

*Jouni Tammi  
Antti Lappalainen  
Jaakko Mannio  
Martti Rask  
Jussi Vuorenmaa*

## Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa

Otantaan perustuva järvikartoitus





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS  
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 132

1997

**Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa**

**Otantaan perustuva järvikartoitus**

Jouni Tammi<sup>1</sup>, Antti Lappalainen<sup>1</sup>, Jaakko Mannio<sup>2</sup>, Martti Rask<sup>1</sup>  
ja Jussi Vuorenmaa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

<sup>2</sup> Suomen ympäristökeskus

Helsinki 1997

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Järviä Kainuusta (Kuva: Hannu Vallas / Luonnonkuva-arkisto)

Kirjoittajat ovat vastuussa kirjoituksensa sisällöstä, eikä se välttämättä edusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen virallista kantaa.

ISBN 951-776-126-0

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 1997

# Sisällys

<b>1. JOHDANTO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....</b>	<b>3</b>
2.1. Tutkimusjärvet.....	3
2.1.1. Tutkimusjärvet valittiin ositetulla satunnaisotannalla.....	3
2.1.2. Vesinäytteet otettiin syksyllä.....	3
2.2. Kysely kohdistettiin järvien kalaston tunteville henkilöille.....	4
2.3. Kyselylomakkeessa useita kokonaisuuksia .....	5
2.4. Kalastokyselyllä parhaiten tietoa suuremmista järvistä .....	5
2.5. Vastausten laatu ja tulkinta .....	6
2.6. Tulosten analysointi ja esittäminen .....	7
2.6.1. Tulosten laajentaminen koskemaan kaikkia järviä.....	7
2.6.2. Aineistossa vastauskatoa .....	7
2.6.3. Aineistoa täydennettiin kadon osalta.....	8
2.6.4. Rehevyytason ja kalaston väliset tarkastelut.....	8
2.6.5. Järvien rehevyyoluokittelu tehtiin kokonaisfosforin perusteella.....	9
<b>3. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....</b>	<b>10</b>
3.1. Veden laadun perusteella rehevöitymisen merkkejä lähes 10 %:ssa järvistä.....	10
3.2. Kalaston perusteella rehevät, särkikalavaltaiset järvet.....	12
3.2.1. Osuus tutkimusjärvistä .....	12
3.2.2. Osuus kaikista Suomen järvistä.....	13
3.2.3. Alueellinen yleisyys Suomessa .....	13
3.3. Tutkimusjärvien kalasto ja kalaistutukset .....	15
3.4. Kalastomuutokset tutkimusjärvissä .....	17
3.4.1. Särki runsastunut rehevissä järvissä.....	19
3.4.2. Lahna runsastunut, havaintoja myös taantumisesta.....	20
3.4.3. Mateesta eniten häviämishavaintoja.....	20
3.4.4. Muikku ei viihdy rehevissä vesissä .....	21
3.4.5. Hauesta havaintoja taantumisesta.....	22
3.4.6. Ahvenkannoissa suurta vaihtelua .....	23
3.5. Kalakuolemat yleisiä rehevissä järvissä.....	23
3.6. Kalastukseen ja kalan käyttöön liittyvät haittahavainnot.....	25
3.6.1. Pyydysten likaantuminen yleisin kalastushaitta .....	25
3.6.2. Ei-toivottu saalis merkittävä kalastushaitta .....	26
3.6.3. Kalojen maku- ja hajuvirheet yleisiä.....	27
3.6.4. Yleisimpien kalastushaittojen alueellisuus.....	28
3.6.5. Kalan käyttö ravinnoksi voi estyä .....	30

<b>4. JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>31</b>
<b>KIITOKSET .....</b>	<b>32</b>
<b>KIRJALLISUUS.....</b>	<b>33</b>

# 1. Johdanto

Sisävesien rehevöityminen on lisääntynyt Suomessa 1980- ja 1990-luvuilla. Suurten asutuskeskusten ja teollisuuden alapuoliset vesistöt ovat puhdistumassa, mutta haja-kuormituksen myötä rehevöityminen on levittäytynyt uusille, aiemmin puhtaille alueille. Järvien vähittäistä rehevöitymistä pidetään tällä hetkellä maamme suurimpana vesiensuojeluongelmana (Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi 1995) ja korkealla rehevyytasolla on osoitettu olevan haitallisia vaikutuksia myös kalakantoihin (esim. Keto ja Sammalkorpi 1988, Hirvonen ja Salonen 1995, Karjalainen ja Leppä 1995). Rehevöitymisen aiheuttamien kalakantamuutosten yleisyydestä ja voimakkuudesta Suomen järvissä on kuitenkin olemassa vain summittaisia arviota. Rehevöitymisongelma on pahimmillaan Etelä- ja Länsi-Suomessa eli tärkeimmillä maatalousalueilla, missä on arvioitu olevan vähintään satoja pitkäle rehevöityneitä, mm. sinileväkukintojen vaaamia järviä (Ilmavirta 1990).

Voimakkaan rehevöitymisen aiheuttamat kalakantamuutokset ovat usein kalataloudellisesti haitallisempia kuin happamoitumisen aiheuttamat, erityisesti pienvesien särki- ja ahvenkantoihin kohdistuvat haitat. Toisin kuin happamoituminen, rehevöityminen ei rajoitu ainoastaan pienvesiin vaan ravinnepitoisuuksien nousua on havaittu myös suurissa järviältaissa sekä niiden suljetuissa osissa (Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi 1995, Mannio ja Vuorenmaa 1996). Rehevöityvässä vesistössä kalalajiston runsaussuhteet muuttuvat yleensä kalastuksen kannalta epäedulliseen suuntaan kokonaistuotannon suurenemisesta huolimatta. Rehevöityminen vähentää kalastettavissa olevien arvokalojen, kuten lohikalojen ja suurikokoisten petokalojen, osuutta vesistössä ja lisää särkikalojen runsautta.

Suomessa tehtiin vuonna 1987 ensimmäisen kerran laaja järvikartoitus pienvesien veden laadun selvittämiseksi (mm. Kämäri ym. 1991). Kartoitus tehtiin ympäristöhallinnon toimesta osana kansallista happamoitumistutkimusprojektia (HAPRO) ja siihen liittyi myös kala- ja kalakantatutkimus (esim. Tuunainen ym. 1991, Rask ym. 1995). Kalakantatutkimuksiin liittyvien järvien valinnassa painotettiin happamoitumisherkkiä alueita eikä näin ollen tuloksia voitu laajentaa kuvaamaan kaikkia Suomen järviä.

Syksyllä 1995 toteutettiin järvikartoitus, jossa järvien otanta kattoi tasapuolisesti koko maan. Järvikartoitus kuului yhteispohjoismaiseen hankkeeseen, jossa Suomen, Ruotsin ja Norjan järvien vedenlaatu ja kalasto kartoitettiin yhteisesti sovituin perustein (Henriksen ym. 1996). Järvikartoituksen koordinoinnista ja vesitutkimuksista Suomessa vastasi Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja kalatutkimuksista Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL). Kartoituksen tarkoituksena oli saada alueellisesti edustava kuva järvien veden laadusta sekä kalastosta erilaisten ympäristömuutosten arvioinnin perustaksi. Koska Suomessa on kymmeniä tuhansia järviä, vain tilastollisella otantatutkimuksella voidaan saada vertailukelpoisia lukuarvoja eri alueiden järvien tilasta ja kalakannoista.

Tutkimusjärivistä kerättiin kyselymenetelmällä järvien kalastotiedot. Kyselyt ja haastattelut ovat yleisesti käytettyjä tiedonkeruumenetelmiä kala- ja kalastustiedusteluissa ja niitä on käytetty myös ympäristömuutoksiin liittyvissä hankkeissa (esim. Lappalainen ja Hildén 1993a, 1993b, Lappalainen ja Pönni 1996). Norjassa 1980-luvulla tehdyssä järvikartoituksessa selvitettiin veden laadun lisäksi myös järvien kalakantojen tilaa kyselytutkimuksella (Henriksen ym. 1989). Vastaavuus kyselytiedon ja koeka-

lastusten tulosten välillä oli hyvä n. 2/3:ssa tapauksista (Hesthagen ym. 1993). Koe-  
kalastusten perusteella monien kalakantojen tila oli kuitenkin huonompi kuin ihmisten  
arviot niistä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli saada kvantitatiivista tietoa rehevöitymisen ai-  
heuttamien kalastomuutosten ja kalastushaittojen esiintymisestä ja yleisyydestä Suo-  
men järvissä. Tutkimuksessa käytettiin hyväksi rehevyytason suurta vaihtelua järvien  
välillä. Päähypoteesina oli, että rehevissä järvissä erilaiset kalasto-ongelmat ja kalas-  
tukseen liittyvät haittahavainnot ovat yleisempiä kuin karummissa järvissä. Tutkimus  
kuuluu osana Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) kalakantojen ja kala-  
vesien tutkimuksen tulosityksikön vesistökuormituksen kalatalousvaikutuksia selvittä-  
viin hankkeisiin.



## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Tutkimusjärvet

Tutkimusjärvien otanta tehtiin Suomen ympäristökeskuksessa. Vedenlaatuaineiston perusteella tehtiin alustava selvitys Suomen järvien veden laadusta (Mannio ja Vuorenmaa 1996). Sekä vedenlaatu- että kalastotutkimus liittyivät laajemmin yhteis-pohjoismaiseen järvikartoitukseen, jossa Suomen, Ruotsin ja Norjan yli 4 hehtaarin järvien vedenlaatu, kalakantojen nykytila sekä kannoissa tapahtuneet muutokset kar-toitettiin ensimmäistä kertaa yhteisesti suunnitelluin ja toteutetuin perustein (mm. Henriksen ym. 1996, Mannio ja Vuorenmaa 1996).

#### 2.1.1. Tutkimusjärvet valittiin ositetulla satunnaisotannalla

Tutkimuksen kohdeperusjoukon muodostivat kaikki Suomen 4 hehtaaria tai sitä suu-remmat järvet, joita on kaikkiaan 29 515. Näistä valittiin ositetulla satunnaisotannalla yhteensä 873 järveä (taulukko 1, liite 1). Valinta tehtiin kansallisesta järvirekisteristä, joka sisältää kaikki Suomen järvet. Valtaosa, yli 90 prosenttia, perusjoukon järvistä on pienempiä kuin 100 hehtaaria.

Otanta ositettiin kokoluokittain ja alueittain. Järvien kokoluokkia oli viisi: 4-10 ha, 10-100 ha, 1-10 km<sup>2</sup>, 10-100 km<sup>2</sup> ja yli 100 km<sup>2</sup> (taulukko 1). Alueellinen osittaminen noudatti alueellisten ympäristökeskusten rajoja (liite 1). Vähäjärvisillä rannikkoalu-eilla otettiin tiheämpi otos, vastaavasti Pohjois-Lapissa erittäin järvitheällä alueella harvempi otos. Otannan prosentiosuudet kullakin ympäristökeskuksen alueella poik-kesivat kuitenkin vain vähän toisistaan. Kahdesta pienimmästä kokoluokasta tuli kai-kilta otosalueilta mukaan vähintään n. 2 %:n otos. Isoista järvistä otossuhde on suu-rempi. Otanta käsitti kaikkiaan n. 3,0 % Suomen yli neljän hehtaarin järvistä (taulukko 1).

#### 2.1.2. Vesinäytteet otettiin syksyllä

Tutkimusjärvien vesinäytteenoton ja näytteiden analysoinnin suorittivat pääosin alu-eelliset ympäristökeskukset. Näytteenotto tehtiin vuonna 1995 syystäyskierron aikaan, vesimassojen ollessa parhaiten sekoittuneina. Vesinäytteet otettiin kustakin järvestä yhdestä näytepisteestä (0,1-1 m syv.) ja näytteistä tehtiin monipuoliset vesikemialliset analyysit (25 muuttujaa). Tässä tutkimuksessa käytettiin vedenlaatutiedoista koko-naisfosforia järven rehevyystason kuvaajana (esim. Premazzi ja Chiaudani 1992).

**Taulukko 1. Tutkittujen järvien lukumäärät, järvien kokonaismäärät ja otantaprosentit ympäristökeskuksittain ja kokoluokittain Suomessa.**

	Kokoluokka					Yhteensä	Otanta-%
	4-10 ha	10-100 ha	1-10 km <sup>2</sup>	10-100 km <sup>2</sup>	>100 km <sup>2</sup>		
<b>Ympäristökeskus</b>							
Uusimaa	10	11	13	1	–	<b>35</b>	5,8
Lounais-Suomi	10	13	9	2	1	<b>35</b>	5,7
Häme	23	20	15	3	7	<b>68</b>	2,6
Kaakkois-Suomi	22	24	23	5	1	<b>75</b>	5,6
Etelä-Savo	32	29	21	7	5	<b>94</b>	2,8
Pohjois-Savo	20	19	14	5	8	<b>66</b>	3,1
Pohjois-Karjala	24	19	11	4	7	<b>65</b>	2,8
Länsi-Suomi	12	9	10	3	1	<b>35</b>	5,8
Keski-Suomi	19	17	12	4	7	<b>59</b>	2,9
Keski-Pohjanmaa	10	9	5	2	1	<b>27</b>	5,2
Pohj.-Pohjanmaa	21	19	15	3	1	<b>59</b>	2,7
Kainuu	24	21	18	5	3	<b>71</b>	2,8
Etelä-Lappi	45	43	27	4	3	<b>122</b>	2,4
Pohjois-Lappi	33	19	7	2	1	<b>62</b>	1,7
<b>Tutkittuja järviä yht.</b>	<b>305</b>	<b>272</b>	<b>200</b>	<b>50</b>	<b>46</b>	<b>873</b>	
<b>Järvien kokonaismäärä Suomessa</b>	<b>14 717</b>	<b>12 311</b>	<b>2 164</b>	<b>276</b>	<b>47</b>	<b>29 515</b>	
<b>Otanta-%</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>9,2</b>	<b>18,1</b>	<b>98,0</b>	<b>3,0</b>	

## 2.2. Kysely kohdistettiin järvien kalaston tunteville henkilöille

Kalastokysely nimettiin ”Kalakantakartoitus 1996”:ksi ja siitä tiedotettiin mm. Suomen Kalastuslehdessä (Tammi ja Rask 1996). Kyselyllä pyrittiin saamaan tietoa kaikista otannalla poimituista 873:sta järvestä, joista Suomen ympäristökeskus oli tutkinut veden laadun.

Kyselyaineisto kerättiin vuoden 1996 aikana tehdyillä postikyselyillä. Kyselomakkeita lähetettiin kalastuskuntien esimiehille ja osakkaille, kalastusalueiden isännöitsijöille tai sellaisille henkilöille, jotka toimeensa liittyen tunsivat paikalliset kalastus- ja kalastoasiat. Näihin kuuluivat mm. metsähallituksen hoitoalueista vastaavat henkilöt, rajavartiolaitoksen työntekijät sekä kalatutkimuksen parissa työskentelevät henkilöt kuten RKTL:n toimipaikkojen työntekijät. Pieni osa yhteyshenkilöistä oli yksityisiä vesialueen omistajia, ranta-asukkaita tai mökkiläisiä.

Yhteyshenkilötietoja kullekin järvelle etsittiin yhteistyössä maaseutuelinkeinopiirien, kalatalouskeskusten, maaseutukeskusten, kuntien ympäristöviranomaisten, metsähallituksen sekä rajavartiolaitoksen kanssa. Yhteensä 113 järveä jäi kokonaan ilman yhteystietoa ja 50 järven osalta saadut yhteystiedot eivät tuottaneet tulosta.

Kyselyssä käytettiin kolmea kontaktikertaa. Kyselylomakkeeseen merkittiin järven nimi- ja sijaintitiedot (lääni, kunta, peruskarttalehden numero ja karttakoordinaatit). Vastaamattomille lähetettiin seuraavilla kontaktikerroilla vastauskehoitus ja uusi kyselylomake sekä lisäksi 1:50 000 ja 1:160 000 mittakaavan kartat järvestä ja sen sijainnista.

## 2.3. Kyselylomakkeessa useita kokonaisuuksia

Kyselylomakkeen pituus oli 6 sivua (liite 4) ja se koostui neljästä aihekokonaisuudesta. Kohdilla 1-5 kysyttiin perustiedot järven kalaston tuntemuksesta, kalastajamääristä ja kalastusmuodoista. Kohdilla 6 ja 10 pyrittiin selvittämään järven nykyinen kalalajisto runsausarvioineen. Kohdat 7-9 käsittelivät selviä muutoksia kalakannoissa, mm. lajien häviämisiä sekä mahdollisia muutosten aiheuttajia mukaanluettuna istutukset. Kohdat 11-16 liittyivät kalastuksen haittahavaintoihin sekä havaintoihin kalakuolemista, leväongelmista ja vedenlaadusta.

Kyselylomake ja kysymykset pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertaisiksi. Lähtökohtana oli kadon pienentäminen sekä vastaajaan liittyvien mittausvirheiden minimointi. Lomakkeessa vältettiin painottamasta ympäristöasioita ja saatekirjeessä mainittiin kartoituksen pääasialliseksi tavoitteeksi saada tietoa kalalajien levinneisyydestä ja kantojen nykytilasta. Lomake suunniteltiin useimpien kysymyskohtien osalta yhteensopivaksi myös Ruotsin ja Norjan vastaavien kyselylomakkeiden kanssa maiden järvikartoitusaineistojen myöhempää yhdistämistä silmällä pitäen.

Lajitaulukossa esitettiin yleisimmät Suomen sisävesikalastoon kuuluvat lajit. Vastajan oman tiedon ja merkitsemisen varaan jätettiin seuraavat pienikokoiset tai suhteellisen harvinaiset lajit: härkäsimppu, kirjoeväsimppu, kivenuoliainen, rantaneula, seipi, turpa, törö ja vimpa. Edellä mainittujen lajien poisjätöllä pyrittiin lomakkeen yksinkertaistamiseen ja vastausaktiivisuuden lisäämiseen. Lajitaulukosta puuttuvista lajeista saatiin kuitenkin rantaneulaa ja turpaa lukuunottamatta havaintoja vastaajan itsensä merkitsemänä.

Kyselylomakkeessa oli myös happamoitumisen kalakantavaikutusten arviointiin liittyviä kysymyskohtia. Kysymyskohdilla kalastajamääristä ja kalastusmuodoista kerättiin tietoa vapaa-ajankalastustutkimuksiin. Leväongelmia ja vastaajien vedenlaatuksia koskevat kysymyskohdat liittyivät SYKE:ssä tehtävään tutkimukseen. Näistä kysymyskohdista saatuja tietoja ei tässä tutkimuksessa käytetty.

## 2.4. Kalastokyselyllä parhaiten tietoa suuremmista järvistä

Kyselyllä saadut vastaukset kattoivat 81,3 % kaikista tutkimusjärvistä (taulukko 2, liite 2). Vastausten kattavuutta tutkimusjärvistä voidaan pitää hyvänä, sillä kalastustiedusteluissa vastausprosentit ovat yleisesti 60-80 (esim. Lappalainen ja Pönni 1996, Moilanen 1996).

Kyselyllä saatiin tietoa 603 järven osalta yhdellä palautetulla lomakkeella, 100 järven osalta kahdella lomakkeella sekä 7 järven osalta kolmella lomakkeella. Heikoimmin tietoa saatiin odotetusti tutkimusjärvien pienimpään kokoluokkaan kuuluvista järvistä (taulukko 2). Pienet järvet tunnetaan yleensä suuria huonommin esim. syrjäisen sijaintinsa vuoksi ja osalle pienistä järvistä ei löytynyt yhteyshenkilötietoja lainkaan.

Parhaiten kalastotietoa tutkimusjärvistä saatiin Pohjois-Savon ja Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksista, missä vastaukset kattoivat 92,4 % ja 92,0 % tutkimusjärvistä. Heikoimmin tietoa saatiin Lapin läänin järvistä (Pohjois-Lappi 45,2 %, Etelä-Lappi 70,5 %) mikä oli odotettavissa läänin harvan asutuksen ja laajojen asumattomien alueiden vuoksi. Muiden ympäristökeskusten osalta vastaukset kattoivat Pohjois-Karjalassa 89,2 %, Etelä-Savossa 88,4 %, Keski-Suomessa 88,1 %, Keski-Pohjanmaalla 85,2 %, Kainuussa 84,5 %, Hämeessä 83,8 %, Pohjois-Pohjanmaalla 81,4 % sekä Lounais-Suomessa, Länsi-Suomessa ja Uudellamaalla kussakin ympäristökeskuksessa 80 % otannan järvistä.

**Taulukko 2. Kalastokyselyllä saatujen vastausten kattavuus tutkimusjärvien eri kokoluokissa.**

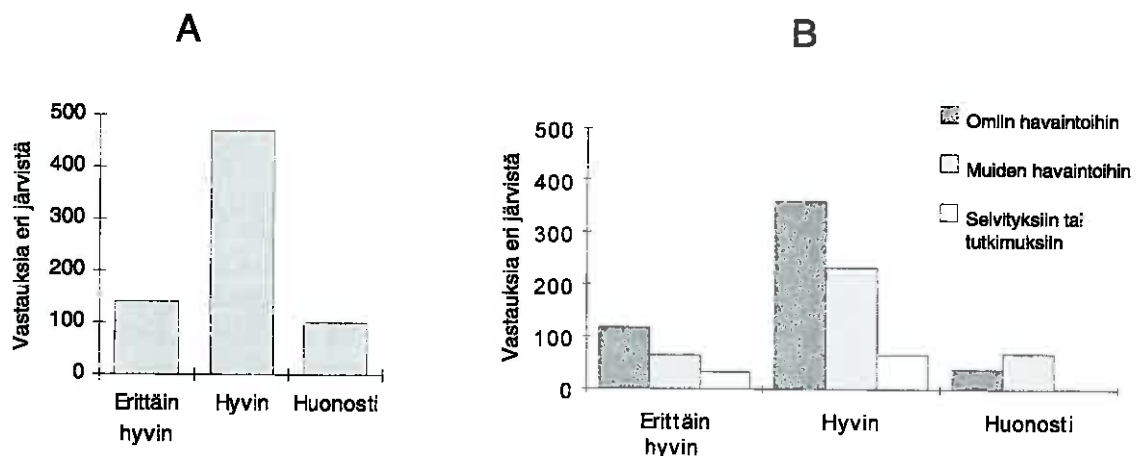
Kokoluokka	Tutkimusjärviä	Kalastokyselyllä tietoa	Vastausten kattavuus tutkimusjärivistä (%)
4-10 ha	305	208	68,2
10-100 ha	272	219	80,5
1-10 km <sup>2</sup>	200	187	93,5
10-100 km <sup>2</sup>	50	49	98,0
>100 km <sup>2</sup>	46	46	100
<b>Yhteensä</b>	<b>873</b>	<b>710</b>	<b>81,3</b>

## 2.5. Vastausten laatu ja tulkinta

Kyselyyn perustuvan tiedon heikkouksia ovat mm. vastaajien vaihteleva tietämys, motivoituneisuus sekä subjektiivinen näkemys kysyttyjen asioiden suhteen. Kyselyllä voidaan kuitenkin saada tietoa sellaisistakin kalakannoista tapahtuneista muutoksista, kuten lajien runsastumisesta, vähenemisestä tai häviämisestä, joita ei voida havaita kertaluonteisilla koekalastuksilla.

