.

Happamoituneita vesiä on yleisesti kalkittu 1970 -luvulta lähtien erityisesti Ruotsissa, mutta myös Norjassa ja osassa Pohjois-Amerikkaa (Nyberg & Thørneløf 1988, Weatherley 1988). Kalkituksella on pyritty suojelemaan vesiä, joilla on erityistä arvoa kalastuksen tai luonnonsuojelun kannalta. Myös jo kalattomiksi happamoituneita vesiä on kalkituksen ja kotiutusistutuksen avulla saatu tuottamaan uudelleen kalaa (Nyberg 1984).

Happamuushaittojen torjumiseksi yli sata Suomen järveä, lampea ja puroa on kalkittu (Alasaarela ym. 1990). Suomessa on seurattu lähinnä veden laatua kalkituksen jälkeen (Silvo & Weppling 1989, Weppling 1989, Alasaarela ym. 1990), biologisten vaikutusten tutkiminen on alkanut hitaammin.

Tässä kirjoituksessa selvitetään kalkituksen vaikutuksia kalakantojen rakenteeseen, kalojen lisääntymiseen ja kasvuun kahdeksassa happamoituneessa järvessä, joista osa kalkittiin vuonna

1986, osa 1987. Järvet koekalastettiin kalkitusta edeltävänä vuonna tai kalkitusvuonna. Seurantakalastukset tehtiin vuosina 1989 ja 1991. Lisäksi tutkittiin, oliko kalkitus aiheuttanut muutoksia kahden vuonna 1988 kalkitun järven kalojen kasvussa.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimusjärvet

Vuosina 1986 tai 1987 kalkitut tutkimusjärvet sijaitsevat kahdella alueella, Tampereesta koilliseen Tampereen ja Kangasalan rajan molemmin puolin (Havisevanjärvi, Kalliojärvi, Matalajärvi & Rukojärvi) ja Suomen kaakkoisrajan läheisyydessä Taipalsaarissa (Suurilampi), Ylämaalla (Salminen ja Syväjärvi) ja Miehikkälässä (Iso Hanhilampi, taulukko 1). Vuonna 1988 kalkitut Haarajärvi ja Haarajärven Valkjärvi ovat Evon kalastuskoeaseman järviä.

Taulukko 1. Tutkimusjärvet. Keskiviipymäärät perustuvat seuraaviin lähteisiin: Oravainen (1983), Silvo & Weppling (1989) ja Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri.

Järvi	Ala (ha)	Korkeus mp. (m)	Keskiviipymä (kuukausina)
Iso Hanhilampi	15	48,3	11
Havisevanjärvi	37	117,7	6
Kalliojärvi	12	n.130	82
Matalajärvi	72	141,5	12
Rukojärvi	11	142,5	10
Salminen	19	52,0	14
Suurilampi	4	77,7	16
Syväjärvi	26	35,1	42
Haarajärvi	12	141,4	-
Haaraj. Valkjärvi	4	155,5	-

Järvien valuma-alueet ovat pääasiassa kangasmetsää. Havisevanjärven, Matalajärven ja Rukojärven valuma-alueesta huomattava osa on ojitettua suota, mikä näkyy myös järvien humuksisuutena. Suurilampi on syntynyt suppaan Saimaata halkovalla harjanteella. Järville luonteenomaisia rantavyöhykkeen kasveja ovat mm. ulpukka, palpakot, lahnaruoho ja nuottaruoho.

Ennen kalkituksia järvien pH-arvot vaihtelivat kesäaikana 5,3 ja 5,7 välillä, Salmisen vesi oli kuitenkin lähempänä neutraalia, 5,7–6,2 (Oravainen 1983, 1985, Silvo & Weppling 1989), samoin Haarajärven.

Matalajärvi kalkittiin ensimmäisen kerran jo 1983, jolloin kalkki levitettiin kevätjälle. Kesällä 1987 järveen levitettiin veneestä kalkkilietettä. Kalliojärvi ja Rukojärvi kalkittiin keväällä 1987 levittämällä kalkki jäälle. Havisevanjärveen laskevassa purossa oli kesinä 1986–1990 mekaaninen kalkin annostelija, joka toimii puron virtauksen voimalla. Ylämaan järvistä Iso Hanhilampi kalkittiin lautalta kesäkuussa 1987, jolloin myös Salminen kalkittiin, mutta helikopterista. Syväjärven jäälle kalkki levitettiin huhtikuussa 1987, Suurilampeen kalkkijauhe puhallettiin paineilman avulla säiliöautosta kesäkuussa 1987 (Silvo & Weppling 1989, Alasaarela ym. 1990). Haarajärvi ja Haarajärven Valkjärvi kalkittiin helikopterilla syksyllä 1988.

Veden puskurointikyky on säilynyt kalkituksen jälkeen parhaiten Haarajärven Valkjärvessä, Haarajärvessä ja Suurilammessa, joiden alkaliteetti oli vuonna 1991 selvästi $> 0,1 \text{ mmol l}^{-1}$ (taulukko 2).

