

*P.J. Vuorinen J. Paasivirta  
M. Vuorinen S. Peuranen J. Hoikka*

Lohen ja meritaimenen  
ympäristömyrkkypitoisuudet  
ja lohen alkio- ja poikaskuolleisuus



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS  
KALATUTKIMUKSIA — FISKUNDERSÖKNINGAR

No 65

1993

Lohen ja meritaimenen ympäristömyrkkypitoisuudet  
ja lohen alkio- ja poikaskuolleisuus

Pekka J. Vuorinen, Jaakko Paasivirta, Marja Vuorinen, Seppo Peuranen ja Jouni Hoikka

Helsinki 1993

Tekijöiden osoitteet:

P. J. Vuorinen, M. Vuorinen, S. Peuranen ja J. Hoikka  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto  
PL 202  
00151 Helsinki

J. Paasivirta  
Jyväskylän yliopisto, kemian laitos  
PL 35  
40351 Jyväskylä

Vastaava toimittaja: Lauri Urho

Kannen kuva: Lohen lypsy (valokuva P. J. Vuorinen)

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

ISBN 951-8914-38-9

ISSN 0787-8478

Painatuskeskus Oy

Helsinki 1993

*Julkaisija*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

*Julkaisu-aika*

Toukokuu 1993

*Tekijä(t)*

Vuorinen, P.J., Paasivirta, J., Vuorinen, M., Peuranen, S. ja Hoikka, J.

*Julkaisun nimi*

**Lohen ja meritaimenen ympäristömyrkkypitoisuudet ja lohen alkio- ja poikaskuolleisuus**

*Julkaisun laji*

Tutkimusraportti

*Toimeksiantaja*

Maa- ja metsätalousministeriö

*Toimeksiantopäivämäärä*

16.6.1982

*Projektin nimi ja numero*

Lohen ja meritaimenen ympäristömyrkkypitoisuudet ja niiden vaikutukset mädin ja poikasten laatuun (2735)

*Tiivistelmä*

Tutkittiin kudulla olevien lohien organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ja verrattiin niitä vastaavista emoista saadun mädin sekä poikasten kuolleisuuteen. Verrattiin varsinaisen Itämerellä, Suomenlahdella ja Selkämerellä syönnöksellä olevien lohien ympäristömyrkkypitoisuuksia toisiinsa sekä pitoisuuksiin meritaimenissa, kirjolohissa ja Tenojoen lohissa. Lihasnäytteistä analysoitiin lähinnä organoklooriyhdisteiden, joistakin näytteistä myös raskasmetallien ja ns. dioksiinien, pitoisuuksia. Tutkimus tehtiin vuosina 1982-1993.

Itämereltä pyydettyjen lohien DDT-pitoisuudet ovat pienentyneet, samoin PCB-pitoisuudet vuosina 1985-1988; kuitenkin vuonna 1993 PCB-pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 1985. Selkämeren ja Suomenlahden lohien DDT- ja PCB-pitoisuuksissa ei ole ollut selvää kehityssuuntaa, mutta pitoisuudet ovat hieman pienempiä kuin varsinaisen Itämeren lohissa. Organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat suuremmat isoissa lohissa kuin pienemmissä. Kaikkien yhdisteiden, joille on lakisääteisesti määritelty suurin elintarvikkeissa sallittu pitoisuus, pitoisuudet olivat kuitenkin isoissakin lohissa selvästi pienempiä kuin raja-arvot. Tenojoen lohissa DDT- ja PCB-pitoisuudet olivat selvästi pienemmät kuin Itämeren lohissa ja meritaimenissa. Kuitenkin Tenojoen lohissa klordaaniin ja toksafeeniin, jotka leviävät meille vain kaukokulkeutena, pitoisuudet olivat saman suuruiset kuin Itämeren lohissa. Kirjoloihen organoklooriyhdisteiden pitoisuudet kasvoivat, kun niitä ruokittiin osaksi silakalla, mutta pitoisuudet olivat pienemmät kuin lohissa.

Kutevissa lohissa organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat suuremmat kuin syönnöksellä olevissa lohissa; vuonna 1990 viidenneksessä emolohia DDT-pitoisuus ylitti kalassa elintarvikkeena sallitun pitoisuuden, mutta kutulohia ei yleensä syödä. Niiden naaraslohiin, joissa useiden rasvaliukoisten organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmat, tuottaman mädin ja poikasten kuolleisuus oli suurin. Naaraslohiin kertyneet ympäristömyrkyt saattavat heikentää lohen jälkeläistuotantoa.

*Asiasanat*

lohi, meritaimen, kirjolohi, organoklooriyhdisteet, raskasmetallit, DDT, PCB, klordaani, toksafeeni, dioksiinit, poikaskuolleisuus, mäti, alkiokuolleisuus

*Sarjan nimi ja numero*

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 65

*ISBN*

951-8914-38-9

*ISSN*

0787-8478

*Sivumäärä*

71 s.

*Kieli*

Suomi

*Hinta*

—

*Luottamuksellisuus*

Julkinen

*Jakaja*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 202, 00151 Helsinki  
Puh. (90) 624 211, Fax. (90) 631 513

*Kustantaja*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

*Utgivare*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

*Utgivningsdatum*

Maj 1993

*Författare*

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Vuorinen, M., Peuranen, S. och Hoikka, J.

*Publikationens namn***Laxens och havsöringens halter utav miljögifter och laxens embryo- och yngeldödlighet***Typ av publikation*

Forskningsrapport

*Uppdragsgivare*

Jord- och skogsbruksministeriet

*Datum för uppdragsgivandet*

16.6.1982

*Projektnamn och -nummer*

Laxens och havsöringens halter utav miljögifter och deras inverkan på rommens och ynglets kvalitet (2735)

*Referat*

Lekande laxars halt av organiska klorföreningar undersöktes och resultaten jämfördes med rommen man fick utav motsvarande honor och med yngeldödligheten. Man jämförde miljögifternas halter hos laxar fångade ute till havs i den egentliga Östersjön, i Finska viken samt Bottenhavet sinsemellan samt med gifthalterna hos havsöring, regnbågsforell och Tana älvs laxar. Man analyserade främst köttprovernas halter utav organiska klorföreningar, för endel prov fastställdes också tungmetall- och de sk. dioxinhalterna. Undersökningen utfördes under åren 1982-1993.

De i Östersjön fångade laxarnas DDT-halter har sjunkit, likaså PCB-halterna under åren 1985-1988; dock var år 1993 PCB-halterna av samma storleksordning som år 1985. I laxarna från Bottenhavet och Finska viken kunde ingen klar utvecklingstrend för DDT- och PCB-halterna upptäckas, men halterna var en aning lägre än hos laxarna i den egentliga Östersjön. De organiska klorhalterna var högre i större laxar än i de mindre. Halterna utav alla de föreningar, som det finns stipulerade maximala tillåtna gränsvärden för i livsmedel, underskreds klart även i de stora laxarna. I laxarna från Tana älv var DDT- och PCB-halterna klart lägre än i laxarna och havsöringarna från Östersjön. Dock var klordan- och toxafenhalterna i laxen från Tana älv lika höga som i laxen från Östersjön. Klordan och toxafen är ämnen som sprids till oss enbart långväga ifrån. Regnbågsforellernas halter av organiska klorväten ökade då de utfodrades delvis med strömming, men halterna var lägre än i laxarna.

I lekade laxar var de organiska klorföreningarnas halter större än hos laxar som fångas ute till havs; år 1990 hade en femtedel av moderlaxarna en DDT-halt som överskred den högsta tillåtna halt i livsmedel, men lekade laxar äts inte i allmänhet. De honlaxar, vilka i medeltal hade de högsta halterna utav fettlösliga organiska klorföreningar, hade den största ägg- och yngeldödligheten. De miljögifter som ansamlas i honlaxarna kan försvaga laxens fortplantning.

*Nyckelord*

lax, havsöring, regnbågsforell, organiska klorföreningar, tungmetaller, DDT, PCB, klordan, toxafen, dioxiner, yngeldödlighet, rom, embryodödlighet

*Seriens namn och nummer*

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 65

*ISBN*

951-8914-38-9

*ISSN*

0787-8478

*Sidoantal*

71 s.

*Språk*

Finska

*Pris*

-

*Sekretessgrad*

Offentlig

*Distribution*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitut  
P.B. 202

FIN-00151 Helsinki, Finland

Tel. +358-0-624 211, Fax +358-0-631513

*Förlag*

Vilt- och fiskeriforskningsinstitut

*Published by*  
Finnish Game and Fisheries Research Institute

*Date of Publication*  
May 1993

*Author(s)*  
Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Vuorinen, M., Peuranen, S. and Hoikka, J.

*Title of Publication*  
**Organochlorines in Salmon and Sea Trout and the Mortality of the Eggs and Yolk Sac Fry of Salmon**

<i>Type of Publication</i>	<i>Commissioned by</i>	<i>Date of Research Contract</i>
Research Report	Ministry of Agriculture and Forestry	16 June, 1982

*Title and Number of Project*  
Organochlorines in Salmon and Sea Trout and Their Effects on the Quality of Eggs and Fry (2735)

*Abstract*

Organochlorine compounds were measured in salmon at spawning time and correlated with the survival of egg and yolk-sac fry survival. Salmon caught in the Baltic proper, the Gulf of Finland and the Bothnian Sea were studied and concentrations were compared with those in sea trout, rainbow trout and salmon from the Teno River. Muscle samples were analysed primarily for organochlorines, although dioxins and heavy metals were also measured in some samples. The study was carried out from 1982-1993.

The DDT concentrations in salmon from the Baltic proper have diminished, as did PCB concentrations between 1985 and 1988. However, the PCB concentration in 1993 was as high as in 1985. Although there are no yearly trends in DDT or PCB concentrations in salmon from either the Bothnian Bay or the Gulf of Finland, the concentrations are lower than those in salmon from the Baltic proper. The concentrations of organochlorines were higher the bigger the salmon. The concentrations of the compounds, for which the highest allowable limit value has been given, were clearly lower than those limit values even in larger salmon. The DDT and PCB concentrations in salmon from the Teno river were noticeably smaller than in salmon from the Baltic proper or in sea trout. However, their concentrations of chlordanes and toxaphene due to long-range transport were at the same level as in Baltic salmon. The concentrations of organochlorines increased when rainbow trout were fed with Baltic herring as opposed to dry feed, but the concentrations were still lower than in Baltic salmon.

The concentrations of organochlorines were higher in spawning salmon than in salmon taken from the sea. In 1990, one fifth of spawning salmon exceeded the maximum allowable limit value for DDT, but these fish are not usually consumed by humans. Egg and fry mortalities were highest in female salmon that contained the highest mean levels of organochlorines. The organochlorines in female salmon may decrease the reproductive potential of salmon overall.

*Key words*

salmon, sea trout, rainbow trout, organochlorines, heavy metals, DDT, PCB, chlordanes, toxaphene, dioxins, fry mortality

<i>Series (key title and no.)</i>	<i>ISBN</i>	<i>ISSN</i>
Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 65	951-8914-38-9	0787-8478

<i>Pages</i>	<i>Language</i>	<i>Price</i>	<i>Confidentiality</i>
71 p.	Finnish	—	Julkinen

<i>Distributed by</i>	<i>Publisher</i>
Finnish Game and Fisheries Research Institute P.O.Box 202 FIN-00151 Helsinki, Finland Phone +358-0-624 211, Fax +358-0-631513	Finnish Game and Fisheries Research Institute

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1. Tutkimuksen tausta	1
1.2. Tutkimuksen tavoitteet	3
1.3. Resurssit	3
2. NÄYTTEET, ANALYSOIDUT YHDISTEET JA TULOSTEN KÄSITTELY	4
2.1. Näytteet	4
2.1. Analysoidut yhdisteet	6
2.3. Tulosten käsittely	10
3. SIMOJOEN LOHIEN YMPÄRISTÖMYRKYT SEKÄ NIIDEN VAIKUTUKSET ALKIOIHIN JA POIKASIIN	11
4. YMPÄRISTÖMYRKKYPITOISUUDET ERI ALUEILLA JA AIKATRENDIT	19
4.1. Kudulle nousseet lohet ja meritaimenet	19
4.2. Saimaan lohi	24
4.3. Syönnösvaelluksella olevat lohet	24
4.4. Tenojoen lohi	36
4.6. Aikatrendit	44
5. KIRJOLOHEN YMPÄRISTÖMYRKYT JA RAVINNON VAIKUTUS NIIHIN	51
6. LOHI, MERITAIMEN JA KIRJOLOHI ELINTARVIKKEENA	57
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	65
7.1. Tavoitteiden toteutuminen	65
7.2. Ympäristömyrkyt ja lohen lisääntyminen	65
7.3. Lohi elintarvikkeena	66
7.4. Ympäristömyrkyt ja lohen kalastus	66
KIRJALLISUUS	67
TUTKIMUKSEN JULKAISUT, ESITELMÄT JA JULKAISUSUUNNITELMA	69

## 1. JOHDANTO

### 1.1. Tutkimuksen tausta

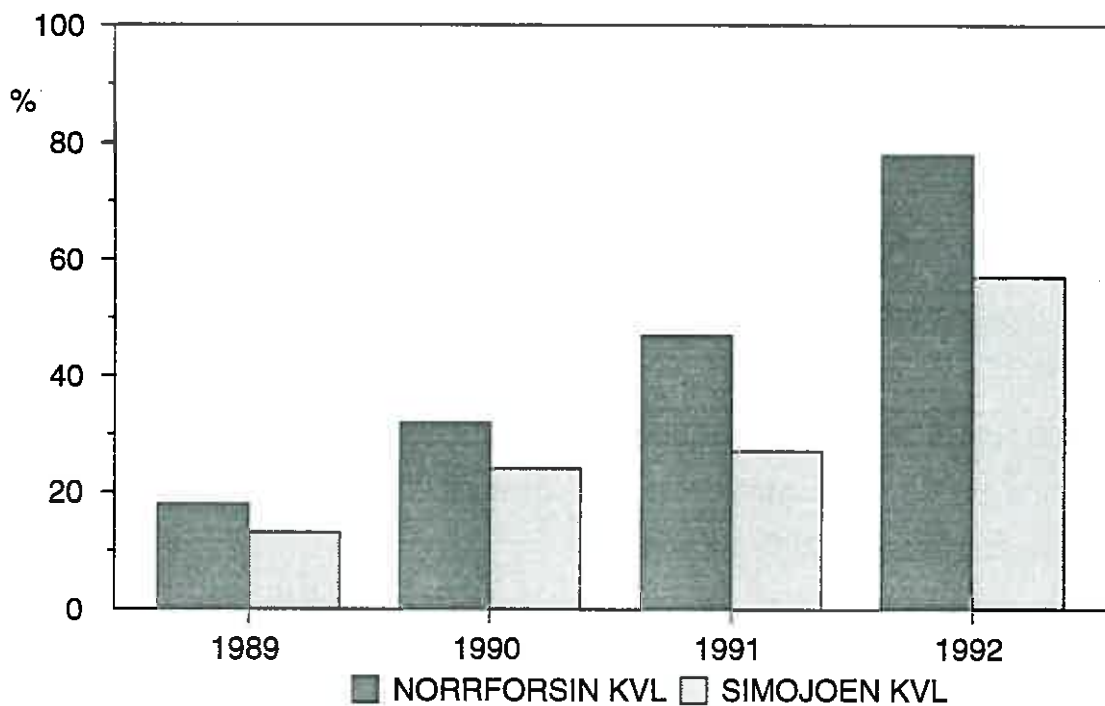
Lohikantojen ylläpitäminen edellyttää istutuksia, joita varten mäti osittain hankitaan luonnosta pyydyistä emokaloista. Ruotsalaiset raportoivat jo 1970-luvun alkupuolella suurista haudontatappioista silloin, kun emolohien kudosten PCB-pitoisuus oli suuri (Jensen ym. 1970). Suomessa oli 1970-luvun lopulla ilmennyt satunnaisesti joidenkin emolohien mädin haudonnassa suurta kuolleisuutta (edesmennyt Osmo Simola; suull. tieto). Kudulle nousseiden lohien ruskuaispussipoikasten suuren kuolleisuuden ("M 74":ksi nimitetty ilmiö) syyksi on Ruotsissa alettu epäillä ympäristömyrkkijä, etenkin polyklooridioksiineja ja -furaaneja, koska vastaavaa kuolleisuutta ei ole esiintynyt laitoksissa kasvatettujen emojen poikasissa. Suomessa poikkeuksellisen suurta kuolleisuutta ilmeni ensimmäisen kerran keväällä 1992 Tornionjoen ja Simojoen lohien mädistä haudotuissa poikasissa ruskuaispussivaiheen lopussa (kuva 1); mitään tauteihin viittaavaa poikasista ei ole löytynyt (Perttu Koski, Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos; suull. tieto). Suurta haudontakuolleisuus on nimenomaan isojen kalojen jälkeläisissä. Vuonna 1992 myös Tornionjoella syntyi vähän luonnonpoikasia, vaikka kutukanta oli edellisvuonna aiempaa suurempi (Atso Romakkaniemi, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos; suull. tieto). Laitoksissa kasvatetuista emolohista saadun mädin haudonnanaikaisessa kuolleisuudessa ei ole havaittu mitään normaalista poikkeavaa.

Perämeren jokien lohet vaeltavat syönnökselle varsinaiselle Itämerelle (Report of ... 1993). Silakka ja kilohaili on niiden ravintoa. Kilohailit ja pienet silakat puolestaan käyttävät eläinplanktonia, isommat (noin 14 cm) silakat yhä enemmän pohjaeläimiä ja suuret sekä kaloja että pohjaeläimiä (Raimo Parmanne, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos; suull. tieto). Koska isot lohet syövät isoja kaloja, ne ovat ravintoketjussa korkeammalla kuin pienet lohet.

Merivaiheen aikana lohien kudoksiin kertyy etenkin kloorattuja hiilivetyjä sekä myös raskasmetalleja. Varsinaisella Itämerellä silakan PCB- ja DDT-pitoisuudet alkoivat vähetä 1970-luvulla (Olsson ja Reutergårdh 1986). Silakan ympäristömyrkkypitoisuuksien seurannan perusteella PCB- ja DDT-aineet ovat edelleen vähentyneet 1980-luvulla (Haahti ja Perttilä 1988); tosin aivan viime vuosina vä-



heneminen on ollut hitaampaa (Hannu Haahti, Merentutkimuslaitos; suull. tieto). Jatkuvasti löydetään uusiakin yhdisteitä; esim. klordaanit ja etenkin viime aikoina suurta huomiota saaneet polyklooridioksiinit ja -furaanit. Viimeksi lohista on todettu myrkyllisyydeltään dioksiinien luokkaa olevia tasomaisia PCB-yhdisteitä (Tarhanen ym. 1989) ja difenyyliettereitä (Koistinen 1989). Myös joissakin Saimaan kaloissa oli syksyllä 1988 julkistetun tutkimuksen mukaan dioksiineja pieninä pitoisuuksina (Paasivirta 1988).



Kuva 1. Lohen kuolleisuus ruskuaispussivaiheen loppuun mennessä Norrforssin lohenviljelylaitoksessa Ruotsissa ja Simojoen kalanviljelylaitoksessa Suomessa vuosina 1989 - 1992. Ruotsin tiedot on saatu Erkki Ikoselta ja Simojoen kalanviljelylaitoksen tiedot sen omasta rekisteristä.

## 1.2. Tutkimuksen tavoitteet

Tavoitteena oli selvittää ympäristömyrkkyjen mahdollisia vaikutuksia lohien mädin ja siitä kuoriutuvien poikasten elinkykyyn, verrata eri syönnösalueille (varsinaisen Itämeri, Suomenlahti, Selkämeri) vaeltavien lohien ympäristömyrkkypitoisuuksia ja pitoisuuksien yhteyttä haudonnan onnistumiseen, selvittää kutulohien ja syönnösvaelluksella olevien lohien kudosten ympäristömyrkkypitoisuuksien perusteella kutuvaelluksen ja lisääntymissyklin vaikutusta myrkkyjen kulkeutumiseen kalassa, verrata Itämeren lohien ympäristömyrkkypitoisuuksia Tenojoen ja Saimaan lohien pitoisuuksiin sekä saada tietoa eri alueiden ja eri kokoisten sekä eri ikäisten lohien ympäristömyrkkypitoisuuksien eroista.

Tuloksista toivottiin olevan hyötyä sekä kalanviljelylle että mahdollisten lohien luonnontuotannon muutosten syiden arvioimiseksi. Samalla saataisiin tietoa lohien lihan käyttökelpoisuudesta ihmisravintona, millä on merkitystä kalastukselle ja siten kalataloudelle, sekä mahdollisesti tietoa lohien kalastuksen säätelyä varten.

## 1.3. Resurssit

Tutkimus tehtiin yhteistyössä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) ja Jyväskylän yliopiston kesken. Tutkimuksen vastuullisena vetäjänä toimi tutkija Pekka Vuorinen RKTL:sta ja analyysit tehtiin Jyväskylän yliopiston kemian laitoksessa ja ympäristöntutkimuskeskuksessa professori Jaakko Paasivirran johdolla, paitsi keväällä 1993 kerätyistä lohinäytteistä analysoitiin PCB- ja DDT-pitoisuudet Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksessa professori Timo Hirven ja kemisti Seija Bergin johdolla.

Maa- ja metsätalousministeriön LYSTI-työryhmä myönsi hankkeelle vuosina 1982 - 1992 yhteensä 755 000 markkaa. Lisäksi ympäristöministeriö rahoitti vuonna 1991 Tenojoen lohien tutkimista 39 000 markalla. Pohjanlahdivuosi '91 -tutkimukseen liittyen saatiin tutkimuslaitoksen budjetista tähän tutkimukseen myöntämistä varoista 20 000 mk meritaimenien ympäristömyrkkyjen analysoimiseen. Siten suoranaista RKTL:n ulkopuolista rahoitusta oli kaiken kaikkiaan käytettävissä 814 000 markkaa. Näytteiden analysointia kytkettiin lisäksi lisensiaatti- ja väitöskirjatöihin,

joita on tehty erilaisilla apurahoilla. Niihin käytettävissä olleita resursseja ei ole tarkemmin arvioitu.

RKTL on panostanut työhön kahden tutkijan työaikaa. Lisäksi RKTL:n eri toimipaikkojen henkilökunta on hoitanut näytteiden keräämistä käytännössä (ainakin Folke Halling, Kari Hietanen, Alpo Huhmarniemi, Risto Isaksson, Marko Kangas, Eero Niemelä, Jorma Piironen, Jukka Pönni ja Juhani Salmi sekä Laukaan ja Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitos). Myös Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen Oulun aluelaboratorion ja Kemijoki Oy:n henkilökunta ovat keränneet näytteitä. Haudontatietojen toimittamisesta ja mätinäytteiden keräämisestä RKTL:n Simojoen kalanviljelylaitoksella on huolehtinut Juhani Ryttilähti.

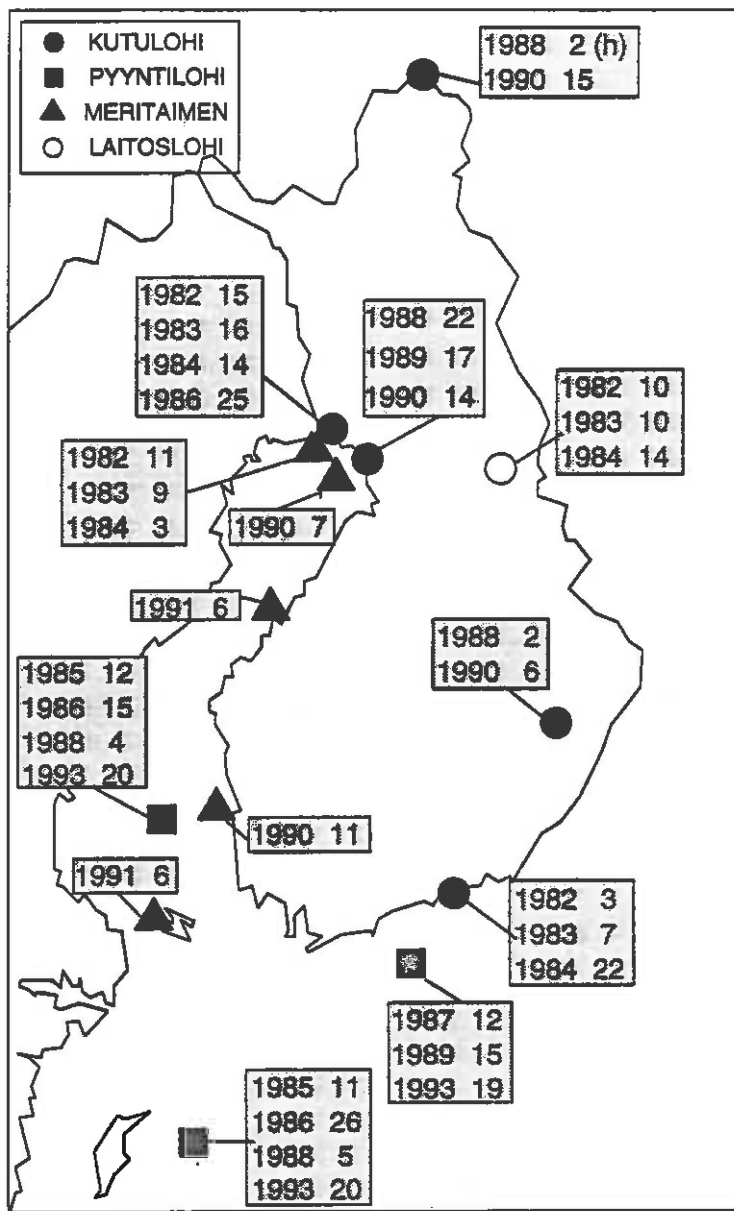
Hyödyllisiä kommentteja ja lisäyksiä raporttiin ovat esittäneet ainakin Erkki Ikonen, Jorma Janatuinen, Jaana Koistinen, Antti Lappalainen, Sakari Kuikka, Raimo Parmanne, Veijo Pruuki ja Pekka Tuunainen.

Kiitokset kaikille mukana olleille.

## 2. NÄYTTEET, ANALYSOIDUT YHDISTEET JA TULOSTEN KÄSITTELY

### 2.1. Näytteet

Näytteitä otettiin lohista vuosina 1982 - 1993 ja meritaimenista vuosina 1982 - 1984 ja 1990 - 1991 (kuva 2). Näytteeksi valittiin hyvin erikokoisia kaloja, koska haluttiin selvittää kalan koon vaikutusta ympäristömyrkköjen kertymiseen. Näytteeksi otettiin pala lihasta selkäevän kohdalta kylkiviivan yläpuolelta siten, että heti nahan alla olevaa punaista lihasta ei tullut mukaan. Ensimmäisenä tutkimusvuonna (1982) näytteitä otettiin myös maksasta ja mädistä. Mädin lypsyt yhteydessä syksyllä näytteet otettiin Kemijoen (vuosina 1982 - 1984 ja 1986), Simojoen (1988 - 1990) ja Kymijoen (1982 - 1984) lohista. Jäljempänä näitä lohia kutsutaan *kutulohiksi*. Kutulohilla tarkoitetaan tässä siis väriltään tummuneita kaloja aivan kutuaikana. Kemijoki ja Simojoki ovat lähekkäisiä jokia ja niiden lohien vaelluskäyttäytyminen on niin samanlaista, että näiden jokien lohiaineistoa on aikatrenditarkasteluissa käsitelty yhdessä. Avomeripyynnin lohista otettiin näytteet varsinaisen Itämeren alueelta



Kuva 2.