Tämän tutkimuksen kalastokysely poikkesi tavanomaisesta kalastustiedustelusta sikäli, että kyselyssä pyrittiin löytämään kunkin nimenomaisen järven kalastuksesta ja kalastoasioista kiinnostuneita, asiantuntevia henkilöitä. Mahdollisesti vastaajien tavanomaista paremman motivoituneisuuden johdosta tutkimuksen kannalta käyttökelpoiset lomakkeet oli täytetty tunnollisesti ja esim. lajitaulukko runsausarvioineen oli täytetty kaikissa käyttökelpoisissa lomakkeissa.

Tutkimusjärvissä esiintyvät kalalajit ja niiden runsauden vastaajat arvioivat tuntevansa erittäin hyvin 20 %:ssa, hyvin 66 %:ssa ja huonosti 14 %:ssa vastausten kattamista järivistä (kuva 1A). Tiedot kalakannasta perustuivat pääasiassa vastaajien omiin havaintoihin, mutta lisäksi myös muiden havaintoihin ja osin selvityksiin ja tutkimuksiin (kuva 1B).



**Kuva 1. A) Vastaajien ilmoittaman kalastotuntemuksen jakautuminen sekä B) kalakantatiedon jakautuminen kussakin ryhmässä omiin havaintoihin, muiden havaintoihin tai tutkimuksiin.**

Niiden järvien osalta, joista saatiin enemmän kuin yksi vastaus (107 järveä), saadut tiedot yhdistettiin. Lajien esiintymistä koskevat tiedot tulkittiin niin, että mikäli yhdessä palautetuista lomakkeista oli havainto lajin esiintymisestä, mutta muissa ei, niin lajin katsottiin tällöin esiintyvän järvestä. Tietojen yhdistämisessä painotettiin sen lomakkeen tietoja, jossa vastaaja ilmoitti tuntevansa järven kalaston paremmin kuin toisessa. Useimmissa tapauksissa tiettyä järveä koskevien eri vastausten väliset erot olivat vähäisiä, eikä niiden suhteen ollut tulkintavaikeuksia.

Kalastuksen haittahavaintoihin liittyvissä kysymyksissä (liite 4, kysymykset 11 ja 13-14) en osaa sanoa -vastaukset tulkittiin siten, että vastaaja ei ollut havainnut ko. ongelmia. Samoin kala- tai rapukantamuutoksia käsittelevässä kysymyksessä 8 vastamattomuus tulkittiin siten, ettei muutoksia havaittu.

## 2.6. Tulosten analysointi ja esittäminen

### 2.6.1. Tulosten laajentaminen koskemaan kaikkia järviä

Satunnaisotantaan pohjautuvana tutkimuksena tulokset voitiin laajentaa kuvaamaan koko Suomen yli 4 hehtaarin järvijoukkoa. Osituksesta johtuen järvien otosprosentit ja painotukset eri alueilla kuitenkin poikkesivat toisistaan. Ositealueilla, joissa järvi- tiheys on alhainen yksittäisen järven todennäköisyys tulla poimituksi otokseen oli suurempi kuin alueilla, joilla järvi- tiheys on suurempi, kuten esim. pohjoisessa Lapissa.

Kokonaismäärien arvioissa käytettiin normaalia ositetun otannan menetelmää, jossa kutakin järveä painotettiin luvulla, mikä on kääntäen verrannollinen tiettyyn ositteen kuuluvan järven todennäköisyydelle tulla valituksi otokseen (Cochran 1977). Tulokset laajennettiin koskemaan koko maata järvien kokoluokittain ja ympäristökeskuksittain. Kokonaismäärien arvioissa laskettiin laajennetuille arvioille 95 %:n luotamusvälit ja variaatiokertoimet (Cochran 1977, Krebs 1989).

### 2.6.2. Aineistossa vastauskatoa

Otanta-asetelman ulkopuolelta tuloksiin tulee yleensä lisää vaihtelua vastauskadosta ja mittausvirheistä (esim. Lehtonen ja Pahkinen 1995). Tässä tutkimuksessa vastauskato (163 järveä, 18,7 % otoksesta) aiheutui siitä, että otokseen kuuluvalla järvelle ei tavoitettu lainkaan yhteyshenkilöä, henkilö ei pystynyt antamaan vastauksia haastattelukysymyksiin tai kieltäytyi vastaamaasta kyselyyn. Vastauskato tulkittiin tässä ositaiskatona, sillä kaikista tutkimusjärivistä tunnettiin useita taustamuuttujia, kuten järven rehevyystaso eli veden kokonaisfosforipitoisuus, pinta-ala ja sijainti.

Kadon seurauksena estimointi havaitusta otoksesta saattaa olla harhaista mikäli vastauskadon piiriin joutuvat järjestelmällisesti muusta perusjoukosta poikkeavat alkiot. Mikäli otannan ulkopuolelta tulevat virheet voidaan olettaa satunnaisiksi ne eivät aiheuta harhaa estimaatteihin. Rehevöitymishaittojen tarkastelussa kyselytiedon harhausuutta aiheuttaa todennäköisesti se, että vastauksia on saatu suhteellisesti eniten järivistä, jotka sijaitsevat asutuilla alueilla. Tällaisiin järviin kohdistuu yleensä myös suurin ravinnekuormitus. Harvaan asuttujen alueiden järvet ovat useimmiten huonommin tunnettuja ja samalla myös vähemmän kuormitettuja, usein karumpia latvavesiä.

### 2.6.3. Aineistoa täydennettiin kadon osalta

Kadon piirin kuuluvien järvien sisällyttäminen laajennettuihin arvioihin tehtiin hierarkisen hot-deck -imputoinnin avulla (esim. Laaksonen 1988, Nordholt ja van Huijsduijnen 1995). Hot-deck -menetelmässä puuttuvia tietoja korvataan otoksesta peräisin olevilla tunnetuilla muuttujien arvoilla. Menetelmässä vastanneet ja vastaamattomat järjestetään luokittelevien muuttujien avulla useisiin hierarkisiin imputointiluokkiin. Luokkien sisällä vastaamattomien oletetaan noudattavan samanlaista jakaumaa kuin vastanneidenkin.

Aineisto järjestettiin puuttuvien tietojen täydentämistä varten järven pinta-alan ja kokonaisfosforipitoisuuden mukaan. Imputointia voidaan tehostaa mikäli otosalkioista (järvistä) tunnetaan jokin tulomuuttujan kanssa korreloiva apumuuttuja sekä vastanneista että vastaamattomista (Lehtonen ja Pahkinen 1995). Tässä apumuuttujana käytetyllä veden kokonaisfosforipitoisuudella ja rehevöitymiseen liittyvien kysymysvaihtoehtojen jakautumisella havaittiin selvä riippuvuus (ks. luvut 3.4-3.6).

Imputoimalla täydennettyä aineistoa käytettiin vain kokonaisuusarvojen arvioinneissa siten, että laajennusvaiheessa oli käytettävissä koko otannan järvijoukko. Kaikki muut tämän tutkimuksen tulokset on esitetty käyttäen ainoastaan alkuperäisiä kyselystä saatuja tietoja sekä vedenlaatutietoja.

### 2.6.4. Rehevyystason ja kalaston väliset tarkastelut

Rehevyystason sekä kalaston ja kalastushaittojen väliset tarkastelut keskitettiin 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järviin, joita otannassa oli 827 (näistä kyselyvastausten kattamia 664). Suurimmat, yli 100 km<sup>2</sup>:n järvet jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle. Näissä yhteen vesinäytteeseen ja yhdestä-kolmeen kyselyvastaukseen perustuvat tiedot katsottiin riittäväksi kuvaamaan koko järven rehevyystasoa ja kalastoa.

Rehevien, särkikalavaltainen järvien kokonaisuusarvojen arvioinnissa kohdennettiin tarkastelu järviin, jotka vedenlaatutietojen perusteella kuuluvat potentiaalisesti rehevyshaitoista kärsiviin järviin. Alimpana kokonaisfosforipitoisuuden raja-arvona järvien valinnassa käytettiin Suomen oloissa reheväksi luokitellun järven raja-arvoa tot-P >20 µg l<sup>-1</sup> (mm. Oravainen 1981, ks. luku 2.6.5). Kokonaisuusarvojen arvioinnin ulkopuolelle jätettiin karut ja vain lievästi rehevät järvet, joissa rehevöitymisongelmat ovat epätoivottavia.

Rehevyystason ja kalaston rakenteen välistä suhdetta arvioitiin kalalajien runsaussuhteiden perusteella. Kalastoltaan selvästi särkikalavaltaisiksi määriteltiin järvet, joissa jokin tai jotkin yleisesti rehevöitymisestä hyötyvät lajit (särki, lahna, pasuri, sulkava, sorva, ruutana) oli arvioitu hyvin runsaaksi tai runsaaksi ja samalla vähintään yhtä luokkaa muita lajeja runsaammaksi, riippumatta siitä mitä runsaudenmäärittelyn perustasoa vastaaja luokituksessaan käytti. Tällä tavoin pyrittiin kuvaamaan lajien suhteellista runsautta järvessä ja eliminoidaan eri vastaajien erot runsauden arvioinnissa. Kiiskan ja hauen osalta runsausarvion sallittiin kuulua samaan luokkaan kuin runsaimmaksi/runsaimmiksi arvioidut särkikalat. Särkikalojen lisäksi myös kiiskan ja hauen on todettu hyötyvän rehevöitymisestä, ainakin tiettyyn rajaan saakka (Bergman 1991, Lammens 1989, Grimm 1989).

Tukena havainnoille rehevyystason ja kalaston rakenteen välisestä suhteesta käytettiin lisäksi havaintoja edellä mainittujen särkikalojen selvästä runsastumisesta (liite 4, kysymys 8) sekä särkikalojen suhteellisesta osuudesta järven kalastossa (kysymys 10).

### 2.6.5. Järvien rehevyysluokittelu tehtiin kokonaisfosforin perusteella

Useimmissa Suomen sisävesistöissä fosfori toimii perustuotantoa rajoittavana tekijänä minkä vuoksi se soveltuu yksittäisistä vedenlaatutekijöistä parhaiten kuvaamaan järvien rehevyystasoa ja perustuotannon potentiaalia (Rekolainen ym. 1992, Salonen ym. 1992). Suomessa karujen sisävesien kokonaisfosforipitoisuudet ovat tasolla 5-10  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja rehevissä ja erittäin rehevissä järvissä pitoisuudet vaihtelevat yleensä välillä 20-200  $\mu\text{g l}^{-1}$  (Oravainen 1981, Salonen ym. 1992). Keskimäärin Suomen järvet ovat kuitenkin melko karuja tai vain lievästi reheviä. Kun koko maan järvien keskimääräinen (mediaani) kokonaisfosforipitoisuus on 13  $\mu\text{g l}^{-1}$  (Mannio ja Vuorenmaa 1996), fosforipitoisuuden 20  $\mu\text{g l}^{-1}$  ylittäviä järviä voidaan Suomen oloissa jo pitää rehevinä.

Tässä tutkimuksessa rehevyyden luokittelussa käytettiin Oravaisen (1981) Kokemäenjoen vesistöalueen tuloksista laskettua ryhmittelyä, jossa karun järven kokonaisfosforipitoisuus on alle 10  $\mu\text{g l}^{-1}$ , lievästi rehevän 10-20  $\mu\text{g l}^{-1}$ , rehevän 20-50  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja erittäin rehevän yli 50  $\mu\text{g l}^{-1}$  (taulukko 3). Veden laadun perusteella potentiaalisesti rehevyyshaitoista kärsivien järvien määrittelyssä käytettiin OECD:n sisävesiluokituksen mukaista rehevän järven raja-arvoa tot-P  $\geq 35 \mu\text{g l}^{-1}$  (Premazzi ja Chiaudani 1992).

**Taulukko 3. Järvien rehevyystason luokittelu kokonaisfosforin (tot-P  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) perusteella eri lähteistä (Oravainen 1981, Lettevall 1983, Premazzi ja Chiaudani 1992).**

Luokka	Lähde		
	Oravainen 1981 tot-P $\mu\text{g l}^{-1}$	Lettevall 1983 tot-P $\mu\text{g l}^{-1}$	Premazzi ja Chiaudani 1992 tot-P $\mu\text{g l}^{-1}$
Erittäin karu		<7,5	<4
Karu	<10	7,5-15	4-10
Lievästi rehevä	10-20		10-
Melko rehevä		15-25	35
Rehevä	20-50	25-50	35-100
Erittäin rehevä	>50	>50	>100

### 3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

#### 3.1. Veden laadun perusteella rehevöitymisen merkkejä lähes 10 %:ssa järvistä

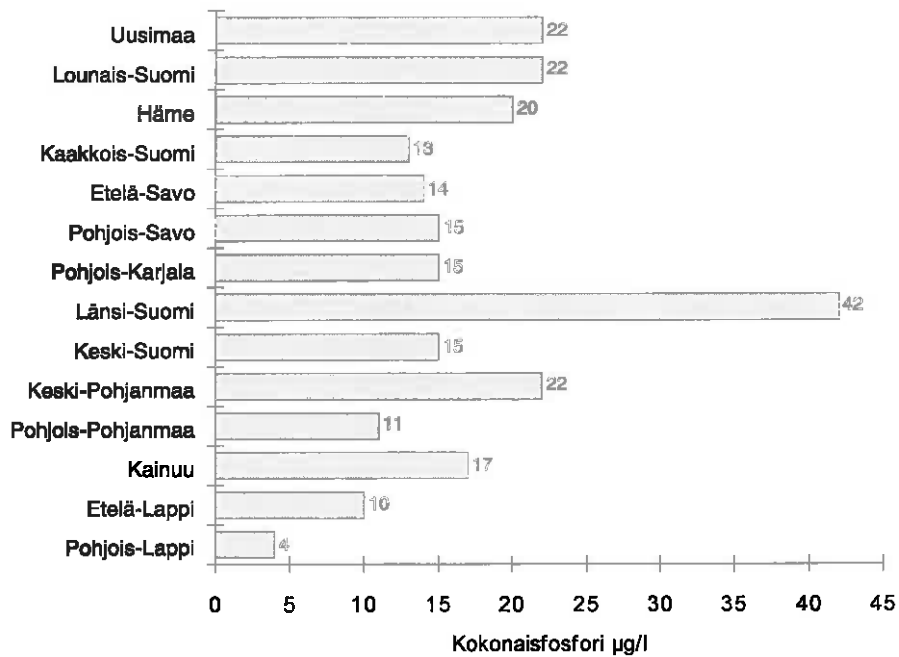
Vesinäyteanalyysien perusteella Suomen yli neljän hehtaarin järvissä fosforipitoisuus osoittaa selviä rehevöitymisen merkkejä (tot-P  $\geq 35 \mu\text{g l}^{-1}$ ) lähes kymmenessä prosentissa eli n. 2 700 järvessä (taulukko 4, kuva 3). Raja-arvon ylittävien järvien osuus on suurin keskisuurissa, 1-100 km<sup>2</sup>:n järvissä, jotka ovat usein kuormitetumpia kuin pienemmät ja syrjäisemmät latvajärvet. Suurimmat, yli 100 km<sup>2</sup>:n järvet ovat pääosin edelleen niukkaravinteisia tai vain lievästi reheviä eikä ravinnekuormituksen aiheuttamat haitat niissä näy yhtä selvästi kuin pienemmissä järvissä. Kuitenkin myös monissa ennen puhtaina pidetyissä suurissakin järvioltaissa on havaittu ravinnepitoisuuksien nousua (Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi 1995).

**Taulukko 4. Potentiaalisesti rehevyyshaitoista kärsivien järvien (tot-P  $\geq 35$ ) yleisyys Suomessa.** Järvien kokonaismäärä 29 515. (lähde: Suomen ympäristökeskus, Mannio ja Vuorenmaa 1996).

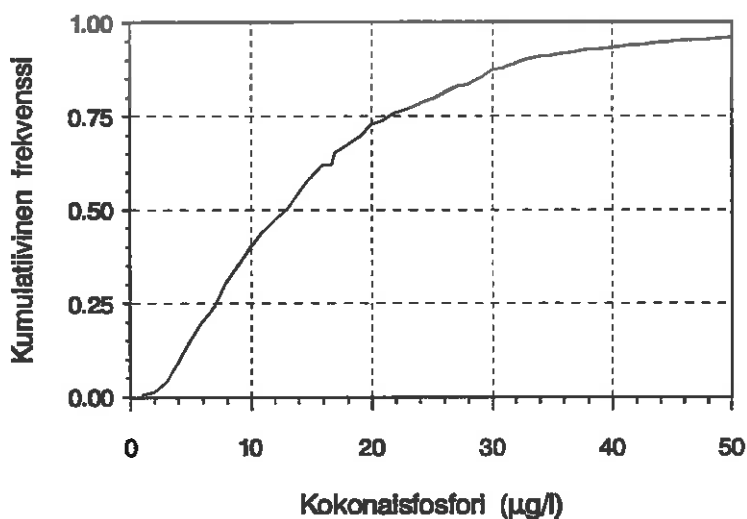
Järvien kokoluokka	Laajennettu arvio, järviä	95 %:n luottamus	Vaihtelu kerroin (CV%)	%-osuus kokonais-järvimäärästä
4-10 ha	1 238	$\pm 427$	17	8,4
10-100 ha	1 125	$\pm 394$	18	9,1
1-10 km <sup>2</sup>	273	$\pm 90$	17	12,6
10-100 km <sup>2</sup>	41	$\pm 23$	29	14,9
>100 km <sup>2</sup>	1	—	—	2,1
Yhteensä	2 678	$\pm 589$	11	9,1

Selvimmän alueellinen rehevyys näkyy Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomen alavilla mailla sekä Hämeessä (kuva 2, liite 3). Länsi-Suomessa järvien kokonaisfosforipitoisuuden mediaani on yli kolminkertainen verrattuna esim. Kaakkois-Suomen järviin. Vesistöseurantojen osoittaman kehityssuunnan mukaan rehevöityminen on jo jonkin aikaa Suomessa hellittänyt teollisuuden ja suurten asutuskeskusten vaikutuspiirissä, mutta vastaavasti levittäytynyt hajakuormituksen myötä uusille alueille ja voimistunut tärkeimmillä maatalousalueilla (esim. Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi 1995). Niukkaravinteisia, karuja järviä (tot-P alle  $10 \mu\text{g l}^{-1}$ ) on Suomessa noin 10 000 eli 35 prosenttia yli neljän hehtaarin järvistä (kuva 3). Pääosa näistä sijaitsee Pohjois-Suomessa.





**Kuva 2. Järvien kokonaisfosforipitoisuuden mediaaniarvot alueittain (koko Suomen mediaaniarvo 13 µg l<sup>-1</sup>). Järviaineisto on korjattu edustamaan alueellisten ympäristökeskusten sekä koko maan pinta-alaltaan yli neljän hehtaarin järviä (lähde: Suomen ympäristökeskus, Mannio ja Vuorenmaa 1996).**



**Kuva 3. Veden kokonaisfosforipitoisuuden kumulatiivinen frekvenssijauma koko maan järviaineistossa, pinta-alaltaan ≥ 4 ha (lähde: Suomen ympäristökeskus, Mannio ja Vuorenmaa 1996).**

## 3.2. Kalaston perusteella rehevät, särkikalavaltaiset järvet

Luvussa tarkastellaan sellaisten järvien yleisyyttä Suomessa, joissa kalaston nykyinen särkikalavaltainen rakenne yhdessä kalastomuutoshavaintojen kanssa osoittaa rehevöitymisen haittavaikutuksia järvien kalastoon. Etelä- ja Keski-Suomen rehevöitymishaitoista kärsivillä alueilla kalaston rakenteen muutoksiin ollaan todennäköisesti monin paikoin jo totuttu ja runsasta särkikalajien esiintymistä järvissä voidaan pitää normaalina, ei muutokseen perustuvana ilmiönä. Suurimmassa osassa nykyisin rehevöitymishaitoista kärsivistä järvistä rehevyystason kohoaminen on kuitenkin tapahtunut suhteellisen lyhyen ajan, joidenkin vuosikymmenien kuluessa (Rekolainen ym. 1992). Lukuisissa tällaisissa järvissä nykyinen särkikalavaltainen kalaston rakenne (vrt. esim. Keto ja Sammalkorpi 1988, Hirvonen ja Salonen 1995, Karjalainen ja Leppä 1995) osoittaa merkkejä rehevöitymiskehityksen haittavaikutuksista kalakantoihin.

### 3.2.1. Osuus tutkimusjärvistä

Potentiaalisesti rehevyysongelmista kärsiviä järviä (tot-P >20  $\mu\text{g l}^{-1}$ ), joiden kalastossa yksi tai useampi särkikalala oli runsausluokituksen perusteella määritelty selvästi muita lajeja runsaammiksi, oli yhteensä 70 eli n. 10,5 % kyselyvastausten kattamista, pinta-alaltaan 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvistä. Kalaston rakenne näissä järvissä oli määritelty 67:ssä selvästi särkikalavaltaiseksi ja lisäksi 40:ssä näistä järvistä oli jonkin tai joidenkin särkikalajien havaittu selvästi runsastuneen.