Paikallisten asukkaiden ja mökkiläisten mukaan särkikannat olivat harventuneet ennen kalkitusta satunnaisten havaintojen tasolle Havisevanjärvessä, Matalajärvessä, Rukojärvessä, Salmisessa ja Suurilammessa. Kokonaan särjen arveltiin kadonneen Kalliojärvestä, jossa viimeiset havainnot ovat 60-luvun alusta, ja Syväjärvestä, josta särjet katosivat valuma-alueen soiden ojitusten jälkeen 60- ja 70-lukujen vaihteessa. Valuma-alueen ojitusten yhteys särjen ja ravunkin katoamiseen oli havaittu myös Havisevanjärvessä. Järvien kalakannoissa lienee tapahtunut pitkällä aikavälillä muitakin muutoksia. Esimerkiksi sittemmin kuollut vanha Kalliojärven ranta-asukas oli kertonut järvessä eläneen vielä 50-luvulla jonkin muunkin särkikalan, jonka lajista ei kuitenkaan ole tietoa. Haarajärven Valkjärvestä saatiin 1900-luvun alussa särkiä, joiden keskipaino esimerkiksi vuosina 1904–1907 oli 270–675 g (Brofeldt 1920). Sittemmin särki hävisi järvestä, mahdollisesti happamoitumisen vuoksi.

Taulukko 2. Järvien pintaveden analyysitietoja ennen kalkitusta, 1989 ja 1991 (pääosin kesäkerrostuneisuuden ajalta). Havisevanjärveen laskevasta purosta otettiin lisäksi vesinäyte kalkituslaitteen yläpuolelta vuonna 1989. Alkaliteetti mmol l⁻¹, väri-luku mg Pt l⁻¹, johtokyky mS m⁻¹, kokonaiskovuus mmol l⁻¹, kal-sium mmol l⁻¹, COD mg l⁻¹, Al_{tot} µg l⁻¹. Analyysit tehtiin pääosin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen laboratoriossa SFS-standardien mukaisesti.

lähteenä Silvo & Weppling (1989)

* lähteenä Oravainen (1983)

■ lähteenä Oravainen (1985)

π lähteenä Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri (Ca, COD ja Al Rukojärvestä lokakuussa 1986)

Järvi ja vuosi	pH	Alk.	Väri-luku	Johtok.	Kok.kov.	Ca	COD	Al _{tot}
Iso Hanhilampi -87 #	5.3		80	3.7			11	
1989	6.2	0.04	40	3.6	0.13	0.10	9.5	206
1991	5.7	0.03	50	3.4	0.28	0.08	8.4	262
Havisevanj.13.4.83 π	5.1	* 0.01	100	3.6		0.05	15	220
Hav. puro 1989	5.9	0.06	160	2.9	0.09	0.06		321
1989	6.6	0.08	80	3.6	0.14	0.10	11.2	228
1991	6.4	0.06	85	3.6	0.20	0.04	13.6	218
Kalliojärvi 1984 ■	5.5	<0.01	π 25	3.3		0.05	2.4	70
1989	7.0	0.10	10	3.6	0.16	0.10	4.6	22
1991	6.5	0.09	5	3.6	0.19	0.09	4.2	10
Matalajärvi 1982 π	5.0		80	2.5		0.03	9.3	170
1989	6.3	0.05	40	2.3	0.10	0.05	7.4	57
1991	6.5	0.05	25	2.7	0.20	0.05	7.2	31
Rukojärvi 1982 *	5.3	0.02	100	2.6		π 0.05	π 14.0	π 430
1989	6.0	0.04	80	2.4	0.11	0.05	10.1	186
1991	5.9	0.03	65	2.5	0.26	0.06	11.8	195
Salminen 1986	6.4		20	4.3	0.14	0.08	6.4	49
1989	6.5	0.05	15	3.9	0.13	0.08	5.1	44
1991	6.3	0.04	15	4.0	0.30	0.07	5.7	67
Suurilampi 1986	5.3	0.03	5	2.0	0.07	0.03	2.3	50
1989	6.9	0.16	15	3.4	0.14	0.12	4.8	49
1991	6.5	0.16	10	2.9	0.31	0.11	4.1	10
Syväjärvi kevät -87 #	5.4	0.02	10	3.8			3.0	
1989	6.8	0.08	10	3.5	0.14	0.10	4.2	12
1991	6.1	0.07	10	3.4	0.25	0.09	3.2	11
Haarajärvi 1987	6.2	0.08	110	3.6		0.12		
1989	6.2	0.18	100	4.2	0.12	0.07	8.0	
1991	6.0	0.19	80	3.9	0.29	0.11	19.6	65
Haaraj. Valkjärvi 1987	5.6	0.05	67	3.0		0.08		
1989	6.1	0.25	90	5.8	0.19	0.15	7.6	
1991	6.8	0.38	40	5.9	0.26	0.20	10.1	18

2.2. Kalanäytteenotto

Koekalastukset tehtiin järvien kesäkerrostuneisuuden aikana heinä-elokuussa kahdeksan verkon sarjalla, jossa 1,8 x 30 m kokoisten verkkojen solmuvälit olivat 12, 15, 20, 25, 30, 35, 45 ja 60 mm. Alle 9,5 cm mittaiset kalat jäivät näin pyynnin ulkopuolelle. Verkkosarja laskettiin 14–18 tunniksi yhtenä jatana 2–4 metrin syvyyteen niin, että tiheät ja harvat verkot vuorottelivat.