Lohi- ja meritaimennäytteiden keräyspaikat, näytteenottovuodet ja näytekalojen lukumäärä kunakin vuonna.

ja Selkämereltä vuosina 1985, 1986, 1988 ja 1993 sekä Suomenlahdelta 1987, 1989 ja 1993. Jäljempänä näitä lohia kutsutaan *pyyntilohiksi*.

Kemijoen ja Simojoen lohet vaeltavat syönnökselle aina varsinaiselle Itämerelle asti. Sen sijaan Suomenlahden lohista vain noin 15 % vaeltaa Suomenlahdelta pois. Selkämerelle on istutettu Nevajoen kantaa olevia lohia, jotka eivät tee pitkiä vaelluksia, vaan pysyttelevät Selkämeren alueella syönnöksellä. Vain viidennes niistä vaeltaa alueen ulkopuolelle (Ikonen ja Auvinen 1984, Report of ... 1993).

Vertailuksi näytteitä on otettu myös Saimaan lohista kudun aikana syksyllä ja Tenojoen lohista kesällä pyydystetyistä kaloista (kuva 2). Pyyntilohista näytteet kerättiin syyspyynnistä eli syys-lokakuussa, paitsi vuonna 1993 pyyntilohinäytteet kerättiin toukokuussa.

Kirjolohien ympäristömyrkkypitoisuuksia ja ravinnon vaikutusta niihin selvitettiin vuonna 1987. Kaksi kirjolohiryhmää oli kasvatettu meressä, niistä toista ryhmää oli syötetty pelkällä kuivarehulla, toista puoliksi kuivarehulla ja puoliksi silakalla ja kolmas ryhmä oli kasvanut järvivedessä ja kaloja oli syötetty sekaravinnolla, jossa oli myös silakkaa.

Kaikkien koko tutkimuksen näytekalojen pituus, paino, kuntokerroin ja lihaksen rasvapitoisuus on esitetty taulukossa 1.

## 2.1. Analysoidut yhdisteet

Näytteistä analysoitiin lähinnä organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia. Raskasmetallipitoisuuksia määritettiin Suomenlahden lohista ja kirjolohista vuonna 1987 sekä meritaimenista vuonna 1990. Organoklooriyhdisteistä "dioksiinien" (polyklooridibentso-p-dioksiinit, PCDD, ja -furaanit, PCDF) pitoisuuksia analysoitiin myös. Vuoden 1988 näytteistä niitä analysoitiin kahdesta sekä varsinaisen Itämeren että Selkämeren lohien yhdistelmänäytteestä, vuonna 1989 kahdesta Suomenlahden lohien yhdistelmänäytteestä ja kaikista vuoden 1990 Tenojoen lohinäytteistä (15). Kaikki analysoidut yhdistetyypit on luetteloitu taulukossa 2.

Ympäristömyrkyillä tarkoitetaan yhdisteitä, jotka ovat hitaasti luonnossa hajoavia ja jotka ihmistoiminnan tuloksena kertyvät eliöihin ja haittaavat niiden elintointoja. Osa ympäristömyrkyistä on luonnonaineita, joiden kiertokulkua ihmisen

Taulukko 1. Näytelohien, -meritaimenten ja -kirjolohien pyyntipaikka, analysoitujen kalojen lukumäärä (N), keskipaino (ka) sekä minimi- (min) ja maksimipaino (maks), keskipituus, lihavuusindeksi (CF) ja lihasen rasvapitoisuus prosentteina eri vuosina.

	Paikka	N	Paino, kg			Pituus, cm	CF	Rasva-%
			ka	min	maks			
<b>1982</b>								
<i>Lohi</i>	Kymijoki	3	4,6	3,8	5,2	77	1,00	4,4
	Kemijoki	14	5,2	2,3	10,0	83	0,83	5,6
	Laitos	10	3,2	2,4	4,0	65	1,16	4,0
<i>Meritaimen</i>	Kemijoki	11	3,1	2,3	4,4	67	1,04	3,2
<b>1983</b>								
<i>Lohi</i>	Kymijoki	7	5,7	4,9	7,9	80	1,11	3,6
	Kemijoki	16	6,7	2,5	12,8	88	0,91	5,7
	Laitos	10	2,0	1,5	2,9	58	1,02	2,4
<i>Meritaimen</i>	Kemijoki	9	2,6	1,2	6,0	64	0,96	2,7
<b>1984</b>								
<i>Lohi</i>	Kymijoki	22	6,0	2,3	16,1	81	1,03	2,4
	Kemijoki	14	4,0	1,9	6,7	77	0,84	5,9
	Laitos	14	1,4	0,9	1,7	53	0,93	3,0
<i>Meritaimen</i>	Kemijoki	3	1,9	1,8	2,0	61	0,82	1,9
<b>1985</b>								
<i>Lohi</i>	Itämeri	11	7,1	2,7	10,8	89	0,98	7,6
	Selkämeri	12	6,0	2,6	10,3	83	0,93	9,1
<b>1986</b>								
<i>Lohi</i>	Itämeri	26	4,6	2,3	8,4	76	1,01	12,5
	Selkämeri	15	3,8	1,5	5,8	75	0,84	8,5
	Kemijoki	25	4,7	2,0	8,5	87	0,67	6,9

jatkuu ...

Taulukko . jatkoa ...

	Paikka	N	Paino, kg			Pituus, cm	CF	Rasva %
			ka	min	maks			
<b>1987</b>								
<i>Lohi</i>	Suomenlahti	12	3,8	1,1	3,4	62	0,83	6,6
<i>Kirjolohi</i>	Ahvenanmaa 1	10	3,2	2,7	3,8	55	1,91	8,6
	Ahvenanmaa 2	10	1,6	1,3	1,8	47	1,49	6,1
	Laitos	10	1,9	1,4	2,2	50	1,55	5,9
<b>1988</b>								
<i>Lohi</i>	Itämeri	5	7,9	6,0	10,5	90	1,06	11,3
	Selkämeri	4	7,2	2,0	9,1	101	0,79	11,6
	Simojoki	22	7,6	3,7	11,8	92	0,93	8,2
<b>1989</b>								
<i>Lohi</i>	Suomenlahti	15	4,6	2,0	8,3	77	0,98	12,8
	Simojoki	17	5,2	1,8	11,5	81	0,88	10,5
	Teno	6	8,0	3,0	13,0	90	1,00	9,9
<b>1990</b>								
<i>Järvilohi</i>	Saimaa	6	4,5	2,7	5,5	76	0,99	3,2
<i>Lohi</i>	Simojoki	14	9,4	6,8	12,6	96	1,05	17,8
	Teno	15	5,6	1,7	10,6	84	0,88	4,9
<b>1991</b>								
<i>Meritaimen</i>	Ahvenanmaa	6	4,4	3,1	6,5	73	1,10	-
	Selkämeri	11	3,5	2,1	5,6	65	1,28	5,2
	Perämeri	7	1,5	0,6	2,7	52	1,00	1,9
	Kokkola	6	0,7	3,7	1,9	53	1,15	2,6
<b>1993</b>								
<i>Lohi</i>	Itämeri	20	6,4	2,5	17,0	84	1,00	9,3
	Selkämeri	20	5,2	2,6	9,2	81	0,93	5,5
	Suomenlahti	19	3,1	1,4	7,0	66	0,98	7,6
Yhteensä analysoitu		318	lohta					
		53	meritaimenta					
		30	kirjolohta					

Taulukko 2. Lohista, meritaimenista tai kirjolohista analysoidut yhdisteet tai yhdistetyypit ja raskasmetallit.

Orgaaniset klooriyhdisteet	Raskasmetallit
DDT, DDE, DDD	kadmium (Cd)
PCB (+ isomeerit)	elohopea (Hg)
HCB	lyijy (Pb)
$\alpha$ -HCH	sinkki (Zn)
lindaani	kupari (Cu)
klordaani	kromi (Cr)
toksafeeni	vanadiini (V)
polyklooridibentso-p-dioksiinit (PCDD)	
polyklooridibentsofuraanit (PCDF)	
koplaaariset PCBt	
polyklooridifenyylieetterit (PCDFE)	
kloorinaftaleenit	
kloorifenolit	
kloorianisolit	
klooriveratrolit	



toiminta häiritsee, mutta suurin osa on teollisuuskemikaaleja, mukaan lukien torjunta-aineet, ja jätteitä.

Organoklooriyhdisteitä on joutunut ympäristöön jätevesien mukana, torjunta-ainekäytöstä ja jätteenpoltosta. Jätevesissä ja muissa teollisuuspäästöissä vesistöihin on kulkeutunut mm. kloorifenoleja ja PCBtä. Torjunta-ainekäytön seurauksena Itämerestä löytyy mm. DDTtä, lindaania, klordaania ja toksafeenia. Jätteenpoltossa ilmaan pääsee mm. heksaklooribentseeniä (HCB), kloorifenoleja, polyaromaattisia hiilivetyjä, PCBtä ja "dioksiineja". Kaikki organoklooriyhdisteet ovat kaukokulkeutuvia, eli ne leviävät ilmakehässä kaikkialle maapallolla. Esimerkiksi lohistakin löytyviä klordaania ja toksafeenia ei tiettävästi käytetä Itämeren maissa, vaan ne ovat levinneet tänne kaukokulkeutumana.

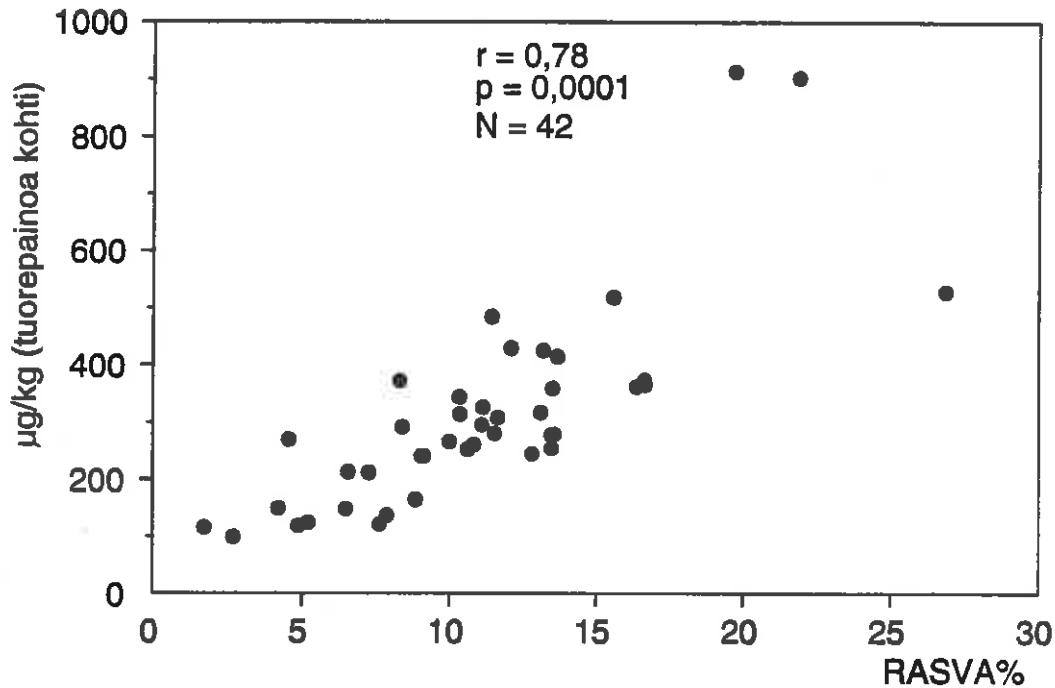
### 2.3. Tulosten käsittely

Kutulohet ja pyyntilohet on käsitelty erikseen. Niiden organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ei voi verrata keskenään, koska lohien fysiologinen tila on erilainen. Pyyntilohet ovat syönnösvaelluksella, jolloin niiden elintoiminnat suuntautuvat kasvuun. Kutulohet taas ovat vaeltaneet syntymäjokeensa tai sen joen suulle, johon ne on istutettu. Nämä lohet valmistautuvat kutemaan. Ne lopettavat syömisen jo loppukesällä ja käyttävät ruumiinsa rasva- ja proteiininvaroja sukutuotteiden tuottamiseen. Tänä aikana ne myös laihtuvat. Syksyllä niiden lihan väri vaalenee ja sen rakenne muuttuu. Kutulohien eli kutevien, väriltään tummuneiden lohien liha ei vastaa laadultaan ja maultaan pyyntilohen lihaa, eikä sitä yleensä syödä.

Organoklooriyhdisteet ovat rasvaliukoisia ja ne kertyvät kalan rasvaan; mitä rasvaisempi kala sitä suurempia ovat ainakin joidenkin organoklooriyhdisteiden pitoisuudet (kuva 3). Tulokset on esitetty lihaksesta uutettua rasvaa kohti silloin, kun vertaillaan eri alueiden lohien pitoisuuksia tai pitoisuuksia eri aikoina. Kun pitoisuuksia käsitellään elintarvikekäytön kannalta, tulokset on esitetty tuorepainoa kohti, koska tällä tavalla pitoisuudet on määritelty asetuksessa elintarvikkeiden vieraista aineista (asetus 393/87).

Koska näytekalat olivat hyvin erikokoisia, eri alueiden tilastollisissa vertailuissa käytettiin kovarianssianalyysiä kalan paino kovariaattina, jolloin painon vaikutus

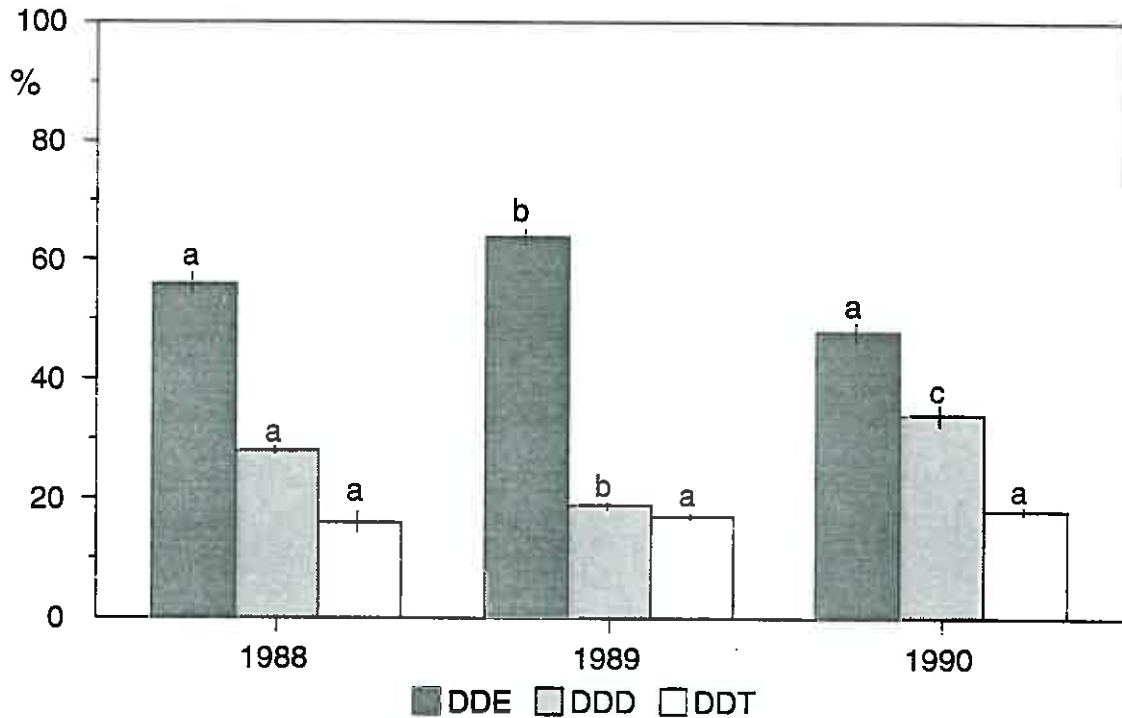
voitiin eliminoida. Iän vaikutusta myrkkypitoisuuksiin tarkasteltiin vuoden 1993 aineistosta.



Kuva 3. PCBn kertyminen Itämerestä pyydettyjen lohien lihakseen rasvapiitoisuuden suhteen.

### 3. SIMOJOEN LOHIEN YMPÄRISTÖMYRKYT SEKÄ NIIDEN VAIKUTUKSET ALKIOIHIN JA POIKASIIN

Simojoen lohien organoklooriyhdisteiden pitoisuudet eri vuosina ja vuosien väliset erot pitoisuuksissa on esitetty taulukoissa 3 ja 4. DDT:n ja sen aineenvaihduntatuotteiden, DDD:n ja DDE:n, osuudet  $\Sigma$ DDTn määrästä on esitetty kuvassa 4. Vuoden 1990 lohien DDE:n osuus on pienempi kuin edellisenä vuotena, mikä tarkoittaa, että vuonna 1990 DDT ei ollut niin "vanhaa" kuin edellisenä vuonna. E.



Kuva 4. DDT:n ja sen aineenvaihduntatuotteiden osuudet  $\Sigma$ DDT-pitoisuudesta Simojokeen kudulle nousseiden lohien lihaksessa vuosina 1988 - 1990. Näytteet on otettu syksyllä kutuaikana. Erilaiset kirjaimet pylväiden päällä tarkoittaa, että keskiarvot poikkeavat merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja pystyviiva kuvaa keskivirhettä. Näyttekalojen lukumäärä on taulukossa 3.

Heinisch ja S. Klein raportoivat TOCOEN'93 konferenssissa, että 1983 - 1984 DDR:ssä tehtiin suuri DDT-ruiskutus, jonka jäljiltä Itämerellä on ollut nouseva DDT-trendi, korkeimmillaan eliölajeista riippuen 1986 tai 1987 - 1988 ja kohonnut DDT/DDE-suhde. Tämä on voinut jatkua Pohjanlahdella 1990 asti.

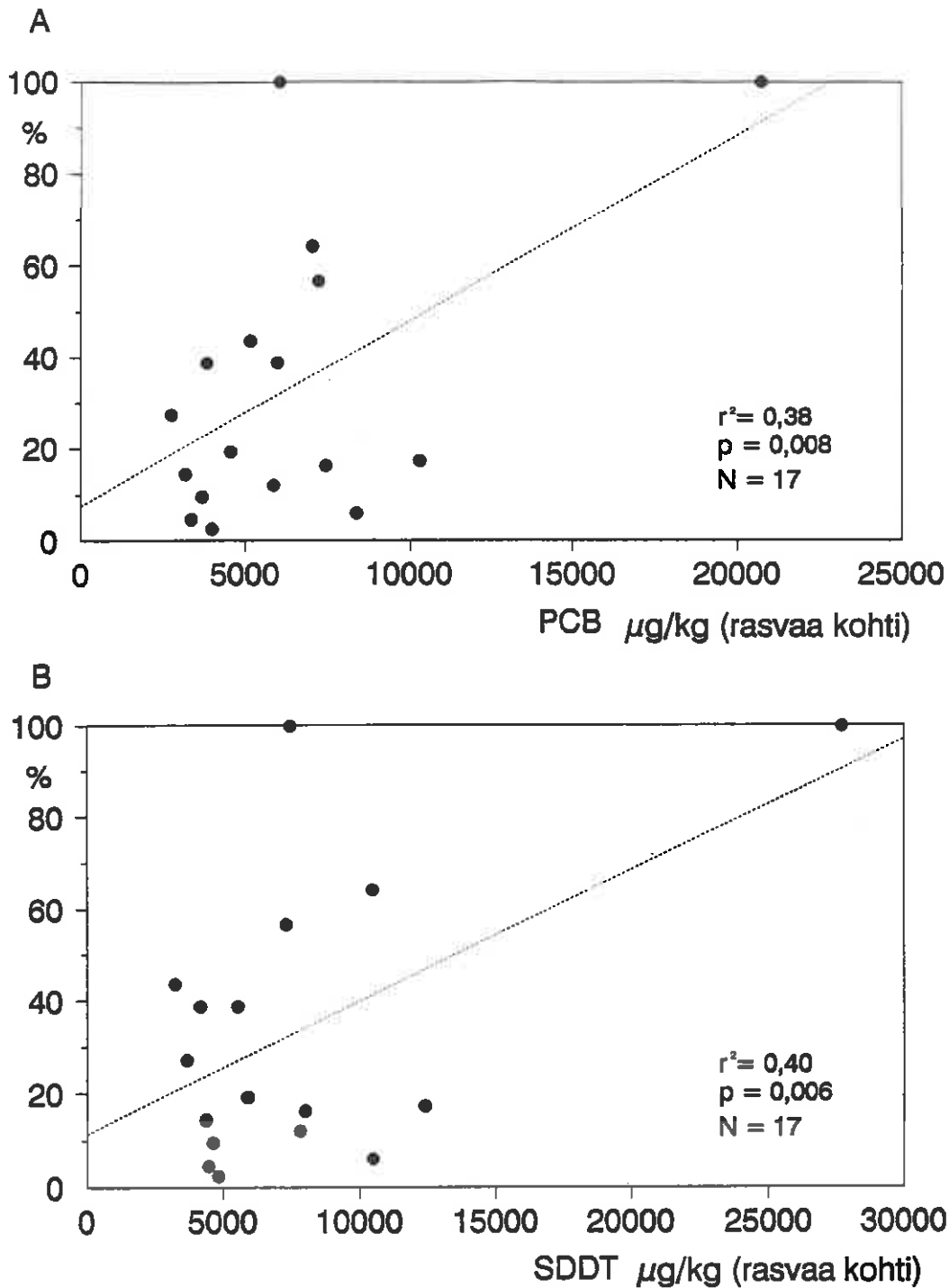
Alkioiden ja ruskuissipoikasten kuolleisuuden suureneminen korreloi tilastollisesti merkitsevästi emolohien lihaksen monien organoklooriyhdisteiden pitoisuuden kasvamisen kanssa (taulukko 5). Kuvassa 5 on esitetty emojen lihaksen PCB- ja  $\Sigma$ DDT-pitoisuuden korrelaatio haudontakuolleisuuteen ruskuissipuvaiheen

Taulukko 3. Simojoen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) vuosina 1988 - 1990. Näytteet on otettu syksyllä lohien kutuaikana. Erilainen kirjain yläindeksinä tarkoittaa, että keskiarvot poikkeavat tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo antaa merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovarianttina. Näytekalaja oli 22 vuonna 1988, 17 vuonna 1989 ja 14 vuonna 1990.

	1988	1989	1990	P <
$\alpha$ -HCH	17,9 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	13,7 $\pm$ 1,2 <sup>ab</sup>	10,2 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>	0,01
HCB	163 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	157 $\pm$ 17 <sup>a</sup>	122 $\pm$ 14 <sup>a</sup>	0,01
LINDAANI	26,1 $\pm$ 3,1 <sup>a</sup>	10,1 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>	5,9 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup>	0,001
HEPTA			0,34 $\pm$ 0,34	
OXY	18,9 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	49,6 $\pm$ 5,2 <sup>b</sup>	33,2 $\pm$ 5,2 <sup>ab</sup>	0,001
GAMMA	6,0 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	18,4 $\pm$ 2,7 <sup>a</sup>	39,8 $\pm$ 8,4 <sup>b</sup>	0,001
ALFA	177 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	146 $\pm$ 17 <sup>ab</sup>	105 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	0,001
TRANS	189 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	147 $\pm$ 24 <sup>ab</sup>	114 $\pm$ 23 <sup>b</sup>	0,01
$\Sigma$ KLORD.	391 $\pm$ 20 <sup>a</sup>	361 $\pm$ 47 <sup>a</sup>	293 $\pm$ 54 <sup>a</sup>	0,05
DDE	2588 $\pm$ 169 <sup>a</sup>	4968 $\pm$ 911 <sup>b</sup>	1251 $\pm$ 242 <sup>a</sup>	0,001
DDD	1370 $\pm$ 108 <sup>ab</sup>	1489 $\pm$ 246 <sup>a</sup>	830 $\pm$ 137 <sup>b</sup>	0,001
DDT	832 $\pm$ 142 <sup>ab</sup>	1352 $\pm$ 262 <sup>a</sup>	445 $\pm$ 76 <sup>b</sup>	0,001
$\Sigma$ DDT	4790 $\pm$ 340 <sup>a</sup>	7808 $\pm$ 1400 <sup>b</sup>	2526 $\pm$ 447 <sup>a</sup>	0,001
PCB	6002 $\pm$ 292 <sup>a</sup>	6446 $\pm$ 1022 <sup>a</sup>	3446 $\pm$ 603 <sup>b</sup>	0,001
TOKS.	2577 $\pm$ 174 <sup>a</sup>	1369 $\pm$ 218 <sup>b</sup>	910 $\pm$ 137 <sup>b</sup>	0,001

Taulukko 4. Simojoen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) vuosina 1988 - 1990. Näytteet on otettu syksyllä lohien kutuaikana. Erilainen kirjain yläindeksinä tarkoittaa, että keskiarvot poikkeavat tilastollisesti merkittävästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo antaa merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovarianttina. Näytteitä oli 22 vuonna 1988, 17 vuonna 1989 ja 14 vuonna 1990.

	1988	1989	1990	P <
$\alpha$ -HCH	1,55 $\pm$ 0,24 <sup>a</sup>	1,35 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	1,86 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	NS
HCB	12,5 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	15,4 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	22,4 $\pm$ 1,2 <sup>b</sup>	0,001
LINDAANI	1,82 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	0,94 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	1,07 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	0,001
HEPTA				
OXY	1,50 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup>	4,82 $\pm$ 0,41 <sup>b</sup>	5,86 $\pm$ 0,46 <sup>b</sup>	0,001
GAMMA	0,50 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	1,82 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	7,29 $\pm$ 0,98 <sup>b</sup>	0,001
ALFA	13,5 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	13,9 $\pm$ 1,2 <sup>ab</sup>	18,5 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	NS
TRANS	14,5 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	14,2 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	20,0 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	NS
$\Sigma$ KLORD.	30,1 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	34,8 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	51,5 $\pm$ 5,1 <sup>b</sup>	0,01
DDE	199 $\pm$ 18 <sup>a</sup>	456 $\pm$ 50 <sup>b</sup>	215 $\pm$ 24 <sup>a</sup>	0,001
DDD	107 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	137 $\pm$ 18 <sup>a</sup>	148 $\pm$ 13 <sup>a</sup>	0,05
DDT	62 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	125 $\pm$ 19 <sup>b</sup>	79 $\pm$ 7 <sup>ab</sup>	0,001
$\Sigma$ DDT	368 $\pm$ 32 <sup>a</sup>	718 $\pm$ 84 <sup>b</sup>	442 $\pm$ 39 <sup>a</sup>	0,001
PCB	458 $\pm$ 32 <sup>a</sup>	602 $\pm$ 61 <sup>a</sup>	605 $\pm$ 53 <sup>a</sup>	0,01
TOKS.	198 $\pm$ 16 <sup>a</sup>	130 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	159 $\pm$ 17 <sup>ab</sup>	0,05



Kuva 5. Simojokeen kudulle nousseista lohista lypsetyn mädin haudontakuolleisuus (%) ruskuaispussivaiheen loppuun mennessä Simojoen kalanviljelylaitoksessa vuonna 1990 emolohien lihaksen PCB-pitoisuuden (A) ja  $\Sigma\text{DDT}$ -pitoisuuden (B) funktiona.