Särkikalavaltaisiksi määritellyissä järvissä särki oli arvioitu runsaimmaksi lajiksi 89 %:ssa, lahna 30 %:ssa, ruutana 7 %:ssa, sulkava 6 %:ssa ja pasuri 4 %:ssa järvistä. Särjen yleisyys runsaimpana särkikalana tukee Kurttilan (1981) arviota, jonka mukaan särjen osuus kaikista särkikalajoista luonnonvesissä on n. 90-100 %. Kuudessa prosentissa särkikalavaltaisista järvistä myös kuore oli arvioitu yhdeksi runsaimmista lajeista, mutta sorvaa ei yhdessäkään järvessä.

Kokonaisfosforipitoisuuden mediaaniarvo selvästi särkikalavaltaisiksi arvioituissa järvissä oli 37  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja pitoisuuksien keskiarvo 50,3  $\mu\text{g l}^{-1}$  (SD=36,3), mikä ylittää tässä tutkimuksessa käytetyn, potentiaalisesti rehevyshaitoista kärsivän järven kokonaisfosforipitoisuuden raja-arvon 35  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Veden laadultaan reheviksi luokitelluissa järvissä, joissa kalastoa ei määritelty särkikalavaltaiseksi (149 järveä), fosforipitoisuuden mediaani oli 29  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja keskiarvo 35,8  $\mu\text{g l}^{-1}$  (SD=15,5) eli selvästi alhaisemalla tasolla. Kuitenkin myös monissa näistä järvistä oli havaintoja yksittäisistä rehevöitymiseen liittyvistä kalasto-ongelmista ja kalastushaitoista.

Särkikalajien selvä runsastuminen kalayhteisössä on tyyppillisin kalastomuutoksia kuvaava indikaattori vesistöjen rehevöitymiskehityksessä (esim. Svärdsön ja Molin 1981, Persson ym. 1991). Rehevöityneessä järvessä särkikalat voivat muodostaa jopa yli 90 % kalaston biomassasta kun taas arvokkaampien petokalajien osuus voi jäädä alle 1 %:n (esim. Hirvonen ja Salonen 1995, Karjalainen ja Leppä 1995). Särkikalavaltainen järvi täyttää lähes poikkeuksetta myös muut rehevöitymishaitoista kärsivän järven tunnusmerkit. Ylitiheä särkikalasto lisää järven sisäistä kuormitusta mm. siirtämällä sedimentin ravinteita veteen ja lisäämällä ravinteiden kiertonopeutta (Horppila ja Kairesalo 1990, 1992). Sisäinen kuormitus vaikuttaa epäedullisesti järven tilan kehittymiseen kuormituksen vähennyttyäkin.

### 3.2.2. Osuus kaikista Suomen järvistä

Koko Suomessa arvioitiin reheviä, särkikalavaltaisia järviä olevan n. 7 % kaikista järvistä kokoluokissa 4 ha-100 km<sup>2</sup> (taulukko 5). Särkikalavaltaisten järvien osuus oli suurempi 1-100 km<sup>2</sup>:n järvissä kuin alle neliökilometrin järvissä. Arviot noudattavat samaa suuntausta kuin veden kokonaisfosforiin perustuva arvio järvien rehevöitymisestä (vrt. taulukko 4). Pienet järvet edustavat usein karuja latvavesiä, jotka ovat vähemmän kuormitettuja kuin alavien maiden suuremmat ja usein mm. runsaasta hajakuormituksesta kärsivät järvet.

Rehevöitymisen kalataloudellisten haittojen vakavuutta lisää rehevöitymisongelmien yleisyys suhteellisen suurissa järvissä. Kokoluokassa 10-100 km<sup>2</sup> suurimmat selvästi särkikalavaltaisiksi luokitellut järvet olivat kuitenkin kaikki pinta-alaltaan alle 20 km<sup>2</sup>. Tätä suuremmat järvet ovat melko vähäravinteisia eikä niissä havaittu merkittäviä kalasto-ongelmia.

**Taulukko 5. Rehevien, särkikalavaltaisten järvien yleisyys Suomessa järvien kokoluokittain (järvien kokonalsmäärä 29 468).**

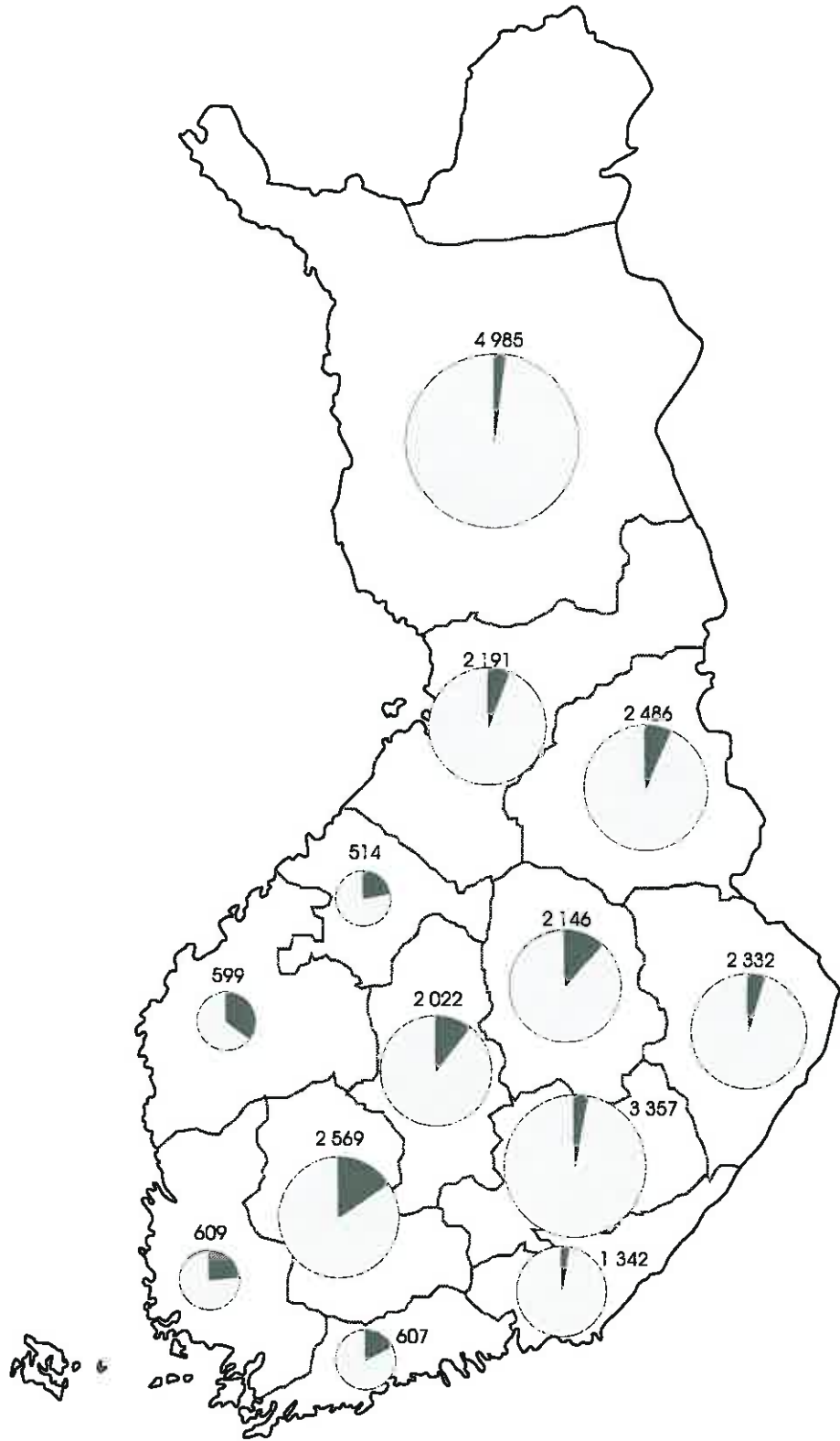
Järvien kokoluokka	Laajennettu arvio, järviä	95 %:n luotettavuus	Vaihtelu kerroin (CV %)	%-osuus kokonaisjärvimäärästä
4-10 ha	854	± 371	21	5,8
10-100 ha	890	± 363	20	7,2
1-10 km <sup>2</sup>	319	± 101	16	14,7
10-100 km <sup>2</sup>	45	± 27	31	16,3
Yhteensä	2 108	± 530	13	7,2

Olettaen, että otokseen valikoituneet järvet edustavat kooltaan kaikkia perusjoukon järviä, arvioitiin rehevöitymisellä olevan haitallisia kalastovaikutuksia n. 2 000 km<sup>2</sup>:n järviolalla eli hieman yli 11 %:ssa kaikista 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvien pinta-alasta (yhteensä n. 17 600 km<sup>2</sup>). Mikäli myös kaikki maan 47 suurinta järveä otetaan pinta-alatarkasteluun mukaan, rehevien, särkikalavaltaisten ongelmajärvien pinta-alaosuus kaikista yli neljän hehtaarin järvistä putoaa noin puoleen arvioidusta eli hieman alle 6 prosenttiin. Arviota tukevat myös uusimmat luokitustiedot järviemme käyttökelpoisuudesta. Suomen ympäristökeskuksen käyttämän luokituksen mukaan järviolastamme 16 prosenttia kuuluu käyttökelpoisuudeltaan tyydyttävään luokkaan ja vajaat 4 prosenttia välttävään tai huonoon luokkaan (Vuoristo 1997).

### 3.2.3. Alueellinen yleisyys Suomessa

Alueellisesti kalasto-ongelmat näkyivät selvimmän Länsi-, Lounais- ja Etelä-Suomessa sekä Keski-Pohjanmaalla ja Hämeessä (kuva 4, taulukko 6). Länsi-Suomessa yli kolmanneksen alueen järvistä arvioitiin olevan reheviä, särkikalavaltaisia järviä. Selvästi muista eteläisen Suomen alueista poiketen rehevöitymiseen liittyviä kalasto-ongelmia oli havaittu vähän Kaakkois-Suomessa, Etelä-Savossa ja Pohjois-Karjalassa. Itäisessä ja Pohjoisessa Suomessa kalasto-ongelmat olivat selvästi vähäisempiä (kuva 4).

Myös järvien ravinnepitoisuudet olivat suurimmat Länsi-, Lounais- ja Etelä-Suomessa (kuva 2). Näillä alueilla mm. maatalouden aiheuttama vesistökuormitus on ollut voimakkainta (Rekolainen ym. 1992, Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi 1995). Uudennuorokauden, Lounais- ja Länsi-Suomen ympäristökeskusten alueilla peltopinta-ala on maatalasta noin 20 %, Hämeen, Keski-Pohjanmaan ja Kaakkois-Suomen ympäristö-



**Kuva 4. Rehevien, särkikalavaltaisten järvien osuus (musta sektori) järvien kokonaismäärästä ympäristökeskusten alueilla. Luvut kuvaavat kokonaisjärvimääriä (4 ha-100 km<sup>2</sup>) ympäristökeskuksissa. Pohjois-Lapissa (3 708 järveä) ei esiintynyt reheviksi luokiteltavia järviä.**

keskusten alueilla hieman yli 10 % kun muiden ympäristökeskusten alueilla peltopinta-ala on vain n. 5 % tai pienempi (lähde: Maa- ja metsätalousministeriö, tietopalvelukeskus, tiedot vuodelta 1995). Peltopinta-alan lisäksi järvien rehevyytasojen alueellisiin eroihin vaikuttavat muut kuormitustekijät sekä mm. maaperän ja maaston alueelliset ominaisuudet. Maaston korkeuseroista riippuva pienten ja useimmiten myös karujen latvajärvien suuri määrä pienentää järvien kokonaisfosforipitoisuuden alueellista mediaaniarvoa (vrt. kuva 2). Länsi-Suomen alavilla mailla tällaisia järviä on vähän ja esim. Kaakkois-Suomessa suhteellisen paljon.

**Taulukko 6. Rehevien, särkikalavaltaisten järvien (4 ha-100 km<sup>2</sup>) yleisyys Suomessa ympäristökeskuksittain (järvien kokonaismäärä 29 468).**

Ympäristökeskus	Laajennettu arvio, järviä	95 %:n luotettavuus	Vaihtelu kerroin (CV%)	%-osuus kokonaisjärvimäärästä
Uusimaa	107	± 83	39	17,6
Lounais-Suomi	143	± 96	34	23,4
Häme	405	± 254	32	15,7
Kaakkois-Suomi	38	± 51	68	2,8
Etelä-Savo	113	± 139	62	3,4
Pohjois-Savo	258	± 193	38	12,0
Pohjois-Karjala	112	± 138	62	4,8
Länsi-Suomi	212	± 105	25	35,3
Keski-Suomi	212	± 195	47	10,5
Keski-Pohjanmaa	113	± 93	41	22,0
Pohjois-Pohjanmaa	125	± 141	57	5,7
Kainuu	177	± 173	49	6,9
Etelä-Lappi	93	± 118	65	1,9
Pohjois-Lappi	—	—	—	—
Koko Suomi	2 108	± 530	13	7,2

### 3.3. Tutkimusjärvien kalasto ja kalaistutukset

Kaloja esiintyi 97,7 %:ssa kyselyvastausten kattamista tutkimusjärvistä. Kalattomia järviä oli yhteensä 16 eli n. 2,3 %. Näistä 13 sijaitsi Lapin läänissä ja ne olivat luonteeltaan pieniä ja matalia jänkärimpiä. Kalalajien esiintymisessä huomioitiin kaikki lajin kannan runsausarviot runsaasta vähälukuiseen (liite 4). ”En osaa sanoa” -vastaukset tulkittiin siten, että lajia ei esiinny järvessä. Lajien esiintymistiedoissa eroteltiin kannat, jotka olivat luonnonvaraisia tai osittain luonnonvaraisia sekä kannat, jotka olivat kotiuttamalla järveen istutettuja (taulukko 7). Osittain luonnonvaraisiksi luettiin kannat, jotka lisääntyvät järvessä luonnonvaraisesti, mutta samalla kantaa tuetaan istutuksin.

Kaikkiaan kyselyn kattamissa tutkimusjärvissä havaittiin 42 eri kalalajia. Viisi selvästi yleisintä lajia kaikissa järvien kokoluokissa olivat ahven (658 järveä), hauki (642 järveä), särki (552 järveä), made (490 järveä) ja kiiski (427 järveä) (taulukko 7). Saman arvon Suomen yleisimpien kalalajien yleisyysjärjestyksestä Etelä- ja Keski-Suomen pienissä järvissä ovat esittäneet mm. Tonn ym. 1990. Pienissä järvissä menestyvillä ja esiintyvillä lajin populaatioilla on ratkaiseva merkitys lajien maanlaajuista yleisyyttä tarkasteltaessa, koska valtaosa kokonaisjärvimäärästä on suhteellisen pieniä järviä (yli 90 % yli neljän hehtaarin järvistä on alle 100 ha).

**Taulukko 7. Yleisimpien luonnonvaraisten tai osittain luonnonvaraisten sekä kotiuttamalla istutettujen kala- ja rapukantojen prosentuaalinen esiintyminen tutkimusjärvissä (järvien kokonaismäärä 710).**

Laji	Luonnonvarainen tai osittain luonnonvarainen kanta		Kotiuttamalla istutettu kanta		Yhteensä	
		%		%		%
Ahven		92,7		—		92,7
Hauki		90,4		0,4		90,8
Särki		77,8		0,3		78,0
Made		69,0		0,1		69,1
Kiiski		60,1		—		60,1
Lahna		41,7		4,4		46,1
Siika		33,8		23,0		56,8
Salakka		32,8		—		32,8
Säyne		25,8		0,6		26,3
Muikku		24,4		1,4		25,8
Kuore		22,0		—		22,0
Ruutana		20,4		0,7		21,1
Taimen		19,6		8,9		28,5
Kuha		14,2		9,7		24,0
Sorva		11,6		—		11,6
Pasuri		11,0		—		11,0
Harjus		10,7		4,2		14,9
Kivisimppu		9,0		—		9,0
Mutu		6,6		—		6,6
Sulkava		6,5		—		6,5
Kolmipiikki		4,7		—		4,7
Suutari		4,5		0,9		5,4
Kymmenpiikki		4,4		—		4,4
Nieriä		3,4		1,6		4,9
Seipi		1,0		—		1,0
Ankerias		—		11,8		11,8
Järvilohi		—		4,5		4,5
Kirjolohi		—		3,7		3,7
Karppi		—		2,7		2,7
Toutain		—		2,1		2,1
Rapu		30,0		3,4		33,4
Järviä		n=710		n=710		n=710

Yleisimmät kotiuttamalla tutkimusjärviin istutetut lajit olivat siika, ankerias, kuha, taimen ja järvilohi (taulukko 7). Erityisesti siian, taimenen ja kuhan kotiuttamisistutukset ovat lisänneet näiden lajien yleisyyttä. Kun kotiuttamalla istutetut kannat laskettiin yhteen luonnonvaraisten kantojen kanssa, siika nousi kuudenneksi yleisimmäksi lajiksi (56,8 %:ssa tutkimusjärvistä), taimen yhdeksänneksi (28,5 %:ssa) ja kuha kahdenneksitoista yleisimmäksi lajiksi (24,0 %:ssa) ohi kuoreen. Viiden yleisimmän lajin, ahvenen, hauen, särjen, mateen ja kiiskan, kotiuttamisistutuksilla ei ollut mainittavaa merkitystä lajien yleisyyteen, sillä näiden lajien osalta istutuksia oli tehty hyvin vähän.

Rehevissä järvissä erityisesti kuhan, mutta myös hauen, kirjolohen, ankeriaan, karpin ja toutaimen istutukset olivat yleisempiä kuin karummissa järvissä (taulukko 8). Siian ja taimenen istutuksia tehtiin yleisesti erittäin reheviin (tot-P > 50 µg l<sup>-1</sup>) järviin, joissa lajeilla ei todennäköisesti ole luontaisen lisääntymisen edellytyksiä. Myös kuhaa istutettiin yleisesti erittäin reheviin vesiin. Vaikka kuha hyötyy rehevyydestä, liian voimakas rehevöityminen voi olla luontaisille kuhakannoille haitallista. Kuhan oli havaittu selvästi vähentyneen viidessä järvessä, joiden kokonaisfosforipitoisuus ylitti 50 µg l<sup>-1</sup> (ka. 65,5, max. 75 µg l<sup>-1</sup>). Syyksi näissä arveltiin kuhan lisääntymisen estymisen veden laadun heikennyttä. Lehtosen ym. (1984) kuhajärvien kartoituksessa hyviä luontaisia kuhakantoja ei esiintynyt järvissä joiden kokonaisfosforipitoisuus ylitti 50 µg l<sup>-1</sup>.

**Taulukko 8. Tärkeimpien istutuslajien istutukset tutkimusjärvissä eri rehevyyssuokissa.** Ilmoitettu prosentteina tutkimusjärvien (4 ha-100 km<sup>2</sup>) kokonaismäärästä kussakin rehevyyssuokassa.

	Kokonaisfosforipitoisuus µg l <sup>-1</sup>				Istuttamalla kotiutettuja, tuettuja tai ylläpidettyjä kantoja yhteensä
	1-10 %	11-20 %	21-50 %	> 50 %	
Siika	53	49	43	39	319
Kuha	15	21	23	37	135
Taimen	23	20	16	20	131
Hauki	6	7	10	11	52
Lahna	6	12	5	7	52
Harjus	9	5	5	7	44
Kirjolohi	3	4	1	15	24
Muikku	5	3	1	2	21
Ankerias	2	1	2	13	18
Järvilohi	5	2	1	—	17
Karppi	1	2	3	9	17
Toutain	0,5	0,5	3	7	10
Rapu	7	9	8	4	52
Järviä	n=221	n=223	n=174	n=46	

### 3.4. Kalastomuutokset tutkimusjärvissä

Havaintoja lajien häviämisten ja muiden kalastomuutosten ajankohdista saatiin aina 1930-luvulta lähtien. Vanhimmat tiedot saatiin 1930-1950 luvuilla tapahtuneista mäteiden, muikun, särjen, säyneen, kuhan ja lahnan häviämistä. Valtaosa potentiaalisesti rehevöitymiseen liittyvistä kalastomuutoksista, kuten mäteiden ja muikun häviämistä sekä särjen ja lahnan runsastumisesta, havaittiin tapahtuneen kolmen viime vuosikymmenen aikana. Yli 40 % näistä muutoshavainnoista sijoittui 1980-luvulle, n. 30 % 1990-luvulle, n. 20 % 1970-luvulle ja n. 10 % 1960-luvulle.

Lajikohtaisia kalastomuutoksia oli havaittu 45 %:ssa kyselyvastausten kattamista, pinta-alaltaan 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvistä. Suurin osa havaituista muutoksista koski jonkin tai joidenkin lajien selvää runsastumista tai vähenemistä, mutta myös lajien häviämisiä oli havaittu 20 %:ssa järvistä (taulukko 9). Tarkasteltaessa kalalajien runsaudenmuutoksia on kaikkien lajien osalta huomioitava luonnollisten kannanvaihtelujen merkitys. Tietyillä lajeilla, kuten esim. muikulla, suuret kannanvaihtelut kuuluvat la-

jin normaaliin populaatiodynamiikkaan. Tiedoissa lajien häviämistä on myös huomioitava, että havainnot eivät aina välttämättä tarkoita lajin viimeisenkin yksilön häviämistä järvestä. Häviäminen saattaa esim. merkitä lajin pyydettävän kannan häviämistä.