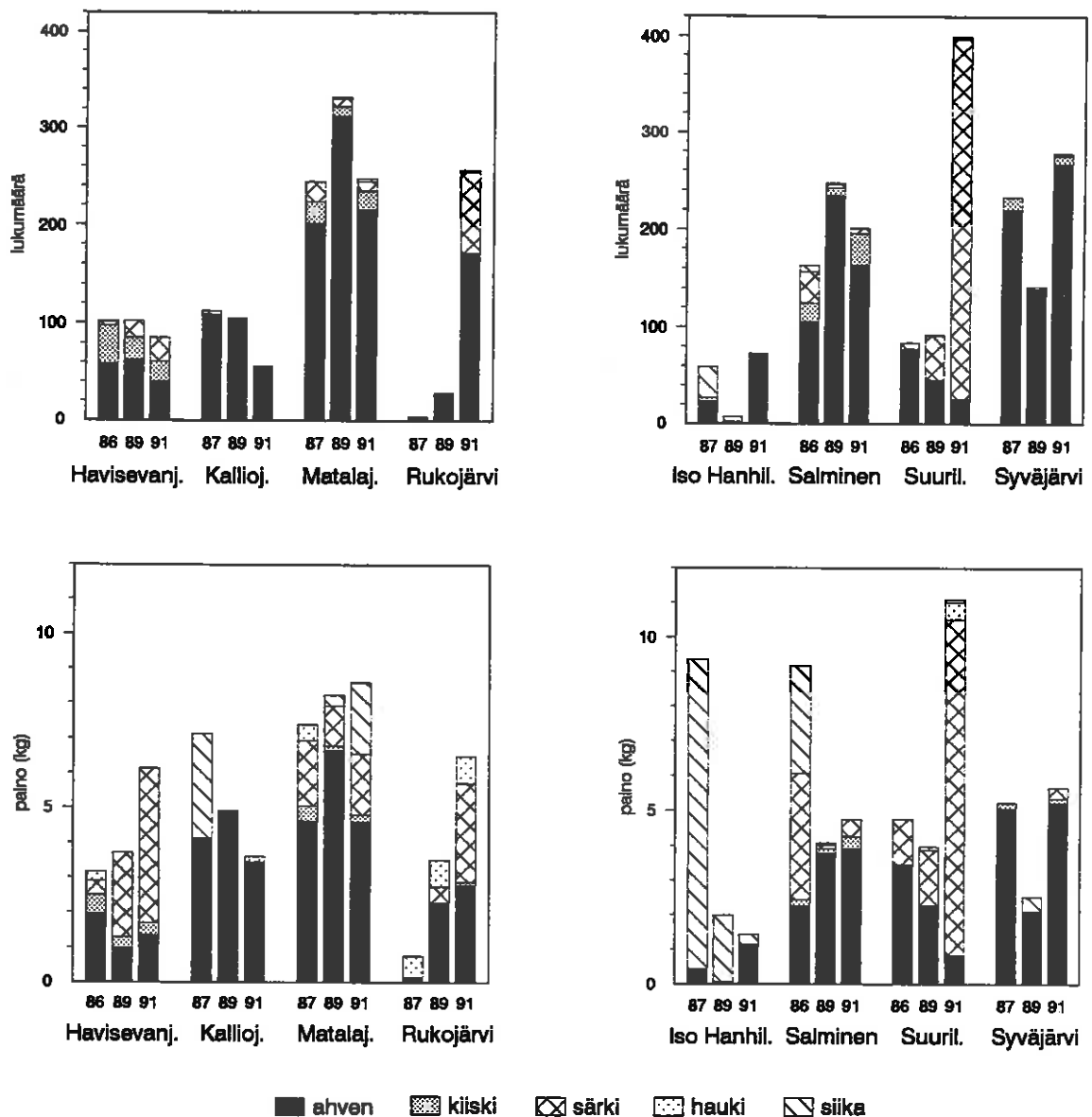
Kaikkien saatujen kalojen pituudet mitattiin 1 cm tarkkuudella. Noin 50 yksilön otos lajeittain otettiin tarkempiin pituuden (1 mm tarkkuus) ja painon (1 g tarkkuus) mittauksiin. Otokset otettiin niin, että eri kokoiset kalat tulivat tasaisesti edustetuksi. Takautuva kasvunmääritys tehtiin ahvenella operculumista Monastyrskyn menetelmällä, särjellä, sorvalla, siialla ja muilla suomusta Fraserin ja Leen menetelmällä (Bagenal & Tesch 1978).

Koska Haarajärvestä ja Haarajärven Valkjärvestä ei ollut aikaisempia verkkosarjapyyntejä vertailtavaksi, näiden järvien saaliissa kiinnitettiin huomiota ainoastaan kalojen kasvuun: muutuiko aikuisten kalojen kasvu kalkituksen seurauksena tai poikkeusiko kalkituksen jälkeen syntyneiden ahventen ensimmäisen kesän keskipituus ennen kalkitusta syntyneistä.

3. TULOKSET

3.1. Kalansaaliit

Ahven oli runsaslukuisin kalalaji useimpien järvien verkkosarjasaaliissa 1986–1991 (kuva 1). Poikkeuksena oli Suurilampi, jossa muutama vanha särki normaalin ahvensaaliin ohessa kalkitusvuonna vaihtui neljässä vuodessa tilanteeseen, jossa särki on valtalaji ja ahvenkanta on taantunut. Verkkosarjasaaliiden perusteella myös Suurilammen kalatiheys on kasvanut voimakkaasti särjen lisääntymisen myötä. Pienemmässä määrin särjen osuus saaliista kasvoi myös Rukojärvessä ja Havisevanjärvessä. Kiisken, jota tarkkailuaikana on saatu kuudesta järvestä, osuudet saaliissa ovat pysyneet melko vakaina. Muita, vähälukuisem-



Kuva 1. Koekalastussaaliit tutkimusjärivistä ennen kalkitusta tai kalkitusvuonna 1986 tai 1987 sekä kalkituksen jälkeisinä vuosina 1989 ja 1991. Lisäksi vuonna 1987 Havisevanjärven saaliissa oli yksi ruutana (182 g), Matalajärven saaliissa vuonna 1989 yksi muikku (54 g) ja vuonna 1991 kaksi muikkua (77 g). Suurilammen saaliissa vuodelta 1991 oli yhdeksän sorvaa (258 g) ja Ison Hanhilammen saaliissa yksi lahna (232 g).

pia lajeja järvien saaliissa ovat olleet hauki (5 järveä), istutettu siika (6 järveä), sorva (1 järvi), muikku (1 järvi), ruutana (2 järveä) ja siirtoistutettu lahna (1 järvi, kuva 1). Näistä lajeista kalkituksen jälkeen syntyneitä sorvia ilmaantui Suurilammen saaliiseen 1991; muilla lajeilla kalkitukseen liitettävissä olevia muutoksia ei havaittu.