Taulukko 5. Simojokeen kudulle vuosina 1988 - 1990 nousseiden lohien haudontakuolleisuuden (Simojoen kalanviljelylaitoksella) ja emojen lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien (rasvaa kohti) korrelaatioita. Korrelaatiokertoimet on ilmoitettu haudonnan eri vaiheille: HEDKUOL = kuolleisuus 1 - 3 päivää hedelmöityksen jälkeen, SPKUOL = kuolleisuus siitä "silmäpistevaiheelle" ja RPKUOL = kuolleisuus edellisestä ruskuaispusivaiheen loppuun. Yläindeksillä on kuvattu korrelaation merkitsevyys: \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$  ja \*\*\* =  $p < 0,001$ . N = kalojen lukumäärä.

	HEDKUOL	SPKUOL	RPKUOL	N
HCB	0,30**	0,27*	0,26	53
HEPTA	0,93***	-0,21	-0,19	14
OKSI	0,10	0,36**	0,34*	53
ALFA	0,37**	0,28*	0,26	53
TRANS	0,46***	0,39**	0,37**	53
ΣKLORD.	0,39**	0,38**	0,36**	53
DDE	0,58***	0,65***	0,63***	53
DDD	0,48***	0,47***	0,45***	53
DDT	0,39**	0,52***	0,50***	53
ΣDDT	0,55***	0,62***	0,60***	53
PCB	0,54***	0,53***	0,50***	53
TOKS.	0,39**	0,22	0,21	53
PCB169	0,51*	0,54*	0,52*	20
PF23478	0,43	0,46*	0,43	20
TDE2244	0,99**	0,63	0,59	4
PDE5	0,99***	0,61	0,58	4
HXCDE35	0,99***	0,62	0,58	4
HXCDE55	0,99***	0,62	0,58	4
DCP24	-0,23	0,60*	0,50	12
TCP245	0,77**	-0,24	-0,24	12
TCP234	-0,18	0,95***	0,96***	12
DCG45	-0,21	0,98***	0,97***	12

loppuun mennessä. Vuonna 1989 kaksi Simojoen lohen mätierää, jotka kuolivat kokonaan ruskuaispussipoikasvaiheen loppuun mennessä, olivat lohinaaraista, joiden lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat keskimääräistä suurempia. Vaikkakaan pelkästä korrelaation olemassaolosta ei sinänsä voi päätellä syy-seuraussuhdetta, tulokset vahvistavat käsitystä, että rasvaliukoisten kertyvien yhdisteiden pitoisuuksien kasvamisella lohinaaraissa voisi olla alkioiden ja ruskuaispussipoikasten kuolleisuutta lisäävä vaikutus. Tunnetuista ympäristömyrkyistä todennäköisin ehdokas lisääntymisvaurioiden syyksi ovat koplanaariset PCB:t. Dioksiini-kuormitus on niihin verrattuna huomattavasti pienempi. Toksafeeni ja klordaanit voivat osallistua vaikutukseen. Lohista alustavasti havaitut (Koistinen 1993) tarkemmin tunnistamattomat polyklooriyhdisteet voivat myös olla vaurioiden syynä.

Vuonna 1989 Simojoen lohen hedelmöityksen jälkeinen kuolleisuus korreloi merkitsevästi emonaaraiden painon ja pituuden kanssa. Nytemmin (vuosina 1992 ja 1993) lohen haudonnoissa ilmennyt poikkeuksellisen suurta haudonta- ja ruskuaispussipoikaskuolleisuutta on ollut nimenomaan suurten emojen jälkeläisissä (Juhani Ryttilähti, RKTL; suull. tieto). Organoklooriyhdisteiden pitoisuudethan olivat eri alueilta pyydytyissä lohissa keskimäärin sitä suurempia mitä suurempia lohet olivat (ks. luku 4.4 kuva 9 ja luku 6 kuva 15); näin oli myös kutulohissa (taulukko 6).

Kalan kudosten PCB- ja DDT-pitoisuuksilla on muissakin tutkimuksissa havaittu yhteyttä mädin tai poikasten kuolleisuuden kasvuun. Itämeren kampelan munarauhasista määritetyistä organoklooriyhdisteistä PCB-pitoisuus korreloi merkitsevästi pienentyneen kuoriutumisprosentin kanssa (von Westernhagen ym. 1981). Myös Michigan-järven harmaanieriän ja kuningaslohen mädin PCB-pitoisuus ja haudonnan aikainen suurentunut kuolleisuus korreloivat positiivisesti (Ankley ym. 1991, Mac ja Schwartz 1992). Ankley ym. (1991) päättelivät, tosin melko pienen aineiston perusteella, että dioksiinien tyypiset PCB-isomeerit ovat saattaneet vaikuttaa kuningaslohien lisääntymistulokseen. Pohjanmeren valkoturskan muna-  
rauhasten PCB-pitoisuudella ei ollut vaikutusta haudontatulokseen, mutta  $\Sigma$ DDT-pitoisuus korreloi pienentyneen kuoriutumisprosentin kanssa (von Westernhagen 1989). Williams ja Giesy (1992) eivät todenneet mitään korrelaatioita Michigan-järven kuningaslohen mädin PCB- tai dioksiinipitoisuuksien välillä. He tosin olivat laskeneet korrelaatiot vain tuorepainoa kohti, eivätkä esittäneet rasvaa kohti lasket



Taulukko 6. Simojokeen vuosina 1988 - 1990 kudulle nousseiden lohien organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien ja lohien painon ja pituuden korrelaatiot (korrelaatiokerroin ja korrelaation merkitsevyys: ' =  $p < 0,05$ , '' =  $p < 0,01$ , ''' =  $p < 0,001$ ). Näytteet on otettu syksyllä lohien kutuaikana. N = kalojen lukumäärä.

	paino	pituus	N
<u>Tuorepainoa kohti</u>			
HCB	0,41''	0,30'	53
GAMMA	0,34'	0,20	53
ALFA	0,42'	0,33'	53
TRANS	0,41''	0,32'	53
ΣKLORD.	0,41''	0,29'	53
DDD	0,34'	0,26	53
PCB	0,28'	0,21	53
PF23478	0,48'	0,43	20
PCB169	0,48'	0,41	20
PCB105	0,58'	0,34	18
<u>Rasvaa kohti</u>			
HCB	0,27	0,34'	53
GAMMA	0,28'	0,18	53
ALFA	0,23	0,33'	53
TRANS	0,23	0,31'	53
ΣKLORD.	0,25	0,31'	53
DDD	0,21	0,29'	53
PF12378	0,48'	0,32	20
PF23478	0,36	0,49'	20
TCC	0,62'	0,51	12

tuja tuloksia. San Franciscon lahdelta pyydettyjen kampeloiden mädin PCB-pitoisuus korreloi negatiivisesti alkionkehityksen onnistumiseen (Spies ja Rice 1988).

#### 4. YMPÄRISTÖMYRKKYPITOISUUDET ERI ALUEILLA JA AIKATRENDIT

##### 4.1. Kudulle nousseet lohet ja meritaimenet

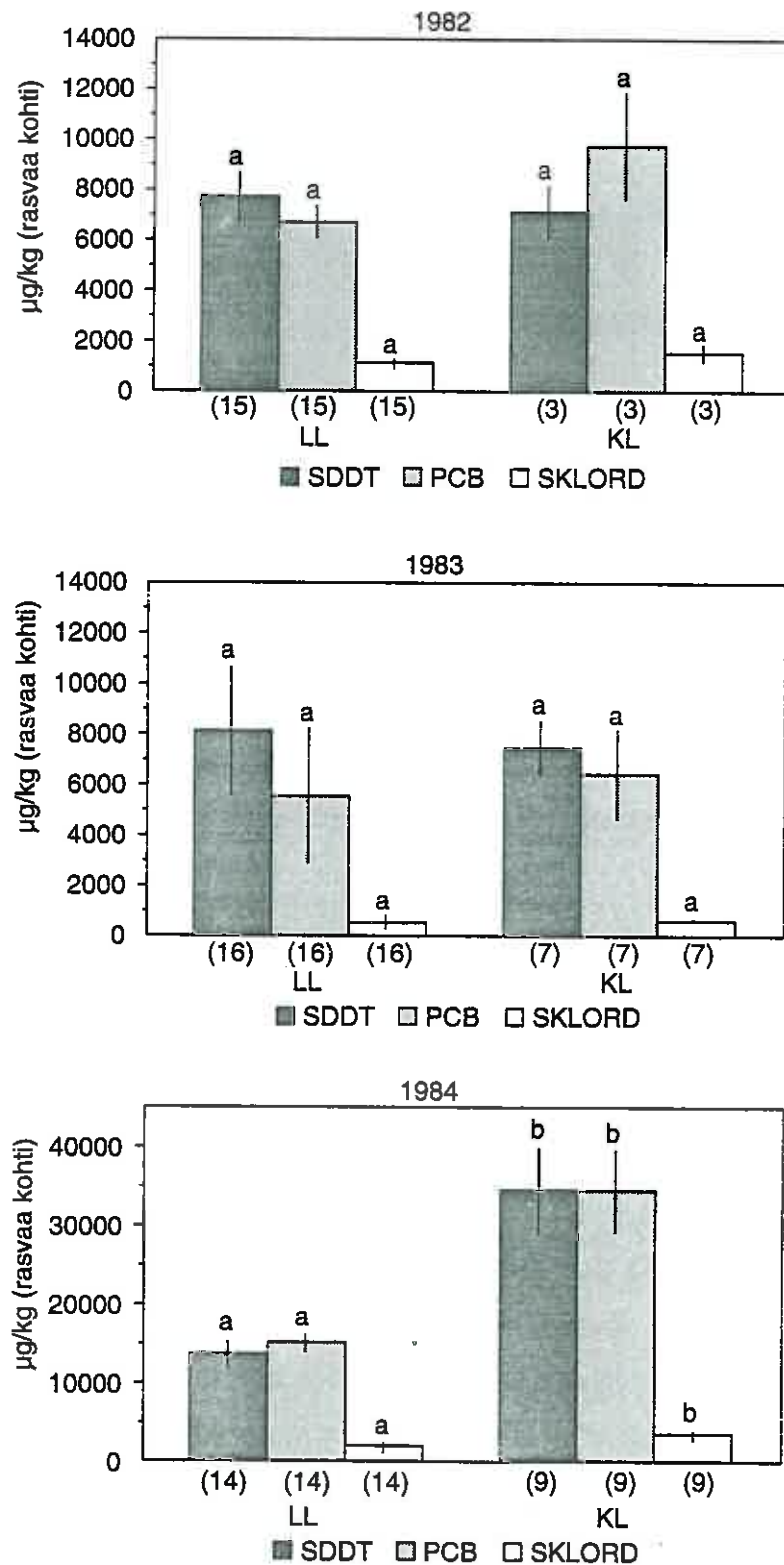
Tässä luvussa käsitellään vuosina 1982 - 1984 Kemijokeen ja Kymijokeen kudulle nousseiden lohien ja vertailuna Kemijokeen kudulle nousseiden meritaimenten organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia. Simojoen kutulohia käsiteltiin erikseen edellä luvussa 3 ja Saimaan lohia käsitellään seuraavassa luvussa.

PCB-, ΣDDT- ja klordaanipitoisuudet Kemijoen ja Kymijoen kutulohissa olivat keskenään saman suuruisia eivätkä kovin paljon poikenneet toisistaan vuosina 1982 ja 1983. Vuonna 1984, jolloin Itämeren PCB- ja DDT-pitoisuudet yleensäkin olivat suuremmat kuin aikaisemmin (ks. luku 4.6.), näiden yhdisteiden pitoisuudet olivat edellisiin vuosiin nähden noin kaksinkertaiset Kemijoen lohissa ja noin nelinkertaiset Kymijoen lohissa (kuva 6).

Lihaksen, hedelmöittämättömän mädin ja maksan organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia verrattiin Kemijoen ja Kymijoen kutulohista. Lihaksen pitoisuudet vaikuttavat jonkin verran suuremmilta kuin samojen kalojen hedelmöittämättömän mädin pitoisuudet, mutta erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (taulukot 7 ja 8). Maksassa joidenkin organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat merkitsevästi suurempia tai pienempiä kuin lihaksessa ja mädissä (taulukot 7 ja 8).

Koiras- ja naaraslohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien erot olivat pienet, alle 30 % muiden kuin PCB:n suhteen (taulukko 9). PCB olikin ainoa yhdiste, jonka pitoisuuksissa oli merkitsevä ero; sen pitoisuus oli suurempi naaraissa (taulukko 9). Yleensäkin naaraissa pitoisuudet olivat hieman suurempia kuin koiraisissa. Koiraiden ja naaraiden lihaksen rasvapitoisuudessa ei ollut eroa. Myöskään Ontario-järven taimenissa ei ollut eroja naaraiden ja koiraiden lihaksen rasvapitoisuudessa tai organoklooriyhdisteiden pitoisuuksissa (Voiland ym. 1991).

Lohen ja meritaimenen pitoisuuksia vertailtiin Kemijoesta. Kemijoen lohi vaeltaa syönnökselle aina varsinaiselle Itämerelle asti, kun taas meritaimen on hyvin



Kuva 6.

Kemijokeen (LL) ja Kymijokeen (KL) kudulle nousseiden lohien lihaksen ΣDDT-, PCB- ja klordaanipitoisuus (SKLORD) rasvaa kohti vuosina 1982 - 1984. Näytteet on otettu syksyllä kutuaikana. Erilaiset kirjaimet pylväiden päällä tarkoittaa, että kyseisen yhdisteen pitoisuudessa jokien lohien välillä on merkitsevä ero ( $p < 0,05$ ) ja pystyviiva kuvaa keskivirhettä. Suluissa on ilmoitettu analysoitujen näytteiden lukumäärä.

Taulukko 7. Kemijokeen vuonna 1982 kudulle nousseiden lohien lihaksen, mädin ja maksan organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). Näytteet on kerätty syksyllä lohien kutuaikana. N = kalojen lukumäärä. Merkitsevän eron pitoisuuksien välillä ilmaisee eri kirjain yläindeksinä.

	Lihäs	N	Mäti	N	Maksa	N
$\alpha$ -HCH	-		-		-	
HCB	401 $\pm$ 61 <sup>a</sup>	14	325 $\pm$ 22 <sup>ab</sup>	15	243 $\pm$ 31 <sup>b</sup>	15
LINDAANI	190 $\pm$ 66 <sup>a</sup>	10	121 $\pm$ 56 <sup>a</sup>	15	693 $\pm$ 288 <sup>b</sup>	9
HEPTA	-		-		-	
OXY	271 $\pm$ 53 <sup>ab</sup>	14	149 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	15	349 $\pm$ 90 <sup>a</sup>	12
GAMMA	338 $\pm$ 86 <sup>a</sup>	11	205 $\pm$ 33 <sup>a</sup>	9	237 $\pm$ 72 <sup>a</sup>	8
ALFA	324 $\pm$ 56 <sup>a</sup>	13	199 $\pm$ 28 <sup>a</sup>	14	305 $\pm$ 120 <sup>a</sup>	8
TRANS	282 $\pm$ 37 <sup>a</sup>	13	179 $\pm$ 14 <sup>a</sup>	14	877 $\pm$ 471 <sup>b</sup>	7
$\Sigma$ KLORD.	1132 $\pm$ 184 <sup>a</sup>	13	625 $\pm$ 64 <sup>a</sup>	15	978 $\pm$ 261 <sup>a</sup>	15
DDE	3990 $\pm$ 488 <sup>a</sup>	14	2502 $\pm$ 273 <sup>a</sup>	15	2146 $\pm$ 533 <sup>a</sup>	15
DDD	2789 $\pm$ 443 <sup>a</sup>	14	1864 $\pm$ 236 <sup>a</sup>	15	1419 $\pm$ 187 <sup>a</sup>	15
DDT	925 $\pm$ 116 <sup>a</sup>	14	717 $\pm$ 81 <sup>a</sup>	15	421 $\pm$ 127 <sup>a</sup>	15
$\Sigma$ DDT	7704 $\pm$ 986 <sup>a</sup>	14	5083 $\pm$ 513 <sup>a</sup>	15	3987 $\pm$ 794 <sup>a</sup>	15
PCB	6680 $\pm$ 702 <sup>a</sup>	14	4130 $\pm$ 380 <sup>a</sup>	15	5489 $\pm$ 957 <sup>a</sup>	15
TOKS.	-		-		-	

Taulukko 8. Kymijokeen vuonna 1982 kudulle nousseiden lohien lihaksen, mädin ja maksan organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). Näytteet on kerätty syksyllä lohien kutuaikana. N = kalojen lukumäärä. Merkitsevän eron pitoisuuksien välillä ilmaisee eri kirjain yläindeksinä.

	Lihäs	N	Mäti	N	Maksa	N
$\alpha$ -HCH	-		-		-	
HCB	216 $\pm$ 43 <sup>a</sup>	3	217 $\pm$ 37 <sup>a</sup>	3	330 $\pm$ 174 <sup>a</sup>	3
LINDAANI	157 $\pm$ 35 <sup>a</sup>	3	96 $\pm$ 51 <sup>a</sup>	3	322 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	2
HEPTA	-		-		-	
OXY	878 $\pm$ 274 <sup>a</sup>	3	228 $\pm$ 139 <sup>b</sup>	3	377 $\pm$ 325 <sup>b</sup>	2
GAMMA	296 $\pm$ 83 <sup>a</sup>	3	224 $\pm$ 50 <sup>a</sup>	3	702 $\pm$ 568 <sup>b</sup>	3
ALFA	112	1	169 $\pm$ 36 <sup>a</sup>	3	269 $\pm$ 217 <sup>a</sup>	2
TRANS	321 $\pm$ 51 <sup>a</sup>	3	120 $\pm$ 57 <sup>a</sup>	3	-	
$\Sigma$ KLORD.	1533 $\pm$ 355 <sup>a</sup>	3	741 $\pm$ 157 <sup>a</sup>	3	1133 $\pm$ 625 <sup>a</sup>	3
DDE	2836 $\pm$ 468 <sup>a</sup>	3	1665 $\pm$ 177 <sup>a</sup>	3	870 $\pm$ 179 <sup>a</sup>	3
DDD	2842 $\pm$ 393 <sup>a</sup>	3	1403 $\pm$ 190 <sup>a</sup>	3	647 $\pm$ 209 <sup>a</sup>	3
DDT	1446 $\pm$ 227 <sup>a</sup>	3	476 $\pm$ 141 <sup>a</sup>	3	150 $\pm$ 72 <sup>b</sup>	3
$\Sigma$ DDT	7124 $\pm$ 1085 <sup>a</sup>	3	3544 $\pm$ 372 <sup>a</sup>	3	1667 $\pm$ 448 <sup>a</sup>	3
PCB	9721 $\pm$ 2166 <sup>a</sup>	3	3023 $\pm$ 854 <sup>a</sup>	3	2936 $\pm$ 1529 <sup>a</sup>	3
TOKS.	-		-		-	

Taulukko 9. Kemijokeen vuonna 1984 kudulle nousseiden koiras- ja naaraslo-  
hien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa;  
keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) vertailu. Näytteet otettiin syksyllä lohien  
kutuaikana. Naaraita oli 9 ja koiraita 13.  $\sigma\sigma/\text{♀♀}$  = koiraiden ja  
naaraiden organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien suhde. P-arvo  
ilmaisee tilastollisen merkitsevyyden, jolla keskiarvot poikkeavat toi-  
sistaan (NS = ero ei merkitsevä).

	Koiraat	Naaraat	P <	$\sigma\sigma/\text{♀♀}$
$\alpha$ -HCH	-	-		
HCB	996 $\pm$ 78	1259 $\pm$ 111	NS	0,79
LINDAANI	343 $\pm$ 42	339 $\pm$ 55	NS	1,01
HEPTA	-	-		
OXY	621 $\pm$ 70	705 $\pm$ 96	NS	0,88
GAMMA	-	-		
ALFA	1817 $\pm$ 384	1765 $\pm$ 333	NS	1,03
TRANS	712 $\pm$ 101	1007 $\pm$ 140	NS	0,71
$\Sigma$ KLORD.	3150 $\pm$ 413	3476 $\pm$ 506	NS	0,91
DDE	12545 $\pm$ 921	17269 $\pm$ 2520	NS	0,73
DDD	10381 $\pm$ 726	14617 $\pm$ 2524	NS	0,71
DDT	2111 $\pm$ 213	2591 $\pm$ 362	NS	0,81
$\Sigma$ DDT	25036 $\pm$ 1725	34477 $\pm$ 5330	NS	0,73
PCB	22000 $\pm$ 2046	34365 $\pm$ 5292	0,05	0,64
TOKS.	-	-		

paikallinen eli ei tee pitkiä vaelluksia. Siten meritaimen soveltuu ilmentämään paikallisten päästöjen vaikutuksia. Useimpien organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat meritaimenessa merkitsevästi pienempiä kuin lohessa. Näin olivat heksaklooribentseeni (HCB) sekä eräät klordaani- ja DDT-komponentit (taulukot 10 - 12). Kuitenkin kahtena vuotena meritaimenen PCB-pitoisuus oli merkitsevästi suurempi kuin lohien (taulukot 10 - 12). Tämä saattaisi johtua PCB:n pääsemisestä mereen jostakin paikallisesta lähteestä. Kuitenkin vuonna 1984 näytekaloja oli liian vähän tarkempaa tarkastelua varten ja lisäksi samana vuonna Itämeren kalojen PCB-pitoisuudet olivat muutenkin poikkeuksellisen suuret (Haahti ja Perttilä 1988, ks. myös luku 4.6.).

#### 4.2. Saimaan lohi

Saimaan lohista otettiin vuonna 1990 kutuaikana lihasnäytteet (kuva 2), joista analysoitiin organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia. Yhdisteiden pitoisuudet sekä tuorepainoa että rasvaa kohti on esitetty taulukossa 13. Saimaan lohessa  $\Sigma$ DDT:n pitoisuus oli pienempi mutta PCB:n pitoisuus yhtä suuri ja klordaanien pitoisuus suurempi kuin Simojokeen vuonna 1990 kudulle nousseissa lohissa (kuva 7). Saimaan lohien mädin haudonnan aikana ei ole havaittu suurentunutta kuolleisuutta (Jorma Piironen, RKTL; suull. tieto).

#### 4.3. Syönnösvaelluksella olevat lohet

Syönnösvaelluksella olleista lohista, eli pyyntilohista, kerättiin näytteitä varsinaisen Itämeren alueelta ja Selkämereltä vuosina 1985, 1986, 1988 ja 1993 sekä Suomenlahdelta vuosina 1987, 1989 ja 1993 (kuva 2). Tenojoen lohetkin voidaan lukea tähän ryhmään, vaikka ne pyydettiin joesta, koska nämä näytteet kerättiin kesällä pyydetyistä lohista. Tenojoen lohia käsitellään kuitenkin erikseen seuraavassa luvussa.

Itämeren pääaltaan ja Selkämeren pyyntilohien useiden organoklooriyhdisteiden pitoisuuksissa rasvaa kohti oli merkitseviä eroja vuosina 1985 ja 1986, mutta vuonna 1988 pitoisuuksien vaihtelu Selkämeren lohissa oli pienestä yksilömäärästä

Taulukko 10. Kemijokeen vuonna 1982 kudulle nousseiden meritaimenten ja lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) vertailu. Näytteet otettiin syksyllä kutuaikana. MT/L = meritaimenen ja lohien organo-klooriyhdisteiden pitoisuuksien suhde. N = kalojen lukumäärä. P-arvo ilmaisee tilastollisen merkitsevyyden, jolla keskiarvot poikkeavat toisistaan (NS = ero ei merkitsevä).

	Meritaimen	N	Lohi	N	P <	MT/L
$\alpha$ -HCH	-		-			
HCB	156 $\pm$ 16	11	401 $\pm$ 61	14	0,01	0,39
LINDAANI	40 $\pm$ 12	11	190 $\pm$ 66	10	NS	0,21
HEPTA	-		-			
OXY	394 $\pm$ 81	11	271 $\pm$ 53	14	NS	1,45
GAMMA	39 $\pm$ 27	11	338 $\pm$ 86	11	0,05	0,12
ALFA	61 $\pm$ 20	11	324 $\pm$ 56	13	0,01	0,19
TRANS	239 $\pm$ 41	11	282 $\pm$ 37	13	NS	0,85
$\Sigma$ KLORD.	733 $\pm$ 108	11	1132 $\pm$ 184	13	NS	0,65
DDE	4626 $\pm$ 420	11	3990 $\pm$ 488	14	NS	1,16
DDD	545 $\pm$ 184	11	2789 $\pm$ 443	14	0,01	0,20
DDT	958 $\pm$ 102	11	925 $\pm$ 116	14	NS	1,04
$\Sigma$ DDT	6130 $\pm$ 558	11	7704 $\pm$ 986	14	NS	0,80
PCB	13721 $\pm$ 1265	11	6680 $\pm$ 702	14	0,001	2,05
TOKS.	-		-			



Taulukko 11. Kemijokeen vuonna 1983 kudulle nousseiden meritaimenten ja lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) vertailu. Näytteet otettiin syksyllä kutuaikana. MT/L = meritaimen ja lohien organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien suhde. N = kalojen lukumäärä. P-arvo ilmaisee tilastollisen merkitsevyyden, jolla keskiarvot poikkeavat toisistaan (NS = ero ei merkitsevä).