Eniten havaintoja kalalajien runsaudenmuutoksista oli särjestä, hauesta, ahvenesta, lahnasta, mateesta, siiasta, muikusta ja kuhasta. Runsastumis- ja taantumishavaintojen lukumäärien suhteen yleisemmin runsastuneita lajeja olivat särki, kuore, pasuri ja lahna (taulukko 9). Kannan taantumishavaintoja oli runsastumishavaintoja enemmän mateesta, taimenesta, muikusta ja kuhasta. Selvästi rehevöitymisestä kärsiviä lajeja näistä olivat made ja muikku ja niistä oli myös eniten havaintoja lajin häviämisestä. Särjen taantumishavainnot liittyivät monissa tapauksissa happamoitumisongelmiin sekä vähempiarvoisten kalojen tehokalastuksiin. Lahnan osalta häviämistapaukset olivat pääasiassa kotiutetun kannan häviämisiä. Muiden kuin taulukossa mainittujen lajien osalta muutoshavaintoja oli vähän. Lajikohtaisissa muutoshavaintojen tarkastelussa (luvut 3.4.1-3.4.6) huomioitiin vain täysin luonnonvaraiset kannat.

Suuri osa muutoshavainnoista liittyi lajeihin, joiden kantoja oli kotiutettu, tuettu tai ylläpidetty istutuksin. Monien lohikalajien kuten taimenen, järvilohen ja siian kannat ovat suuressa osassa järviä istutusten varassa (vrt. taulukot 7, 8 ja 9), jolloin veden laadun tai muiden ympäristötekijöiden vaikutuksia kannoissa havaituissa muutoksissa on mahdotonta arvioida. Siikaistutuksia oli tehty peräti 83 %:ssa tutkimusjärvisistä, joissa siikaa esiintyi. Myös kuhakannoissa havaitut muutokset kytkeytyivät useimmissa tapauksissa istutuksiin. Muutokset rapukannoissa liittyivät lähinnä rapuruttoon ja istutuksiin, mutta sekä ravulla, että särjellä myös happamoitumisella havaittiin olevan selvä yhteys vähenemis- ja häviämishavaintoihin.

**Taulukko 9. Havainnot kala- tai rapukantamuutoksista tutkimusjärvisissä sekä istutuksin kotiutettujen, tuettujen tai ylläpidettyjen kantojen lukumäärät (järvien kokonaismäärä 664). Muutosindeksi kuvaa runsastumis- ja taantumishavaintojen suhdetta.**

Laji	A Selvästi runsaastunut	B Selvästi vähentynyt	C Hävinnyt	Muutos- indeksi	Istuttamalla kotiutettuja, tuettuja tai yllä- pidettyjä kantoja
Särki	85	22	8	<sup>1)</sup> + 1,8	2
Kuore	8	2	1	+ 1,7	2
Pasuri	5	1	1	+ 1,5	—
Lahna	48	22	13	+ 0,4	52
Kiiski	9	5	2	+ 0,3	—
Ruutana	7	1	5	+ 0,2	5
Ahven	44	40	—	+ 0,1	6
Made	3	60	17	<sup>2)</sup> - 24,7	6
Taimen	2	8	8	- 7,0	131
Muikku	11	29	15	- 3,0	21
Kuha	12	18	9	- 1,3	135
Säyne	6	5	8	- 1,2	10
Hauki	38	51	2	- 0,4	52
Siika	33	33	9	- 0,3	319
Rapu	22	7	56	- 1,9	52

<sup>1)</sup> + A/(B+C) -1    <sup>2)</sup> - (B+C)/A -1



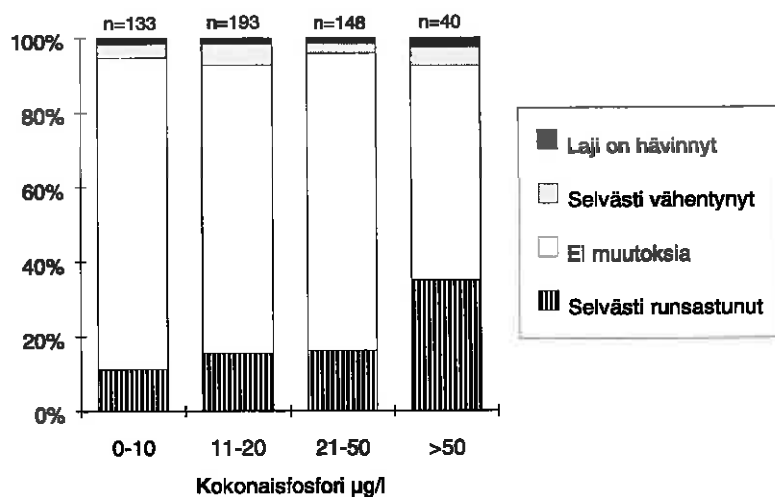
Vaikka muistiin perustuvat havainnot kalastomuutoksista todennäköisesti keskittyvätkin parin-kolmen vuosikymmenen lähihistoriaan, kalastomuutoshavaintojen ajankohdat tukevat jossain määrin tietoja rehevöitymisen järviä ja niiden kalakantoja muuttavasta vaikutuksesta. Sisävesien ravinnepitoisuudet ovat nousseet monin paikoin mm. maataloudesta peräisin olevan kuormituksen kasvun seurauksena 1960-luvulta lähtien (vrt. esim. Rekolainen ym. 1992) ja veden laadun paikallisesta parantumisesta huolimatta sisävesien yleinen rehevöityminen on selvästi lisääntynyt 1980- ja 1990-luvuilla (Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi 1995).

### 3.4.1. Särki runsastunut rehevissä järvissä

Havaintoja särjen selvästä runsastumisesta oli 16,3 %:ssa tutkimusjärvistä, joissa särkeä esiintyy (kuva 5). Runsastumishavaintoja oli eniten erittäin rehevissä järvissä (tot-P > 50 µg l<sup>-1</sup>), mutta luokissa lievästi rehevä ja rehevä havaintojen suhteelliset osuudet eivät juuri eronneet toisistaan. Rehevyytaso yksittäisenä vedenlaatutekijänä selitti kuitenkin parhaiten runsastumishavaintojen yleisyyttä.

Särkikannan taantumishavainnot jakautuivat tasaisesti kaikissa rehevyytaluokissa. Rehevissä järvissä havainnot olivat matalista, hyvin rehevistä järvistä (tot-P 100-200 µg l<sup>-1</sup>). Vähennemishavainnoista poistettiin järvet, joissa särkikanta oli saatu tehokalastuksin vähemmään.

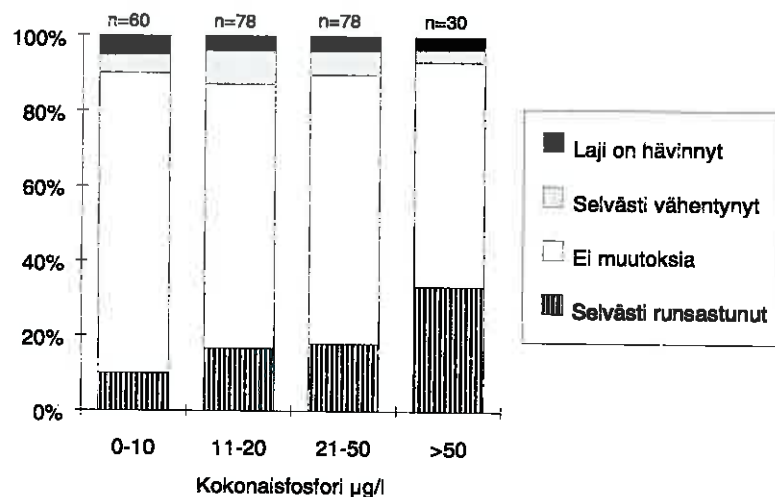
Pitkälle rehevöityneessä järvessä särjen osuus kalaston kokonaisbiomassasta voi nousta jopa 60-70 %:iin (Karjalainen ja Leppä 1995). Särjen runsaan esiintymisen sekä vähäisen arvostuksen vuoksi sen on useissa tutkimuksissa havaittu olevan myös yleisin ei-toivottu saalis esim. verkkokalastuksessa (mm. Lappalainen ja Pönni 1996). Melko karuissakin järvissä voidaan vähäiseenkin särjen esiintymiseen tai runsastumiseen esim. verkkosaaliissa reagoida kiusallisena ja muuta kalastusta haittaavana ilmiönä.



Kuva 5. Havainnot särjen runsastumisesta, vähentymisestä ja häviämisestä eri rehevyytaluokilla. Pylväiden yläpuolella järvien kokonaismäärät (yht. 514 järveä).

### 3.4.2. Lahna runsastunut, havaintoja myös taantumisesta

Lahnan oli havaittu selvästi runsastuneen 18,2 %:ssa tutkimusjärivistä, joissa lahnaa esiintyy luontaisesti (kuva 6). Lahnan runsastumishavainnoissa oli samantyyppinen jakauma eri rehevyysluokissa kuin särjen osalta. Runsastumishavainnot olivat sitä yleisempiä mitä rehevämmästä järvestä oli kysymys, mutta luokissa lievästi rehevä ja rehevä (tot-P 11-50  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) havaintojen suhteellisissa osuuksissa ei ollut merkittäviä eroja. Luokassa erittäin rehevä (tot-P > 50  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) runsastumishavainnot olivat kuitenkin selvästi yleisempiä kuin vähemmän rehevissä järvissä. Lahnan runsastumishavaintoja rehevissä järvissä voi lisätä se, että rehevöitymisestä hyötyvä pasuri ja pienikokoinen lahna sekoitetaan helposti toisiinsa.



**Kuva 6. Havainnot lahnan runsastumisesta, vähentymisestä ja häviämisestä eri rehevyystasoilla. Pylväiden yläpuolella järvien kokonaismäärät (yht. 246 järveä).**

Lahnan oli havaittu selvästi vähentyneen 6,9 %:ssa ja lajin kokonaan hävinneen 4,5 %:ssa tutkimusjärivistä, joissa lahnaa esiintyi luontaisesti tai oli tiedetty aiemmin esiintyneen. Lahnan luontaisten kantojen vähenemisen- ja häviämishavainnot eivät liittyneet suoranaisesti järven rehevyystasoon. Havaintojen suhteelliset osuudet olivat jakautuneet tasaisesti kaikissa rehevyysluokissa.

Rehevissä järvissä lahnan vähenemisen- ja häviämishavaintoihin saattaa liittyä ilmiö, jossa särkikalojen runsastuessa lahnan kasvu hidastuu ja keskikoko pienenee. Syynä kasvun hidastumiseen on kalalajien sisäisen ja lajien välisen kilpailun voimistuminen kalojen yksilömäärien kasvun myötä. Saaliskalana tavoitellun suurikokoisen lahnan kadotessa voidaan koko lajin mieltää vähentyneen tai jopa kokonaan hävinneen. Havaintoja lahnan keskikoon pienemisestä tehtiin n. 35 %:ssa rehevistä ja erittäin rehevistä järvistä, kun karuissa ja lievästi rehevissä havaintojen määrä jäi n. 20 %:iin järvistä, joissa lahnaa esiintyi luontaisesti tai istutettuna.

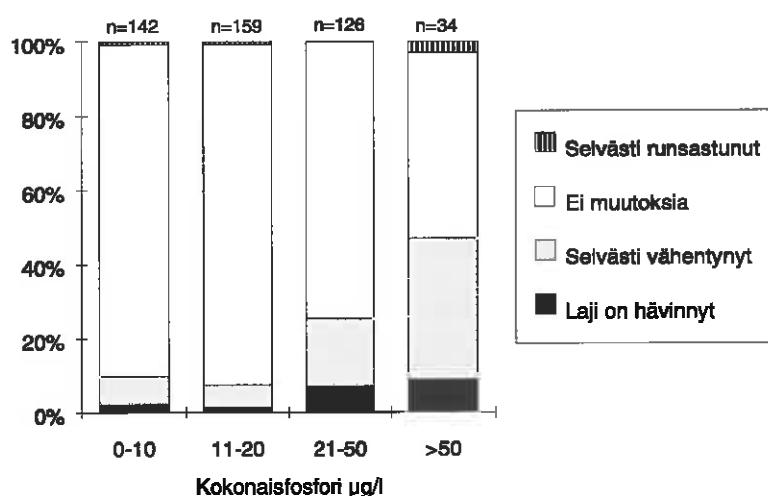
### 3.4.3. Mateesta eniten häviämishavaintoja

Mateen oli havaittu selvästi vähentyneen 12,4 %:ssa ja lajin kokonaan hävinneen 3,7 %:ssa tutkimusjärivistä, joissa madetta esiintyy luontaisesti tai on aiemmin tiedetty

luontaisesti esiintyvän (kuva 7). Havainnot kantojen taantumisesta tai mateen häviämistä riippuivat järven rehevyydestä. Lähes 50 %:ssa erittäin rehevistä järvistä (tot-P >50 µg l<sup>-1</sup>) mateen oli havaittu selvästi vähentyneen tai hävinneen. Runsastumishavaintoja mateesta oli tehty vain kolmesta järvestä.

Havainnot madekantojen taantumisesta rehevissä järvissä tukevat arvioita, joiden mukaan made on pohjakalana herkkä rehevöitymisen vaikutuksille (ks. esim. Lehtonen ym. 1992). Mateen rehevyyden siedosta on kuitenkin vain vähän tietoa. Mateen merkitystä indikaattorilajina rehevöitymisen vaikutuksille lisää sen yleisyys ja kantojen luontaisuus. Madetta istutetaan suhteellisen vähän kun taas monien muiden rehevöitymiselle herkkien lajien, kuten lohikalajien, kantoja monissa vesissä säätelee nykyisin lähinnä istutukset ja niiden tuloksellisuus sekä kalastuspaineen muutokset.

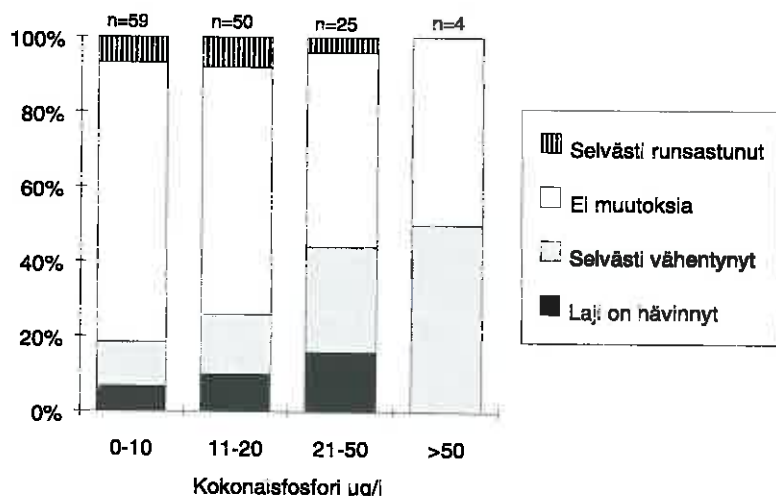
Mateen on jossain määrin arveltu olevan herkkä myös happamuuden vaikutuksille (mm. Vuorinen ym. 1993), vaikkakin mateen happamuuden siedosta on vain niukasti tietoa. Tässä yhteydessä ei selvää riippuvuutta madekantojen ja veden alhaisen pH:n välillä voitu kuitenkaan osoittaa.



Kuva 7. Havainnot mateen vähenemisestä, häviämisestä ja runsastumisesta eri rehevyytasolla. Pylväiden yläpuolella järvien kokonaismäärät (yht. 461 järveä).

#### 3.4.4. Muikku ei viihdy rehevissä vesissä

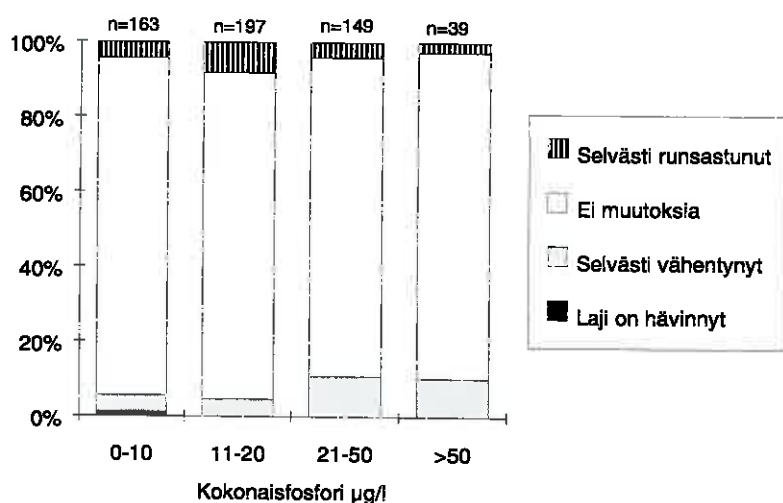
Muikun suuret vuosiluokkavaihtelut ja kadot lisäävät todennäköisesti muutoshavaintojen määriä muikun osalta. Vähenemis- ja häviämishavaintojen suhteellisen osuuden kasvun suuntauksesta päätellen rehevöityminen on kuitenkin muikulle haitallista (kuva 8). Muikun oli havaittu selvästi vähentyneen 16,7 %:ssa ja lajin kokonaan hävinneen 9,4 %:ssa tutkimusjärvistä, joissa muikkua esiintyy tai on aiemmin tiedetty luontaisesti esiintyvän. Muutoshavaintojen määrät jakautuivat selvästi järven rehevyyden mukaan. Erittäin rehevissä järvissä (tot-P > 50 µg l<sup>-1</sup>) ei ollut havaintoja muikun häviämisestä. Näissä muikkua esiintyi luontaisesti kuitenkin vain neljässä järvessä, mikä myös osaltaan kuvaa muikun heikkoa menestystä rehevissä järvissä. Havainnot muikun runsastumisesta painottuivat karuihin ja lievästi reheviin järviin.



**Kuva 8. Havainnot muikun vähenemisestä, häviämisestä ja runsastumisesta eri rehevyytasoilla. Pylväiden yläpuolella järvien kokonaismäärät (yht. 138 järveä).**

### 3.4.5. Hauesta havaintoja taantumisesta

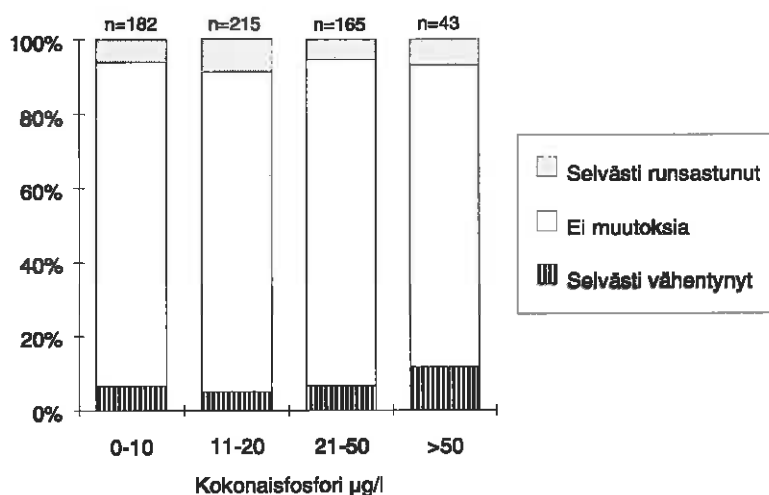
Hauen oli havaittu selvästi vähentyneen 6,6 %:ssa tutkimusjärvistä, joissa haukea esiintyi (kuva 9). Vähenemishavainnot eivät olleet kiinteässä suhteessa järven rehevyytasoon, mutta havaintoja oli kuitenkin tehty enemmän luokissa rehevä ja erittäin rehevä. Vaikka haukea on yleensä pidetty rehevyyttä suosivana lajina, kirjallisuudessa on esitetty havaintoja ja mekanismeja rehevyytason voimakkaan nousun aiheuttamista haittavaikutuksista haukikantoihin (Lammens 1989, Grimm 1989, Grimm ja Backx 1990). Runsastumishavainnot painoutuivat lievästi reheviin järviin.



**Kuva 9. Havainnot hauen vähenemisestä, häviämisestä ja runsastumisesta eri rehevyytasoilla. Pylväiden yläpuolella järvien kokonaismäärät (yht. 548 järveä).**

### 3.4.6. Ahvenkannoissa suurta vaihtelua

Ahvenesta oli paljon runsaudenmuutoshavaintoja, sillä se on suosittu saalislaji ja yleisin kalamme. Sen lisäksi ahvenelle on tyypillistä voimakkaat, mm. lämpöoloista riippuvat vuosiluokkien vaihtelut. Ahvenen runsastumis- ja vähenemishavainnot olivat jakautuneet melko tasaisesti eri rehevyysluokissa (kuva 10). Vain vähenemishavaintojen osuus erittäin rehevissä järvissä (tot-P > 50 µg l<sup>-1</sup>) oli hieman suurempi kuin vähemmän rehevissä järvissä. Ahvenen on useissa tutkimuksissa todettu hyötyvän rehevöitymisestä tiettyyn rajaan saakka. Kuitenkin hyvin runsastuottoisissa järvissä voimakas kilpailu särkikalojen ja mm. kiiskan kanssa saattaa olla syynä ahvenen taantumiseen (Bergman 1991).



Kuva 10. Havainnot ahvenen vähenemisestä ja runsastumisesta eri rehevyysluokissa. Pylväiden yläpuolella järvien kokonaismäärät (yht. 605 järveä).