Haarajärven verkkosarjasaaliin (145 kalaa, 3,7 kg) painosta elokuussa 1991 kolmannes oli ahventa (72 kpl) ja kolmannes särkeä (62 kpl). Lisäksi saaliiksi tuli yksi siika (istutettu, 0,5 kg) ja 10 muikkua (0,8 kg). Myös muikku on istutettu, mutta lisääntyy luontaisesti. Haarajärven Valkjärvestä saatiin 121 ahventa yhteispainoltaan 3,0 kg ja 11 istutettua siikaa (3,5 kg), kaikkiaan siis 6,5 kg kalaa.

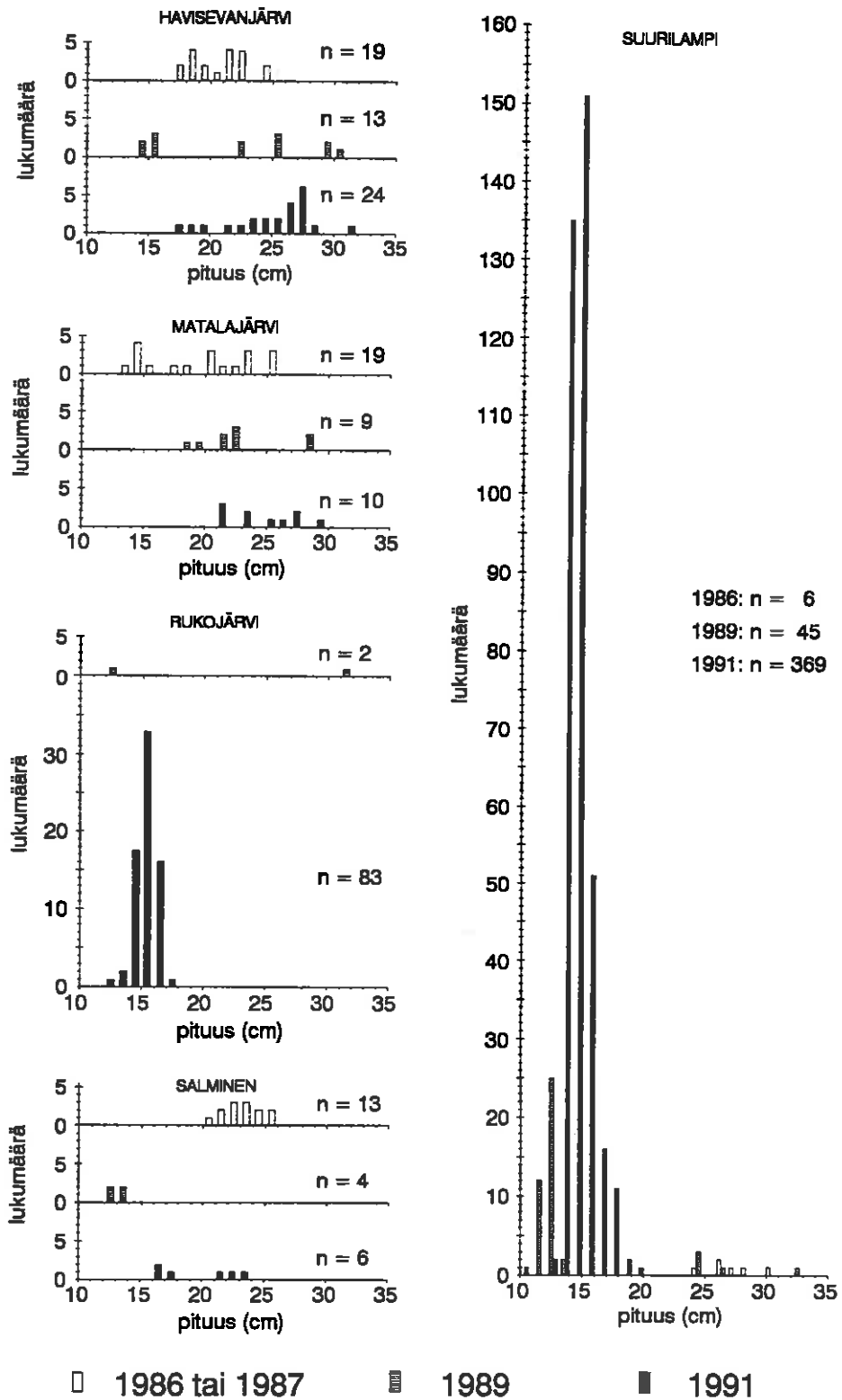
3.2. Kalkituksen vaikutukset lisääntymiseen

Suurilammen ja Rukojärven särkikannat olivat voimakkaasti vahvistuneet vuonna 1991. Molempien järvien saaliissa oli vallitsevana kalkituksen jälkeen syntynyt vuosiluokka. Suurilammesta saadut sorvat olivat syntyneet vuosina 1987 ja 1988. Särjen lisääntymistä havaittiin myös Havisevanjärvässä, jonka saaliista huomattava osa oli nuoria kaloja (kuva 2). Paikalliset onginnan harrastajat kertoivat saaneensa kesällä 1989 sekä pieniä että isoja särkiä enemmän kuin koskaan sitten 1970-luvun alun. Joku-nen kalkituksen jälkeen syntynyt särki saatiin myös Salmisesta. Sen sijaan kaikki särjet Haarajärven saaliissa olivat syntyneet ennen kalkitusta, joten kalkitus ei näyttäisi lisänneen särjen suhteellista runsautta tämän järven kalayhteisössä.