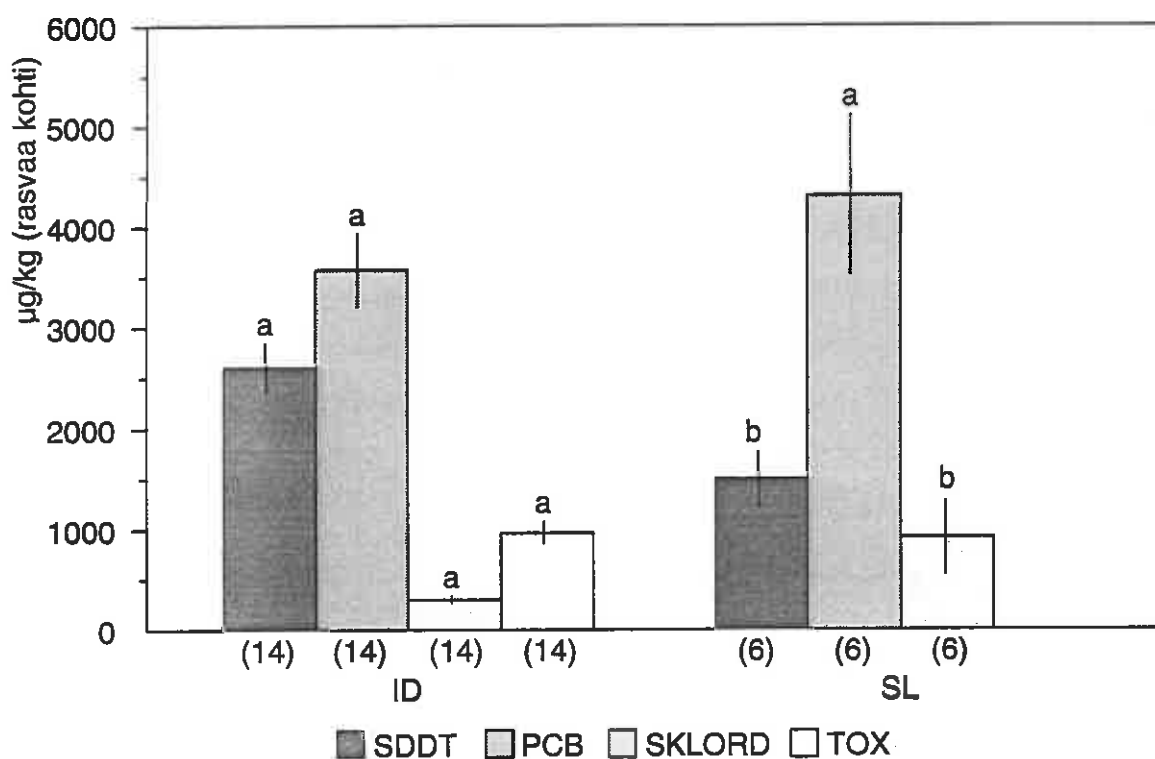
	Meritaimen	N	Lohi	N	P <	MT/L
$\alpha$ -HCH	-		-			
HCB	61 $\pm$ 10	9	218 $\pm$ 26	16	0,05	0,28
LINDAANI	-		181 $\pm$ 135	2		
HEPTA	-		-			
OXY	187 $\pm$ 70	5	94 $\pm$ 9	9	NS	1,99
GAMMA	127 $\pm$ 48	4	100 $\pm$ 55	5	NS	1,27
ALFA	185 $\pm$ 36	8	226 $\pm$ 19	16	NS	0,82
TRANS	162 $\pm$ 40	8	257 $\pm$ 31	14	NS	0,63
$\Sigma$ KLORD.	469 $\pm$ 119	9	535 $\pm$ 52	16	NS	0,88
DDE	2693 $\pm$ 768	8	5815 $\pm$ 1062	16	NS	0,46
DDD	338 $\pm$ 95	9	1899 $\pm$ 354	16	NS	0,18
DDT	281 $\pm$ 78	9	472 $\pm$ 56	15	NS	0,60
$\Sigma$ DDT	3013 $\pm$ 811	9	8157 $\pm$ 1267	16	NS	0,37
PCB	3708 $\pm$ 594	9	5546 $\pm$ 555	16	NS	0,67
TOKS.	-		-			

Taulukko 12. Kemijokeen vuonna 1984 kudulle nousseiden meritaimenten ja lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksien ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) vertailu. Näytteet otettiin syksyllä kutuaikana. MT/L = meritaimenen ja lohien organo-klooriyhdisteiden pitoisuuksien suhde. P-arvo ilmaisee tilastollisen merkitsevyyden, jolla keskiarvot poikkeavat toisistaan (NS = ero ei merkitsevä). N = kalojen lukumäärä.

	Meritaimen	N	Lohi	N	P <	MT/L
$\alpha$ -HCH	-		-			
HCB	397 $\pm$ 92	3	495 $\pm$ 73	14	NS	0,80
LINDAANI	192 $\pm$ 40	3	109 $\pm$ 55	14	NS	1,76
HEPTA	-		-			
OXY	426 $\pm$ 38	3	256 $\pm$ 56	14	NS	1,66
GAMMA	0 $\pm$ 0	3	-			
ALFA	937 $\pm$ 315	3	1012 $\pm$ 387	14	NS	0,93
TRANS	775 $\pm$ 256	3	599 $\pm$ 51	13	NS	1,29
$\Sigma$ KLORD.	2138 $\pm$ 609	3	1904 $\pm$ 529	14	NS	1,12
DDE	10037 $\pm$ 3042	3	6655 $\pm$ 605	14	NS	1,51
DDD	1183 $\pm$ 10	3	4543 $\pm$ 782	14	NS	0,26
DDT	1318 $\pm$ 264	3	2127 $\pm$ 464	14	NS	0,62
$\Sigma$ DDT	12538 $\pm$ 3303	3	13601 $\pm$ 1588	14	NS	0,92
PCB	29578 $\pm$ 7142	3	15032 $\pm$ 1135	14	0,01	1,97
TOKS.	0 $\pm$ 0	3	-			

Taulukko 13. Saimaan lohen lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) tuorepainoa ja rasvaa kohti syksyllä kutuaikana vuonna 1990. N = kalojen lukumäärä.

	Tuorepaino	N	Rasva
$\alpha$ -HCH	0,88 $\pm$ 0,06	6	30,1 $\pm$ 3,0
HCB	1,67 $\pm$ 0,21	6	54,3 $\pm$ 4,5
LINDAANI	0,78 $\pm$ 0,06	6	26,6 $\pm$ 2,7
HEPTA	-		-
OXY	1,67 $\pm$ 0,21	6	63,9 $\pm$ 15,6
GAMMA	13,0 $\pm$ 4,50	6	566 $\pm$ 269
ALFA	3,83 $\pm$ 0,54	6	149 $\pm$ 40
TRANS	3,83 $\pm$ 0,40	6	142 $\pm$ 28
$\Sigma$ KLORD.	22,3 $\pm$ 5,4	6	921 $\pm$ 346
DDE	26,5 $\pm$ 4,2	6	933 $\pm$ 152
DDD	3,33 $\pm$ 0,49	6	126 $\pm$ 37
DDT	12,5 $\pm$ 2,2	6	438 $\pm$ 81
$\Sigma$ DDT	42,3 $\pm$ 6,6	6	1479 $\pm$ 257
PCB	119 $\pm$ 9	6	4309 $\pm$ 799
TOKS.	-		-



Kuva 7. Simojokeen kudulle nousseiden lohien (ID) ja Saimaan lohien (SL)  $\Sigma$ DDT-, PCB-, klordaanipitoisuus (SKLORD) rasvaa kohti. Näytteet on otettu kutuaikana syksyllä 1990. Eri kirjaimet pylväiden päällä ilmaisevat merkitsevän eron ( $p < 0,05$ ) pitoisuuksissa ja pystyviiva kuvaa keskivirhettä. Suluissa on analysoitujen kalojen lukumäärä.

johtuen erittäin suuri, eikä tuona vuonna ollut merkitseviä eroja näiden kahden alueen lohinäytteiden välillä, vaikka keskiarvot poikkesivat hyvin paljon toisistaan (taulukot 14 - 16). PCB-pitoisuuksissa ei ollut juuri eroja tai se oli suurempi Selkämeren lohissa kuin varsinaisen Itämeren lohissa. Sen sijaan  $\Sigma$ DDT-pitoisuus oli Itämeren lohissa suurempi kuin Selkämeren lohissa (taulukot 14 - 16). Samansuuntaisia erot olivat tuorepainon suhteen (taulukot 17 - 19). Suomenlahden lohien pitoisuuksia ei voi vanhemman aineiston perusteella suoraan verrata Itämeren pääaltaan tai Selkämeren lohien pitoisuuksiin, koska ne ovat eri vuosilta, mutta vierekkäisiä

Taulukko 14. Varsinaisen Itämeren alueelta (AL) ja Selkämereltä (SML) vuonna 1985 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina. N = kalojen lukumäärä.

	AL	N	SML	N	P <
$\alpha$ -HCH	225 $\pm$ 57 <sup>a</sup>	11	156 $\pm$ 23 <sup>a</sup>	12	NS
HCB	126 $\pm$ 16 <sup>a</sup>	11	101 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	12	NS
LINDAANI	55,5 $\pm$ 12,1 <sup>a</sup>	11	13,0 $\pm$ 7,0 <sup>b</sup>	12	0,05
HEPTA	-		-		
OXY	6,18 $\pm$ 3,56 <sup>a</sup>	11	4,90 $\pm$ 2,44 <sup>a</sup>	12	NS
GAMMA	1,74 $\pm$ 1,74 <sup>a</sup>	11	3,84 $\pm$ 2,70 <sup>a</sup>	12	NS
ALFA	70,4 $\pm$ 11,5 <sup>a</sup>	11	28,7 $\pm$ 8,82 <sup>b</sup>	12	0,01
TRANS	104 $\pm$ 24 <sup>a</sup>	11	44 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	12	0,05
$\Sigma$ KLORD.	182 $\pm$ 34 <sup>a</sup>	11	81 $\pm$ 23 <sup>b</sup>	12	0,05
DDE	311 $\pm$ 449 <sup>a</sup>	11	1140 $\pm$ 189 <sup>b</sup>	12	0,05
DDD	621 $\pm$ 109 <sup>a</sup>	11	254 $\pm$ 42 <sup>b</sup>	12	0,01
DDT	1032 $\pm$ 213 <sup>a</sup>	11	472 $\pm$ 88 <sup>b</sup>	12	0,05
$\Sigma$ DDT	3964 $\pm$ 704 <sup>a</sup>	11	1866 $\pm$ 255 <sup>b</sup>	12	0,01
PCB	3443 $\pm$ 491 <sup>a</sup>	11	3640 $\pm$ 210 <sup>a</sup>	12	NS
TOKS.	1259 $\pm$ 178 <sup>a</sup>	11	979 $\pm$ 285 <sup>a</sup>	12	NS

Taulukko 15. Varsinaisen Itämeren alueelta (AL) ja Selkämereltä (SML) vuonna 1986 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä. Eriäinen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina.

	AL	N	SML	N	P <
$\alpha$ -HCH	185 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	26	167 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	15	NS
HCB	113 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	26	105 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	15	NS
LINDAANI	106 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	26	92 $\pm$ 15 <sup>a</sup>	15	NS
HEPTA	-		-		
OXY	4,5 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	26	18,8 $\pm$ 5,2 <sup>b</sup>	15	0,001
GAMMA	1,95 $\pm$ 1,11 <sup>a</sup>	26	2,33 $\pm$ 1,66 <sup>a</sup>	15	NS
ALFA	82 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	26	119 $\pm$ 7 <sup>b</sup>	15	0,01
TRANS	70,8 $\pm$ 5,1 <sup>a</sup>	26	99,7 $\pm$ 7,7 <sup>b</sup>	15	0,01
$\Sigma$ KLORD.	159 $\pm$ 13 <sup>a</sup>	26	240 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	15	0,001
DDE	1551 $\pm$ 95 <sup>a</sup>	26	1395 $\pm$ 108 <sup>a</sup>	15	NS
DDD	722 $\pm$ 38 <sup>a</sup>	26	262 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	15	0,001
DDT	208 $\pm$ 21 <sup>a</sup>	26	201 $\pm$ 17 <sup>a</sup>	15	NS
$\Sigma$ DDT	2481 $\pm$ 140 <sup>a</sup>	26	1857 $\pm$ 134 <sup>b</sup>	15	0,05
PCB	2885 $\pm$ 142 <sup>a</sup>	26	4251 $\pm$ 390 <sup>b</sup>	15	0,001
TOKS.	711 $\pm$ 97 <sup>a</sup>	26	1577 $\pm$ 145 <sup>b</sup>	15	0,001

Taulukko 16. Varsinaisen Itämeren alueelta (AL) ja Selkämereltä (SML) vuonna 1988 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä. Eriäinen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina.

	AL	N	SML	N	P <
$\alpha$ -HCH	88 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	5	70 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	4	NS
HCB	71 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	5	156 $\pm$ 79 <sup>a</sup>	4	NS
LINDANE	50 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	5	40 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	4	0,01
HEPTA	-		-		
OXY	13,5 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	5	19,0 $\pm$ 6,7 <sup>a</sup>	4	NS
GAMMA	-		-		
ALFA	62 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	5	132 $\pm$ 72 <sup>a</sup>	4	NS
TRANS	68 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	5	143 $\pm$ 69 <sup>a</sup>	4	NS
$\Sigma$ KLORD.	144 $\pm$ 17 <sup>a</sup>	5	295 $\pm$ 135 <sup>a</sup>	4	NS
DDE	784 $\pm$ 36 <sup>a</sup>	5	1655 $\pm$ 1065 <sup>a</sup>	4	NS
DDD	422 $\pm$ 42 <sup>a</sup>	5	894 $\pm$ 721 <sup>a</sup>	4	NS
DDT	348 $\pm$ 16 <sup>a</sup>	5	710 $\pm$ 477 <sup>a</sup>	4	NS
$\Sigma$ DDT	1553 $\pm$ 65 <sup>a</sup>	5	3259 $\pm$ 2263 <sup>a</sup>	4	NS
PCB	2147 $\pm$ 163 <sup>a</sup>	5	4242 $\pm$ 2249 <sup>a</sup>	4	NS
TOKS.	785 $\pm$ 85 <sup>a</sup>	5	2014 $\pm$ 1032 <sup>a</sup>	4	NS

Taulukko 17. Varsinaisen Itämeren alueelta (AL) ja Selkämereltä (SML) vuonna 1985 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä. Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina.

	AL	N	SML	N	P <
$\alpha$ -HCH	13,5 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	11	12,1 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	12	NS
HCB	8,82 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>	11	9,25 $\pm$ 1,29 <sup>a</sup>	12	NS
LINDAANI	4,27 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>	11	1,17 $\pm$ 0,63 <sup>b</sup>	12	0,05
HEPTA	-				
OXY	0,45 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>	11	0,58 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	12	NS
GAMMA	0,09 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	11	0,50 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	12	NS
ALFA	4,64 $\pm$ 0,62 <sup>a</sup>	11	2,42 $\pm$ 0,67 <sup>b</sup>	12	0,05
TRANS	6,55 $\pm$ 1,17 <sup>a</sup>	11	3,75 $\pm$ 1,03 <sup>a</sup>	12	NS
$\Sigma$ KLORD.	11,7 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	11	7,3 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	12	NS
DDE	154 $\pm$ 29 <sup>a</sup>	11	114 $\pm$ 31 <sup>a</sup>	12	NS
DDD	48 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	11	22 $\pm$ 4 <sup>b</sup>	12	0,05
DDT	75 $\pm$ 18 <sup>a</sup>	11	41 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	12	NS
$\Sigma$ DDT	277 $\pm$ 55 <sup>a</sup>	11	176 $\pm$ 37 <sup>a</sup>	12	NS
PCB	229 $\pm$ 30 <sup>a</sup>	11	332 $\pm$ 42 <sup>a</sup>	12	0,05
TOKS.	90,5 $\pm$ 18 <sup>a</sup>	11	6,2 $\pm$ 17 <sup>a</sup>	12	NS



Taulukko 18. Varsinaisen Itämeren alueelta (AL) ja Selkämereltä (SML) vuonna 1986 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä. Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina.

	AL	N	SML	N	P <
$\alpha$ -HCH	22,7 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	26	13,7 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	15	0,01
HCB	14,1 $\pm$ 1,52 <sup>a</sup>	26	9,00 $\pm$ 1,25 <sup>b</sup>	15	NS
LINDAANI	13,0 $\pm$ 0,98 <sup>a</sup>	26	6,47 $\pm$ 0,66 <sup>b</sup>	15	0,001
HEPTA					
OXY	0,85 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	26	1,87 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>	15	0,05
GAMMA	0,38 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	26	0,27 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	15	NS
ALFA	11,0 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	26	9,8 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	15	NS
TRANS	9,03 $\pm$ 1,16 <sup>a</sup>	26	7,93 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>	15	NS
$\Sigma$ KLORD.	21,2 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	26	19,9 $\pm$ 2,6 <sup>a</sup>	15	NS
DDE	195 $\pm$ 22 <sup>a</sup>	26	112 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	15	0,05
DDD	90 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	26	22 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	15	0,001
DDT	26 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	26	18 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	15	NS
$\Sigma$ DDT	310 $\pm$ 34 <sup>a</sup>	26	151 $\pm$ 19 <sup>b</sup>	15	0,01
PCB	361 $\pm$ 38 <sup>a</sup>	26	334 $\pm$ 39 <sup>a</sup>	15	NS
TOKS.	90 $\pm$ 15 <sup>a</sup>	26	146 $\pm$ 28 <sup>a</sup>	15	0,01

Taulukko 19. Varsinaisen Itämeren alueelta (AL) ja Selkämereltä (SML) vuonna 1988 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä. Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina.

	AL	N	SML	N	P <
$\alpha$ -HCH	8,00 $\pm$ 0,55 <sup>a</sup>	5	7,50 $\pm$ 1,85 <sup>a</sup>	4	NS
HCB	9,4 $\pm$ 1,08 <sup>a</sup>	5	10,5 $\pm$ 0,65 <sup>a</sup>	4	NS
LINDAANI	5,60 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	5	4,00 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>	4	NS
HEPTA	-		-		
OXY	1,60 $\pm$ 0,51 <sup>a</sup>	5	2,75 $\pm$ 0,95 <sup>a</sup>	4	0,05
GAMMA	-		-		
ALFA	7,00 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	5	8,50 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	4	NS
TRANS	7,8 $\pm$ 1,16 <sup>a</sup>	5	10,0 $\pm$ 0,71 <sup>a</sup>	4	NS
$\Sigma$ KLORD.	16,4 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>	5	21,3 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	4	NS
DDE	89 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	5	91 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	4	NS
DDD	48 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	5	36 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	4	0,05
DDT	40 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	5	38 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	4	NS
$\Sigma$ DDT	176 $\pm$ 20 <sup>a</sup>	5	165 $\pm$ 22 <sup>a</sup>	4	NS
PCB	244 $\pm$ 29 <sup>a</sup>	5	277 $\pm$ 16 <sup>a</sup>	4	NS
TOKS.	88 $\pm$ 12 <sup>a</sup>	5	137 $\pm$ 9 <sup>b</sup>	4	0,05

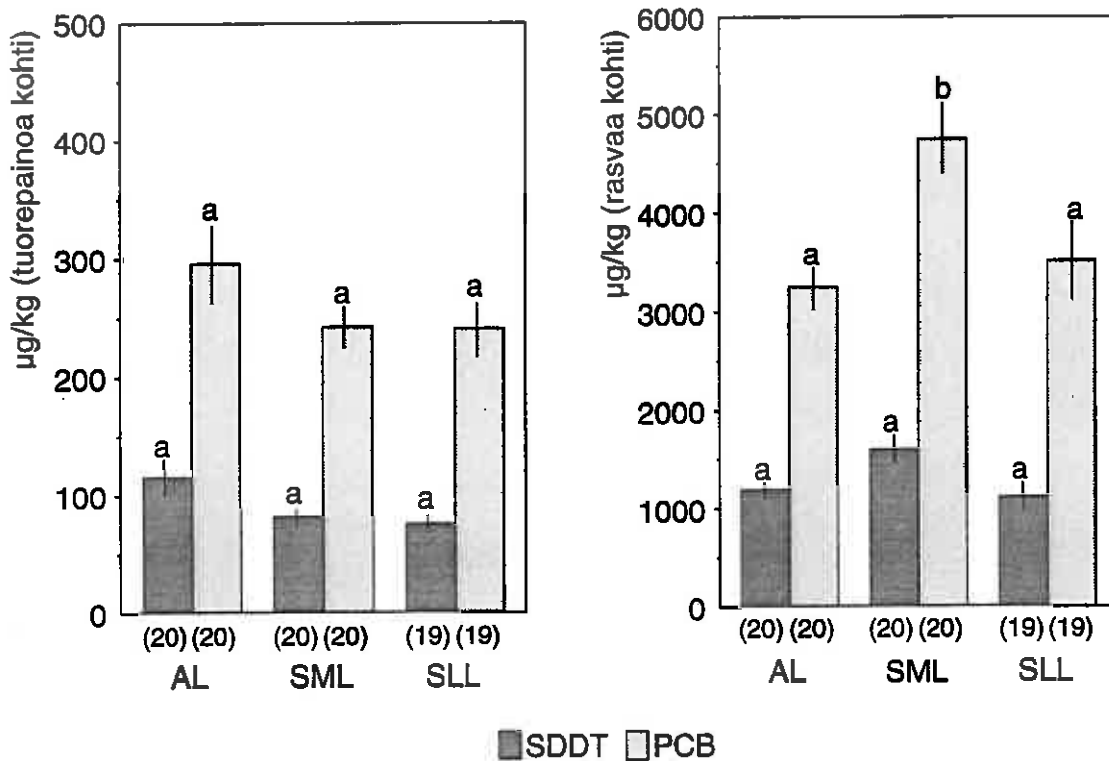
vuosia tarkastelemalla näyttää siltä, että Suomenlahden lohien pitoisuudet ovat  $\Sigma$ DDT:n suhteen lähempänä Selkämeren lohien kuin Itämeren pääaltaan lohien pitoisuuksia ja PCB:n suhteen varsinaisen Itämeren ja Selkämeren lohien pitoisuuksien välillä sekä rasvaa (taulukko 20) että tuorepainoa (taulukko 21) kohti. Silakan PCB- ja DDT-pitoisuudet olivat vuonna 1986 suurimmat Suomenlahdella (Haahti ja Perttilä 1988).

Vuonna 1993 näytteet kerättiin kaikilta kolmelta alueelta. Alueiden välillä ei ollut eroa  $\Sigma$ DDT-pitoisuuksissa, mutta PCB-pitoisuus oli suurin Selkämeren lohissa ja Itämeren ja Suomenlahden lohien PCB-pitoisuudet olivat saman suuruiset (kuva 8). Tuorepainoa kohti lasketuissa tuloksissa ei ollut eroja kummankaan yhdisteen suhteen eri alueiden välillä (kuva 8). Tämän tutkimuksen vanhemmat tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia vuoden 1993 tuloksiin, koska aikaisemmin näytteet kerättiin syksyllä kasvukauden lopussa ja nyt keväällä kasvukauden alussa.

#### 4.4. Tenojoen lohi

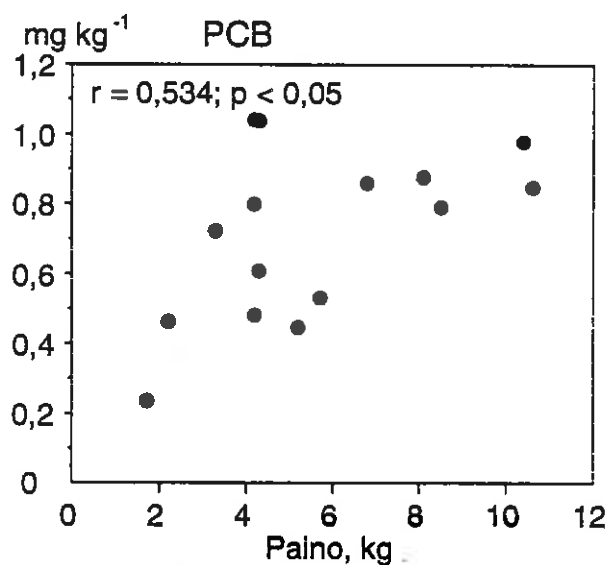
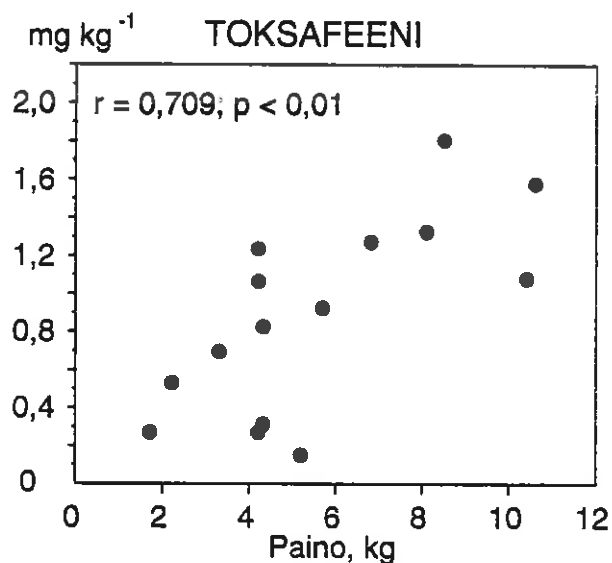
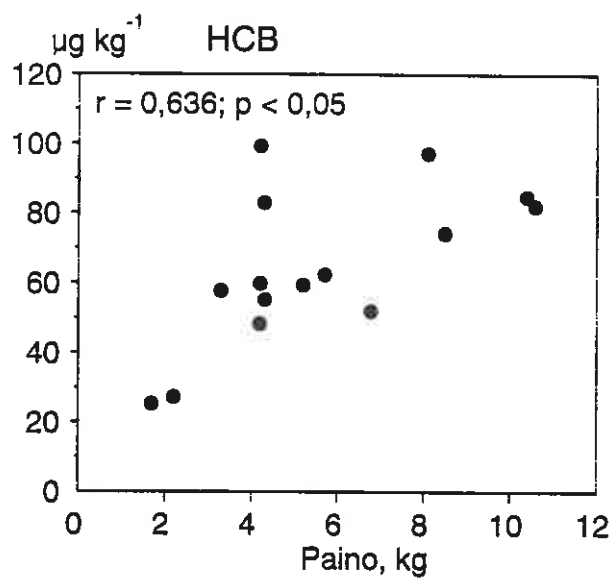
Tenojokeen nousseista lohista otettiin näytteitä vuosina 1988 ja 1990 (kuva 2). Vuonna 1988 analysoitiin neljän kalan yhdistelmänäyte ja vuoden 1990 näytteet (15) yksilöittäin. Koska näytteet kerättiin kesällä, niiden pääteltiin olevan paremmin vertailtavissa pyyntilohiin kuin kutulohiin.

Organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia Tenojoen lohissa sekä tuorepainoa että rasvaa kohti on esitetty taulukossa 22. Tenojoen lohien  $\Sigma$ DDT-pitoisuus oli noin viidesosa ja PCB-pitoisuus noin kymmenesosa vastaavista Itämerestä vuonna 1993 pyydettyjen lohien pitoisuuksista (kuva 9) tuorepainoa kohti laskettuna. Taulukossa 22 on esitetty myös varsinaiselta Itämereltä vuonna 1988 pyydettyjen lohien ja Tenojoen lohien organoklooriyhdisteiden keskipitoisuuksien suhde. Tuloksista ilmenee, että klordaani ja toksafeeni, joita käytetään hyönteismyrkkyinä, ovat Skandinaviassa kaukokulkeuman tulosta, koska niiden pitoisuuksien suhde on lähes yksi. Myös heksaklooribentseeni (HCB), jota syntyy jätteenpoltossa, ja joka on helposti haihtuva on pääasiassa ilmakehästä peräisin sekä Itämeren että Tenojoen lohissa. Toksafeenin ja klordaenin pitoisuudet ovat jopa hieman suuremmat Tenojoen lohissa kuin Itämeren lohissa, mikä mahdollisesti johtuu yhdisteiden hitaammasta hajoamisesta



Kuva 8. Varsinaiselta Itämereltä (AL), Selkämereltä (SML) ja Suomenlahdelta (SLL) toukokuussa 1993 pyydettyjen lohien lihaksen ΣDDT- ja PCB-pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) tuorepainoa (vasemmalla) ja rasvaa (oikealla) kohti. Erilaiset kirjaimet pylväiden päällä tarkoittavat, että keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja pystyviiva kuvaa keskivirhettä. Suluissa on ilmoitettu analysoitujen kalojen lukumäärä.

arktisessa kylmässä ilmastossa. Samasta ilmiöstä johtuu ilmeisesti myös joidenkin kloorifenolien (taulukko 23) ja difenyyliettereiden (taulukko 24) suuremmat pitoisuudet Tenojoen kuin Itämeren lohissa. Vaikkakin organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat Tenojoen lohissa pieniä, myös niissä pitoisuudet olivat suurimpia suurimmissa kaloissa (kuva 9).