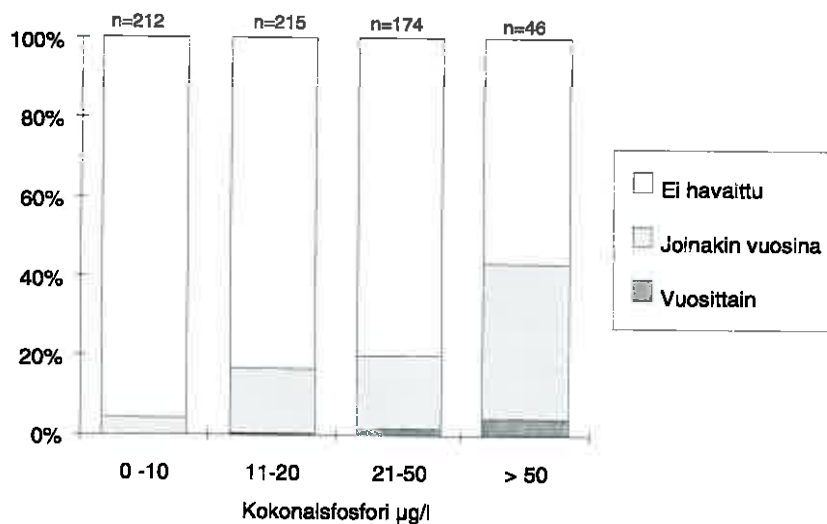
Yleisimpien kalastuksen kohdelajien, hauen ja ahvenen, runsaudenmuutoksista oli paljon havaintoja. Kumpikaan laji ei kuulu herkimpiin, veden laadun muutoksiin helposti reagoiviin lajeihin. Hyvin rehevöitymistä sietävinä lajeina muutoshavainnot ahvenen ja hauen osalta olivat jakautuneet tasaisesti eri rehevyysluokissa. Tämä osaltaan tukee rehevöitymiselle herkkien lajien, kuten mateen ja muikun, taantumishavaintojen jakautumisen yhteyttä rehevöitymiseen (vrt. luvut 3.4.3-3.4.4).

## 3.5. Kalakuolemat yleisiä rehevissä järvissä

Kalojen joukkokuolemien esiintyminen oli rehevissä järvissä selvästi karuja järviä yleisempää (kuva 11). Yleisimmin kalakuolematapauksissa oli kuolleena löytynyt ahvenia (25 % kaikista lajihavainnoista), särkiä (25 %), haukia (22 %), kiiskiä (8 %) ja lahnoja (8 %). Myös mateita, kuhia, kuoreita ja siikoja oli löydetty kuolleina. Kalakuolemat havaitaan yleensä loppupalvella tai jäiden lähtiessä. Loppukesällä tapahtuvat kalakuolemat ovat harvinaisempia. Avoveden aikaan kalat voivat yleensä hakeutua hapekkaille alueille ja selviytyä huonojen ajanjaksojen yli.

Koko maassa arvioitiin olevan n. 3 200 järveä, eli n. 11 % pinta-alaltaan 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvistä, joissa esiintyy kalojen joukkokuolemia vuosittain tai joinakin vuosina (taulukko 10). Kalakuolemat olivat lähes yhtä yleisiä kaikissa järvien kokoluokissa, vaikka ilmiötä pidetään yleisesti pienten ja matalien järvien ongelmana. Suuremmissa järvissä kalakuolemia esiintyi yleensä vain tietyissä osissa järveä. Jokavuotisia

kalakuolemia havaittiin pääasiassa vain alle 100 ha:n järvissä ja tällaisia järviä arvioitiin olevan 1,2 % kaikista 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvistä (340 ± 223 järveä, CV% 33). Pienissä ja matalissa järvissä kalakuolemia saattaa esiintyä poikkeuksellisten ilmasto-olosuhteiden seurauksena luontaisesti, ilman rehevöitymisen hapenkulutusta lisäävää vaikutusta.



**Kuva 11. Kalakuolemien esiintyminen eri rehevyytason järvissä (yht. 647 järveä). "En osaa sanoa"-vastanneiden osuus vaihteli eri luokissa 10-12 %:n välillä.**

**Taulukko 10. Vuositain tai joinakin vuosina esiintyvien kalojen joukko-kuolemien yleisyys Suomessa järvien kokoluokittain (järvien kokonaisuus 29 468).**

Järvien kokoluokka	Laajennettu arvio, järviä	95 %:n luotettavuus	Vaihtelukerroin (CV%)	%-osuus kokonaisjärvimäärästä
4-10 ha	1 471	± 479	16	10,0
10-100 ha	1392	± 445	16	11,3
1-10 km <sup>2</sup>	266	± 89	17	12,3
10-100 km <sup>2</sup>	36	± 25	35	13,0
<b>Yhteensä</b>	<b>3 166</b>	<b>± 661</b>	<b>11</b>	<b>10,7</b>

Rehevöityminen heikentää maamme järvien happitilannetta, koska järvet ovat keski-syvyydeltään matalia ja niiden alusveden tilavuus on pieni (Salonen ym. 1992). Veden hapettomuus tai hapen vähäisyys on yleisin syy järvissämme havaittuihin kalakuolemiin, ja arviolta 70 % loppupalven ja loppukesän kalakuolemista aiheutuu happitilanteen heikkenemisestä (Ilmavirta 1990). Äkillinen hapen puute runsaslajisessa järvessä kohdistuu yleensä lajeihin, jotka ovat herkkiä hapen vajaukselle, kuten esim. lohikaloihin. Järvissä, joissa kalakuolemia tapahtuu vuosittain, joukko-kuolemat kohdistuvat kuitenkin yleensä veden laadun suhteen vähemmän vaateliaisiin lajeihin. Rehevöitymiskehityksessä veden laadun ja happipitoisuuden suhteen vaateliaimmat lajit taantuvat yleensä jo ennen kuin järvessä alkaa esiintyä kaloille kriittistä happivajasta.

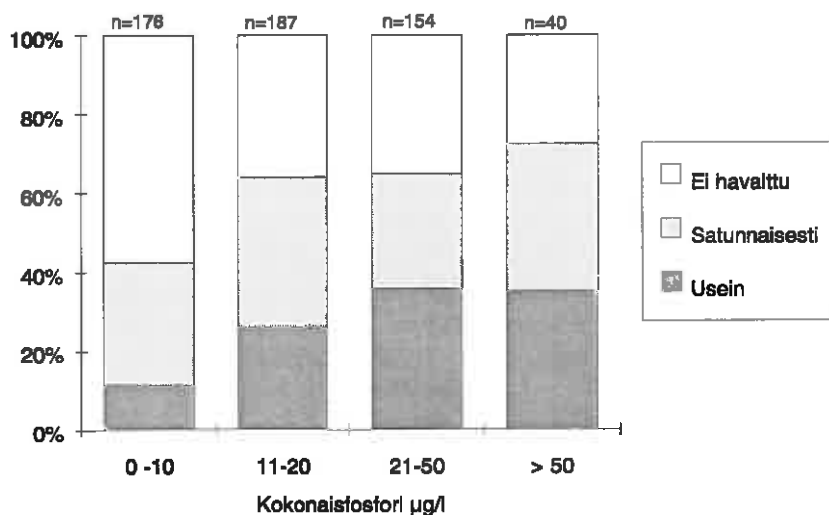
### 3.6. Kalastukseen ja kalan käyttöön liittyvät haittahavainnot

Merkittävimmät kalastukseen ja kalan käyttöön kohdistuvat haitat liittyvät useimmiten vesistön rehevyyteen. Rehevöityminen haittaa kalastusta muuttamalla halutun saaliin koostumusta, vaikeuttamalla seisovien pyydysten käyttöä sekä vähentämällä kalojen käyttökelpoisuutta aiheuttamalla niihin erilaisia haju- ja makuvirheitä.

#### 3.6.1. Pyydysten likaantuminen yleisin kalastushaitta

Pyydysten nopeaa likaantumista käsittelevässä kysymyksessä (liite 4, kohta 11) pyrittiin erottelamaan järvet, joissa ei kalasteta seisovilla pyydyksillä tai seisovia pyydyksiä ei voida käyttää pyydysten nopean likaantumisen vuoksi. Seisovia pyydyksiä ilmoitettiin käytettävän n. 83 %:ssa järvistä, joista saatiin vastaus. Kahdeksassa järves- sä eli n. 7 %:ssa järvistä, joissa ei kalastettu seisovilla pyydyksillä, kalas- tamattomuuden syyksi ilmoitettiin pyydysten nopea likaantuminen tai ei-toivottujen saaliskalojen runsaus.

Pyydysten nopeaa likaantumista usein havainneiden osuudet kasvoivat selvästi järven rehevyytason mukaan (kuva 12). Satunnaisesti pyydysten likaantumishavaintoja teh- neiden osuus oli kuitenkin huomattavan suuri myös karuissa ja lievästi rehevissä jär- vissä. Pyydysten nopea likaantuminen on subjektiivinen käsite, siihen reagoidaan hel- postisti ja jo lievää likaantumista voidaan pitää ongelmana. Toisaalta myös karuissa ve- sissä saatta esiintyä piileväkukintoja, jotka limoittavat pyydykset nopeasti.



**Kuva 12. Pyydysten tavanomaista nopeamman likaantumisen esiintyminen eri rehevyytasoilla niissä tutkimusjärvissä, joissa käytettiin seisovia pyydyksiä (yht. 557 järveä). "En osaa sanoa" -vastanneiden osuus vaihteli eri luokissa 17-22 %:n välillä.**

Kalastusta haittaavan pyydysten nopean likaantumisen yleisyyttä koko maan järvissä arvioitiin niiden vastausten perusteella, joissa pyydysten likaantumista havaittiin usein. Yhteensä n. 13 %:ssa pinta-alaltaan 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvistä arvioitiin pyydysten likaantumisen olevan kalastusta usein haittaava tekijä (taulukko 11). Ongelma oli yleisempi suuremmissa järvissä, mikä noudattaa järvien keskimääräisen rehevyytason kasvua kokoluokan mukaan (vrt. taulukko 4). Pyydysten likaantumishavaintojen yleisyyttä suurissa järvissä todennäköisesti lisää myös seisovien pyydysten aktiivi- sempi käyttö suurissa järvissä pieniin verrattuna.

**Taulukko 11. Arvio koko maan järvistä, joissa pyydysten tavanomaista nopeampi likaantuminen haittaa usein verkko-, katiska- ja rysäkalastusta (järvien kokonaismäärä 29 468).**

Järvien kokoluokka	Laajennettu arvio, järviä	95 %:n luotettavuus	Vaihtelukerroin (CV%)	%-osuus kokonaisjärvimäärästä
4-10 ha	1 513	± 493	16	10,2
10-100 ha	1 729	± 496	14	14,0
1-10 km <sup>2</sup>	619	± 129	11	28,6
10-100 km <sup>2</sup>	92	± 38	20	33,3
Yhteensä	3 953	± 712	9	13,4

Myös muissa kyselytutkimuksissa pyydysten nopean likaantumisen on arvioitu olevan pahin yksittäinen kalastusta haittaava tekijä sisävesissä (esim. Honkasalo ja Mankki 1988, Hakaste 1989, 1994, Valkama 1994). Ilmiö johtuu pääosin pintakasvustolevien (perifyton) lisääntymisestä sekä bakteeritoiminnan vilkastumisesta vesissä. Myös pillevät ovat merkittävä havasten limoittumista aiheuttava leväryhmä etenkin keväisin ja syksyisin (Heinonen ym. 1984, Lepistö 1992).

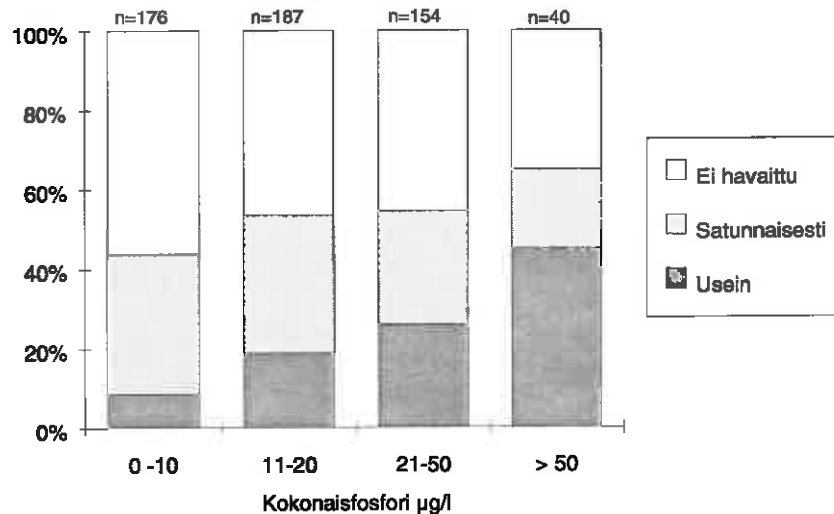
### 3.6.2. Ei-toivottu saalis merkittävä kalastushaitta

Runsaasta ei-toivotusta saaliista, esim. särkikaloista, usein havaintoja tehneiden osuus kasvoi selvästi järven rehevyystason mukaan, kun taas satunnaisesti havaintoja tehneiden osuus oli suhteellisen suuri kaikissa rehevyysluokissa (kuva 13). Erittäin rehevissä järvissä (tot-P > 50 µg l<sup>-1</sup>) lähes puolet vastanneista arvioi ei-toivotun saaliin haittaavan usein verkko-, katiska- ja rysäkalastusta.

Koko maassa arvioitiin olevan n. 3 300 järveä eli n. 11 % pinta-alaltaan 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järvistä, joissa ei-toivottu saalis haittaa usein verkko-, katiska- tai rysäkalastusta (taulukko 12). Samoin kuin pyydysten likaantumisen myös ei-toivotun saaliin arvioitiin olevan yleisempi haitta suurissa järvissä. Runsa vähäarvoisten kalojen määrä haittaa erityisesti rysillä ja tiheäsilmäisillä verkoilla tapahtuvaa kalastusta. Suurissa järvissä rysien ja esim. muikkuverkkojen käyttö on yleisempää kuin pienissä järvissä, jolloin tällaisten pyydysten sivusaaliina saatavien vähempiarvoisten kalojen runsastumiseen reagoidaan helposti.

Pyydysten likaantumisen ohella ei-toivottujen saaliskalojen runsaus saaliissa on yksi yleisimmistä kalastusta haittaavista tekijöistä rehevöityneissä sisävesissä (esim. Hakaste 1989). Rehevöityminen vähentää lähes aina vesistön kalataloudellista arvoa heikentämällä monien taloudellisesti arvokkaiden lajien suhteellista osuutta saaliissa.





**Kuva 13. Runsaan ei-toivotun saallin esiintymisen eri rehevyytason järvisä (yht. 557 järveä). "En osaa sanoa" -vastanneiden osuus vaihteli eri luokissa 24-26 %:n välillä.**

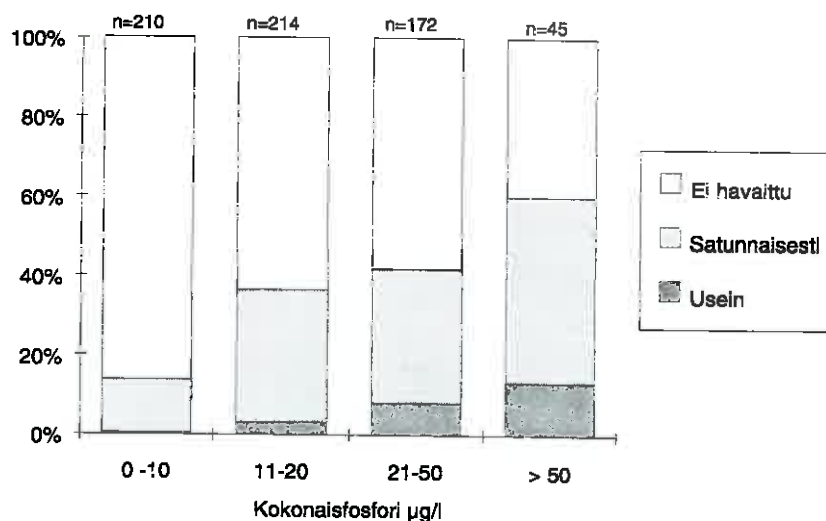
**Taulukko 12. Arvio koko maan järivistä, joissa runsas ei-toivottu saalis haittaa usein verkko-, katiska- tai rysäkalastusta (järvien kokonaismäärä 29 468).**

Järvien kokoluokka	Laajennettu arvio	95 %:n luotettavuus	Vaihtelukerroin (CV%)	%-osuus kokonaismäärästä
4-10 ha	1 151	± 435	19	7,8
10-100 ha	1 617	± 496	15	13,1
1-10 km <sup>2</sup>	427	± 116	14	19,7
10-100 km <sup>2</sup>	81	± 35	22	29,3
Yhteensä	3 276	± 671	10	11,1

### 3.6.3. Kalojen maku- ja hajuvirheet yleisiä

Kalojen maku- ja hajuvirheiden esiintyminen jakautui selkeästi rehevyytason mukaan (vrt. Persson 1981, 1985) (kuva 14). "En osaa sanoa" -vastanneiden osuus vaihteli eri rehevyytaluokissa 13-22 %:n välillä siten, että em. vastauksia saatiin vähiten rehevistä järivistä ja eniten karuista järivistä. Myös kokonaan puuttuvia vastauksia oli vähiten rehevistä järivistä. Rehevissä järvisä maku- ja hajuhaitat ovat todennäköisesti käsitteenä tutumpia ja niihin osataan reagoida, kun taas karummissa järvisä ei välttämättä edes tiedosteta tällaisia ongelmia.

Maku- ja hajuvirheitä havaittiin yleisimmin hauessa (n. 30 % kaikista lajihavainnoista), särjessä (18 %), lahnessa (14 %) ja ahvenessa (14 %). Muita lajeja, joissa maku- ja hajuvirheitä havaittiin, olivat mm. made, siika, muikku, kuha ja säyne. Maku- ja hajuvirheiden on myös muissa tutkimuksissa havaittu ilmenevän voimakkaimmin juuri särkkaloissa sekä hauessa, ahvenessa ja kuhassa (vrt. Anttila 1973, Persson 1985).



**Kuva 14. Saaliskalojen maku- ja hajuvirheiden esiintyminen eri rehevyystason järvissä (yht. 641 järveä). "En osaa sanoa" -vastanneiden osuus vaihteli eri luokissa 13-22 %:n välillä.**

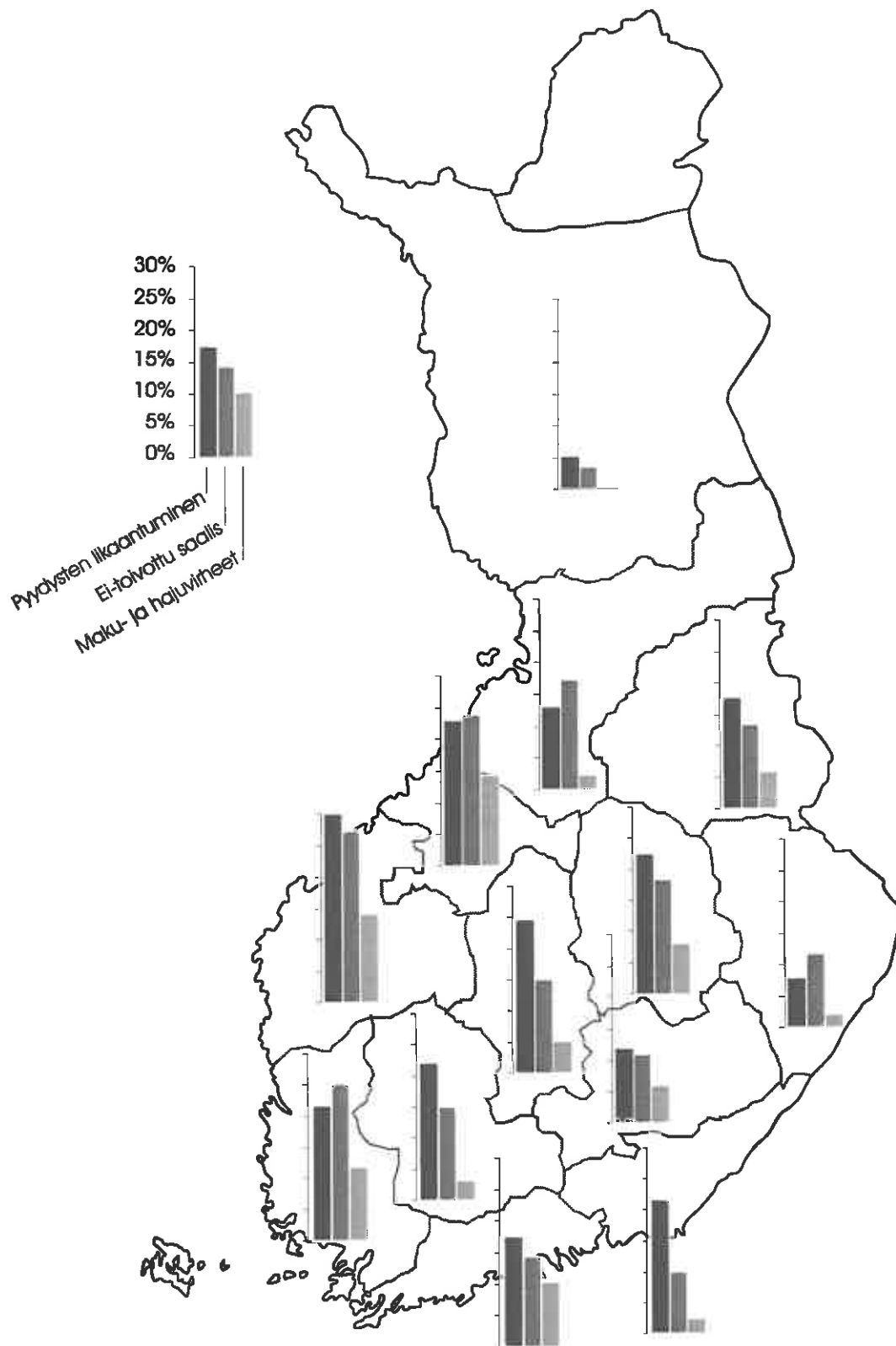
Koko maassa arvioitiin olevan n. 1 100 järveä, eli n. 4 % pinta-alataan 4 ha-100 km<sup>2</sup>:n järivistä, joissa kalojen maku- ja hajuvirheitä esiintyy usein (taulukko 13). Ongelma keskittyi pinta-alaltaan alle 10 km<sup>2</sup>:n järviin. Suuremmissa järvissä kalojen maku- ja hajuhaittoja esiintyi vain satunnaisesti. Rehevyystason lisäksi maku- ja hajuhaittojen esiintymiseen vaikuttaa usein järven mataluus sekä esim. metsä- ja suo-ojitusten aiheuttama humuspitoisuuden nousu (Lappalainen ja Hildén 1993b). Nämä ovat tyypillisiä pienten järvien ongelmia.