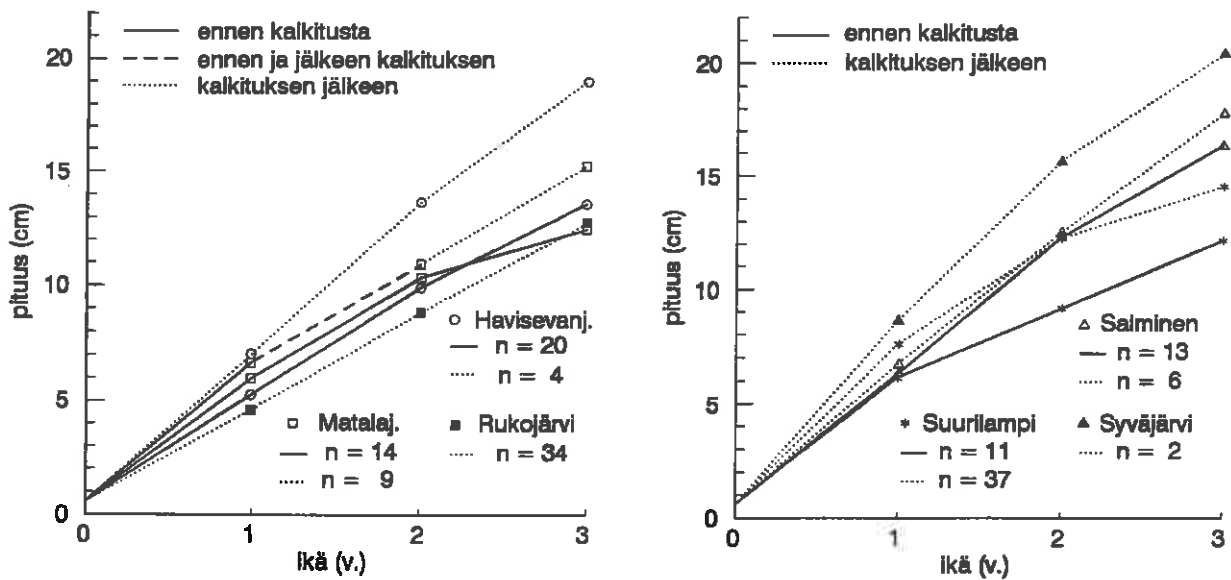
3.3. Kasvu

Kalkituksen jälkeen Suurilammessa ja Havisevanjärvässä syntyneet särjet olivat kasvaneet nopeammin kuin vanhemmat särjet saman ikäisinä ennen kalkitusta. Myös Matalajärvässä jo vuosi tai pari ennen kalkitusta syntyneiden särkien kasvu oli kalkituksen jälkeen nopeampaa kuin vanhempien särkien vastaavassa iässä. Salmisen särjillä tilastollisesti merkitseviä eroja ei kasvunopeuksissa tavattu (kuva 3).

Neljä viidestä yli 3-vuotiaasta Suurilammen särjestä kasvoi kalkituksen jälkeisenä kesänä enemmän pituutta kuin kalkitusta edeltävänä vuonna. Jotkut Havisevanjärvestä saadut yksilöt olivat alkaneet kasvaa huomattavan nopeasti kesästä 1987 alkaen, toiset vasta kesästä 1988 (lisätietoja Raitaniemi & Rask 1990). Tutkituista Haarajärven särjistä (n = 46) lähes puolet



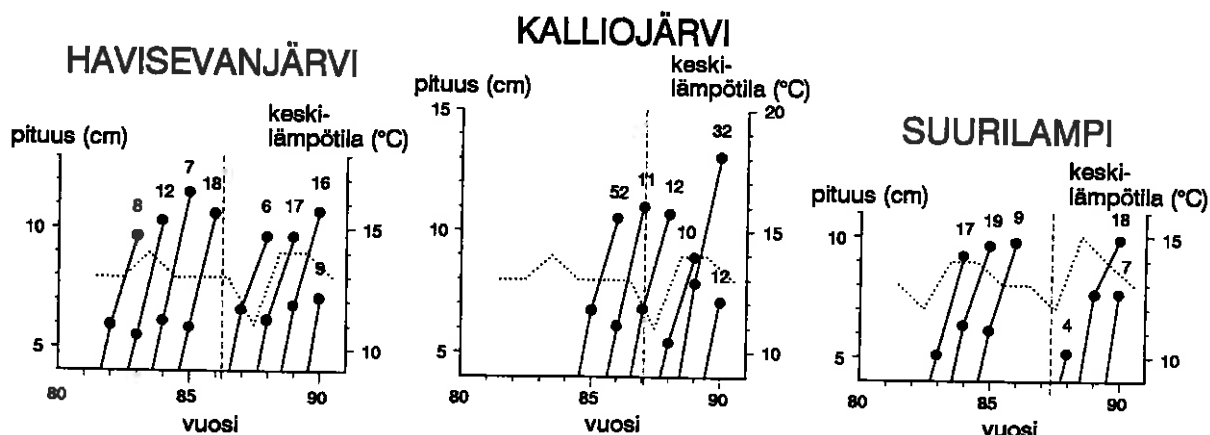
Kuva 2. Särjen pituusjakaumat tutkimusjärvien koekalastussaa-
liissa. Havisevanjärven jakaumaan vuodelta 1986 on koottu kaikki
särjet viiden koeverkotuksen saaliista.