Kuva 9.

Tenojoesta kesällä 1990 pyydettyjen lohien lihaksen heksakloori-  
bentseeni- (HCB), PCB- ja toksafeenipitoisuuden (rasvaa kohti)  
korrelaatio lohien painoon.

Taulukko 20. Suomenlahdelta vuosina 1987 ja 1989 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä.

	1987	N	1989	N
$\alpha$ -HCH	146 $\pm$ 4	12	54 $\pm$ 5	15
HCB	78,5 $\pm$ 9,2	12	74 $\pm$ 25	15
LINDAANI	45,3 $\pm$ 7,6	12	26,4 $\pm$ 3,1	15
HEPTA	-		-	
OXY	3,29 $\pm$ 3,29	12	27,5 $\pm$ 9,3	15
GAMMA	3,29 $\pm$ 3,29	12	21,0 $\pm$ 17,6	15
ALFA	54,9 $\pm$ 13,9	12	66,4 $\pm$ 24,1	15
TRANS	28,6 $\pm$ 6,9	12	59,2 $\pm$ 27,6	15
$\Sigma$ KLORD.	90,1 $\pm$ 20,7	12	174 $\pm$ 77	15
DDE	1120 $\pm$ 126	12	1744 $\pm$ 802	15
DDD	607 $\pm$ 83	12	792 $\pm$ 321	15
DDT	318 $\pm$ 56	12	299 $\pm$ 125	15
$\Sigma$ DDT	2046 $\pm$ 244	12	2835 $\pm$ 1240	15
PCB	3514 $\pm$ 620	12	3593 $\pm$ 1377	15
TOKS.	433 $\pm$ 83	12	525 $\pm$ 312	15

Taulukko 21. Suomenlahdelta vuosina 1987 ja 1989 syksyllä pyydettyjen lohien lihaksen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe). N = kalojen lukumäärä.

	1987	N	1989	N
$\alpha$ -HCH	9,50 $\pm$ 1,13	12	6,67 $\pm$ 0,81	15
HCB	5,42 $\pm$ 1,05	12	5,67 $\pm$ 0,46	15
LINDAANI	2,75 $\pm$ 0,45	12	2,93 $\pm$ 0,32	15
HEPTA	-		-	
OXY	0,08 $\pm$ 0,08	12	2,00 $\pm$ 0,22	15
GAMMA	0,08 $\pm$ 0,08	12	0,40 $\pm$ 0,27	15
ALFA	3,75 $\pm$ 1,02	12	4,53 $\pm$ 0,40	15
TRANS	1,92 $\pm$ 0,54	12	3,33 $\pm$ 0,44	15
$\Sigma$ KLORD.	5,83 $\pm$ 1,45	12	10,3 $\pm$ 1,0	15
DDE	72 $\pm$ 10	12	100 $\pm$ 13	15
DDD	38 $\pm$ 8	12	52 $\pm$ 5	15
DDT	19 $\pm$ 3	12	19 $\pm$ 3	15
$\Sigma$ DDT	129 $\pm$ 18	12	171 $\pm$ 19	15
PCB	199 $\pm$ 24	12	244 $\pm$ 22	15
TOKS.	28 $\pm$ 8	12	21 $\pm$ 5	15

Taulukko 22. Organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia Tenojoen lohien lihaksessa ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) tuorepainoa ja rasvaa kohti laskettuna (N = kalojen lukumäärä). B/A on pitoisuuksien suhde Itämerestä pyydettyjen lohien (4 kalaa) ja Tenojoen lohien lihakseen rasvassa.

	Tuorepaino	Rasva	N	B/A
HCB	3,0 $\pm$ 0,3	65 $\pm$ 6	15	1,3
$\alpha$ -HCH	0,4 $\pm$ 0,1	7 $\pm$ 1	15	10,1
LINDAANI	0,2 $\pm$ 0,0	4 $\pm$ 1	15	11,4
$\Sigma$ KLORD.	10,2 $\pm$ 1,2	218 $\pm$ 21	15	0,7
DDE	7,5 $\pm$ 0,9	159 $\pm$ 13	15	4,9
DDD	4,9 $\pm$ 0,8	106 $\pm$ 17	15	4,0
DDT	4,5 $\pm$ 0,7	91 $\pm$ 14	15	3,8
$\Sigma$ DDT	17,0 $\pm$ 2,2	357 $\pm$ 38	15	4,4
PCB	35 $\pm$ 4	715 $\pm$ 62	15	3,0
TOKS.	43 $\pm$ 7	891 $\pm$ 132	15	0,9



Taulukko 23. Polykloorifenolien (PCP), guajakolien (PCG), anisolien (PCA) ja veratrolien (PCV) pitoisuuksia (ng/g tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) Tenojoen (15 kalaa) ja Simojoen (14 kalaa) lohien lihaksessa. B/A on pitoisuuksien suhde Itämerestä ja Tenojoesta pyydetyissä lohissa. P-arvo ilmaisee tilastollisen merkitsevyyden, jolla keskiarvot poikkeavat toisistaan (NS = ero ei merkitsevä).

	Tenojoki	Simojoki	P <	B/A
2,3-DCP	0,60 $\pm$ 0,48	5,79 $\pm$ 1,69	NS	9,65
2,4-DCP	15,60 $\pm$ 3,71	2,93 $\pm$ 1,87	0,05	0,19
2,6-DCP	36,13 $\pm$ 9,71	3,93 $\pm$ 1,60	NS	0,11
2,4,6-TCP	3,93 $\pm$ 1,27	3,64 $\pm$ 1,61	NS	0,93
2,3,4,6-TeCP	10,40 $\pm$ 2,16	1,71 $\pm$ 0,62	0,05	0,16
PeCP	3,93 $\pm$ 1,65	1,82 $\pm$ 0,62	NS	0,46
TeCG	0,80 $\pm$ 0,26	0,14 $\pm$ 0,10	0,05	0,18
2,4,6-TCA	2,12 $\pm$ 0,56	2,44 $\pm$ 0,79	NS	1,15
TeCA	2,18 $\pm$ 0,90	0,94 $\pm$ 0,23	NS	0,43
PeCA	0,53 $\pm$ 0,34	1,02 $\pm$ 0,40	NS	1,92
TeCV	0,26 $\pm$ 0,16	2,47 $\pm$ 0,84	0,05	9,50

Taulukko 24. Polykloorattujen difenyylietterien pitoisuuksia (ng/g rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) Tenojoen (15 kalaa) ja Simojoen (14 kalaa) lohien lihaksessa. B/A on pitoisuuksien suhde Itämerestä ja Tenojoesta pyydetyissä lohissa. P-arvo ilmaisee tilastollisen merkitsevyyden, jolla keskiarvot poikkeavat toisistaan (NS = ero ei merkitsevää).

	Tenojoki	Simojoki	P <	B/A
22'44'-TeCDE	0,923 $\pm$ 0,141	7,000 $\pm$ 0,647	0,05	7,6
22'44'5-PeCDE	1,031 $\pm$ 0,103	2,687 $\pm$ 0,244	0,05	2,6
22'344'-PeCDE	0,017 $\pm$ 0,017	0,544 $\pm$ 0,057	0,05	2,6
22'44'56'-HxCDE	0,173 $\pm$ 0,054	0,923 $\pm$ 0,083	0,05	5,3
22'44'55'-HxCDE	0,747 $\pm$ 0,483	1,186 $\pm$ 0,105	NS	1,6
22'344'5-HxCDE	0,811 $\pm$ 0,107	0,669 $\pm$ 0,086	NS	0,8
22'344'5'-HxCDE	0,167 $\pm$ 0,131	0,214 $\pm$ 0,026	NS	1,3

#### 4.5. Pohjanlahden meritaimen

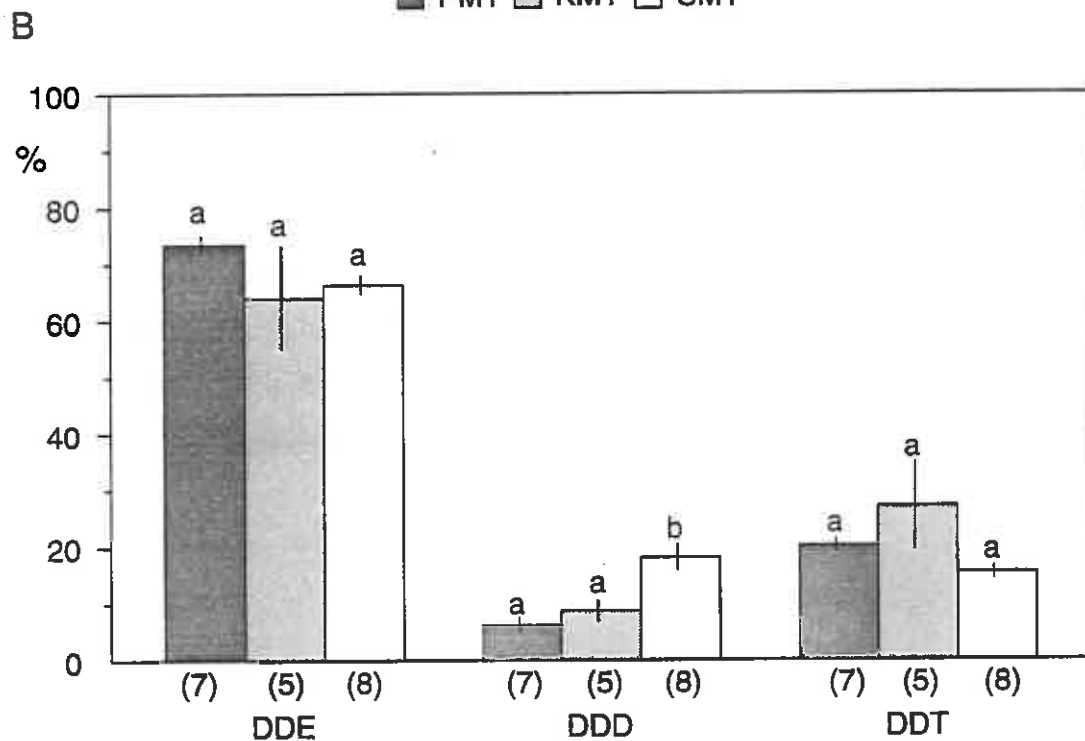
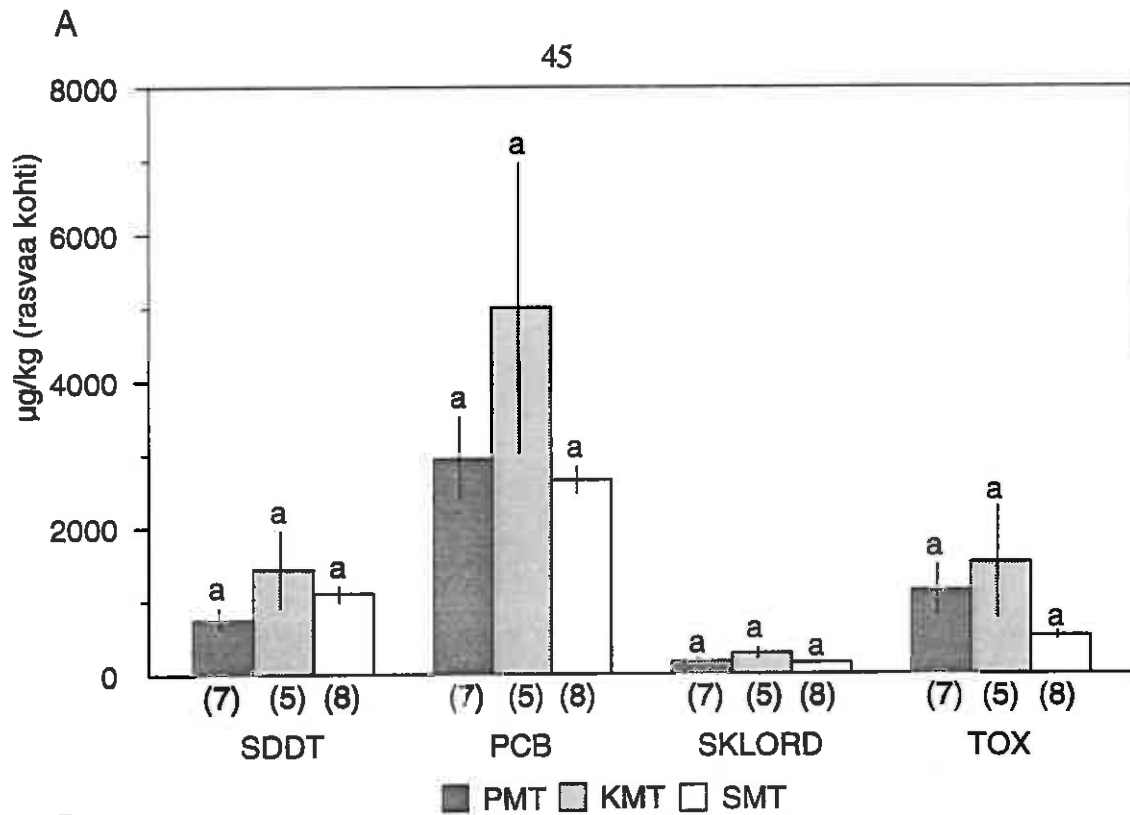
Pohjanlahtivuosi '91 -tutkimukseen liittyen meritaimenista kerättiin näytteitä neljältä alueelta: Perämereltä Simon edustalta, Kokkolan läheltä, Selkämereltä Porin edustalta ja Ahvenanmaan länsirannikolta (kuva 2). Kaikista muista näytteistä analysoitiin organoklooriyhdisteiden ja raskasmetallien pitoisuuksia, paitsi Ahvenanmaan meritaimenista vain raskasmetallit.

Eri organoklooriyhdisteiden pitoisuuksissa ei juuri ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri alueiden välillä ja esimerkiksi DDT- ja PCB-pitoisuudet olivat pieniä (taulukko 25). Myöskään rasvaa kohti laskettuja tuloksia verratessa eri alueiden organoklooriyhdisteiden pitoisuuksissa ei ollut mainittavia eroja (taulukko 26 ja kuva 10). DDT:n ja sen aineenvaihduntatuotteiden, DDE:n ja DDD:n, osuuksissa eri alueiden välillä ainoa ero oli Selkämeren meritaimenten muita suurempi DDD:n osuus (kuva 10). Vuosien 1983 - 1984 DDT:n käytön seuraukset voivat näkyä Pohjanlahdella vielä näinkin myöhään (ks. luku 3).

Joidenkin raskasmetallien pitoisuuksissa oli eroja eri alueiden välillä, mutta mikään alueista ei erityisesti erottunut toisista (taulukko 27). Elohopeapitoisuudet olivat reilusti alle puolet alemmasta käyttörajoituksesta aiheuttavasta raja-arvosta (0,5 mg/kg).

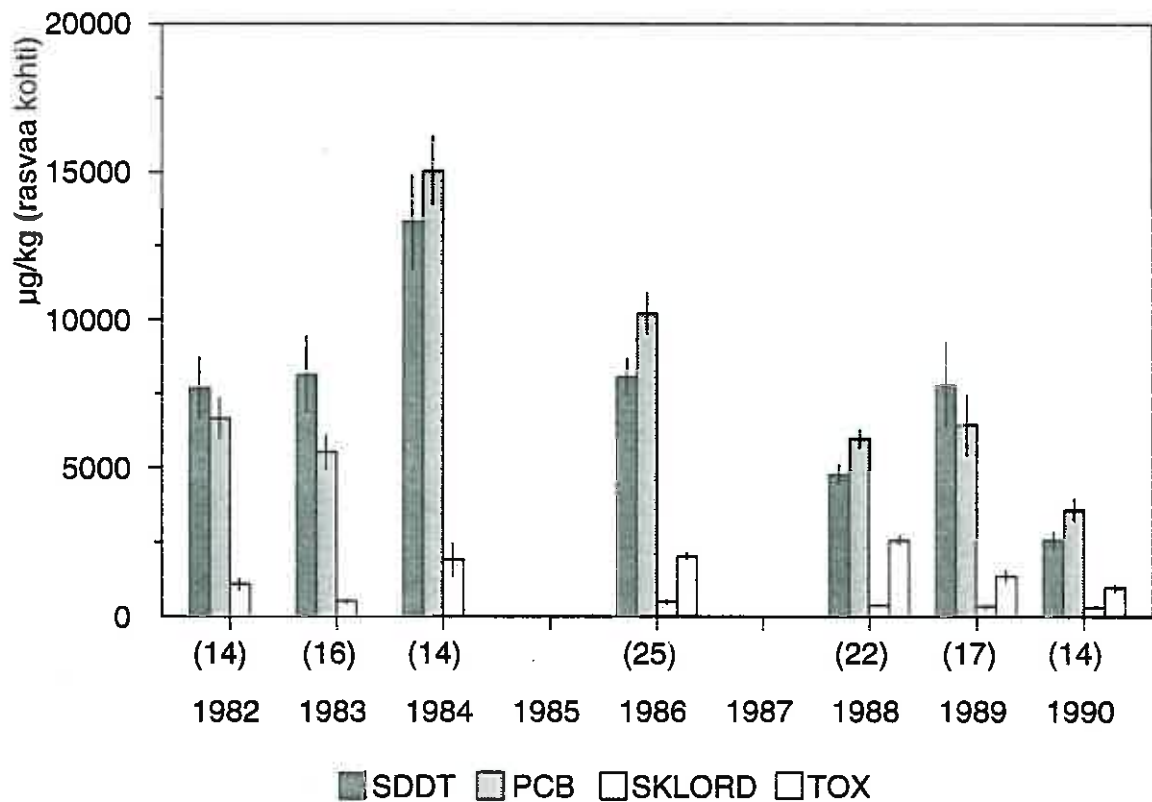
#### 4.6. Aikatrendit

Tämän tutkimuksen pisin havaintosarja on kutulohista, eli Kemijokeen ja Simojokeen kudulle nousseiden lohien DDT- ja PCB-pitoisuuksista vuosilta 1982 - 1990. Sekä DDT:n että PCB:n pitoisuudet pienenevät tuona aikajaksona (kuva 11). Molempien yhdisteiden pitoisuuksien laskeva suuntaus oli tilastollisesti merkitsevä, vaikka vuonna 1984 DDT- ja PCB-pitoisuudet olivat poikkeuksellisen suuret. Vastaava suureneminen vuonna 1984 näkyy myös Merentutkimuslaitoksen silakaseurannan aineistossa (Haahti ja Perttilä 1988). DDT- ja PCB-pitoisuuksien suurenemiselle vuonna 1984 ei ole toistaiseksi löytynyt selitystä. Klordaani- ja toksafeenipitoisuuksissa sen sijaan ei selvää suuntausta ole, vaikkakin toksafeenipitoisuus oli viimeisenä havaintovuonna pienin (kuva 11).



Kuva 10.

Pohjanlahdelta talvella 1990/1991 pyydettyjen meritaimenten (PMT = Perämeri, KMT = Kokkolan edusta ja SMT = Selkämeri) lihasen  $\Sigma$ DDT:n, PCB:n, klordaanin (SKLORD) ja toksafeenin (TOX) pitoisuudet rasvaa kohti (A) sekä DDT:n ja sen aineenvaihduntatuotteiden, DDE:n ja DDD:n osuudet  $\Sigma$ DDT:stä (B). Analysoitujen kalojen lukumäärä on ilmoitettu suluissa. Keskiarvojen erojen tilastollista merkitsevyyttä kuvaa eri kirjaimet pylväiden päällä ( $p < 0,05$ ) ja pystyviiva kuvaa keskivirhettä.



Kuva 11. Kemijokeen vuosina 1982 - 1986 ja Simojokeen vuosina 1988 - 1990 kudulle nousseiden lohien lihaksen  $\Sigma$ DDT:n, PCB:n, klordaaniin (SKLORD) ja toksafeenin (TOX) pitoisuudet rasvaa kohti. Näytteet on otettu syksyllä kutuaikana. Pystyviiva kuvaa keskivirhettä ja suluissa on analysoitujen kalojen lukumäärä.

Pyyntilohissa, jotka ovat peräisin varsinaisen Itämeren alueelta, näkyy DDT-pitoisuuksissa laskeva suuntaus vuosina 1985 - 1993, kuten edellä kutulohissakin; kuitenkin vuonna 1993 PCB-pitoisuus on lähes yhtä suuri kuin ensimmäisenä havaintovuonna, 1985 (kuva 12). Toksafeeni- ja klordaaniipitoisuuksissa ei ole trendiä havaittavissa (kuva 12). Selkämeren ja Suomenlahden lohien DDT-, PCB-, klordaani- ja toksafeenipitoisuuksissa ei ole havaittavissa selvää suuntausta (kuva 12). Myöskään Merentutkimuslaitoksen PCB- ja  $\Sigma$ DDT-pitoisuuksien pitkäaikaisen seurannan mukaan Pohjanlahden silakoiden pitoisuudet (rasvaa kohti) eivät ole viime vuosina

Taulukko 25. Organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) meritaimenien lihaksessa kolmella pyyntipaikalla Pohjanlahdella. Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina. N = kalojen lukumäärä.

	Pori	N	Kokkola	N	Simo	N	P <
$\alpha$ -HCH	$2,6 \pm 0,3^a$	8	$1,2 \pm 0,3^b$	5	$0,7 \pm 0,1^b$	7	0,01
HCB	$3,9 \pm 0,7^a$	8	$2,8 \pm 0,8^a$	5	$1,3 \pm 0,3^a$	7	NS
LINDAANI	$1,5 \pm 0,2^a$	8	$0,7 \pm 0,1^b$	5	$0,4 \pm 0,1^b$	7	0,05
HEPTA	0	8	$0,1 \pm 0,1^a$	5	$0,1 \pm 0,1^a$	7	NS
OXY	$1,6 \pm 0,3^a$	8	$1,3 \pm 0,4^a$	5	$0,6 \pm 0,1^a$	7	NS
GAMMA	0	8	$0,2 \pm 0,1^a$	5	$0,1 \pm 0,0^a$	7	NS
ALFA	$2,6 \pm 0,5^a$	8	$1,7 \pm 0,6^a$	5	$0,7 \pm 0,2^a$	7	NS
TRANS	$3,9 \pm 0,8^a$	8	$3,8 \pm 1,4^a$	5	$1,1 \pm 0,4^a$	7	NS
$\Sigma$ KLORD.	$8,0 \pm 1,6^a$	8	$7,2 \pm 2,2^a$	5	$2,6 \pm 0,7^a$	7	NS
DDE	$38,5 \pm 6,3^a$	8	$28,8 \pm 11,5^a$	5	$9,3 \pm 2,6^a$	7	NS
DDD	$10,4 \pm 1,8^a$	8	$3,1 \pm 1,3^b$	5	$0,9 \pm 0,3^b$	7	0,05
DDT	$8,6 \pm 1,4^a$	8	$7,8 \pm 2,3^a$	5	$2,5 \pm 0,7^a$	7	NS
$\Sigma$ DDT	$57,5 \pm 8,8^a$	8	$39,6 \pm 14,6^a$	5	$12,7 \pm 3,6^a$	7	NS
PCB	$140 \pm 22^a$	8	$136 \pm 49^a$	5	$47 \pm 9^a$	7	NS
TOKS.	$27,6 \pm 5,5^a$	8	$37,2 \pm 16,6^a$	5	$17,3 \pm 5,3^a$	7	NS

Taulukko 26. Organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) meritaimenien lihaksessa kolmella pyyntipaikalla Pohjanlahdella. Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina. N = kalojen lukumäärä.

	Pori	N	Kokkola	N	Simo	N	P <
$\alpha$ -HCH	52,3 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	8	50,5 $\pm$ 5,1 <sup>ab</sup>	5	44,3 $\pm$ 5,0 <sup>b</sup>	7	0,01
HCB	72,7 $\pm$ 6,5 <sup>a</sup>	8	111 $\pm$ 22 <sup>a</sup>	5	74,1 $\pm$ 11,5 <sup>a</sup>	7	NS
LINDAANI	28,2 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>	8	32,4 $\pm$ 7,8 <sup>a</sup>	5	26,8 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	7	NS
HEPTA	0	8	13,1 $\pm$ 8,9 <sup>a</sup>	5	12,6 $\pm$ 5,7 <sup>a</sup>	7	NS
OXY	30,0 $\pm$ 3,7 <sup>a</sup>	8	51,3 $\pm$ 12,8 <sup>a</sup>	5	40,5 $\pm$ 9,9 <sup>a</sup>	7	NS
GAMMA	0	8	11,3 $\pm$ 8,6 <sup>a</sup>	5	9,9 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	7	NS
ALFA	48,7 $\pm$ 6,8 <sup>a</sup>	8	60,8 $\pm$ 14,1 <sup>a</sup>	5	41,0 $\pm$ 7,9 <sup>a</sup>	7	NS
TRANS	71,6 $\pm$ 10,0 <sup>a</sup>	8	143 $\pm$ 53 <sup>a</sup>	5	69,0 $\pm$ 17,1 <sup>a</sup>	7	NS
$\Sigma$ KLORD.	150 $\pm$ 19 <sup>a</sup>	8	280 $\pm$ 73 <sup>a</sup>	5	173 $\pm$ 41 <sup>a</sup>	7	NS
DDE	735 $\pm$ 78 <sup>a</sup>	8	1018 $\pm$ 465 <sup>a</sup>	5	555 $\pm$ 126 <sup>a</sup>	7	NS
DDD	200 $\pm$ 32 <sup>a</sup>	8	99,1 $\pm$ 20,8 <sup>ab</sup>	5	44,2 $\pm$ 9,9 <sup>b</sup>	7	0,05
DDT	165 $\pm$ 13 <sup>a</sup>	8	312 $\pm$ 83 <sup>b</sup>	5	143 $\pm$ 24 <sup>a</sup>	7	0,05
$\Sigma$ DDT	1100 $\pm$ 104 <sup>a</sup>	8	1430 $\pm$ 546 <sup>a</sup>	5	742 $\pm$ 154 <sup>a</sup>	7	NS
PCB	2647 $\pm$ 203 <sup>a</sup>	8	5008 $\pm$ 1972 <sup>a</sup>	5	2939 $\pm$ 574 <sup>a</sup>	7	NS
TOKS.	517 $\pm$ 74 <sup>a</sup>	8	1520 $\pm$ 783 <sup>a</sup>	5	1129 $\pm$ 361 <sup>a</sup>	7	NS

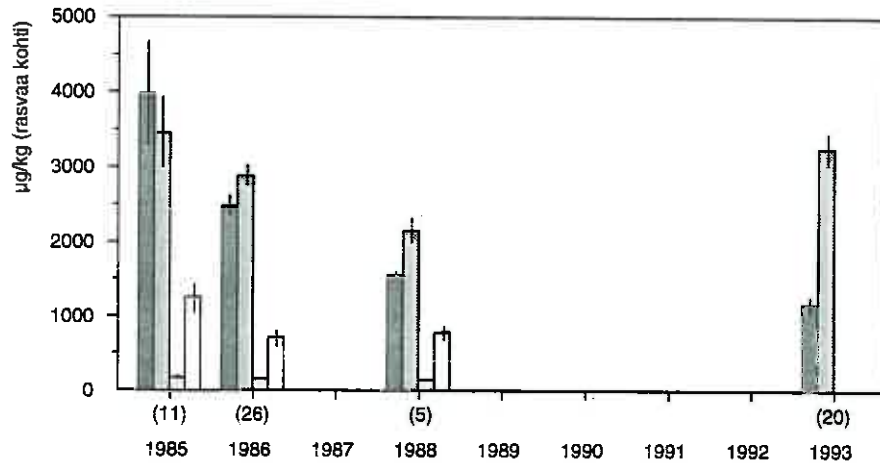
Taulukko 27. Raskasmetallien pitoisuuksia (mg/kg; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) Pohjanlahden rannikolta pyydettyjen meritaimenien lihaksessa. Eriäinen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) ja P-arvo ilmaisee merkitsevyyden kovarianssianalyysistä, jossa kalan paino oli kovariaattina. N = kalojen lukumäärä.