**Taulukko 13. Arvio koko maan järvistä, joissa saaliskaloissa esiintyy usein maku- ja hajuvirheitä (järvien kokonaismäärä 29 648).**

Järvien kokoluokka	Laajennettu arvio, järviä	95 %:n luotettavuus	Vaihtelukerroin (CV%)	%-osuus kokonaisjärvimäärästä
4-10 ha	579	± 311	27	3,9
10-100 ha	480	± 269	28	3,9
1-10 km <sup>2</sup>	77	± 52	34	3,6
10-100 km <sup>2</sup>	—	—	—	—
<b>Yhteensä</b>	<b>1 136</b>	<b>± 415</b>	<b>18</b>	<b>3,9</b>

### 3.6.4. Yleisimpien kalastushaittojen alueellisuus

Koko maan järviä (4 ha-100 km<sup>2</sup>) koskevat laajennetut arviot kalastushaittojen esiintymisestä noudattivat samaa alueellista jakautumista kuin järvien rehevyystaso ja havainnot kalaston särkikalavaltaisuudesta. Kalastushaitat olivat yleisimpiä Länsi-, Lounais- ja Etelä-Suomessa sekä keskisessä Suomessa. Itä- ja Pohjois-Suomessa haitat olivat vähäisempiä ja pohjoisimmassa Lapissa niitä ei esiintynyt lainkaan (kuva 15).



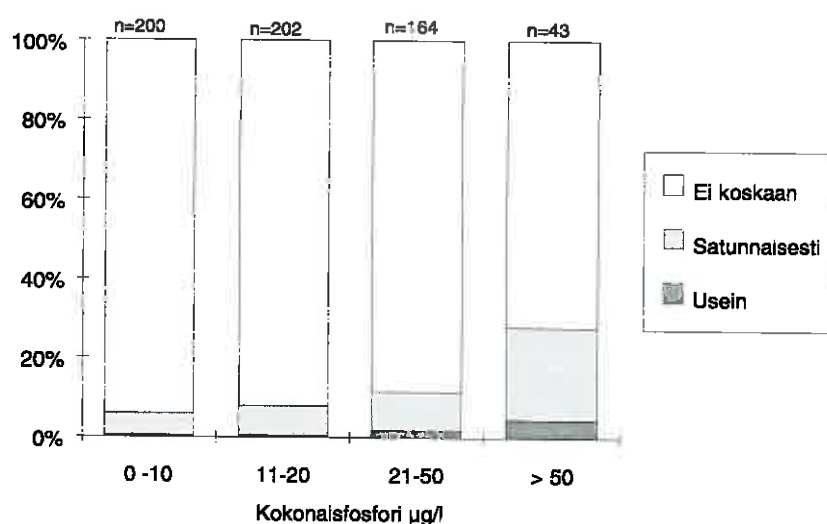
**Kuva 15. Yleisimpien kalastushaittojen esiintyminen järvissä ympäristökeskusten alueilla. Ilmoitettu prosentteina järvien (4 ha-100 km<sup>2</sup>) kokonaismääristä ympäristökeskusten alueilla.**

Länsi-Suomessa jopa 30 %:ssa järvistä arvioitiin pyydysten likaantumisen haittaavan usein seisovien pyydysten käyttöä. Kalastushaitoista pyydysten likaantumiseen reagoidaan helpoimmin ja ongelman alueelliset erot eteläisessä Suomessa jäivät muita kalastushaittoja vähäisemmiksi. Sen sijaan kalojen maku- ja hajuvirheiden esiintymisessä oli nähtävissä selvä painottuminen rannikon ympäristökeskusten alueille. Länsi- ja Lounais-Suomessa sekä Uudellamaalla jopa 10-15 %:ssa järvistä arvioitiin esiintyvän usein kalojen maku- ja hajuvirheitä. Myös ei-toivotusta saaliista oli eniten havaintoja näiltä alueilta. Selvyyden vuoksi kartan (kuva 15) prosenttiarvioista on jätetty hajontaluvut pois.

### 3.6.5. Kalan käyttö ravinnoksi voi estyä

Maku- ja hajuvirheet tai saaliskalojen sairaudet ja loiset olivat estäneet kalan käytön usein 1,1 %:ssa ja satunnaisesti 8,5 %:ssa järvistä, joista saatiin vastaukset. Kalan käyttö ihmisravinnoksi oli estynyt selvästi useammin rehevissä ja erittäin rehevissä järvissä (tot-P > 20 µg l<sup>-1</sup>) (kuva 16). Sairaudet ja loiset olivat osasyynä kalan käytön estymiselle. Niistä oli yleisimmin havaintoja erittäin reheviksi luokitelluissa järvissä. Tällaisissa järvissä usein sairaita tai loisittuja kaloja havainneita oli n. 5 % vastan- neista ja satunnaisesti havainneita n. 31 %. Muissa rehevyysluokissa osuudet vaihteli- vat usein-vaihtoehdon osalta 0-1,2 %:n välillä, satunnaisesti havainneiden osuuk- sien vaihdella 10-12 %:n välillä.

Kalojen sairauksien ja loisten on havaittu yleistyvän pitkälle rehevöityneissä vesissä (esim. Keto ja Sammalkorpi 1988). Rehevöityminen lisää patogeenisten bakteerien määriä vedessä (Salonen ym. 1992), jolloin ne aiheuttavat helposti kalojen vaurioitu- neisiin kohtiin tulehduksia. Hyytisen ym. (1990) mukaan esimerkiksi kalojen läikkä- eli haavatauti voi yleistyä rehevöitymisen seurauksena. Kalojen yksilömäärien kasva- essa iho- ja kidusloiset siirtyvät yksilöstä toiseen ja voivat muodostaa massaesiinty- miä.



Kuva 16. Saaliskalat käyttökeltomiksi havainneiden osuudet eri rehevyysluokissa. Kalan käyttö ravinnoksi oli estynyt maku- tai hajuvirheiden vuoksi tai kalojen ollessa sairaita ja loisittuja (järviä yht. 609).

## 4. Johtopäätökset

Rehevöityminen on yleinen kalaston rakenteeseen ja kalastukseen haitallisesti vaikuttava tekijä Suomen järvissä. Reheviä, kalastoltaan selvästi särkikalavaltaisia järviä arvioitiin olevan n. 2 100 eli noin 7 % kaikista yli neljän hehtaarin järvistämme. Näissä rehevöityminen on aiheuttanut kalataloudellisesti haitallisia muutoksia kalaston rakenteessa sekä johtanut monissa järvissä rehevöitymiselle herkkien lajien, kuten maateen sekä muikun ja mahdollisesti myös muiden lohikalojen, luontaisten kantojen heikkenemiseen tai häviämiseen. Pyydysten tavanomaista nopeampi likaantuminen kuten myös ei-toivottujen saalislajien runsaus oli toistuva ongelma yli kymmenessä prosentissa järvistä.

Rehevöitymiseen liittyvät kalastomuutokset ja kalastushaitat eivät ole vain pienten järvien ongelma, vaan ongelmat ovat yleisimmillään keskisuurissa, 1-20 km<sup>2</sup>:n järvissä. Paikallisesti rehevöitymisen aiheuttamat haitat ovat yleisimpiä lähellä asutusta olevilla alueilla, joilla myös käyttötarve olisi suurin. Tästä johtuen rehevöitymisen kalastukselle aiheuttamat haitat voivat olla edellä arvioituja suuremmat. Alueellisesti kalasto-ongelmat ja kalastushaitat keskittyvät Länsi-, Lounais- ja Etelä-Suomeen sekä Hämeeseen. Näissä osissa maata mm. maataloudesta peräisin oleva vesistöihin kohdistuva ravinnekuormitus on ollut suurinta ja järvien keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat suurempia kuin muualla maassa. Itäisessä ja pohjoisessa Suomessa järvien rehevöityminen ei ole yhtä suuri ongelma, ja näillä alueilla myös kalastomuutokset ja kalastushaitat ovat selvästi vähäisempiä.

Kalastutukset ovat yleisesti käytetty hoitotoimenpide myös voimakkaasti rehevöityneissä järvissä. Rehevyyttä suosivien lajien, kuten kuhan ja ankeriaan, lisäksi istutetaan yleisesti siikaa ja taimenta, joilla ei tällaisissa järvissä ole todennäköisesti ainaakaan luontaisen lisääntymisen edellytyksiä. Onnistuessaan istutuksilla voidaan kuitenkin saavuttaa muita rehevöitymisen kalataloudellisia ja virkistysarvoon liittyviä haittoja peittävä lopputulos. Esimerkiksi istutetun kuhan menestymisen rehevissä järvissä katsotaan usein korvaavan rehevöitymisen haitalliset kalastovaikutukset.

Veden kokonaisfosforipitoisuudella on selvä yhteys rehevöitymiselle herkkien kalalajien kantojen taantumisiin monissa järvissä sekä kalaston rakenteellisiin muutoksiin kohti särkikalavaltaisia kalayhteisöjä. Valikoiva kalastus voi kuitenkin johtaa samaan suuntaan vähentäen suurikokoisten petokalojen määrää ja lisäten vähempiarvoisten lajien osuutta kalastossa. Monissa järvissä särkikalojen runsastuminen onkin mahdollisesti näiden kahden toisistaan vaikeasti erotettavissa olevan tekijän, rehevöitymisen ja valikoivan kalastuksen, yhteisvaikutuksen tulos.

Järvien yleisen rehevöitymisen on arvioitu yhä jatkuvan maassamme. Kalakannoillemme ja kalastukselle rehevöityminen on uhka erityisesti maatalousvaltaisilla alueilla, sillä lukuisten Etelä- ja Länsi-Suomen järvien rehevyystaso ja tila riippuu maatalouden, lähinnä peltoviljelyn aiheuttamasta kuormituksesta. Maa- ja metsätalouden hajakuormituksen lisäksi rehevöitymistä aiheuttaa mm. teollisuuden ja asutuskeskusten pistekuormitus. Järvet voivat olla myös jossain määrin luontaisesti reheviä maa- ja kallioperän ominaisuuksista johtuen. Rehevöitymisongelmien syistä tämän tutkimuksen järvissä saadaan tarkempi käsitys, kun vedenlaatua ja kalastotietoja tullaan tarkastelemaan yhdessä järvien valuma-alueiden ominaisuuksien ja maankäyttömuotojen kanssa.

## Kiitokset

Kiitokset apulaisprofessori Jouko Sarvalle (Turun yliopisto) sekä Raimo Parman-  
teelle (RKTL) käsikirjoitukseen tutustumisesta sekä arvokkaista kommenteista ja eh-  
dotuksista käsikirjoituksen parantamiseksi ja selventämiseksi. Pentti Moilasen  
(RKTL) neuvot olivat suureksi avuksi otantateoriaan liittyvissä kysymyksissä. Suo-  
men ympäristökeskuksessa sekä alueellisissa ympäristökeskuksissa lukuisat henkilöt  
osallistuivat tutkimusjärvien vedenlaatu tutkimuksiin. Lisäksi haluamme kiittää niitä  
henkilöitä maaseutuelinkeino- ja kalatalouskeskuksissa, maaseutukeskuksissa,  
kuntien ympäristöhallinnossa, metsähallituksen hoitoalueilla, rajavartiolaitoksessa se-  
kä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa, jotka auttoivat tutkimusjärvien yhteys-  
henkilöiden etsinnässä. Kiitokset kuuluvat tietysti myös henkilöille, jotka vastasivat  
kyselyyn ja näin luovuttivat kalastotietonsa käyttöömme.

# Kirjallisuus

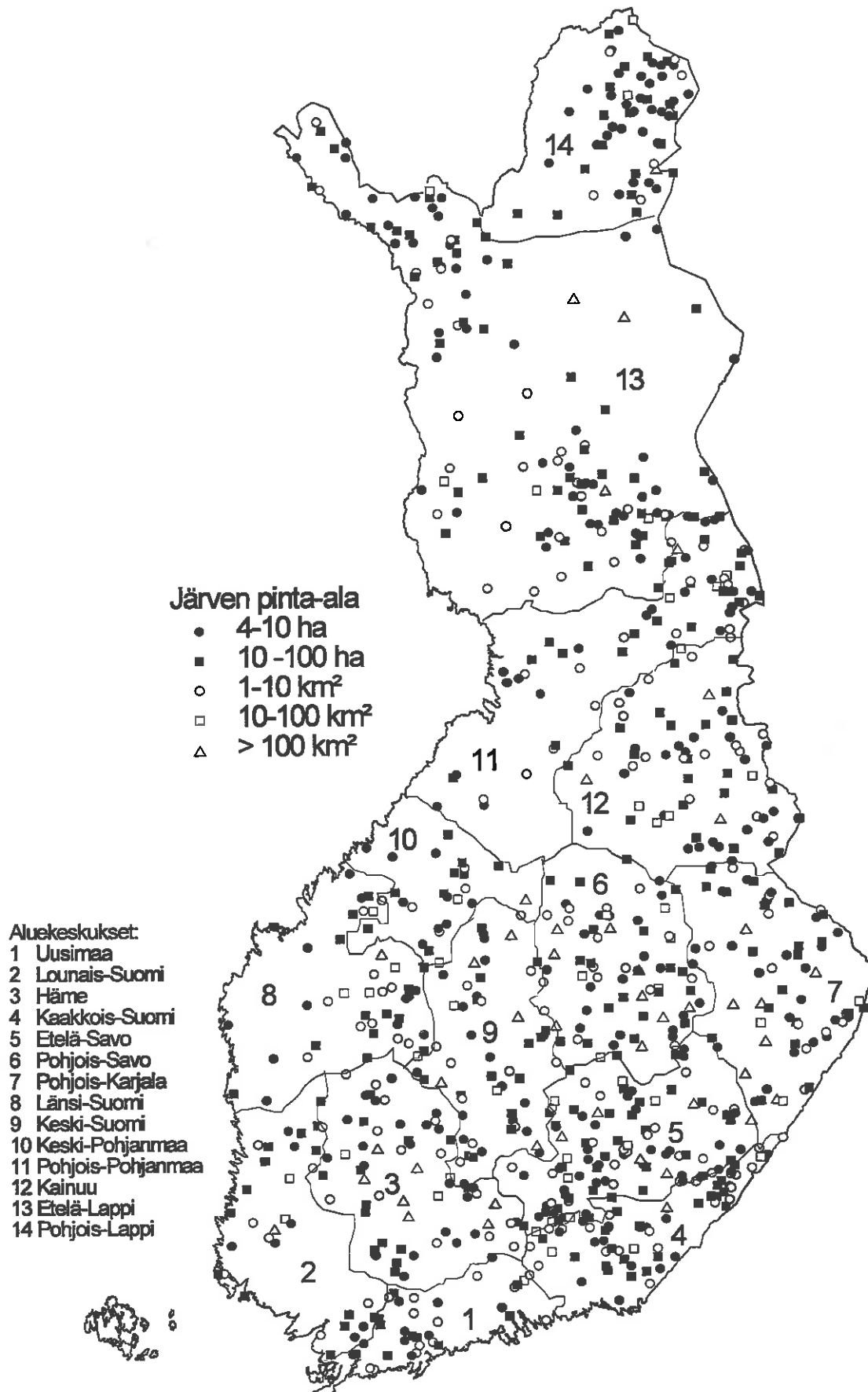
- Anttila, R. 1973. Effect of sewage on the fish fauna in the Helsinki area. *Oikos*, Suppl. 15: 226-229.
- Bergman, E. 1991. Changes in abundance of two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*, along a productivity gradient: relations to feeding strategies and competitive abilities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 536-545.
- Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques. Third edition. John Wiley & Sons. New York 1977. 428 p.
- Ehdotus vesiensuojelun tavoitteiksi vuoteen 2005. Suomen ympäristökeskus. 28.12.1995, monisteverso 172 s.
- Grimm, M. P. 1989. Northern pike (*Esox lucius* L.) and aquatic vegetation, tools in the management of fisheries and water quality in shallow waters. *Hydrobiological Bulletin* 23: 59-66.
- Grimm, M. P. & Backx, J. J. G. M. 1990. The restoration of shallow eutrophic lakes, and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration. *Hydrobiologia*, 200/201: 557-556.
- Hakaste, T. 1989. Vanajanselän ja sen alapuolisen reittiosuuden kalataloudellinen yhteistarkkailu vv. 1985-1988. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y. Julkaisu no 222, 57 s.
- Hakaste, T. 1994. Vanajaveden reitin alaosan kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuosina 1991 ja 1992. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y. Julkaisu no 300, 122 s.
- Heinonen, P., Herve, S. & Yli-Karjanmaa, S. 1984. A method for estimation of sliming of nets in lake waters. *Aqua Fennica* 14(1): 59-64.
- Henriksen, A., Lien, L., Rosseland, B. O., Traaen, T. S. & Sevaldrud, I. S. 1989. Lake acidification in Norway: present and predicted fish status. *Ambio* 18: 314-321.
- Henriksen, A., Skjelkvåle, B. L., Lien, L., Traaen, T. S., Mannio, J., Forsius, M., Kämäri, J., Mäkinen, I., Berntell, A., Wiederholm, T., Wilander, A., Moiseenko, T., Lozovik, P., Filatov, N., Niinioja, R., Harriman, R. & Jensen, J. P. Regional lake surveys in Finland - Norway - Sweden - Northern Kola - Russian Karelia - Scotland - Wales 1995. Coordination and design. Acid Rain Research Report 40/1996. Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway. 30 pp.
- Hesthagen, T., Rosseland, B. O., Berger, H. M. & Larsen, B. M. 1993. Fish community status in Norwegian lakes in relation to acidification: a comparison between interviews and actual catches by test-fishing. *Nordic J. Freshw. Res.* 68: 34-41.
- Hirvonen, A. & Salonen, S. 1995. Ravintoketjukurinostuksen alkutaival Köyliönjärvellä. *Vesitalous* 3/1995: 11-14.
- Honkasalo, L. & Mankki, J. 1988. Virkistys- ja kotitarvekalastus Kokemäenjoen vesistössä Nokian alapuolella vuonna 1984. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Monistettuja julkaisuja 78, 123 s.
- Horppila, J. & Kairesalo, T. 1990. A fading recovery: the role of roach (*Rutilus rutilus* L.) in maintaining high phytoplankton productivity and biomass in Lake Vesijärvi, southern Finland. *Hydrobiologia* 200/201: 153-165.
- Horppila, J. & Kairesalo, T. 1992. Impacts of bleak (*Alburnus alburnus*) and roach (*Rutilus rutilus*) on water quality, sedimentation and internal nutrient loading. *Hydrobiologia* 243/244: 323-331.

- Hyytinen, L., Dahlström, H., Järvi, J. & Verta, M. 1990. Kalaston hoito. Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino. Helsinki. s. 410-432.
- Ilmavirta, V. (toim.). 1990. Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino. Helsinki. 479 s.
- Karjalainen, J. & Leppä, M. 1995. Liperin Pohjalammen ravintoketjukurkunnostus. Vesitalous 3/1995: 18-20.
- Keto, J. & Sammalkorpi, I. 1988. A Fading recovery: a conceptual model for Lake Vesijärvi management and research. *Aqua Fennica* 18 (2): 193-204.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers. New York 1989. 654 p.
- Kurttila, I. 1981. Keski-Suomen järvien kalakannoista ja eri lajien suhteesta vesien likaantumiseen koekalastusten perusteella. *Rep. Hydrobiol. Res. Centre Jyväskylä* 100: 1-72.
- Kämäri, J., Forsius, M., Kortelainen, P., Mannio, J. & Verta, M. 1991. Finnish lake survey: present status of acidification. *Ambio* 20: 23-27.
- Laaksonen, S. 1988. Katovirheen korjaus kotitalousaineistossa. Tilastokeskus, tutkimuksia nro 147. 109 s.
- Lammens, E. H. R. R. 1989. Causes and consequences of the success of bream in Dutch eutrophic lakes. *Hydrobiological Bulletin* 23: 11-18.
- Lappalainen, A. & Hildén, M. 1993a. Recreational fishing and environmental impacts in the Archipelago Sea and the Finnish part of the Gulf of Bothnia. *Aqua Fennica* 23,1: 29-37.
- Lappalainen, A. & Hildén, M. 1993b. Virkistyskalastajien kokemat metsä- ja suo-ojitusten vesistöhaitat. Teoksessa: Lappalainen, A. & Rask, M. (toim.). Metsätalouden vaikutukset kaloihin ja kalatalouteen. Osahankkeiden raportit vuosien 1990-1992 tuloksista. RKTL, Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 69: 103-122.
- Lappalainen, A. & Pönni, J. 1996. Suomenlahden rehevöityminen ja vapaa-ajankalastus - kyselytutkimuksen tuloksia. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. (käsikirjoitus)
- Lehtonen, H., Lappalainen, J., Forsman, L., Soivio, A., Urho, L., Vuorinen, P. J. & Tigerstedt, C. 1992. Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen - Kirjallisuusselvitys. RKTL, Helsinki. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 47, 119 s.
- Lehtonen, R. & Pahkinen, E. J. 1995. *Practical methods for design and analysis of complex surveys*. Chichester. John Wiley & Sons. New York 1995. 337 p.
- Lepistö, L. 1992. Planktonlevien aiheuttamat haitat. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A 88. 31 s. + liitteet. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki.
- Lettevall, U. 1983. Vattenkvalitetsklassificeringen och riktvärden. *Nittonde Nordiska Symposiumet om vattenforskning. Nordforsk Miljövårdsserien. Publikation 1983/1:107-116.*
- Mannio, J. & Vuorenmaa, J. 1996. Pohjoismainen järvikartoitus: yhteinen pohja happamoitumisen ja rehevöitymisen arvioinnille. *Suomen ympäristö* 71: 67-74.
- Moilanen, P. 1996. Muistitietoa ja kirjanpitoa. Kalastustiedustelun menetelmävertailu. Kala- ja riistaraportteja 79. 39 s.
- Nordholt, E. S. & van Huijsduijnen, J. H. 1995. The treatment of item nonresponse during the editing of survey results. *Statistics Netherlands, Proj: RSM-9524-3, Second draft: 427-440.*
- Oravainen, R. 1981. Vuosiyhteenveto Vanajaveden-Pyhäjärven vesistöalueen yhteistarkkailusta vuonna 1980. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu nro 125, 27 s.
- Persson, L., Diehl, S., Johansson, L., Andersson, G. & Hamrin, S. F. 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, P. E. 1981. The etiology of muddy odour in water and fish. *Finnish Fish. Res.* 4: 1-13.
- Persson, P. E. 1985. Off-flavours in fish from the Gulf of Finland. *Finnish Fish. Res.* 6: 112-117.