Kuva 3. Särjen kasvu tutkimusjärvissä ennen ja jälkeen kalkituksen. Havisevanjärvessä ja Suurilammessa kasvu oli erittäin merkittävästi nopeampaa kalkituksen jälkeen kuin ennen kalkitusta ($P < 0,001$). Matalajärvessä 1–2 vuotta ennen kalkitusta syntyneet särjet alkoivat myös kasvaa nopeammin kalkituksen jälkeen kuin vastaavan ikäiset olivat kasvaneet ennen kalkitusta ($P < 0,001$).

(22) oli kasvanut enemmän pituutta kahtena kalkituksen jälkeisenä kesänä kuin kahtena sitä edeltäneenä. Muikun kasvu hidastui tasaisesti iän myötä kalkituksesta riippumatta. Samoin kävi Haarajärven Valkjärven siikojen kasvun.

Kolmessa järvessä, Suurilammessa, Kalliojärvessä ja Havisevanjärvessä ahvenen vuosiluokkien kasvut laskettiin erikseen. Näissä oli huomattavaa vaihtelua (kuva 4). Silmiinpistävä oli riippuvuus etenkin ensimmäisen kesän kasvun ja kasvukauden keskilämpötilan välillä, mikä näkyi hyvin Kalliojärvessä ja Suurilammessa verrattaessa kasvua kylmänä kesänä 1987 ja lämpinänä kesänä 1988. Jälkimmäisenä kesänä syntyi voimakas vuosiluokka, joka myös kasvoi nopeammin kuin vuoden 1987 poikaset (1-suuntainen varianssianalyysi, Scheffen testi). Huolimatta lämpötilan tärkeydestä, kalkituskin näytti jossain määrin vaikuttaneen ahvenen kasvua nopeuttavasti (kuva 4). Haarajärven Valkjärvessä lämpötilan tai kalkituksen ei, ehkä aineiston pienuudesta johtuen, havaittu faktoritestin perusteella vaikuttaneen kasvuun kahden ensimmäisen ikävuoden aikana. Vuosiluokkien kasvunopeuksien väliltä ei myöskään löytynyt tilastollisia eroja (1-suuntainen varianssianalyysi, Scheffen testi).



Kuva 4. Ahvenen eri vuosiluokkien kasvu kahtena ensimmäisenä kesänä kolmessa tutkimusjärvessä. Kalkitus on merkitty kuhunkin kuvaan pystysuuntaisella katkoviivalla. Kasvukauden (toukokuu) vuosittainen keskilämpötila alueella on merkitty pisteiviivalla (Tampere Härmälän lentokenttä ja Lappeenrannan lentokenttä). Tilastollisissa testeissä käytettyjen kalojen määrä on merkitty kunkin kasvukäyrän yläpuolelle. Lämpötilan (t) ja kalkituksen (k) vaikutusta kasvuun ensimmäisenä kesänä testattiin faktoritestillä Havisevanjärvessä (t: $P < 0.05$, k: $P < 0.01$), Kalliojärvessä (t: $P < 0.001$, k: ei voitu testata) ja Suurilammessa (t: $P < 0.001$, k: $P < 0.05$, t*k: $P < 0.05$).

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkituista järvistä vain Suurilammessa tapahtui kalkituksen jälkeen selvä kalalajisuhteiden muutos. Vastaavanlaisen särkikannan voimakkaan elpymisen ovat kuvanneet myös Eriksson ym. (1983) Mörtsjön-järvestä Tukholman lähistöltä. Huomattavan korkealla alkaliteetti-arvolla ($0,16 \text{ mmol l}^{-1}$ yhä elokuussa 1991) lienee osuutensa särjen menestymiseen Suurilammessa. Muissa järvissä olot ovat luultavasti olleet epävakaampia ja särjen menestys sattumanvaraisempaa.

Kalkituissa, kuten muissakin happamoituneissa järvissä, vesi on happamimmillaan lumen sulamisaikana keväällä ja muina jaksoina, jolloin hapanta sadevettä kulkeutuu järveen runsaasti lyhyessä ajassa. Kevään happamuushuippua pidetään kriittisimpänä ajanjaksona kalkittujen järvien kaloille (Bengtsson ym. 1980, Booth ym. 1986). Järvissä, joiden kesäinen alkaliteetti jää alle $0,10-0,15 \text{ mmol l}^{-1}$, veden puskurikyky ei ehkä kykene estämään pH:n alenemista esimerkiksi voimakkaan kevätvaluman aikana niin, että

herkkien lajien mäti ja poikaset selviäisivät vaurioitta. Tämän työn järvistä esimerkiksi Havisevanjärvestä on mitattu keväällä pH 4,9 ja Matalajärvestä 5,2–5,5 kalkituksen jälkeen (J. Havu, Tavy, henkilökohtainen tiedonanto). Arvot sopivat hyvin yhteen sen kanssa, että särki menestyy näissä järvissä heikosti (vertaa Tuunainen ym. 1991).