	Ahvenanmaa	N	Pori	N	Kokkola	N	Simo	N
Cd	< 0,01	6	< 0,01	7	< 0,01	6	< 0,01	6
Zn	6,52 $\pm$ 0,58 <sup>ab</sup>	6	4,34 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	7	6,87 $\pm$ 0,64 <sup>b</sup>	6	8,02 $\pm$ 0,61 <sup>b</sup>	6
Cu	0,35 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	6	0,32 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	7	0,30 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6	0,25 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6
Cr	0,04 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	6	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	7	0,06 $\pm$ 0,00 <sup>ab</sup>	6	0,04 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	6
V	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	7	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6
Pb	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	7	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	6	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	6
Hg	0,16 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	6	0,10 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	7	0,15 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	6	0,19 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	6

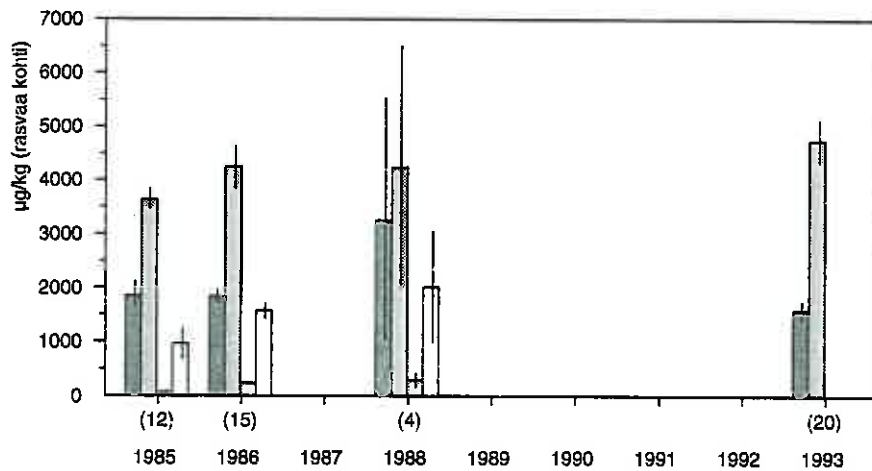


A

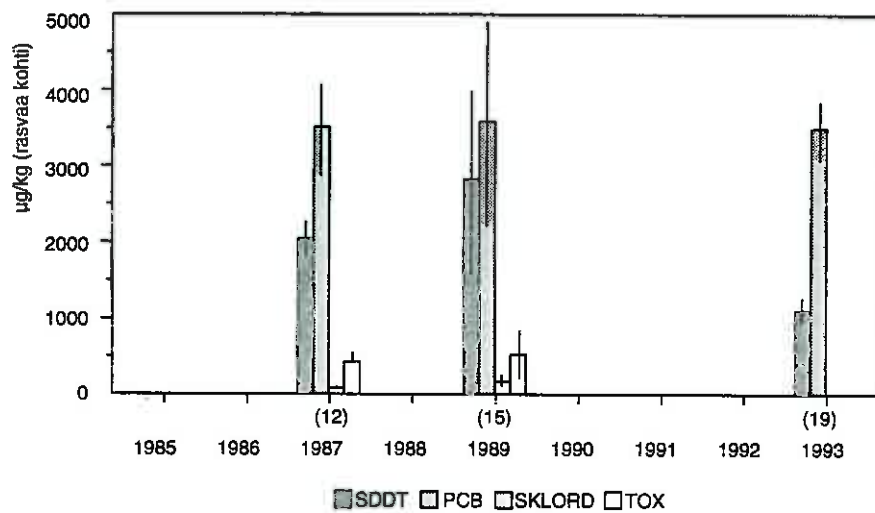
50



B



C



■ SDDT □ PCB □ SKLORD □ TOX

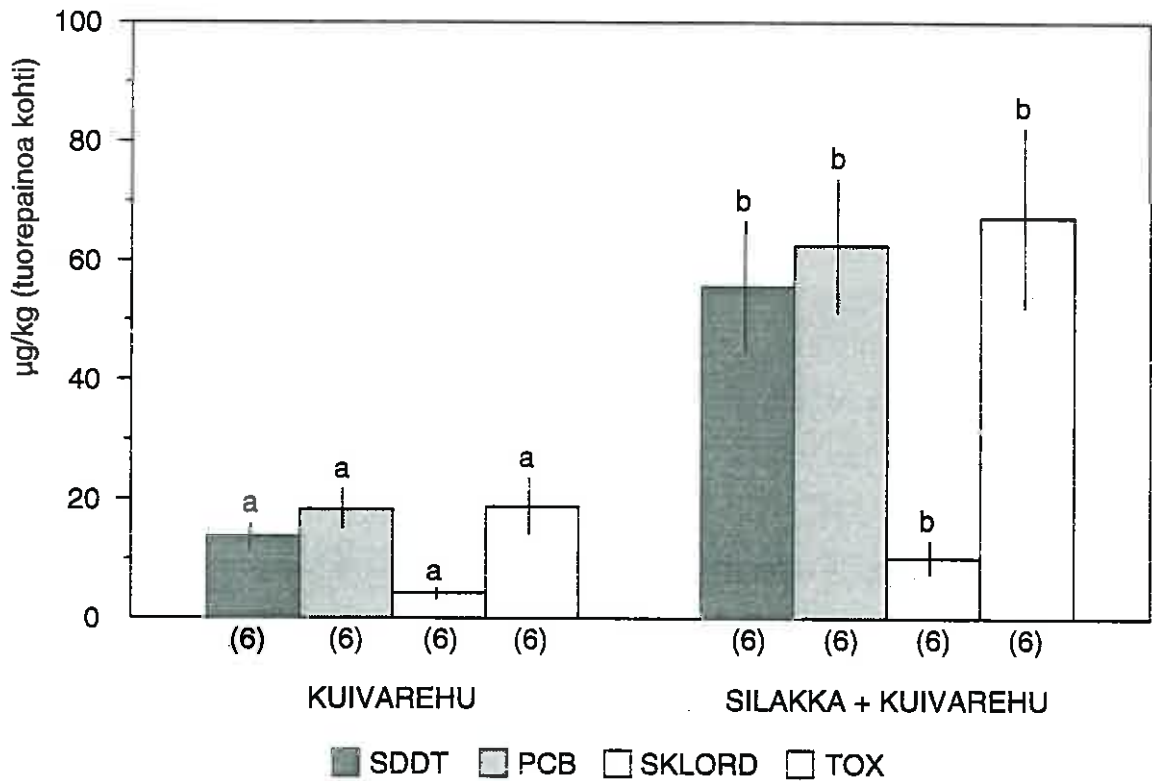
Kuva 12. Varsinaiselta Itämereltä (A) ja Selkämereltä (B) vuosina 1985 - 1993 sekä Suomenlahdesta (C) vuosina 1987, 1989 ja 1993 pyydettyjen lohien lihasen  $\Sigma$ DDT:n, PCB:n, klordaanin (SKLORD) ja toksafeenin (TOX) pitoisuudet rasvaa kohti. Pystyviiva kuvaa keskivirhettä ja suluissa näytekalojen lukumäärä.

enää laskeneet, vaan näyttäisivät jopa hiukan kasvaneen (Hannu Haahti, Merentutkimuslaitos; suull. tieto).

Itämeressä, etenkin Suomenlahdessa, veden selvä suolakerrostuneisuus on hävinnyt, mistä on seurannut mm., että planktoneliöt eivät enää ole esiintyneet tihentyminä (Pekka Alenius, Merentutkimuslaitos; suull. tieto). Silakan kasvu on ollut viime vuosina hidasta; vanhojen yksilöiden keskipaino on ollut noin 60 % aikaisemmasta (Parmanne 1992). Silakoita, vaikka ne ovat olleet hidaskasvuisia ja laihoja, on ollut viime vuosina enemmän kuin ennen. Myös kilohaileja on ollut Itämeren etelä- ja keskiosassa paljon (Raimo Parmanne, RKTL; suull. tieto). Lohilla on siis ollut runsaasti ravintoa tarjolla ja ne ovatkin kasvaneet nopeammin kuin aikaisemmin (Report of ... 1992). Silakan hidaskasvuudesta johtuu, että lohet syövät vanhempia silakoita. Vanhempiin silakoihin kertyy enemmän ympäristömyrkkyyä kuin nuorempiin (Perttilä ym. 1982a). Tämä saattaisi selittää, miksi lohen PCB-pitoisuudet ovat nyt suurentuneet. Jos selitys suurentuneille PCB-pitoisuuksille, vaikka PCB:n päästöt Itämeren piirissä ovat vähentyneet, on oikea, voivat muidenkin eliöihin kertyvien rasvaliukoisten yhdisteiden, joiden päästöjä ei ole rajoitettu, pitoisuudet saattaneet kasvaa (sellaistenkin, joita ei ole mitattu). Itämereen talvella tullut suolaisen veden pulssi saattaa tulevaisuudessa taas vaikuttaa ympäristömyrkköjen kulkeutumiseen ravintoketjussa. Silakoiden kasvu tulee ilmeisesti nopeutumaan, ja sen seurauksena lohi käyttää aikaisempaa nuorempia silakoita ravinnokseen (Raimo Parmanne, suull. tieto). Täten lohen silakoista saama ympäristömyrkkymäärä todennäköisesti pienenee lähivuosina.

## 5. KIRJLOHEN YMPÄRISTÖMYRKYT JA RAVINNON VAIKUTUS NIIHIN

Kirjoloheiden organoklooriyhdisteiden pitoisuudet lihaksessa olivat melko pieniä. Kuitenkin puoliksi kuivarehulla ja puoliksi silakalla syötetyissä kirjolohissa pitoisuudet olivat merkitsevästi suuremmat kuin pelkällä kuivarehulla syötetyissä kirjolohissa (taulukot 28 ja 29 ja kuva 13). Merivedessä kasvatetut kirjolohet saivat organoklooriyhdisteitä nimenomaan rehun kautta, sillä myös järvivedessä kasvatetuissa, osaksi merikalalla ruokituissa kirjolohissa näiden yhdisteiden pitoisuudet olivat suurentuneet verrattuna kuivarehulla ruokittuihin, merivedessä kasvatettuihin kirjolohiin.



Kuva 13. Kokonaan kuivarehulla ja puoliksi kuivarehulla, puoliksi silakalla ruokittujen kirjolohien lihaksen  $\Sigma$ DDT-, PCB-, klordaani-(SKLORD) ja toksafeenipitoisuudet (TOX) tuorepainoa kohti. Kaikkien näiden yhdisteiden pitoisuuksissa oli merkitsevä ero ( $p < 0,05$ ) ruokintaryhmien välillä. Pystyviiva kuvaa keskivirhettä ja suluissa on analysoitujen kalojen lukumäärä.

Pitoisuudet kirjolohissa olivat suunnilleen saman suuruisia kuin meritaimenissa (taulukot 25 ja 26) ja selvästi pienempiä kuin lohissa (taulukot 14 - 21 ja kuva 8). Mitatut PCB- ja  $\Sigma$ DDT-pitoisuudet olivat samansuuruisia kuin Elintarvikevirastossa tehdyssä kirjolohitutkimuksessa (Kirjol... 1992). Vaikka kirjolohet olivat melko tasakokoisia, niidenkin organoklooriyhdisteiden pitoisuudet korreloivat merkitsevästi kalan painon ja pituuden kanssa (taulukko 30).

Raskasmetallipitoisuuksissa ei ollut ruokinnasta johtuvia eroja kirjolohiryhmien välillä (taulukko 31). Kummastakin ruokintaryhmästä analysoitiin kolmen kalan

Taulukko 28. Organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  rasvaa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) eri ravinnolla syötettyjen kirjolohien lihaksessa. Ryhmä 1 = puoliksi kuivarehulla ja puoliksi silakalla ruokitut, merivedessä kasvatetut (6 kalaa); Ryhmä 2 = kuivarehulla ruokitut, merivedessä kasvatetut (6 kalaa) ja Ryhmä 3 = sekarehulla ruokitut, järvivedessä kasvatetut (10 kalaa). Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ).

	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
PCB	720 $\pm$ 32 <sup>a</sup>	295 $\pm$ 41 <sup>b</sup>	853 $\pm$ 70 <sup>a</sup>
DDE	387 $\pm$ 19 <sup>a</sup>	141 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	199 $\pm$ 14 <sup>c</sup>
DDD	144 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	52 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	57 $\pm$ 3 <sup>b</sup>
DDT	94 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	32 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	49 $\pm$ 4 <sup>c</sup>
$\Sigma$ DDT	634 $\pm$ 25 <sup>a</sup>	219 $\pm$ 23 <sup>b</sup>	304 $\pm$ 19 <sup>c</sup>
TOKS.	752 $\pm$ 45 <sup>a</sup>	163 $\pm$ 76 <sup>b</sup>	466 $\pm$ 65 <sup>b</sup>
OKSI	3 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	2 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	3 $\pm$ 2 <sup>a</sup>
GAMMA	8 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	11 $\pm$ 4 <sup>a</sup>
ALFA	47 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	35 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	25 $\pm$ 5 <sup>a</sup>
TRANS	51 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	24 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	24 $\pm$ 2 <sup>b</sup>
$\Sigma$ KLORD.	108 $\pm$ 16 <sup>a</sup>	66 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	63 $\pm$ 12 <sup>a</sup>
$\alpha$ -HCH	109 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	102 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	72 $\pm$ 2 <sup>b</sup>
LINDAANI	35 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	38 $\pm$ 4 <sup>ab</sup>	47 $\pm$ 3 <sup>b</sup>
HCB	86 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	43 $\pm$ 5 <sup>b</sup>	55 $\pm$ 3 <sup>b</sup>

Taulukko 29. Organoklooriyhdisteiden pitoisuuksia ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa; keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) eri ravinnolla syötettyjen kirjolohien lihaksessa. Ryhmä 1 = puoliksi kuivarehulla ja puoliksi silakalla ruokitut, merivedessä kasvatetut (6 kalaa); Ryhmä 2 = kuivarehulla ruokitut, merivedessä kasvatetut (6 kalaa) ja Ryhmä 3 = sekarehulla ruokitut, järvivedessä kasvatetut (10 kalaa). Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ).

	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
PCB	62,5 $\pm$ 11,9 <sup>a</sup>	18,3 $\pm$ 3,9 <sup>b</sup>	50,0 $\pm$ 5,1 <sup>a</sup>
DDE	34,7 $\pm$ 6,8 <sup>a</sup>	8,8 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>	11,7 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>
DDD	12,8 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,6 <sup>b</sup>	3,4 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>
DDT	8,2 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	1,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	2,9 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>
$\Sigma$ DDT	55,7 $\pm$ 11,3 <sup>a</sup>	13,8 $\pm$ 2,5 <sup>b</sup>	18,0 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>
TOKS.	67,2 $\pm$ 15,5 <sup>a</sup>	18,7 $\pm$ 5,0 <sup>b</sup>	28,9 $\pm$ 4,9 <sup>b</sup>
OKSI	0,3 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,2 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
GAMMA	0,8 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	0,3 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>
ALFA	4,5 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	2,0 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	1,4 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>
TRANS	4,5 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	1,7 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	1,4 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>
$\Sigma$ KLORD.	10,2 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	3,7 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>
$\alpha$ -HCH	9,3 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	6,2 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>	4,3 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>
LINDAANI	2,8 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	2,7 $\pm$ 0,2 <sup>ab</sup>
HCB	7,5 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	2,5 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	3,2 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>

Taulukko 30. Kirjoloihen lihaksen organoklooriyhdisteiden ja kalan painon, pituuden ja lihaksen rasvapitoisuuden korrelaatiokertoimet (Pearson), joiden tilastollinen merkitsevyys on ilmoitettu tähdillä: \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$  ja \*\*\* =  $p < 0,001$ .

	PITUUS	PAINO	RASVA-%
PITUUS	1,000		
PAINO	0,942***	1,000	
RASVA-%	0,220	0,323	1,000
PCB	0,483*	0,525*	0,717***
DDE	0,552**	0,673***	0,854***
DDD	0,503*	0,631**	0,861***
DDT	0,540**	0,663***	0,858***
ΣDDT	0,540**	0,663***	0,859***
TOKS.	0,474*	0,548**	0,871***
OKSI	0,035	0,140	0,558**
GAMMA	0,175	0,219	0,590**
ALFA	0,312	0,455*	0,811***
TRANS	0,447*	0,581**	0,874***
ΣKLORD.	0,344	0,477*	0,847***
α-HCH	0,299	0,439*	0,942***
LINDAANI	0,160	0,196	0,770***
HCB	0,508*	0,625**	0,871***

Taulukko 31. Raskasmetallien pitoisuuksia (keskiarvo  $\pm$  keskivirhe) eri ravinnolla syötettyjen kirjolohien lihaksessa. Ryhmä 1 = puoliksi kuivarehulla ja puoliksi silakalla ruokitut, merivedessä kasvatetut (6 kalaa); Ryhmä 2 = kuivarehulla ruokitut, merivedessä kasvatetut (6 kalaa) ja Ryhmä 3 = sekarehulla ruokitut, järvi-vedessä kasvatetut (10 kalaa). Erilainen kirjain yläindeksinä ilmaisee keskiarvojen eroavan merkitsevästi ( $p < 0,05$ ).

	Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
Hg, mg kg <sup>-1</sup>	0,037 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>	0,028 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>	0,100 $\pm$ 0,011 <sup>b</sup>
Cd, $\mu$ g kg <sup>-1</sup>	10,2 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	9,5 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	15,7 $\pm$ 5,6 <sup>a</sup>
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	0,542 $\pm$ 0,025 <sup>a</sup>	0,515 $\pm$ 0,051 <sup>a</sup>	0,615 $\pm$ 0,043 <sup>a</sup>
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	3,73 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	4,30 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	3,62 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>
Pb, mg kg <sup>-1</sup>	0,152 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	0,122 $\pm$ 0,020 <sup>a</sup>	0,129 $\pm$ 0,021 <sup>a</sup>

yhdistelmänäytteestä polyklooridibentsodioksiineja ja -furaaneja, mutta niitä ei näytteissä havaittu. Elintarvikeviraston kirjolohien vierasainetutkimuksessa kirjolohessa todettiin dioksiineja pieninä pitoisuuksina (Kirjol... 1992).

## 6. LOHI, MERITAIMEN JA KIRJOLOHI ELINTARVIKKEENA

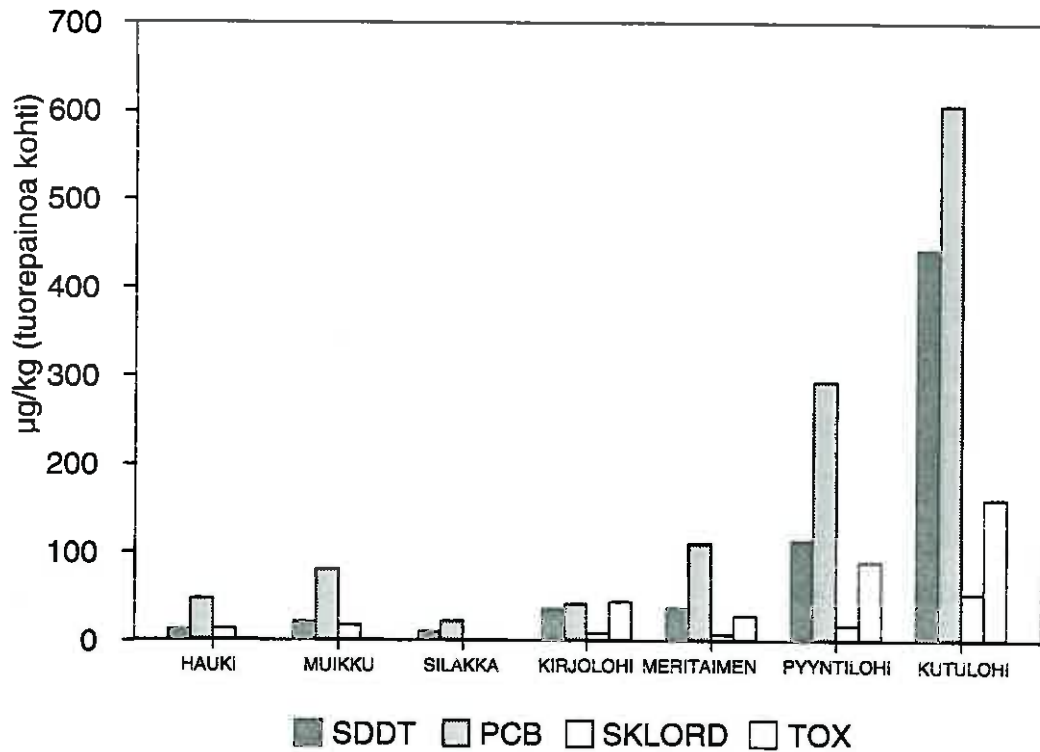
Suomessa ja Ruotsissa voimassa olevat suurimmat kaloissa elintarvikkeena sallitut vieraiden aineiden pitoisuudet on esitetty taulukossa 32. Raja-arvot vastaavat melko hyvin toisiaan, paitsi että Ruotsissa DDT:n sallittu enimmäispitoisuus on kymmenkertainen Suomeen verrattuna.

Lohen, meritaimenen ja kirjolohen raskasmetallipitoisuudet olivat melko pieniä (taulukko 33). Sekä elohopean että kadmiumin, ainoat metallit, joille on annettu sallittu enimmäispitoisuus, pitoisuudet ovat selvästi pienempiä kuin annetut raja-arvot. Kadmiumpitoisuus oli suunnilleen yhtä suuri, mutta lohessa ja meritaimenessa elohopeapitoisuus oli suurempi kuin silakassa (Perttilä ym. 1982b). Lohessa, meritaimenessa ja kirjolohessa kuparin ja sinkin pitoisuudet ovat suunnilleen saman suuruisia kuin silakassa (Perttilä ym. 1982b). Sen sijaan lyijyn pitoisuus lohessa ja kirjolohessa oli suurempi, mutta meritaimenessa lähes yhtä pieni kuin silakassa (Perttilä ym. 1982b).

Organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat lohikaloissa selvästi suurempia kuin hauessa, muikussa tai silakassa (kuva 14). Tosin hauki- ja muikkutulokset ovat melko vanhoja; ne ovat vuodelta 1982 (Pyysalo ym. 1983), eivätkä siten ole täysin vertailukelpoisia lohituloksiin.

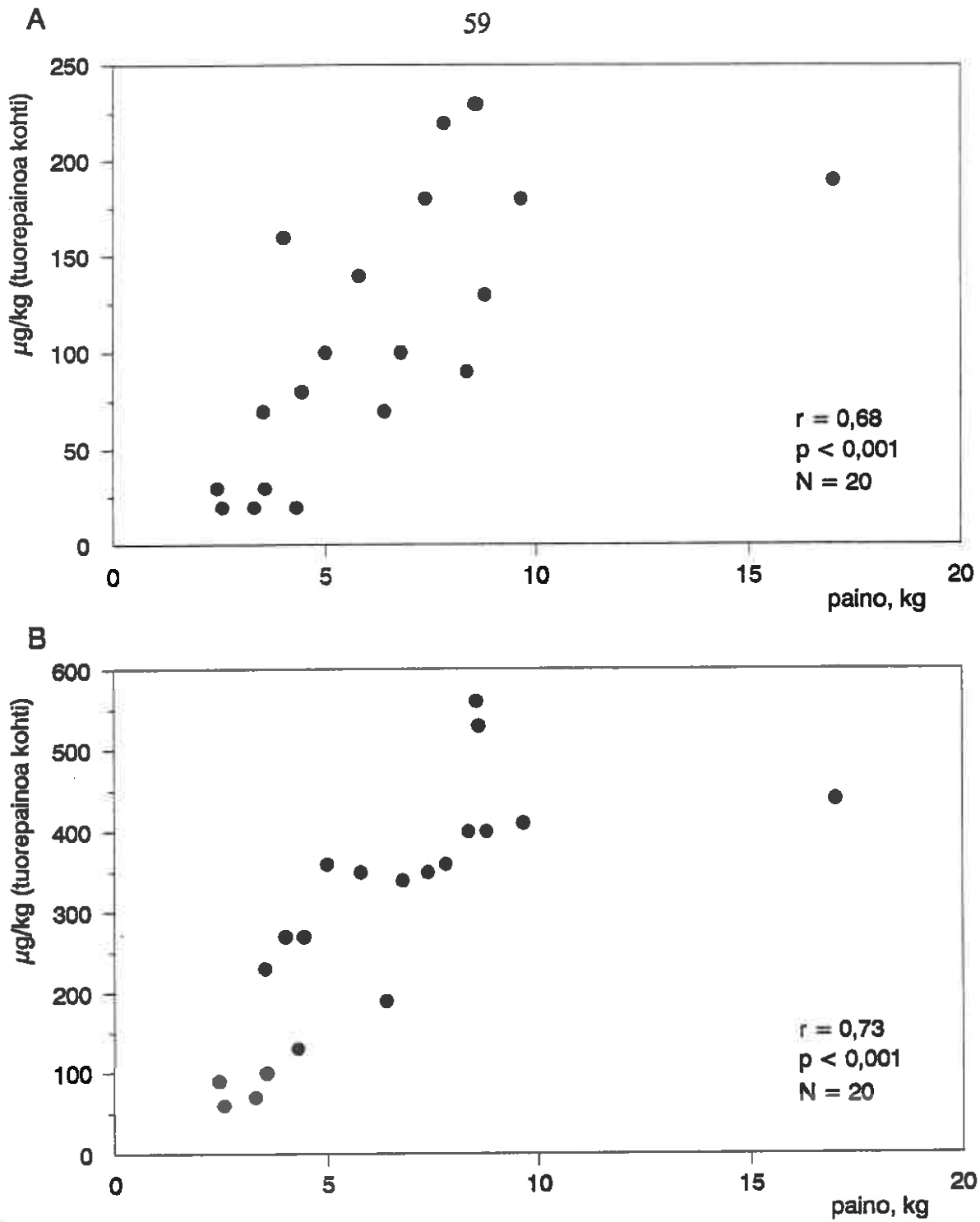
Mitä suurempi lohi sitä suurempia organoklooriyhdisteiden pitoisuudet yleensä ovat. Suurten lohien ympäristömyrkkypitoisuuksien kasvaminen voi liittyä siihen, että ne todennäköisesti käyttävät ravinnokseen vanhempia silakoita kuin pienet lohet. Kuvassa 15 on esimerkkinä varsinaiselta Itämereltä vuonna 1993 pyydettyjen lohien lihaksen DDT- ja PCB-pitoisuudet esitetty ruumiinpainon funktiona. Kumpikaan analysoiduista yhdisteistä, DDT ja PCB, ei kuitenkaan korreloinut tilastollisesti merkitsevästi lohien iän kanssa. Vaikka lohet olivat hyvin erikokoisia, niiden ikä ei kovin paljon vaihdellut. Yleensä lohet olivat kahden tai kolmen merivuoden kaloja.