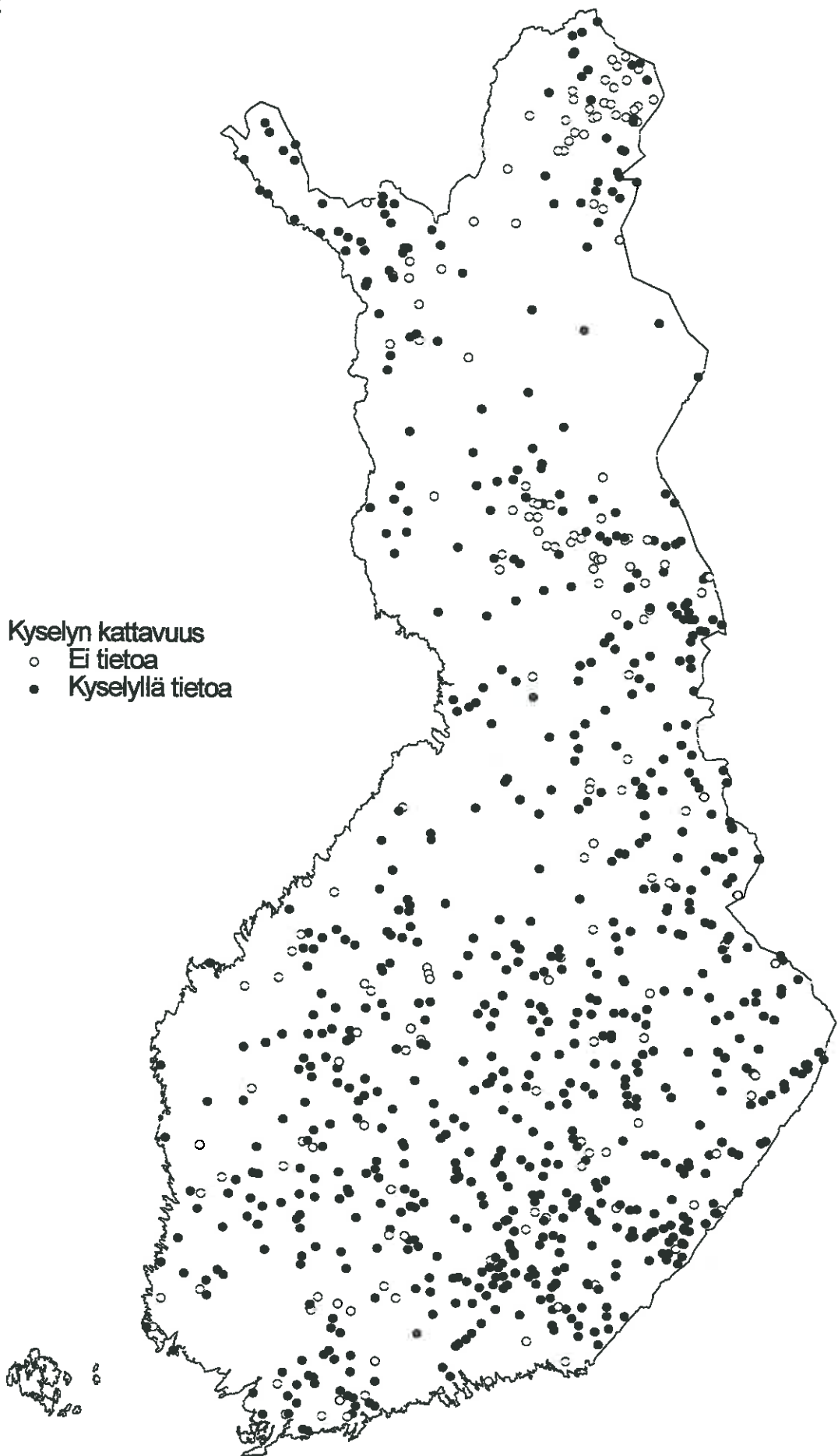
- Premazzi, G. & Chiaudani, G. (eds.) 1992. Ecological quality of surface waters. Quality assessment schemes for European Community lakes. Joint Research Centre, Commission of the European Communities. 122 p.
- Rask, M., Mannio, J., Forsius, M., Posch, M. & Vuorinen, P. J. 1995. How many fish populations in Finland are affected by acid precipitation? *Environmental Biology of Fishes* 42: 51-63.
- Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesien tila. MAVEROn loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö, Luonnonvarajulkaisuja 15. 61 s.
- Salonen, S., Frisk, T., Kärmeniemi, T., Niemi, J., Pitkänen, H., Silvo, K. & Vuoristo, H. 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä - vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A 96. 137 s.
- Svärdson, G. & Molin, G. 1981. The impact of eutrophication and climate on a warmwater fish community. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm* 59: 142-151.
- Tammi, J. & Rask, M. 1996. Järvien vedenlaatua ja kalastoa kartoitetaan Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. *Suomen kalastuslehti* 4: 12-13.
- Tonn, W. M., Magnuson, J. J., Rask, M. & Toivonen, J. 1990. Intercontinental comparison of small lake fish assemblages: the balance between local and regional processes. *Amer. Nat.* 136: 345-375.
- Tuunainen, P., Vuorinen, P. J., Rask, M., Järvenpää, T., Vuorinen, M., Niemelä, E., Lappalainen, A., Peuranen, S. & Raitaniemi, J. 1991. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin. Loppuraportti. *Suomen Kalatalous* 57: 1-44.
- Valkama, J. 1994. Kulo-, Rauta- ja Liekoveden kalataloudellinen tarkkailu 1992 ja 1993. Kokenemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y. Julkaisu no 303, 38 s.
- Vuorinen, M., Vuorinen, P. J., Peuranen, S., Bruun, T. & Hoikka, J. 1993. Mateen herkkyys happamuudelle ja alumiinille. Seminaarimoniste. Ympäristömuutosten vaikutukset kaloihin ja kalatalouteen. III Kalantutkimuspäivät, Lahti 28.-29.10.1993.
- Vuoristo, H. 1997. Hajakuormitus on vesistöjemme ongelma. *Ympäristö* 2: 14-16.



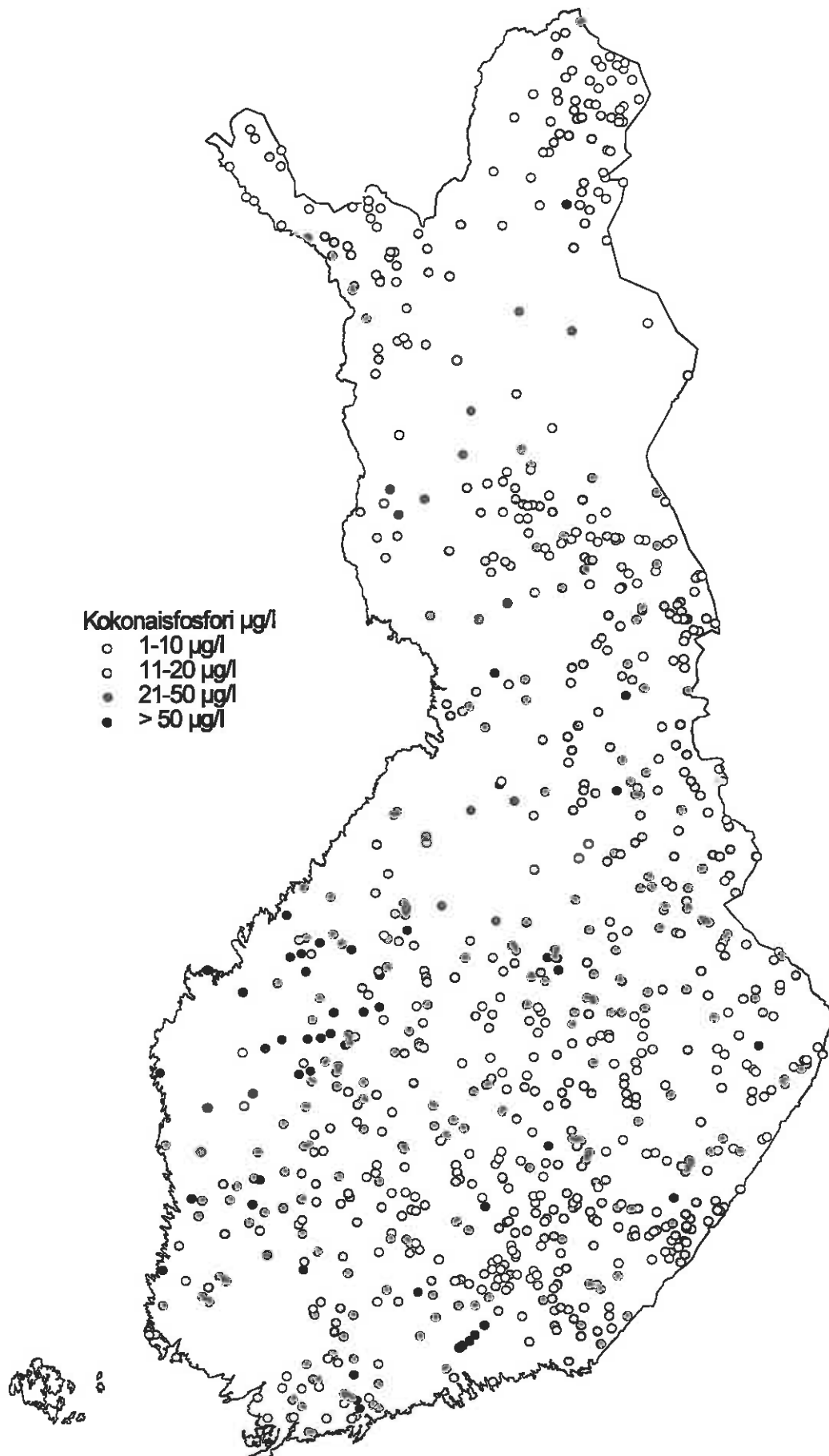


Kartta 1. Tutkimusjärvet (n=873).

LIITE 2



Kartta 2. Kalastokyselyn kattavuus tutkimusjärivistä (n=873).



Kartta 3. Kokonaisfosforipitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) tutkimusjärvissä (n=873).





### 6. Mitä kala- ja rapulajeja järvessä esiintyy tai on aiemmin esiintynyt?

- Merkitse rastilla esiintyykö kalalajia järvessä. Arvioi samalla sen runsaus. Merkitse myös sellaiset järvessä esiintyvät kalalajit, jotka eivät elintapojensa tai esim. pienen kokonsa vuoksi joudu normaaleihin pyydyksiin. Jos lajin nimeä ei ole taulukossa, voit kirjoittaa sen tyhjille riveille.
- Merkitse rastilla jos laji on hävinnyt. Merkitse myös millä vuosikymmenellä sitä on viimeksi havaittu. Taulukon lopussa on kolme esimerkkiä miten taulukko tulisi täyttää.

Laji	Nykyinen esiintyminen						Aiempi esiintyminen	
	Hyvin runsas	Runsas	Tavanomainen	Vähälukuinen	Ei esiinny	En osaa sanoa	Laji on hävinnyt	Millä vuosikymmenellä lajia on viimeksi havaittu?
1. Ahven								
2. Kuha								
3. Kiiski								
4. Hauki								
5. Made								
6. Siika								
7. Muikku								
8. Taimen								
9. Nieriä								
10. Harjus								
11. Kuore								
12. Särki								
13. Lahna								
14. Säyne								
15. Pasuri								
16. Sorva								
17. Salakka								
18. Toutain								
19. Sulkava								
20. Ruutana								
21. Suutari								
22. Ankerias								
23. Mutu								
24. Kivisimppu								
25. Kolmipiikki								
26. Kymmenpiikki								
27. Rapu								
28. Täplärapu								
Muut lajit:								
Laji 1					X			
Laji 2			X					
Laji 3							X	1970-luvulla



### 7. Tehdäänkö tai onko järveen tehty kala- tai rapuistutuksia?

1. Istutuksia ei ole tehty, kaikki lajit ovat alkuperäisiä ja lisääntyvät vesistössä luontaisesti.
2. Jokin tai jotkin lajit ovat istuttamalla järveen kotiutettuja uusia lajeja. Mitkä lajit? .....
- .....
3. Jonkin tai joidenkin lajien heikkoa lisääntymistä tuetaan istutuksin. Minkä lajien? .....
- .....
4. Jonkin tai joidenkin lajien kannat ovat täysin istutusten varassa. Minkä lajien? .....
- .....
5. En osaa sanoa.

### 8. Onko järven kalastossa tai rapukannassa havaittu selviä muutoksia?

- Merkitse rastilla mikäli jokin tai jotkin seuraavista vaihtoehtoista kuvaavat tapahtuneita muutoksia.
- Merkitse tyhjille viivoille millä vuosikymmenellä muutokset ovat tapahtuneet. (Mikäli jokin laji on kokonaan hävinnyt, merkitse tiedot kysymyksen numero 6 taulukkoon).

Muutoksen  
vuosikymmen

1. Pienet särjet ovat hävinneet, saaliiksi saadaan vain isoja särkiä ..... \_\_\_\_\_
2. Pienet ahvenet ovat hävinneet, saaliiksi saadaan vain isoja ahvenia ..... \_\_\_\_\_
3. Pienet ravut ovat hävinneet, saaliiksi saadaan vain yksittäisiä isoja rapuja \_\_\_\_\_
4. Rapukanta on hävinnyt äkillisesti esim. ruton seurauksena ..... \_\_\_\_\_
5. Rapu on selvästi runsastunut ..... \_\_\_\_\_
6. Lahnan keskikoko on selvästi pienentynyt, suuria lahnoja ei enää saada ..... \_\_\_\_\_
7. Jokin kalalaji (mikä?) \_\_\_\_\_ on selvästi runsastunut \_\_\_\_\_
- (mikä?) \_\_\_\_\_ on selvästi runsastunut \_\_\_\_\_
- (mikä?) \_\_\_\_\_ on selvästi runsastunut \_\_\_\_\_
8. Jokin kalalaji (mikä?) \_\_\_\_\_ on selvästi vähentynyt \_\_\_\_\_
- (mikä?) \_\_\_\_\_ on selvästi vähentynyt \_\_\_\_\_
- (mikä?) \_\_\_\_\_ on selvästi vähentynyt \_\_\_\_\_

Lisätietoja. (Jatka tarvittaessa lomakkeen lopussa olevaan tilaan) .....

.....

9. Mikä on **oman käsityksesi** mukaan aiheuttanut mahdolliset muutokset järven kala- tai rapukannoissa? Kerro lyhyesti (Jatka tarvittaessa lomakkeen lopussa olevaan tilaan).

.....

.....

.....

10. Onko järven kalasto nykyisin selvästi särkikalavaltainen?

1. Ei ..... Särkikaloja esiintyy järvessä hyvin vähän tai ei lainkaan.
2. Ei ..... Särkikaloja esiintyy järvessä suunnilleen yhtä runsaasti tai jopa vähemmän kuin muita kalalajeja.
3. Kyllä ..... Särkikalat muodostavat valtaosan kalasaaliista tiheäsilmäisillä verkoilla, katiskoilla tai rysillä kalastettaessa. / Särkikalojen tiedetään muodostavan valtaosan järven kalastosta, vaikka tiheäsilmäisiä pyydyksiä ei järvellä käytetä.

11. Kalastetaanko järvessä verkoilla, katiskoilla tai rysillä?

1. **Kyllä** ..... Onko verkko-, katiska- tai rysäkalastukselle ollut haittaa seuraavista ilmiöistä?

	Usein	Joskus	Ei koskaan	En osaa sanoa
A. Runsaasti ei-toivottuja saalislajeja esim. särkikaloja .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Pyydysten tavanomaista nopeampi likaantuminen tai limoittuminen .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. **Ei** ..... Onko syynä pyydysten nopea likaantuminen tai ei-toivottujen saalislajien runsaus?

A. Kyllä       B. Ei

12. Mitä pyydysrajoituksia järven kalastukselle on säädetty?

1. Ei mitään
2. Verkkojen silmäkokorajoitukset. Kielletyt silmäkoot: ..... mm (solmuväli).
3. Verkkokalastuksen aikarajoitukset. Verkkokalastus on kielletty ajalla: .....
4. Muita rajoituksia, mitä? .....

Lisätietoja .....

.....

### 13. Onko järvestä pyydetyn kalan käytölle ollut haittaa seuraavista ilmiöistä?

	Usein	Joskus	Ei koskaan	En osaa sanoa
1. Maku- tai hajuvirheitä saaliskaloissa (esim. mudan ..... makua).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Kalat ovat sairaita tai niissä on runsaasti loisia. ....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Edellä mainitut ilmiöt ovat estäneet kalan käytön ..... ihmisravinnoksi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Missä lajeissa maku- tai hajuvirheitä on esiintynyt? .....

### 14. Oletteko havainneet järvessä kalojen joukkokuolemia talvella tai loppukesällä?

1. Kyllä, vuosittain  2. Kyllä, joinakin vuosina  3. Ei koskaan  4. En osaa sanoa

Mitä lajeja on löytynyt kuolleina? .....

### 15. Esiintyykö järvessä levähaittoja keski- tai loppukesällä?

1. Kyllä, joka kesä  2. Kyllä, joinakin kesinä  3. Ei koskaan  4. En osaa sanoa

### 16. Mikä on oma käsityksesi järven veden laadusta? Arvioinnin helpottamiseksi ohessa on lyhyesti kuvailtu eri laatuluokille tyypillisiä piirteitä.

1. Erinomainen ..... Vesialue on luonnontilainen. Vesistö on yleensä kirkasvetinen tai lievästi ruskeavetinen. Vettä voi jopa käyttää juoma- ja talousvetenä.
2. Hyvä ..... Vesialue on lähes luonnontilainen tai lievästi rehevöitynyt. Tähän luokkaan voi kuulua sekä kirkkaita vesiä että humusvesiä, jotka ovat väriltään melko tummia.
3. Tyydyttävä ..... Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan lievästi likaama tai laadullisesti muuttama. Levähaittoja esiintyy ajoittain tai/ja vesi on luontaisesti sameaa. Tähän luokkaan luetaan myös hyvin tummat suoalueiden vedet.
4. Välttävä ..... Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan voimakkaasti likaama tai laadullisesti muuttama. Levähaitat ovat yleisiä ja vesistön virkistyskäyttö (esim. uiminen) estyy ajoittain.
5. Huono ..... Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun muuttavan toiminnan pilaama. Vesi on epäesteettistä. Virkistyskäyttö (esim. uiminen) on estynyt käytännöllisesti katsoen koko kesän.
6. En osaa sanoa



Tutkimuksessa selvitettiin rehevöitymisen vaikutuksia kalastoon ja kalastukseen Suomen järvissä. Tutkimusjärvet (873 järveä) valittiin ositetulla satunnaisotannalla kaikista yli neljän hehtaarin järvistä, joita Suomessa on yhteensä 29 515. Järvistä kerättiin kalastotietoja kalastuskunnille ja vesialueen omistajille suunnatulla postikyselyllä. Suomen ympäristökeskus selvitti tutkimusjärvien veden laadun syksyllä 1995 otetuista vesinäytteistä. Järvikartoitus kuului yhteispohjoismaiseen hankkeeseen, jossa Suomen, Ruotsin ja Norjan järvien vedenlaatu ja kalasto kartoitettiin vastaavin menetelmin.

Järvien rehevöityminen on yksi maamme suurimmista vesiensuojeluongelmista. Pelkästään veden laadun perusteella tarkasteltuna rehevöitymisen merkkejä (tot-P  $\geq 35 \mu\text{g l}^{-1}$ ) on havaittavissa lähes 10 %:ssa järvistämme. Kalaston perusteella reheviä, särkikalavaltaisia järviä arvioitiin olevan 2 100 eli noin 7 % maamme järvistä. Rehevöitymiseen liittyvät kalasto-ongelmat olivat yleisimmillään keskipuurissa, 1-20 km<sup>2</sup>:n järvissä. Alueellisesti kalasto-ongelmat näkyivät selvimmän maatalousvaltaisilla Länsi- ja Lounais-Suomen sekä Uudenmaan, Keski-Pohjanmaan ja Hämeen ympäristökusten alueilla. Näillä alueilla myös järvien rehevyystaso oli korkein.

Yleisimmät tutkimusjärvissä esiintyneet kalalajit olivat ahven, hauki, särki, made ja kiiski. Havaintoja lajien runsastumisesta oli eniten särjestä ja lahnasta sekä myös kuoreesta ja pasurista. Selvästi taantuneita lajeja olivat made, muikku ja taimen. Runsastumishavainnot särjen ja ja lahnan osalta sekä taantumishavainnot mateen ja muikun osalta olivat rehevissä järvissä selvästi karuja järviä yleisempiä. Järviä, joissa esiintyy kalakuolemia vuosittain tai joinakin vuosina, arvioitiin olevan noin 11 % järvistämme. Vuosittain kalakuolemia arvioitiin esiintyvän 350:ssä pienessä järvestä.

Pyydysten tavanomaista nopeampi likaantuminen kuten myös ei-toivottujen saalislajien runsaus oli toistuva ongelma yli kymmenessä prosentissa järvistä. Saalislalojen maku- ja hajuvirheitä esiintyi noin 4 %:ssa järvistä. Kuten kalastomuutosten myös kalastushaittojen esiintyminen painottui Länsi-, Etelä- ja Keski-Suomeen. Kalastutukset olivat yleinen hoitokeino myös erittäin rehevien järvien kalataloudellisen arvon parantamiseksi. Yleisin istutuslaji oli siika, jota istutettiin peräti 40 %:iin erittäin reheväksi luokiteltavista järvistä.