Särjen kasvun nopeutuminen Suurilammessa voi johtua happamuusrasituksen vähenemisestä. Happamuuden aiheuttaman fysiologisen stressin on todettu hidastavan useiden lohikalojen kasvua (Edwards & Hjeldnes 1977, Rodgers 1984, Vuorinen ym. 1990). Toisena vaikuttavana tekijänä lienevät muutokset koko järven eliöyhteisössä. Ruotsalaisissa tutkimuksissa planktonäyriäisten ja pohjaeläinten lajimäärän ja yksilömäärien havaittiin lisääntyneen kalkituksen jälkeen (Hultberg & Andersson 1982, Eriksson ym. 1983).

Kahdessa järvessä, Rukojärvessä ja Suurilammessa, ahvensaaliissa tapahtui johdonmukainen muutos 1987–1991. Saaliin huomattava kasvu Rukojärvessä johtui verkkojen huonosta laskupaikasta 1987 ja 1989. Kun verkot vuonna 1991 laskettiin erään paikallisen asukkaan suosikkipaikkaan, saalistakin tuli. Suurilammessa olosuhteiden muuttumista seurannut särkien määrän kasvu johti ahventen kilpailuaseman heikkenemiseen ja lukumäärän laskuun (vertaa Sumari 1971, Svärdson 1976).

Vesien happamoituessa ahvenen lisääntymisen on havaittu häiriintyneen pH:n laskiessa alle 5,0–5,5 (Runn ym. 1977, Lappalainen ym. 1988, Raitaniemi ym. 1988). Tämän työn järvet eivät olleet aivan yhtä happamia ennen kalkitusta. Siksi on epätodennäköistä, että happamuus olisi heikentänyt näiden järvien ahvenkantoja ennen kalkitusta. Tätä tukee myös se, että ahvensaaliit eivät kalkitusten jälkeen kasvaneet. Eriksson ja Tengelin (1987) saivat joistakin järvistä kalkituksen jälkeen selvästi suurentuneita ahvensaaliita. Näissä järvissä pH oli kuitenkin ollut alle 4,9 ennen kalkitusta, joten ahvenen lisääntyminen lienee ollut häiriintynyttä. Nyberg ym. (1986) saivat kalkituksen jälkeen kasvaneita ahvensaaliita myös järvistä, joissa oli särkeä, joten nämä järvet lienevät olleet neutraalimpia, $\text{pH} \geq 5$ ennen kalkitusta.

Joissakin Ruotsin järvissä, joissa ahven on lisääntynyt normaalisti ennen kalkitusta, on kalkituksen jälkeen havaittu etenkin vanhojen ahventen kasvun lievää nopeutumista. Toisissa tapauksissa kasvumuutoksia ei ole havaittu (Nyberg 1984, Nyberg ym. 1986). Kolmessa tutkimassamme järvessä kasvukauden keskilämpötilalla näytti olevan niin voimakas yhteys ainakin nuorten ahvenien kasvuun, että kalkituksen vaikutus erottui vasta faktori-testiä käytettäessä (ks. kuva 4).

Jotta järven tai lammen kalkitus onnistuisi ja haluttu kalalaji menestyisi, on veden alkaliteetti ja pH saatava kalkituksen jälkeen pysymään mahdollisimman pitkään korkealla tasolla. Suurilammen, Haarajärven Valkjärven, Haarajärven ja ehkä Kalliojärvenkin kalkituksia voitaneen vesiarvojen perusteella pitää onnistuneina. Kalataloudelliselta kannalta katsoen pelkkä särkikannan runsastuminen tuskin kuitenkaan on se odotettu ja toivottu vaikutus.

TIIVISTELMÄ

Kahdeksan happamoitunutta ja kalkittua järveä koekalastettiin verkkosarjalla ennen kalkitusta tai kalkitusvuonna 1986–1987 kalakantojen rakenteen selvittämiseksi. Kalalajien suhteellisessa runsaudessa, lisääntymisessä tai kasvussa mahdollisesti tapahtuneiden muutosten selvittämiseksi uudet koekalastukset tehtiin järvissä vuosina 1989 ja 1991. Lisäksi kahdessa 1988 kalkitussa järvessä selviteltiin kalojen kasvua.

Ennen kalkitusta ahven oli vallitseva kalalaji kaikkien kahdeksan järven saaliissa. Kiiskeä tavattiin viidessä järvessä, samoin haukea. Pieni määrä enimmäkseen kookkaita särkiä löytyi neljästä järvestä. Kalkituksen jälkeen särkikantojen elpymistä havaittiin joissakin järvissä, useimmissa kuitenkin ahven pysyi vallitsevana lajina. Poikkeus oli Suurilampi, jossa alkaliteetti oli edelleen $0,16 \text{ mmol l}^{-1}$ vuonna 1991 ja kalalajien väliset suhteet olivat muuttuneet. Muutama kookas ja vanha särki, jotka tavattiin tässä ahventen vallitsemassa järvessä ennen kalkitusta, olivat vaihtuneet vahvaan särkien vallitsevuuteen vuonna 1991.

Useimmissa populaatioissa särjen kasvu nopeutui kalkituksen jälkeen. Kalkituksen vaikutus ahvenen kasvuun ja lisääntymiseen oli vähäinen.

Kalkituksen onnistumiseksi pH ja alkaliteetti on saatava pysymään mahdollisimman pitkään riittävän korkealla tasolla. Särkikannan runsastuminen tuskin kuitenkaan on yksinään riittävä peruste kalkitsemiselle.

SAMMANDRAG

I åtta försurade och kalkade sjöar utfördes provfiske med en nätserie före kalkning eller under kalkningsåret 1986-87, i avsikt att utreda fiskbeståndens struktur. För att undersöka eventuella förändringar i arternas relativa talrikhets- förhållanden, förökning och tillväxt upprepades provfiske- serierna i samma sjöar åren 1989 och 1991. I två sjöar som kalkats år 1988 utreddes dessutom fiskens tillväxt.