Kuva 14.

Eri kalalajien lihaksen  $\Sigma$ DDT-, PCB-, klordaani- (SKLORD) ja toksafeenipitoisuudet (TOX) tuorepainoa kohti. Hauki- ja muikkunäytteet ovat sekä sisävesi- että rannikkoalueelta vuodelta 1982 (Pyysalo ym. 1983). Silakkanäytteet ovat vuodelta 1986 keskiarvona yhteensä viideltä näytepaikalta pitkin rannikkoa (Haahti ja Perttilä 1988). Kirjolohti-, meritaimen-, pyyntilohi- ja kutulohitulokset ovat tästä tutkimuksesta. Kutulohi on Simojoen lohi vuodelta 1990. Pyyntilohen  $\Sigma$ DDT- ja PCB-pitoisuudet ovat vuodelta 1993 ja klordaani- ja toksafeenipitoisuudet vuodelta 1988, molemmat varsinaiselta Itämereltä.



Kuva 15. Varsinaiselta Itämereltä vuonna 1993 pyydettyjen lohien lihaksen  $\Sigma$ DDT- (A) ja PCB-pitoisuudet (B) tuorepainoa kohti kalan painon funktiona. Molempien yhdisteiden pitoisuudet kasvavat selvästi kalan painon nousun myötä, mutta kummankin yhdisteen pitoisuudet ovat selvästi pienempiä kuin suurin kalassa sallittu pitoisuus (ks. taulukko 32).

Taulukko 32. Organoklooriyhdisteiden ja raskasmetallien suurimmat sallitut pitoisuudet kalassa elintarvikkeena Suomessa ja Ruotsissa. Pitoisuudet on ilmoitettu  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tuorepainoa kohti.

	Suurin sallittu pitoisuus, $\mu\text{g}/\text{kg}$	
	Suomi	Ruotsi
<i>Organokloorit</i>		
DDT	500	5 000
Heksaklooribentseeni	100	200
Klordaani	100	-
Lindaani	100	200
PCB	2 000	2 000
<i>Raskasmetallit</i>		
Elohopea	1 000	1 000
Kadmium	100	-

Taulukko 33. Suomenlahden lohen (1987), meritaimenen (1990) ja kirjo-lohen (1987) raskasmetallipitoisuuksia (Cd = kadmium, Zn = sinkki, Cu = kupari, Pb = lyijy ja Hg = elohopea). Pitoisuuksien keskiarvot (ka), vaihteluvälit (vv) ja analysoitujen näytteiden lukumäärä (N). Metalleista cadmiumin ja elohopean, joille on määritelty suurin kalassa elintarvikkeena sallittu pitoisuus, pitoisuudet ovat selvästi näitä raja-arvoja pienemmät (ks. taulukko 32).

	SUOMENLAHDEN LOHI		POHJANLAHDEN MERITAIMEN		KIRJOLOHI	
	ka	vv	ka	vv	ka	vv
Cd, $\mu\text{g kg}^{-1}$	5	2 - 12	0	-	10	1 - 48
Zn, $\text{mg kg}^{-1}$	3,0	2,1 - 6,6	6,4	3,6 - 10,0	4,0	2,9 - 5,8
Cu, $\text{mg kg}^{-1}$	0,60	0,45 - 0,89	0,31	0,20 - 0,47	0,53	0,34 - 0,94
Pb, $\text{mg kg}^{-1}$	0,22	0,09 - 0,47	0,06	0,01 - 0,12	0,14	0,05 - 0,25
Hg, $\text{mg kg}^{-1}$	0,11	0,05 - 0,16	0,15	0,06 - 0,34	0,03	0,02 - 0,16
N	12		25		30	

Sekä ΣDDTn että PCBn pitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin kalassa elintarvikkeena sallittu suurin pitoisuus (taulukko 32). Tenojoen lohien ympäristömyrkytöisyyksien ja painon välisiä korrelaatioita on esitetty luvussa 4.4 (kuva 9). Tenojoen lohissa organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin meritaimenissa (taulukko 25), kirjolohissa (taulukko 29) tai Itämeren lohissa (kuva 8).

Dioksiinien pitoisuuksista elintarvikkeissa ei ole lakisääteisiä pitoisuusrajoja. Kuitenkin pohjoismainen suositus on, että viikossa TCDDn saanti saisi olla 0 - 35 pg ruumiinpainon kiloa kohti viikossa (Nord 1988). Kun tämän tutkimuksen ensisijainen tavoite oli selvittää lohien ympäristömyrkytöisyyksien yhteyttä haudonnan onnistumiseen ja poikasten elinkykyyn, dioksiinejakin analysoitiin lähinnä kutulohista. Kuitenkaan kutuaikaisia lohia ei yleensä käytetä ihmisravinnoksi, koska niiden lihan laatu on muutenkin pyyntilohta heikompaa. Taulukoissa 34 ja 35 on esitetty eri merialueiden pyyntilohien dioksiinipitoisuuksia vertailuna Tenojoen lohille. Kun Tenojoen lohien dioksiiniekvivalenttipitoisuus oli keskimäärin 0,4 pg/g, se tarkoittaa, että 70 kg painava ihminen voi syödä Tenojoen lohta noin 6 kg viikossa.

Ruotsin elintarvikeviranomaiset ovat antaneet suosituksen, että toisaalta kalan käyttöä olisi lisättävä, mutta toisaalta raskaana olevien, imettävien ja lapsen hankkimista suunnittelevien naisten tulisi välttää saastuneilta alueilta pyydettyä kalaa; esimerkiksi Itämeren lohien ja meritaimenen syöntiä. Kuitenkin pohjoismainen kalan käytön terveysvaikutuksia pohtinut asiantuntijakokous päätyi suositteluun sekä rasvaisen että vähärasvaisen kalan käytön lisäämistä (Report from ... 1992). Kokouksen yksimielisen käsityksen mukaan varsinkin rasvaisen kalan pitkäketjuisilla monitydyttämättömillä rasvahapoilla on kansanterveydellisesti edullinen vaikutus, koska ne vähentävät alttiutta verenkiertoelimistön sairauksille. Kala on myös tärkeä D-vitamiinin, seleenin ja jodin lähde.

Taulukko 34. "Dioksiinien" pitoisuudet (tuorepainoa kohti) Simojoen ja Saimaan lohessa sekä Michigan- ja Ontariojärven kaloissa (Zacharewski ym. 1989). Simojoen ja Saimaan lohista näytteet otettiin syksyllä kutuaikana, jota lohta ei yleensä syödä.

	PCDDt ja PCDFt yhteensä vaihteluväli, pg/g
Varsinainen Itämeri	< 3 - 10
Selkämeri	< 3 - 8
Suomenlahti	< 3 - 17
Tenojoki	< 3 - 6

Taulukko 35. Dioksiinien ekvivalenttipitoisuus (TEQ, pg/g tuorepainoa) (A) Tenojoen, Simojoen ja Saimaan lohessa sekä (B) eräissä elintarvikkeissa (Vartiainen 1992). Simojoen ja Saimaan lohista näytteet otettiin syksyllä kutuaikana; kutulohia ei yleensä syödä. TEQ -pitoisuus saadaan "dioksiinipitoisuuksista" kertomalla kunkin dioksiini-isomeerin pitoisuus omalla myrkyllisyyskertoimellaan ja laskemalla saadut pitoisuudet yhteen. Lohissa dioksiinien ekvivalenttipitoisuus on ilmoitettu lasketuna kahdella tavalla: (1) havaittujen isomeerien keskiarvona ja (2) keskiarvoon otettiin havaituista isomeereistä mitattu arvo ja alle määritysrajan jääneistä puolet määritysrajasta.

## A

	Itämeren pääallas	Selkä- meri	Suomen- lahti	Tenojoki
TEQ	1,9 - 3,9	3,4 - 3,7	1,7 - 4,0	0,4 - 4,9

## B

	Muna	Nauta	Sika
TEQ	0,124	< 0,2	< 0,1

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1. Tavoitteiden toteutuminen

Eri alueiden lohien organoklooriyhdisteiden pitoisuuksista ja pitoisuuksien ajallisesta muuttumisesta on nyt melko hyvät tiedot. Selvitys ympäristömyrkkujen yhteydestä lohien mädin haudonnan onnistumiseen jäi puutteelliseksi, koska alkuvuosina lohien mädin haudontatietojen yksilöllinen kerääminen ei onnistunut. Emon mädin yksilökohtainen haudonta olisi pitänyt järjestää erikseen tätä tutkimusta varten ja siihen tutkimuksen resurssit eivät riittäneet. Kuitenkin keväältä 1989 - 1991 saatiin Simojoen kalanviljelylaitokselta tiedot lohien mätikuolleisuudesta alkiovaiheen aikana ja kuolleisuudesta ruskuaispussivaiheen loppuun saakka. Näiden avulla on tehty alustavia päätelmiä lohien ympäristömyrkkypitoisuuksien yhteydestä jälkeläisten varhaiskuolleisuuteen. Simojoen kalanviljelylaitoksella erittäin suurta haudonnan aikaista kuolleisuutta onkin ilmennyt vasta haudontakautena 1991 - 1992 ja 1992 - 1993; mädin tuottaneista emoista on kerätty näytteitä, mutta niiden analysointiin ei ole vielä ollut resursseja käytettävissä. Tutkimus antaa hyvät pohjatiedot lähteä tarkemmin selvittämään nyt erittäin hälyttävänä ilmennyttä lohien vastakuoriutuneiden poikasten suurta kuolleisuutta.

### 7.2. Ympäristömyrkyt ja lohien lisääntyminen

Koska PCB-pitoisuudet Itämeren päänalalla lohissa olivat nyt keväällä 1993 otetuissa näytteissä suurentuneet, vaikka PCB:n päästöt Itämereen ovat vähentyneet, voivat muidenkin rasvaliukoisten, eliöihin kertyvien ja PCB:täkin myrkyllisimpien yhdisteiden pitoisuudet olla lohissa kasvaneet. Emolohiin (naaraisiin) kertyvät rasvaliukoiset organoklooriyhdisteet tai muut rasvaliukoiset eliöihin kertyvät yhdisteet saattavat (mädin kautta) aiheuttaa alkuiden ja ruskuaispussipoikasten kuolleisuutta ja jopa vaarantaa Itämeren lohien luonnonkantojen säilymistä. On jatkettava tutkimusta lohien ympäristömyrkyistä ja niiden yhteydestä lohien alkuiden ja poikasten kuolleisuuteen.



### 7.3. Lohi elintarvikkeena

Useimpien organoklooriyhdisteiden pitoisuudet lohen lihassa ovat sitä suuremmat mitä suurempi lohi on. Kuitenkin lohen niiden ympäristömyrkyjen pitoisuudet, joiden pitoisuuksista kalassa elintarvikkeena on lakisääteisiä raja-arvoja, jäävät suurissakin avomeripyynnin lohissa selvästi näitä raja-arvoja pienemmiksi. Lohien dioksiinipitoisuuksista on niin vähän tietoja, että vain enintään alustavia päätelmiä lohesta elintarvikkeena dioksiinien saannin kannalta voitaneen tehdä.

Tenojoen lohen PCB- ja DDT-pitoisuudet ovat selvästi Itämeren lohen pitoisuuksia pienemmät; samoin kirjolohessa nämä pitoisuudet ovat pienemmät kuin Itämeren lohessa. Kuitenkin kirjolohen ruokkiminen silakalla suurentaa kirjolohen lihan ympäristömyrkyypitoisuuksia, nimenomaan ravinnon kautta, mutta pitoisuudet jäivät sittenkin pienemmiksi kuin lohissa.

Kutevissa, väriltään tummuneissa lohissa, joita ei kuitenkaan tavallisesti käytetä ihmisravintona, DDT- ja PCB-pitoisuudet ovat suuremmat kuin merestä pyydytyissä lohissa ja DDT-pitoisuudet olivat viidesosassa Simojoen lohista vuonna 1990 jopa suurempia kuin elintarvikekäytölle asetettu raja-arvo.

### 7.4. Ympäristömyrkyt ja lohen kalastus

Suurimmissakin pyyntilohissa DDT- ja PCB-pitoisuudet ovat olleet pienempiä kuin elintarvikkeissa sallitut suurimmat pitoisuudet; pitoisuudet ovat kuitenkin suurempia isoissa lohissa. Itämeren eri alueilla lohen organoklooriyhdisteiden pitoisuuksissa ei juuri ollut eroja, mutta kudulle nousseissa lohissa, jotka ovat olleet syömättä useita kuukausia, ympäristömyrkyypitoisuudet ovat suurempia kuin syönnösvaelluksella olevissa lohissa. Siitä, miten pitoisuudet kasvavat kutuvaelluksen aikana, kun lohet lopettavat syömisen, ei ole toistaiseksi tietoa.

## KIRJALLISUUS

- Ankley, G. T., Tillitt, D. E., Giesy, J. P., Jones, P. D. & Verbrugge, D. A. 1991. Bioassay-derived 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin equivalents in PCB-containing extracts from the flesh and eggs of Lake Michigan chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and possible implications for reproduction. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, s. 1685 - 1690.
- Haahti, H. & Perttilä, M. 1988. Levels and trends of organochlorines in cod and herring in the Northern Baltic. *Mar. Pollut. Bull.* 19, s. 29 - 32.
- Ikonen, E. & Auvinen, H. 1984. Migration of salmon in the Baltic Sea, based on Finnish tagging experiments. Anadromous and Catadromous Fish Committee. ICES CM 1984/M: 4, 14 s.
- Jensen, S., Johansson, N. & Olsson, M. 1970. PCB - Indications of effects on salmon. Salmon Research Institute, Sweden. Report. 9 s.
- Kirjol... 1992. Kirjolohi ravintona, Aistittava laatu, mikrobiologiset tekijät, ravintoarvo ja vieraat aineet. Helsinki. Elintarvikeviraston julkaisuja 13/1992, 26 s. + liitt.
- Koistinen, J. 1993. Persistent polychloroaromatic compounds in the environment: structure-specific analyses. University of Jyväskylä, Department of Chemistry. Research Report No. 42. 50 s. + julkaisut liitteenä. (väitöskirja)
- Koistinen, J., Paasivirta, J. & Vuorinen, P. J. 1989. Dioxins and other planar polychloroaromatic compounds in Baltic, Finnish and arctic fish samples. *Chemosphere* 19, 527 - 530.
- Mac, M. J. & Schwartz, T. R. 1992. Investigation into the effects of PCB congeners on reproduction in lake trout from the Great Lakes. *Chemosphere* 25, s. 189 - 192.
- Nord... 1988. Nordisk dioxinriskbedömning. Rapport från en nordisk expertgrupp. *NORD* 1988:49. 129 s + liitt.
- Olsson, M. & Reutergårdh, L. 1986. DDT and PCB pollution trends in the Swedish aquatic environment. *Ambio*, C.M. 1986/E:50, s. 103 - 109.
- Paasivirta, J. 1988. Saimaan kalojen organoklooriyhdisteet 1988. Tutkimusraportti 24.10.1988. Jyväskylän yliopiston kemian laitos. 7 s. + liite (5 s.)
- Parmanne, R. 1992. Changes in the growth of herring in the northern Baltic Sea in 1970 - 1991. International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1992/J:42.
- Perttilä, M., Tervo, V. & Parmanne, R. 1982a. Age dependence of the concentration of harmful substances in Baltic herring (*Clupea harengus*). *Chemosphere* 11, p. 1019 - 1026.

Perttilä, M., Tervo, V. & Parmanne, R. 1982b. Heavy metals in Baltic herring and cod. *Mar. Pollut. Bull.* 13, s. 391 - 393.

Pyysalo, H., Wickström, K. & Litmanen, R. 1983. A baseline study on the concentrations of chlordane-, PCB- and DDT-compounds in Finnish fish samples in the year 1982. *Chemosphere* 12, s. 837 - 842.

Report from ... 1992. Fish and food. Report from a Nordic Expert Meeting on Nutritional and Toxicological Aspects of Fish as Food. Hindås, Sweden, 19 - 20 November 1990. *Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1992*: 568. 207 s.

Report of ... 1992. Report of the Baltic Salmon Assessment Working Group 1992. ICES C.M. 1992/Assess:13. Copenhagen. 118 s.

Report of ... 1993. Report of the Baltic Salmon and Trout Working Group 1993. ICES C.M. 1993/Assess:14. Copenhagen.

Spies, R. B. & Rice, D. W. Jr. 1988. Effects of organic contaminants on reproduction of the starry flounder *Placthinus stellatus* in San Francisco Bay. II. Reproductive success of fish in San Francisco Bay and spawned in the laboratory. *Marine Biology* 98, s. 191 - 200.

Tarhanen, J., Koistinen, J., Paasivirta, J., Vuorinen, P. J., Koivusaari, J., Nuuja, I., Kannan, N. & Tatsukawa, R. Toxic significance of planar aromatic compounds in Baltic ecosystem - new studies on extremely toxic coplanar PCBs. *Chemosphere* 18, 1067 - 1077.

Vartiainen, T. 1992. Dioksiinien vertailuarvot Suomessa ja saanti peruselintarvikkeista. *Ympäristö ja terveystieteet* 6 - 7, s. 406 - 412.

Voiland, M. P. Jr., Gall, K. L., Lisk, D. J. & MacNeill, D. B. 1991. Effectiveness of recommended fat-trimming procedures on the reduction of PCB and mirex levels in brown trout (*Salmo trutta*) from lake Ontario. *J. Great Lakes Res.* 17, s. 454 - 460.

Westernhagen, H. von, Cameron, P., Dethlefsen, V. & Janssen, D. 1989. Chlorinated hydrocarbons in North Sea whiting (*Merlangius merlangus* L.), and effects on reproduction. I. Tissue burden and hatching success. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 43, s. 45 - 60.

Westernhagen, H. von, Rosenthal, H., Dethlefsen, V., Ernst, W., Harms, U. & Hansen, P. D. 1981. Bioaccumulating substances and reproductive success in Baltic flounder *Platichthys flesus*. *Aquatic Toxicol.* 1, s. 85 - 99.

Williams, L. L. & Giesy, J. P. 1992. Relationships among concentrations of individual polychlorinated biphenyl (PCB) congeners, 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin equivalents (TCDD-EQ) and rearing mortality of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) eggs from Lake Michigan. *J. Great Lakes Res.* 18, s. 108 - 124.

**TUTKIMUKSEN JULKAISUT, ESITELMÄT JA JULKAISUSUUNNITELMA****Julkaisut**

Koistinen, J., Paasivirta, J. & Vuorinen, P. J. 1989. Dioxins and other planar polychloroaromatic compounds in Baltic, Finnish and Arctic fish samples. *Chemosphere* 19, p. 527 - 530.

Paasivirta, J., Klein, P., Knuutila, M., Knuutinen, J., Lahtiperä, M., Paukku, R., Veijanen, A., Welling, L., Vuorinen, M. & Vuorinen, P. J. 1987. Chlorinated anisoles and veratroles in fish. Model compounds. Instrumental and sensory determinations. *Chemosphere* 16, p. 1231 - 1241.

Paasivirta, J., Tarhanen, J., Juvonen, B. & Vuorinen, P. 1987. Dioxins and related aromatic chloroethers in Baltic wildlife. *Chemosphere* 16, p. 1787 - 1790.

Tarhanen, J., Koistinen, J., Paasivirta, J., Vuorinen, P. J., Koivusaari, J., Nuuja, I., Kannan, N. & Tatsukawa, R. 1989. Toxic significance of planar aromatic compounds in Baltic ecosystem - new studies on extremely toxic coplanar PCBs. *Chemosphere* 18, p. 1067 - 1077.

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Piilola, T., Surma-Aho, K. & Tarhanen, J. 1985. Organochlorine compounds in Baltic salmon and trout - I. Chlorinated hydrocarbons and chlorophenols 1982. *Chemosphere* 14, p. 1729 - 1740.

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Koistinen, J. & Rantio, T. Organochlorines in salmon (*Salmo salar* L.) from the Teno River. In: E. Tikkanen, M. Varmola & T. Katermaa (eds): Symposium on the state of the environment and environmental monitoring in northern Fennoscandia and the Kola Peninsula. s. 186 - 188.

Paasivirta, J., Rantio, T., Koistinen, J. and Vuorinen, P. J. 1993. Studies on toxaphene in the environment. II. PCCs in Baltic and Arctic Sea and lake fish. *Chemosphere*. (painossa).

Vuorinen, P. J. and Paasivirta, J. Organochlorine contaminants in salmon in the Gulf of Finland. (käsikirjoitus, jätetty julkaistavaksi).

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J. and Koistinen, J. Comparison of the levels of organochlorines in arctic and Baltic wildlife samples. (käsikirjoitus, jätetty julkaistavaksi).

Paasivirta, J., Koistinen, J., Mannila, E., Tarhanen, J., Vuorinen, P. J., Kannan, N., Yamashita, N., Tanabe, E. and Tatsukawa, R. Coplanar PCBs in Finnish wildlife. (käsikirjoitus, jätetty julkaistavaksi).

## ESITELMÄT

Koistinen, J., Paasivirta, J. & Vuorinen, P. J. Dioxins and other planar aromatic chlorocompounds in fish from Baltic Sea and in Finnish freshwater fish. CEOEC'92, Second Finnish-Russian Seminar: Chemistry and Ecology of Organo-Element Compounds, June 9 - 11, 1992, Jyväskylä, Finland.

Koistinen, J., Paasivirta, J. and Vuorinen, P. J. Dioxins and other planar polychloro-aromatic compounds in Baltic, Finnish and Arctic fish samples. Dioxin '88, 21. - 26.8.1988, Umeå.

Paasivirta, J., Koistinen, J., Mannila, E., Tarhanen, J., Vuorinen, P. J., Kannan, N., Yamashita, N., Tanabe, S. and Tatsukawa, R. Coplanar PCBs in Finnish wildlife. Conference of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Toronto, October 28 - November 2, 1989.

Vuorinen, P. J. and Paasivirta, J. Organochlorine contaminants in salmon in the Gulf of Finland. Soviet-Finnish anniversary symposium, Tallinn, USSR, 19 - 23 September, 1988.

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J. and Koistinen, J. Comparison of the levels of organochlorines in arctic and Baltic wildlife samples. Conference of the Global Significance of the Transport and Accumulation of Polychlorinated Hydrocarbons in the Arctic. Oslo, September 18 - 22, 1989.

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Koistinen, J. & Rantio, T. Organochlorines in salmon (*Salmo salar* L.) from the Teno river. Symposium on the state of the environment and environmental monitoring in Northern Fennoscandia and the Kola Peninsula. Rovaniemi, Finland, October 6 - 8, 1992.

Vuorinen, P. J., Koistinen, J., Paasivirta, J., Vuorinen, M. and Hoikka, J. Polychlorodiphenylethers and chlorophenolic compounds in salmon (*Salmo salar*) from the Teno river. International nordic symposium on chemicals in the arctic-boreal environment. Helsinki, May 12 - 14, 1993.

## Julkaisusuunnitelma

Vuorinen, P. J. *et al.* Sex differences in organochlorine hydrocarbon contents of tissues of Baltic salmon (*Salmo salar* L.) from the Kymi river during spawning time. (käsikirjoitus)

Vuorinen, P. J. *et al.* Polychlorinated hydrocarbons in spawning migrating Baltic salmon (*Salmo salar* L.) in 1982 - 1987. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Polychlorinated hydrocarbons in Baltic salmon (*Salmo salar* L.) in 1985 - 1988. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Offspring viability and organochlorine contents in Baltic salmon (*Salmo salar* L.) of the Simo river. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Organochlorines, chlorinated ethers, dioxins and chlorophenols in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from the Teno river. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Organochlorines in landlocked salmon (*Salmo salar* L.) from Lake Saimaa. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Organochlorines and heavy metals in brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Gulf of Bothnia off the coast of Finland. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Dry feed and fresh fish diet effects on polychlorinated hydrocarbon and trace metal levels in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J. *et al.* Organochlorine compounds in Baltic salmon and trout - II. Time trends in organochlorine concentrations in spawning migrating Baltic salmon (*Salmo salar*) in 1982 - 1990. (käsikirjoitus).

Vuorinen, P. J., Koistinen, J., Paasivirta, J., Vuorinen, M. and Hoikka, J. Polychlorodiphenylethers and chlorophenolic compounds in salmon (*Salmo salar*) from the Teno river. (käsikirjoitus).

## KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR -sarjassa ilmestyneet niteet

- 1 SARVALA, J. Kalantutkimus puntarissa: Suomalainen kalantutkimus 1980-luvulla. Sammandrag: Fiskeriforskningen i Finland under 1980-talet - en analys baserat på publikationer. (Fisheries research in Finland during the 1980s - an analysis based on published papers) s. 1-19.  
VEHANEN, T. ja NIEMITALO, V. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen siianpoikasten viljelyyn käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotosta ja tuottoon vaikuttavista tekijöistä. (Produktion som inverkar på produktionen av sikyngel i naturfoderdammar vid Norra Finlands Centralfiskodlingsanstalt). (Production of natural food rearing ponds and the factors affecting it in whitefish culture at the Central Fish Culture Station for Northern Finland) s. 21-99. Helsinki 1990.
- 2 HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P. Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1988-1989. (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väli-seitää ajalta 1988-1989). (Finlands nationella rapport gällande perioden mellan Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) sessioner 1988-1989) 33 s. Helsinki 1990.
- 3 Status of crayfish stocks, fisheries, diseases and culture in Europe. Report of the FAO European Inland Fishery Advisory Commission (EIFAC) Working Party on Crayfish. (Rapukannat, ravustus, taudit ja viljely Euroopassa. Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) raputyöryhmän raportti). (Kräftstammar, kräftfiske, sjukdomar och odling i Europa. Rapport från Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) kräftarbetsgrupp). Edited by (toim.) Westman, K., Pursiainen, M. and Westman, P. 206 p. Helsinki 1990.
- 4 KALLIO-NYBERG, I. ja KOLJONEN, M-L. Kalakantarekisteri: siika, muikku ja harjus. (Sammandrag: Fiskstamregister: sik, siklöja och harr). (Abstract: The Finnish fish stock register: whitefish, vendace and grayling). 54 s. Helsinki 1990.
- 5 ERKAMO, E. Ravun (*Astacus astacus* L.) biologiasta, kannanarvioinnista ja istutuksen kannattavuudesta pienessä hapanvetisessä metsäjärvessä. (Sammandrag: Kräftan (*Astacus astacus* L.) i ett litet surt träsk: Biologi, uppskattning av populationsstorleken och lönsamheten av utplanteringarna). (Summary: Crayfish, *Astacus astacus* L., in a small, acidic forest lake: Biology, stock assessment and profitability of stocking). 97 s. Helsinki 1990.
- 6 LEHTONEN, H. Vuorikemian tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista Porin edustan merialueella. (Sammandrag: Fiskeriekonomiska effekter av avloppsvattnen från Vuorikemias fabriker i havsområdet utanför Björneborg) (Summary: Effect of effluent from the Vuorikemia titanium dioxide factory on fish stocks and fisheries off Pori, the Bothnian Sea) s. 1-10.  
PARMANNE, R. ja SALMI, J. Silakoiden vcaellukset Selkämerellä keväällä 1982 suoritetujen merkin-töjen perusteella. (Strömmingens vandringar i Bottenhavet enligt märkningar utförda våren 1982) (Mig-ration of Baltic herring in the Bothnian Sea revealed by tagging experiments in spring 1982) s. 11-24.  
PARMANNE, R. ja SALMI, J. Silakan troolippyynnin kehittyminen Porin edustan merialueella syksyllä 1976-1985 ja silakoiden kasvu, kuntokerroin ja poikasten määrä Selkämerellä. (Utvecklingen av ström-mingsfisket med trål i på höstarna i havsområdet utanför Björneborg under perioden 1976-1985 samt strömmingens tillväxt, kondition och yngelmängd i Bottenhavet) (Development of the Baltic herring trawl fishery off Pori in the autums of 1976-1985 and the growth, condition factor and larval abundance of Baltic herring in the Bothnian Sea) s. 25-35.  
LEHTONEN, H. ja JÄRVINEN, A. Kalastajien havaintoja pyydyksissä tapahtuneista kalakuolemista Selkämerellä 1980-luvulla. (Fiskarobservationer av fiskdöd i fångstredskapen i Bottenhavet under 1980-talet) (Observations of fishermen on fish deaths in fishing gear in the Bothnian Sea in the 1980s) s. 37-47.  
JÄRVINEN, A. ja LEHTONEN, H. Siian mädin sumputuskokeet Porin edustalla 1985. (Sumpförsök med sikrom i vattnen utanför Björneborg år 1985) (Cage incubation experiments with whitefish eggs off Pori in 1985) s. 49-58.