**Insjöeutrofiering och fiskbestånd i Finland. Sjöinventering baserad på sampling**

Rapport

Undersökningen utredde eutrofieringens effekter på fiskbestånd och fiske i Finlands sjöar. De undersökta sjöarna (873 st.) valdes genom fördelad slumpmässig sampling bland alla sjöar över fyra ha (totalantalet i Finland: 29515). Uppgifter om fiskbestånden samlades in genom en postförfrågan riktad till fiskelag och vattenägare. Finlands miljöcentral utredde vattenkvaliteten i sjöarna via vattenprov som togs hösten 1995. Insjöinventeringen är en del av ett samnordiskt projekt, i vilket vattenkvalitet och fiskbestånd utreddes med motsvarande metoder i sjöarna i Finland, Sverige och Norge.

Eutrofieringen av sjöarna är ett av vårt lands största vattenskyddsproblem. Enbart på basen av vattenkvalitet (tot-P $\geq$ 35  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) kan tecken på eutrofiering ses i nästan 10 % av våra insjöar. På basen av fiskbeståndet bedömdes antalet frodiga, mörtdominerade sjöar uppgå till 2100 eller ca 7 % av sjöarna. Problemet med fiskbeståndet i anslutning till eutrofieringen var vanligast i mellanstora sjöar med en areal på 1 - 20 km<sup>2</sup>. Regionalt sett är fiskbeståndsproblemen störst i jordbruksdominerade områden, västra och sydvästra Finland samt i Nylands, mellersta Österbottens och Tavastlands miljöcentralers områden. I dessa områden var eutrofieringsnivån också högst.

De vanligaste fiskarterna i de undersökta sjöarna var abborre, gädda, lake och gers. Observationer av en ökning av antalet var vanligast för mört och braxen, samt för nors och björkna. Lake, siklöja och öring var de arter som minskat tydligast. Observationerna av en ökning av mört och braxen, samt en minskning av lake och siklöja var klart vanligare i eutrofa sjöar än i oligotrofa. I uppskattningsvis 11 % av våra sjöar inträffar årligen eller under vissa år fall av fiskdöd. Årligen förekommande fiskdöd ses i 350 små sjöar.

Försnabbad nedsmutsning av fångstredskapen och stora mängder icke-önskade arter var ett återkommande problem i ca 4 % av sjöarna. Dessa olägenheter, liksom också förändringarna i fiskbestånden var vanligast i västra, södra och mellersta Finland. Utplantering av fisk var ett allmänt förekommande sätt att förbättra det fiskeriekonomiska värdet av även ytterst eutrofa sjöar. Sik var den vanligaste arten och planterades ut i hela 40 % av de ytterst eutrofa sjöarna.

Sjöinventering, eutrofiering, totalfosfor, fiskar, fiskbestånd, fiske

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 132

951-776-126-0

0787-8478

35 s. + liitteet

Finska

50 mk

Offentlig

Edita-bokhandel  
Annegatan 44  
00100 Helsingfors

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet  
PB 6  
00151 Helsinki

Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

September 1997

Author(s)

Jouni Tammi, Antti Lappalainen, Jaakko Mannio, Martti Rask and Jussi Vuorenmaa

Title of Publication

**Eutrophication and Fishes in Finnish Lakes: A Survey Based on Random Sampling**

Type of Publication

Research Report

Commissioned by

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Effects of Pollution and Nutrient Loading on Fish Communities - Fishstudies of Nordic Lake Survey (202 241)

Abstract

In this study we investigated the effects of eutrophication on fishes and fisheries in Finnish lakes. The study lakes (873) were chosen by stratified random sampling from all lakes with a surface area over four hectares (in all 29 515). Information on the fish stocks of the lakes was gathered by mail survey directed towards local fishing associations and the owners of the water areas. The Finnish Environment Agency analyzed the water samples of the lakes taken in autumn 1995. The Lake survey was part of the joint project of three Nordic countries, Finland, Sweden and Norway, in which the water quality and fishes were surveyed in each country using the same methods.

Eutrophication can be seen as one of the most serious problems of lakes in Finland. Based on the total phosphorus of the study lakes there were signs of eutrophication ( $\text{tot-P} \geq 35 \mu\text{g l}^{-1}$ ) in almost ten per cent of the lakes. With knowledge of the structure of the fish community we estimated that about 2 100 (i.e. 7 %) lakes in Finland are eutrophic and clearly cyprinid dominated. These kinds of problems were most common in lakes with a surface area of 1-20 km<sup>2</sup>. Eutrophic, cyprinid-dominated lakes were most common in the more important agricultural areas in the western and southern parts of Finland and in the Häme area. The trophic level of the lakes was highest in these areas as well.

The five most common fish species in the study lakes were perch, pike, roach, burbot and ruffe. Roach, bream, smelt and white bream were the most common species which have increased in number. Species which have declined were burbot, vendace and brown trout. Increasing roach and bream and declining burbot and vendace were more common in eutrophic lakes than in oligotrophic lakes. Fish kills occurred annually or nearly so in eleven per cent of the lakes. Annually repeated fish kills occurred in 350 small lakes.

Strong fouling of the fishing gear as well as a great abundance of unwanted species in the catch were repeat problems in over ten per cent of the lakes. Offensive tastes and odours in the fish caught occurred in four per cent of the lakes. Negative effects of eutrophication on fisheries were regionally common in western, southern and central Finland. In highly eutrophic lakes fish stockings were a common method of improving the value of the lake to fisheries. Whitefish was the most commonly stocked species. Whitefish stockings have been made in forty per cent of lakes classified as highly eutrophic.

Key words

Lake survey, eutrophication, total phosphorus, fishes, fish stocks, fisheries

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 132

ISBN

951-776-126-0

ISSN

0787-8478

Pages

35 p. + app.

Language

Finnish

Price

50 FIM

Confidentiality

Public

Distributed by

Oy Edita Ab, Book-shop  
Annankatu 44  
FIN-00100 Helsinki, Finland

Publisher

Finnish Game and Fisheries Institute  
P.O.Box 6  
FIN-00721 Helsinki, Finland

Phone +358 9 566 0566 Fax +358 9 566 0570

Phone +358 205 7511 Fax +358 205 7511

# KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

## Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

**88. MAKKONEN, J., TOIVONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M. JA MÄKINEN, K.**

**Järvilohen (*Salmo salar* m. *sebago* Girard) säilyttäminen ja kalastus Vuoksen vesistöissä Carlin-merkintöjen perusteella.**

(Bevarande och fiske av insjölox (*Salmo salar* m. *sebago* Girard) i Vuoksens insjösystem, undersökning med hjälp av Carlin-märkningar) Maintenance and fishing of landlocked salmon (*Salmo salar* m. *sebago* Girard) on the basis of Carlin-tagging in the Vuoksi watercourse) 65 s. + liitt. Helsinki 1995.

**89. NYLANDER, E. JA ROMAkkANIEMI, A.**

**Tornionjoen meritaimen ja sen kalastus**

(Havsöringen i Torne älv och havsöringsfisket) (Sea trout and fishing in the Tornionjoki River) 63 s. + liitt. Helsinki 1995.

**90. URHO, L., KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M-L., LEHTONEN, H., LEINONEN, K., PASANEN, P., RAHKONEN, R. JA TOLONEN, J.**

**Uusien kalalajien ja -kantojen tuonnin mahdollisuudet**

(import av nya fiskarter och -bestånd) (Possibilities for importing new fish species and stocks) 74 s. He(Möjligheter tillsinki 1995.

**91. VEHANEN, T.**

**Rakennettujen jokien kalataloudelliset edellytykset.**

I. Kalakannat ja kalastus. II. Kehittämistiedustelut (Fiskeriekonomiska förutsättningar i utbyggda älvar. I. Fiskbestånd och fiske. II. Utvecklingsgallupar) (Fish stocks and fisheries in large regulated rivers in northern Finland. I. The current state and fish stocks and fisheries. II: Development enquiries) 39 s. + liitt. + 28 s. + liitt. Helsinki 1995.

**92. SALMI, P., HUUSKO, A.**

**Muikun talvinuottaus ja muikkukannat Kuusamossa**

(Vinternotfångst av siklöja (*Coregonus albula* L.) och siklöjebestånden i Kuusamo) (Winter seine fishing of the vendace (*Coregonus albula* L.) in the Kuusamo area, northern Finland with implications on stock dynamics) 42 s. + liite. Helsinki 1995.

**93. URHO, L.**

**Kalatäit kalojen terveystoriskinä.**

(Fisklus som hälsorisk för fisken). Fish lice as a health risk for fish). 19 s. Helsinki 1995.

**94. RAHKONEN, R. KILPELÄ S.-S., PASTERNAK, M.**

**Lohikalajien paisetauti ja sen torjunta. Kirjallisuuskatsaus**

(Furunkulos hos laxfiskar och bekämpning av den. Litteraturöversikt). (Furunculosis of salmonids and its prevention. A review of the literature). 47 s. Helsinki 1995.

**95. KEMPPAINEN, S., NIEMITALO, V., LEHTINEN, E., PASANEN, P.**

**Lohen ja meritaimen istutustutkimukset Kiiminkijoen**

(Utplanteringsforskning gällande lax och havsöring i Kimminge älv). (Stocking research on salmon and sea trout in the River Kiiminkijoki). 36 s. + 10 liit. Helsinki 1995.

**96. Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät.**

Toim. Petri Heinimaa ja Keijo Juntunen. (Statens XIX fiskodlingskonferens) (State fish culture conference, No.XIX). 40 s. Helsinki 1995.

**97. KREIVI, P., MUOTKA, T., TIKKANEN P., HUUSKO, A., MÄKI-PETÄYS, A., KUUSELA, K.**

**Taimenen poikasten ravinnonkäyttö Kuusamon Kuusinkijoen**

(Öringsynslens födoutnyttjande i Kuusinkijoki i Kuusamo) (Diet composition and prey preferences of juvenile brown trout in the river Kuusinkijoki). 32 s. + 3 liit. Helsinki 1995.

**98. TURUNEN, J.-P.**

**Ympäristöpoliittisten ristiriitojen sovittelumenettely. Esimerkkitaupauksena lohenkalastuksen järjestäminen.**

(Medling i miljöpolitiska konflikter med laxfisket som exempel) (Environmental dispute resolution procedure for conflicts. A case study: the management of salmon fishing) 46 s. Helsinki 1995.

**99. MUTENIA, A., JANTUNEN, P., SALMINEN, A.**

**Avoperärysäpyynnin soveltuvuus siian kalastukseen Lokan ja Porttipahdan tekojärvillä.**

(Ryssjor med öppen botten som fångstredskap i de konstgjorda sjöarna Lokka och Porttipahta) Fishing of whitefish with open-end trap nets in the reservoirs of Lokka and Porttipahta Reservoirs). s. 1-12 + liitt.



SALMINEN, A., MUTENIA, A.

**Ammatti- ja luontaiselinkeinokalastuksen kannattavuus Lokan tekojärvellä vuosina 1989-1991.**

(Yrkes- och naturnäringens lönsamhet i Lokka konstgjorda sjö åren 1989-91) (Profitability of commercial and traditional fisheries in the Lokka reservoir from 1989-1991) s. 19 -34. Helsinki 1995.

**100. Luonnontilan muutokset Konnevedessä - 25 vuotta vesiluonnon tutkimusta.**

(Förändringar i sjön Konnevesis naturtillstånd - 25 års studier av insjönaturen) (Changes in the Natural State of Lake Konnevesi: Aquatic Research over Twenty-Five Years). Toim. Pentti Valkeajärvi. 167 s. Helsinki 1995.

**101. Neutraloinnin vaikutukset happamoituneen metsäjärven ekosysteemiin. Iso Valkjärven kalkituskokeen tuloksia vuosilta 1990-1993**

(Effekterna av neutralisering på ekosystemet i en försurad sjö Resultat av kalkningsförsöken i sjön Iso Valkjärvi under åren 1990-1993) Martti Rask ja Marko Järvinen (toim.). 84 s. Helsinki 1995.

**102. KIRJAVAINEN, E.**

**Haudontalämpötilan vaikutus ravun poikastuottoon ja poikasten laatuun**

(Kläckningstemperaturens inverkan på kräftans yngelproduktion och yngelkvalitet) (The Effects of Incubation Temperature on the Fry Production of Crayfish and the Quality of Fry). 27 s. Helsinki 1995.

**103. TAMMI, J.**

**Rehevöitymisen vaikutukset kaloihin, kalakantoihin ja kalastukseen –kirjallisuuskatsaus**

(Eutrofierings effekter på fisk, fiskbestånd och fiske – litteraturöversikt) (The Effects of Eutrophication on Fishes, Fish Stocks and Fisheries – A Literature Review). 66 s. Helsinki 1996.

**104. SAURA, A., MIKKOLA, J.**

**Henkiin herätetty lohijoki — Kymijoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1992—1994**

(En laxälv som återuppstått — Vandringsfiskundersökningar i Kymmene älv å 1992—1994) (Revived salmon river — Studies on migratory fish in the River Kymijoki from 1992—1994). 100 s. Helsinki 1996.

**105. RAITANIEMI, J., HEIKINHEIMO, O., MIKKOLA, J.**

**Vaellussiika — Uudenmaan rannikon tuottoisa istutuskala**

(Vandringssiken — resultatrik utplantering längs den nyländska kusten) (Whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) — Successful Stocking on the Coast of the Province of Uusimaa). 28 s. Helsinki 1996.

**106. KORHONEN, P., KOSKINIEMI, J., TOLONEN, K.**

**Taimenen ja kotiutetun puronierän tila Ylä-Kemijoella vuosina 1993 — 1994**

(Öringens och den införda bäckrödingens situation i Kemi älvs övre lopp åren 1993 — 1994) (The State of Brown and Stocked Brook Trout Populations in the Upper Part of the Kemijoki River between 1993 and 1994). 42 s. + 8 liitt. Helsinki 1996.

**107. LAPPALAINEN, A., PÖNNI, J.**

**Suomenlahti kalastajan silmin — Tutkimus Suomenlahden likaantumisesta ja vapaa-ajankalastuksesta**

(Finska viken ur fiskarens synpunkt — En undersökning av föroreningen av Finska viken och fritidsfisket) (The Gulf of Finland in the Fisherman's eyes — Pollution and Recreational Fishery in the Gulf on Finland). Helsinki 1996.

**108. MAKKONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M., TOIVONEN, J., KOLARI, I.**

**Pyyntitavat heikentävät järvitaimenen istutustulosta — Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979 — 1992 tehtyjen Carlin-merkintöjen tulokset**

(Utplanteringsresultatet för insjööring försämras av fångstmetoderna — Resultat av Carlin-märkningar i Vuoksi insjösystem åren 1979 — 1992) (Fishing methods decrease the impact of stocking brown trout — Results of Carlin tagging experiments in the Vuoksi watercourse from 1979 — 1992). 105 s. + liite. Helsinki 1996.

**109. PYLKKÖ, P., POHJANVIRTA, T., PURSIAINEN, M.**

**Nierian (*Salvelinus alpinus*) silmäsamentumat**

(Grunling av ögat hos röding (*Salvelinus alpinus*)) (Cataract of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*)). 21 s. Helsinki 1996

**110. Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi, Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät**

(Utplanterade yngels livscykel - från romkom till fångst, Statens fiskodlings XX diskussionsdagar) (Fish stocking - lifecycle eggs to catch, State Fish Culture Conference, No. XX). Jarmo Makkonen ja Markku Pursiainen (toim.), 103 s. + 4 liitettä. Helsinki 1996.

**111. RAHKONEN, R., PASTERNAK, M., POHJANVIRTA, T., PYLKKÖ, P., LINDÉN, J.**

**Kokeita Apoject 1-Fural paisetautirokotteella 1993-1995**

(Försök med Apoject 1-Fural furunculovaccin 1993-1995) (Experiments with Apoject 1-Fural Furunculosis Vaccine, 1993 - 1995). 24 s. Helsinki 1996.

**112. SOMPPI, K., RAITANIEMI, J., RASK, M.**

**Kalkituksen vaikutukset särki- ja ahvenkantoihin Etelä-Suomen happamoituneissa pikkujärvissä**

(Kalkningens effekter på mört- och abborrbestånd in södra Finlands försurade sjöar) (The Effects of Liming on Roach and Perch Populations of Small Acidified Lakes in Southern Finland). 41 s. + 9 liitettä. Helsinki 1996.

**113. Inarijärven pohjasiika — Istutusten merkitys.** (Storsiken i Enare träsk - utplanteringsgarnas betydelse) (Sparsely-raked Whitefish from Lake Inari: Results from Stocking). Erno Salonen (toim.), 90 s. Helsinki 1996

**114. SALMINEN, M.**

**Istutusiän ja -koon merkitys merilohen vaelluspoikasten istutuksissa**

(Utplanteringsålderns och -storlekens betydelse vid utplantering av smolt av havlax) (The Influence of Stocking Age and Size on the Results of Salmon Smolt Stocking). 59 s. Helsinki 1996.

**115. PARMANNE, R., SETÄLÄ, J.**

**Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin**

27+18 s. Helsinki 1996.

**116. SALMI, J., HONKANEN, A., JURVELIUS, J., MOILANEN, P., SALMI, P. JA VESALA, K. M.**

**Haastatteluja Hangosta Utsjoelle. Ammattikalastuksen profiilitutkimuksen metodiikkaa.** (Intervjuer från Hangö till Utsjoki, metodik för profilundersökningar av yrkesfisket) (Interviewing Commercial Fishermen in Finland: The Methodology of the Study). 26 s. Helsinki 1996.

**117. Mädin desinfiointi - laadun hallintaa käytännössä** (Romdesinfektion i avsikt att kontrollera romproduktionens kvalitet) (The Disinfection of Fish Eggs: Quality Control in Practice). Päivi Eskelinen (toim.), 69 s. Helsinki 1996

**118. VEITOLA, K., MÄKINEN, T.**

**Kalankasvatuksen ympäristöpolitiikka- Tavoitteiden ja tosiasiatietojen yhdistelmä** (Fiskodlingens miljöpolitik - en kombination av målsättningar och fakta) (The Environmental Politics of Fish Farming: A Combination of Goals and Facts). 52 s. Helsinki 1996

**119. HYVÄRINEN, P., VIRTANEN, K., VEHANEN, T., KOSKINIEMI, J., KANNEL, R. JA PURSLAINEN, M.**

**Viihtyykö vieras kala Oulujärvestä? Taimenkantojen ja järvilohen soveltuvuus Oulujärven**

**hoitokalaksi.** (Trivs främmande fiskar i Ule träsk? Jämförelse av olika utplanterade bestånd av öring och insjölox) (Does the strange fish stocks succeed in lake Oulujärvi? Results of stocking four brown trout stocks and land locked salmon in Lake Oulujärvi). 39 s. Helsinki 1996.

**120. JOKIKOKKO, E.**

**Muikun ja siian lisääntymisedellytyksistä Perämerellä.** (Förutsättningar för förökning av siklöja och sik i Bottenviken) (The breeding potential of whitefish and vendace in Bothnian Bay). 32 s. Helsinki 1997.

**121. RAITANIEMI, J.**

**Rannikon siikojen iänmäärittämisen luotettavuus.** (Hur pålitlig är åldersbestämningen av kustsikor?) (The reliability of the ageing of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) on the Finnish Baltic coast). Helsinki 1997.

**122. Lähikuvia ammattikalastuksesta - Kalastusammattin rakenne, joustavuus ja mahdollisuudet.**

(Yrkesfisket i närbild. Fiskaryrkets struktur, flexibilitet och möjligheter) (Close-ups on the Commercial Fishery; Structure, Flexibility and Opportunities of the Fishing Trade). Juhani Salmi ja Pekka Salmi (toim.). 125 s. Helsinki 1997.

**123. TOIVONEN A.-L.**

**Toistuvan jäätymisen ja sulamisen vaikutus kalanpyydysten havasmateriaaleihin.** (Inverkan av upprepade infrysning och upptining på redskapsmaterial) (The Effects of Freeze-thaw Cycling on Fishing Gear Materials). 30 s. Helsinki 1997.

**124. FRIMAN, T., KOLARI, I. JA TOIVONEN, J.**

**Merkisteekö menetelmä? Carlin-merkinnän virhetekijät kaksi- ja kolmivuotiaina istutetuilla**

**järvitaimenilla.** (Spelar metoden någon roll? Felkällor vid Carlin-märkning av insjööringar utplanterade som två- och treåringar) (The errors caused by Carlin-tagging in the estimation of stocking results of two- and three-year-old brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*)). 27 s. Helsinki 1997.

**125. SUTELA, T. JA HUUSKO, A.**

**Virkistyskalastus Kuusinki-, Kitka- ja Oulankajoella.** (Fritidsfisket i älvarna Kuusinkijoki, Kitkajoki och Oulankajoki) (Recreational fishery in rivers Kuusinkijoki, Kitkajoki and Oulankajoki). 24 s. Helsinki 1997.

**126. Kalastuskiistat haasteena hallinnolle - näkökulmia sisävesien paikallisiin ristiriitoihin**

(Fiskekonflikter som en utmaning för förvaltningen - synpunkter på lokala konflikter i insjöområdet) (Perspectives on Fishery Conflicts in Finnish Lakes). Pekka Salmi (toim.). 71 s. Helsinki 1997.

**127. SALONEN, E., MUTENIA, A., KOTAJÄRVI, M.**

**Lokan ja Porttipahdan peledsiika. Tekojärvien siikakantojen vaihtelu vuosina 1987-1996. (Peledsiken i Lokka och Porttipahta. Sikbeståndens variation i konstgjorda sjöar 1987 - 1996) (Peled in the Lokka and Porttipahta Reservoirs. The Variations in the Stocks from 1987 - 1996). 34 s. Helsinki 1997.**

**128. HYVÄRINEN, P.**

**Erikokoisten järvitaimenistukkaiden kannattavuusvertailu Oulujärvellä. (Lönsamhetsjämförelse vid utplantering av olika stora öringsyngel i Ule träsk) (Comparison of the Profitability of the Stocking of Different-Sized Brown Trout in Lake Oulujärvi). 26 s. Helsinki 1997**