Före kalkningen var abborren den dominerande fiskarten i fångsterna från samtliga åtta sjöar. I fem sjöar påträffades gers och gädda. Små mängder huvudsakligen stora mörtar fångades i fyra sjöar. Efter kalkningen återhämtade sig mörtbeståndet i några sjöar, men i de flesta förblev abborren den dominerande arten. Undantaget utgjordes av Suurilampi, där alkaliniteten år 1991 fortfarande var $0,16 \text{ mmol l}^{-1}$ och fiskarternas inbördes förhållanden förändrats. De enstaka stora gamla mörtar som påträffades i denna abborrdominerade sjö före kalkningen hade utbytts mot den kraftig mörtdominans år 1991.

I de flesta populationer försnabbades mörtens tillväxt efter kalkningen. Kalkningens effekt på abborrens tillväxt och förökning var liten.

För att kalkningen skall lyckas måste pH och alkaliniteten så länge som möjligt fås att förbli på en tillräckligt hög nivå. Ökade mörtbestånd är dock troligen knappast ett tillräckligt motiv för kalkning.

KIRJALLISUUS

- Alasaarela, E., Havu, J., Heikkinen, K. & Weppling, K., 1990. Neutralization of acidified watercourses. Teoksessa: Kauppi, P., Kenttämies, K. & Anttila, P. (toim.), Acidification in Finland. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. p. 1117–1126.
- Bagenal, T.B. & Tesch F.W. 1978. Age and growth. Teoksessa: Bagenal, T. (toim.), Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell, Oxford. s. 101–136
- Bengtsson, B., Dickson, W. & Nyberg, P., 1980. Liming acid lakes in Sweden. *Ambio* 9, p. 34–36.
- Booth, G.M., Hamilton, J.G. & Molot, L.M., 1986. Liming in Ontario: Short-term biological and chemical changes. *Water, Air & Soil Pollution* 31, p. 709–720.
- Brofeldt, P. 1920. Evon kalastuskoeasema – 25-vuotinen toiminta ja tulokset. *Suomen kalatalous* 6. 141 s.
- Edwards, D. & Hjeldnes, S., 1977. Growth and survival of salmonids in water of different pH. SNSF-project, Norway, FR 10/77. 12 s.
- Eriksson, F. et al., 1983. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. *Hydrobiologia* 101, p. 145–164.
- Eriksson, M.O.G. & Tengelin, B., 1987. Short-term effects of liming on perch *Perca fluviatilis* populations in acidified lakes in South-West Sweden. *Hydrobiologia* 146, p. 187–191.
- Hultberg, H. & Andersson, I.B., 1982. Liming of acidified lakes: Induced long-term changes. *Water, Air and Soil Pollution* 18, p. 311–331.
- Lappalainen, A., Rask, M. and Vuorinen, P.J., 1988. Acidification affects the perch, *Perca fluviatilis*, populations in lakes of southern Finland. *Environ. Biol. Fish.*, 21 (3), p. 231–239.
- Nyberg, P., 1984. Effects of liming on fisheries. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 305 (11), p. 549–568.
- Nyberg, P., Appelberg, M. & Degerman, E., 1986. Effects of liming on crayfish and fish in Sweden. *Water, Air and Soil Pollution* 31, p. 669–687.
- Nyberg, P. & Thørneløf, E. 1988. Operational liming of surface waters in Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 41, p. 3–16.
- Oravainen, R., 1983. Kangasalan kunnan alueella sijaitsevien järvien perustutkimus 1982–1983. Tampere. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y.
- Oravainen, R., 1985. Tampereen kaupungin järvien happamoitumis selvitys 1984–1985. Tampere. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y. 175. 63 s.
- Raitaniemi, J. & Rask, M., 1990. Preliminary observations on the effects of liming to the fish populations of small

- acidic lakes in southern Finland. *Aqua Fennica* 20 (1), p. 115–123.
- Raitaniemi, J., Rask, M. & Vuorinen, P.J., 1988. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in small Finnish lakes at different stages of acidification. *Ann. Zool. Fennici*, 25, p. 209–219.
- Rodgers, D.W., 1984. Ambient pH and calcium concentration as modifiers of growth and calcium dynamics of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, p. 1774–1780.
- Runn, P., Johansson, N. & Milbrink, G., 1977. Some effects of low pH on the hatchability of eggs of perch, *Perca fluviatilis* L. *Zoon* 5, p. 115–125.
- Silvo, K. & Weppling, K., 1989. Pienvesistöjen kalkituskokeet Kymen läänissä 1986–1987. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 151. 47 s.
- Sumari, O. 1971. Structure of the perch populations of some ponds in Finland. *Ann. Zool. Fennici* 8:406–421.
- Svärdson, G. 1976. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 55:144–171.
- Tuunainen, P. et al., 1991. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin. Loppuraportti. Suomen kalatalous 57. 44 s.
- Weatherley, N.S. 1988. Liming to mitigate acidification in freshwater ecosystems: A review of the biological consequences. *Water, Air and Soil Pollution* 39, p. 421–437.
- Weppling, K. 1989. Vesistöjen neutralointi Suomessa. *Suomen Kalastuslehti* 96 (5), s. 237–240.
- Vuorinen, P.J., Vuorinen, M. & Peuranen, S., 1990. Long-term exposure of adult whitefish (*Coregonus wartmanni*) to low pH/aluminium: Effects on reproduction, growth, blood composition and gills. *Teoksessa: Kauppi, Kenttämies, K. & Anttila, P. (Toim.), Acidification in Finland. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. p. 941–961*