- JÄRVINEN, A., LEHTONEN, H. ja BYLUND, G. Kalojen sumputuskokeet Porin edustalla 1985. (Sumpförsök med fish i vattnen utanför Björneborg år 1985) (Fish cage experiments off Pori in 1985) s. 59-73.
- OULASVIRTA, P. ja RISSANEN, J. Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn. (Effekterna av avloppsvattnen från Vuorikemias fabriker på embryonalutvecklingen och ynglens livskraft hos strömming) (Effect of effluent from the Vuorikemia titanium dioxide factory on the embryonal development and larval fitness of Baltic herring) s. 75-108. Helsinki 1990.
- 7 MIKKOLA, J., SAURA, A., IKONEN, E. ja POIKOLA, K. Kymijoen kalaportaiden rakentamiseen liittyvät kalataloudelliset selvitykset 1987-1988. (Fiskeriutredning 1987-1988 för konstruktion av fisktrappor i Kymmene älv) (Fisheries investigation related to construction of fish ladders in the Kymijoki River in 1987-1988). 37 s. Helsinki 199.
  - 8 TUUNAINEN, P., VUORINEN, P. J., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T., VUORINEN, M. ja NIEMELÄ, E. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin. Raportti vuodelta 1989. (Sammandrag: Effekterna av surt nedfall på fish och kräftor. Rapport för år 1989) (Summary: Effects of acidic deposition on fish and crayfish. Report 1989). 97 s. Helsinki 1990.
  - 9 HYVÄRINEN, P. Yksikkösaaliin vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät Oulujärvellä. (Sammandrag: Enhetsfångsternas variation i Ule träsk och de faktorer som påverkar dem). (The variation of catch per unit effort in Lake Oulujärvi and the factors influencing it). 72 s. Helsinki 1990.
  - 10 ROMAkkANIEMI, A. Tornion-Muonionjoen harjus ja harjuksen kalastus. (Sammandrag: Harr och harrfiske i Torne- och Muonioälv). (Grayling stocks and fisheries in the River Tornion-Muonionjoki). 111 s. Helsinki 1990.
  - 11 RAHKONEN, R. ja WESTMAN, K. Tarttuvat kalataudit. Tilanne Suomessa, tautien leviäminen ja torjunta. (Sammandrag: Smittsamma fisksjukdomar. Sjukdomsläge i Finland, spridning av sjukdomar och bekämpningsmetoder). (Infectious diseases of fish. The situation in Finland, spread of the diseases and their prevention). 88 s. Helsinki 1990.
  - 12 LEHTONEN, H. Kalanimistö: suomi, latina, ruotsi, norja, englanti, saksa ja ranska. (Lista över fisknamn på finska, latin, svenska, norska, engelska, tyska och franska) (Multilingual list of fish names in Finnish, Latin, Swedish, Norwegian, English, German and French). 27 s. Helsinki 1990.
  - 13 HUUSKO, A. Kirjallisuusselvitys kalojen mätä- ja poikasvaiheiden ekologiasta. (Sammandrag: Litteraturutredning angående fiskars rom- och yngelstadiers ekologi) (Ecology of eggs and larvae of freshwater fish - a review of literature). 58 s. Helsinki 1990.
  - 14 HUUSKO, A. Kuusinkijoen vesistöalueen kalatalousselvitys. (Sammandrag: Utredning av fiskeri och fiskbestånd inom Kuusinkijoki vattendragsområde) (Fisheries and fish stocks in the Kuusinkijoki river system, Northern Finland, with remarks on the adverse effects of a small hydropower station located on the upper reach of the river). 238 s. Helsinki 1990.
  - 15 TOIVONEN, J., KOKKO, U., AUVINEN, S. ja AUVINEN, H. Tulokset merkittyjen järvitaimenpoikasten istutuksista Suomessa vuosina 1970-1979. (Utsättningsresultaten av märkta insjööringyngel i Finland åren 1970-1979) (Summary: Results of stocking with tagged brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) young in Finland in 1970-1979). 31 s. Helsinki 1991.
  - 16 BÖHLING, P., HUDD, R., LEHTONEN, H. och PARMANNE, R. Fiskevården i havsområdet utanför Jakobstad. (Tiivistelmä: Kalakannat ja kalakantojen hoito Pietarsaaren edustan merialueella) (Fish stocks and their management in the sea area off Jakobstad, northern Finland). 82 s. Helsinki 1991.
  - 17 NYBERG, K. Vastakuoriutuneiden hauenpoikasten istutusten tuloksellisuus. (Sammandrag: Resultaten av utplantering av nyläckta gäddyngel) (Success of stocking with newlyhatched pike fry). 88 s. Helsinki 1991.
  - 18 Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1990. (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990)



(Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990) . s. 1-39.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1990. (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990). s. 41-65. Helsinki 1991.

- 19 Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1991. (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991). s. 1-43.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1991. (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991). s. 45-78. Helsinki 1991.

- 20 SALMI, P., SIKANEN, A., TOIVONEN, P. Ammattikalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1988. (Sammandrag: Yrkesfisket i södra delen av Vuoksens insjösystem år 1988) (Professional fishing in the southern parts of the Vuoksi lake area in 1988). 36 s. Helsinki 1991.

- 21 HONKASALO, L., PENNANEN, J., LAPPALAINEN, A. Kalakannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi Kokemäenjoen vesistössä Nokian alapuolella. (Fiskebeståndsskador och kompenstationen av dessa i Kumo vattendrag nedanför Nokia) (Damage caused to the fish stocks and its compensation in the Kokemäenjoki watercourse downstream of the town of Nokia). 125 s. Helsinki 1991.

- 22 MUTENIA, A., SALONEN, E. Järvitaimenen ja järvilohen velvoiteistutukset, kalastus ja saaliit sekä istutustulokset Inarijärvässä vuosina 1976-1988. (Sammandrag: Ålagda utplanteringar, fiske, fångster och utplanteringsresultat för insjööring och insjölox i Enare träsk åren 1976-1988) (Brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris* (L.)) and landlocked salmon (*Salmo salar* L.) in Lake Inari, northern Finland: statutory stocking, its results, and the fishery and catches in 1976-1988). s. 1-70.

MUTENIA, A., AHVONEN, A. Inarijärven verkkosarjakoekalastukset vuosina 1968-1986. (Sammandrag: Provfiske med nätserier i Enare träsk 1968-1987) (Test fishing with gill net series in Lake Inari, northern Finland, in 1968-1986). s. 71-98. Helsinki 1991.

- 23 HONKANEN, A., KUMMUNSAALO, J., PARTANEN, H., HILDÉN, M. Kotitalouksien ja suurtalouksien kalankäyttö vuonna 1988. (Sammandrag: Hushållens och storkökens fiskkonsumtion år 1988) (Fish consumption in private households and in institutes, restaurants, etc., in Finland in 1988). 32 s. Helsinki 1991.

- 24 Inarijärvi-symposium. Toim. Erno Salonen. 158 s. Helsinki 1991.

- 25 KANGASPUNTA, M. Valtion kalanistutusten kannattavuuden arviointi (Evaluation of the profitability of the state fish stocking) (Uppskattning av de statliga fiskutsättningarnas lönsamhet). 106 s. Helsinki 1991.

- 26 WESTMAN, K. Kalakantarekisteri ja uhanalaisten arvokalakantojen säilyttäminen (The Finnish fish stock register and the conservation of valuable and threatened fish stocks) s.1-14

KALLIO-NYBERG, I. ja KOLJONEN, M.-L. Kalakantarekisteri: lohi, taimen ja nieriä (The Finnish fish stock register: salmon (*Salmo salar*), trout (*Salmo trutta*) and char (*Salvelinus alpinus*)) s. 15-115. Helsinki 1991.

- 27 TOIVONEN, A.-L., HUDD, R. ja HEIKKILÄ, P. Siika- ja lohiloukkurakenteet eteläisen Perämeren alueella (Construction of trap nets for whitefish (*Coregonus lavaretus*) and salmon (*Salmo salar*) in the southern Bothnian Bay). Helsinki 1991. 43 s.

- 28 KARTTUNEN, VESA. Tornion-Muonionjoen siika ja siian kalastus (Whitefish stocks and fisheries in the River Tornion-Muonionjoki). Helsinki 1991. 72 s.

- 29 HILDÉN, M., MICKWITZ, P., PAANANEN, T., PARTANEN, H., SETÄLÄ, I., SÖDERKULTALAH-TI, P. ja VIHERVUORI, A. Merialueen ammattikalastuksen ja kalan jalostuksen kapasiteetti Suomessa (The capacity of marine professional fishing and fish processing in Finland). Helsinki 1991. 72 s.
- 30 SALMI, J. ja SALMI, P. Silakan kalastuksesta monilajikalastukseen. Pohjois-Satakunnan rannikon ammattikalastuksen muutokset (Transformation of the Blatic herring fishery to a multispecies fishery of the Finnish coast of the Bothnian Sea). Helsinki 1991. 140 s.
- 31 Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot (State fish culture conference, No. XIII. Conservation of valuable and threatened fish species and stocks: objectives and methods) (Statens XIII fishodlings konferens. Bevarande av värdefulla och utrotningshotade fiskarter och fiskstammar: målsättningar och metoder). 5. - 6.4.1989, Jyväskylä. U. Eskelinen, M. Pursiainen ja R. Rahkonen (toim.). 74 s. Helsinki 1991.
- 32 JUNTUNEN, K., MUJE, P. Isokoskeloiden (*Mergus merganser*) saalistuksen vaikutus Inarin Juutuanjoen taimenistutusten tuloksellisuuteen (Predation by mergansers (*Mergus merganser*) on planted brown trout smolts in the River Juutuanjoki) (Sammandrag: Predationen av skracken (*Mergus merganser*) på nyutsatt odlad öring i Älven Juutuanjoki). 58 s. Helsinki 1991.
- 33 SALMINIITTY, J. Merialueen kalanviljely-yritysten taloudellisen kehityksen arviointi perinteisen tilin-päätösanalyysin avulla (Economic development of marine fish farms evaluated from analysis of account) (Sammandrag: Utvärdering av den ekonomiska utvecklingen hos havsområdenas fiskodlingsföretag med hjälp av traditionell bokslutsanalys). 70 s. Helsinki 1991.
- 34 VALKEAJÄRVI, P., BAGGE, P., HAKKARI, L., JANHONEN, I. ja OLKIO, K. Konneveden nuotta-apajat (Seining sites in Lake Konnevesi) (Sammandrag: Notdragsställen i sjön Konnevesi). 28 s. + 22 karttaa. Helsinki 1991.
- 35 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston toimintakertomus vuodelta 1989 (Report on the activities of the Fisheries Division and Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1989) (Berättelse över fiskeriforskningsavdelningens och fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1989). s. 1-70.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston toimintakertomus vuodelta 1990 (Report on the activities of the Fisheries Division and Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990) (Berättelse över fiskeriforskningsavdelningens och fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990). s. 71-148. Helsinki 1991.
- 36 NYLANDER, E., AHVONEN, A. ja PRUUKI, V. Kalastustilastoja Tornionjoen vesistöstä vuosilta 1987-1989 (Statistics on fishing in the Tornionjoki River basin in 1987-1989) (Sammandrag: Fiskeristatistik för Torneälvs vattendrag åren 1987-1989). s. 1-48.
- KARTTUNEN, V., ROMAkkANIEMI, A. ja PRUUKI, V. Kalastustilastoja Tornionjoen vesistöstä vuodelta 1990 (Statistics on fishing in the Tornionjoki River basin in 1990) (Sammandrag: Fiskeristatistik för Torneälvs vattendrag åren 1990). s. 49-78.
- AHVONEN, A. Kalastuskirjanpidon käyttökelpoisuus Tornion-Muonionjoen kalakantojen seurannassa (The value of fishermen's book-keeping data in monitoring fish stocks in the Rivers Tornionjoki and Muonionjoki) (Sammandrag: Fångstbokföringens användbarhet vid uppföljningen av Torne-Muonioälvs fiskebestånd). s. 79-113. Helsinki 1991.
- 37 MUTENIA, A. ja SALONEN, E. Lokan ja Porttipahdan peled- ja vaellussiikakantojen tila vuosina 1982-1989 (The state of peled(*Coregonus peled*(Gmelin) and migratory whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in the Lokka and Porttipahta reservoirs, Northern Finland, in 1982-1989) (Sammandrag: Tillståndet hos stammarna av peled- och vandringsik i de konstgjorda sjöarna Lokka och Porttipahta 1982-1989). 68 s. Helsinki 1991.
- 38 AHONEN, M., JÄÄSKÖ, O., HEINIMAA, P., PASANEN, P. ja SIMOLA, O. Inarijärveen vuosina 1972-1985 tehtyjen harmaanierian Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments

- with lake trout (*Salvelinus namaycush* (Walbaum) in Lake Inari in 1972-1985) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkning av kanadaröding i Enare Träsk 1972-1985) (Oohtankeásu: Aanaarjáávrán ivij 1972-1985 tohhum ránisrávdui Carlin-meárkkumij poatuseh). 53 s. Helsinki 1991.
- 39 LEHTONEN, H. Suomen ja Japanin välisen elintarvikealan tutkimusyhteistyön ja tutkijavaihdon kehittämisen arviointivaltuuskunnan matka Japaniin (Report of the visit of Finnish group to Japan for evaluating targets for advancement of scientific collaboration and exchange of scientist in food research between Finland and Japan). s. 1-12.
- TUUNAINEN, P., WESTMAN, K. ja PARMANNE, R. Suomen ja Japanin kalatalouden tieteellisen ja teknisen yhteistyön kehittäminen (Possibilities to develop scientific cooperation in fisheries between Finland and Japan). s. 13-48.
- RUOHONEN, K. Japanin vesiviljelystä ja sen tutkimuksesta (Aquaculture and its research in Japan). s. 49-104.
- SUURONEN, P. Pyyntitekniikasta ja sen tutkimuksesta Japanissa (Fishing technology in Japan). s. 105-157. Helsinki 1991.
- 40 Rapu-Kräft-Symposium (Symposium on Crayfish). 23.-24.8.1990, Hämeenlinna. Wallin, I. ja Westman, K. (toim.). 116 s. Helsinki 1991.
- 41 HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P. Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1990-1991 (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1990-1991) (Finlands nationella rapport gällande perioden mellan Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) sessioner 1990-1991). 29 p. Helsinki 1992.
- 42 Valtion kalanviljelyn XI neuvottelupäivät. Kalatautien torjunta. Valtion kalanviljelylaitosten suunnittelun ja rakentamisen nykytila. (State fish culture conference, No. XI. Prevention of fish diseases. The present situation in the planning and building of the state fish culture stations) (Statens XI fiskodlings konferens. Bekämpning av fisksjukdomar. Nyläge inom planeringen och konstruktionen av statens fiskodlingsanstalter). 31.3-1.4.1987, Polvijärvi. Lavikainen, R. ja Rahkonen, R. (toim.) 68 s. Helsinki 1992.
- 43 AHONEN, M. Inarijärveen vuosina 1965-1986 tehtyjen nieriän Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments with arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)) in the Lake Inari in 1965-1986) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkning av röding i Enare Träsk åren 1965-1986) (Oohtankeásu: Aanaarjáávrán ivij 1965-1986 tohhum rávdui Carlin-meárkkumij poatuseh). 38 s. Helsinki 1992.
- 44 SETÄLÄ, J. ja KLEMOLA, O. Siian kalastajahinnanmuodostus Merenkurkussa (Factors affecting the price in the whitefish fishery in the northern Quark, the Baltic Sea) (Sammandrag: Sikens fiskarprisbildning i Kvarkenområdet) s. 1-46.
- SETÄLÄ, J. ja AHLFORS, A. Siian fileoinnin kannattavuus (Profitability of filletting whitefish (*Coregonus lavaretus* s.l.L.) (Sammandrag: Sikfilingens lönsamhet) s. 47-77. Helsinki 1992.
- 45 AHVONEN, A., JUTILA, E., JÄRVENPÄÄ, T., LAPPALAINEN, A., RASK, M. ja VUORINEN, P. Metsätalouden vaikutukset kaloihin, rapuihin ja kalatalouteen. Kirjallisuusselvitys (Effects of forestry on fish, crayfish and fishery. A review of the literature) (Sammandrag: Litteraturutredning angående skogsbrukets effekter på fisk, kräftor och fiskeri). 69 s. Helsinki 1992.
- 46 LECKLIN, T. Nukutusaineiden toissijaiset fysiologiset vaikutukset järvitaimenessa (The secondary physiological effects of some anesthetics on brown trout (*Salmo trutta m. lacustris* (L.)) (Sammandrag: De sekundära fysiologiska effekterna av några bedövningsmedel på insjööring). 38 s. Helsinki 1992.
- 47 LEHTONEN, H., LAPPALAINEN, J., FORSMAN, L., SOIVIO, A., URHO, L., VUORINEN, P. J. ja TIGERSTEDT, C. Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Kirjallisuusselvitys (The effects of climate change on fishes, aquaculture, fish stocks and fishing. A review of the literature) (Sammandrag: Litteraturutredning angående klimatförändringarnas effekter på fisk, fiskodling, fiskbestånd och fiske). 119 s. Helsinki 1992.

- 48 Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1992) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992) s. 1-56.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1992) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992) s. 57-86. Helsinki 1992.

- 49 KARTTUNEN, V. ja PRUUKI, V. Torninjoen lohi ja lohen kalastus. (Status of the salmon stock and fisheries in the River Tornionjoki) (Sammandrag: Laxen och laxfisket i Torneälv). 57 s. Helsinki 1992.
- 50 SALONEN, E. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila (A plan for the fisheries use and management of Lake Inari. The present stage) (Sammandrag: Bruks- och skötselplan för fiskerihushållningen för Enare träsk. Nutillstånd). 157 s. Helsinki 1992.
- 51 TOIVONEN, A.-L., HUDD, R. ja SVANBÄCK, G. Pohjanlahden siikaloukkujen lajivalikoivuuden kehittäminen (Reduction of salmon bycatch in whitefish trap nets in the Gulf of Bothnia (Baltic)) (Sammandrag: Förbättring av artselektivitet hos sikfällor i Bottniska viken). 46 s. Helsinki 1992.
- 52 SAURA, A., MIKKOLA, J. ja IKONEN, E. Kymijoen vaelluskalatutkimukset 1989-1991 (Report on the studies of migratory fish species in River Kymijoki in 1989-1991) (Sammandrag: Resultaten av forskningsprojektet om vandrande fiskarter i Kymmene älv åren 1989-1991). s. 1-79.

LEINONEN, K. ja LEHTONEN, H. Virkistyskalastuksen motiivit (Motives for recreational fishing) (Sammandrag: Motiven för fritidsfisket) s. 81-101. Helsinki 1992.

- 53 RUNEBERG, J. Behandling av spillvattnen på Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt (Summary: Treatment of the effluent on Central Fish Culture and Fisheries Research Station for Eastern Finland) (Tiivistelmä: Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen poistoveden käsittely). 81 s. Helsinki 1992.

- 54 JÄRVINEN, A., RASK, M., NIEMELÄ, E., RAITANIEMI, J. ja TURUNEN, T. Yhdennetyt ympäristöseurannan järvien koekalastukset (The results of test fishings in the lakes of integrated monitoring) (Sammandrag: Provfiske i de sjöar som ingår i programmet för integrerad monitoring 1988-1990). s. 1-10.

ERKINARO, J., NIEMELÄ, E. ja RASK, M. Lapin happamoitumistutkimus - taimenen poikastutkimukset Lutto- ja Paatsjoen vesistöalueilla (Acidification survey in Lapland - studies on brown trout (*Salmo trutta* L.) juveniles in Luttojoki and Paatsjoki river systems) (Sammandrag: Försurningsundersökning i Lapland - yngelforskning hos öring inom Luttojokis och Pasviksälvs insjösystem). s. 11-34.

JÄRVINEN, M., RASK, M., KUOPPAMÄKI, K., MAKKONEN, E., RUUHJÄRVI, J. ja ARVOLA, L. Iso Valkjärven kalkituskoekulun vesikemialliset ja biologiset tutkimukset (Hydrochemical and biological studies of the liming experiment in Lake Iso Valkjärvi) (Sammandrag: Vattenkemiska och biologiska undersökningar av kalkningsprov i Iso Valkjärvi). s. 35-60.

VUORINEN, P., PEURANEN, S., VUORINEN, M. ja RASK, M. Kalkituksen akuutit vaikutukset ahvenen ja pitkäaikaiset vaikutukset siian elintoimintoihin Isossa Valkjärvessä (The Iso Valkjärvi liming experiment: acute effects on perch (*Perca fluviatilis* L.) and long-term effects on whitefish (*Coregonus lavaretus* L.)) (Sammandrag: Kalkningens akuta effekter på abborrens och långvariga på sikens livsfunktioner i Iso Valkjärvi). s. 61-84.

RAITANIEMI, J., RASK, M., JÄRVINEN, A. ja NYBERG, K. Kalakantojen kehitys Etelä-Suomen pienissä happamoituneissa järvissä kalkituksen jälkeisinä vuosina (Observations on the development of fish populations in small acidified lakes in southern Finland during a few year's period after liming) (Sammandrag: Fiskebeståndens utveckling i södra Finlands små försurade sjöar under åren efter kalkningen). s. 85-102.

LAPPALAINEN, A. Suomalaisten suhtautuminen vesistöjen happamoitumisen torjuntatoimenpiteisiin (The attitudes towards emission control and liming of the acidified lakes in Finland) (Sammandrag: Finländarnas åsikter angående bekämpningsåtgärder av insjösystemens försurning). s. 103-126. Helsinki

1992.

- 55 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen toimintakertomus vuodelta 1991 (Report on the activities of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991) (Berättelse över verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991). 159 s. Helsinki 1992.
- 56 Valtion kalanviljelyn XIV neuvottelupäivät. Kalanviljely, vesiensuojelu ja valvonta (State fish culture conference, No. XIV. Fish culture, protection of waters and inspection) (Statens XIV fiskodlings konferens. Fiskodling, vattenskydd och övervakning). 10.-11.4.1990, Sotkamo. Toim. Pursiainen, M. ja Rahkonen, R. 121 s. Helsinki 1992.
- 57 Valtion kalanviljelyn XV neuvottelupäivät. Tulosjohtaminen ja valtion kalanviljelyn tavoitteet. Kalanviljelyn rakenteet ja tekniikka (State fish culture conference, No. XV. Result oriented management and objectives of State fish culture. Constructions and technique of fish culture) (Statens XV fiskodlings konferens. Resultatstyrning och Statens fiskodlings målprogram. Fiskodlingens anläggningar och teknik). 9.-10.4.1991, Pudasjärvi. H. Simola ja R. Rahkonen (toim.) 121 s. Helsinki 1992.
- 58 RINTAMÄKI, P. Montan, Raasakan, Ossauskosken ja Keminmaan kalanviljelylaitosten kalalohiset ja -taudit vuosina 1984-1991 (Fish parasites and diseases at the fish farms of Montta, Raasakka, Ossauskoski and Keminmaa, Northern Finland in 1984-1991) (Sammandrag: Fiskparasiter och -sjukdomar vid Montta, Raasakka, Ossauskoski och Keminmaa fiskodlingsanstalter åren 1984-1991). 44 s. Helsinki 1993.
- 59 Valtion kalanviljelyn XVI neuvottelupäivät. Luonnonravintolammikkoviljely, uudet lajit ja rodunjalostus (State fish culture conference, No. XVI. Natural food pond culture, new fish species and selective breeding) (Statens XVI fiskodlings konferens. Naturfoderdamm odling, nya arter och djursförädling). 1.-2.4.1992, Kuopio. R. Lavikainen ja R. Rahkonen (toim.) 103 s. Helsinki 1993.
- 60 Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. Märintuotanto ja emokalojen viljely (State fish culture conference, No. XVII. Fish egg production and brood fish breeding) (Statens XVII fiskodlings konferens, Romproduktion och avelsfiskodling). 31.3.-1.4.1993, Tampere. K. Ruohonen ja J. Ruuhijärvi (toim.). 109 s. Helsinki 1993.
- 61 AHONEN, M. Vastakuoriutuneiden ja yksivuotiaiden taimenten istutustulokset Ylä-Menesjoella vuosina 1989-1991. (Results of newly hatched and one-year-old brown trout (*Salmo trutta lacustris*) stockings on River Ylä-Menesjoki in 1989-1991) (Sammandrag: Utplanteringsresultat för nykläckta och ettåriga öringar i Ylä-Menesjoki under åren 1989-1991) s. 1-30.
- AHONEN, M. Inarijärveen laskevien vesien järvitaimenen vuosien 1971-1989 Carlin-merkintöjen tulokset. (Results of Carlin tagging experiments with brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) in Lake Inari tributaries in 1971-1989) (Sammandrag: Resultat för Carlin-märkningarna gjorda under åren 1971-1989 på öringar i vattendrag som utmynnar i Enare träsk). s. 31-58. Helsinki 1993.
- 62 VEHANEN, T., PASANEN, P., LEHTINEN, E. ja SIMOLA, O. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen lohi-istutusten (*Salmo salar* L.) Carlin-merkintätulokset vuosilta 1973-1988 (Report on salmon (*Salmo salar* L.) tagging experiments performed by Taivalkoski State Aquaculture in 1973-1988) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkningarna av lax (*Salmo salar* L.) som utfördes Norra Finlands centralfiskodlingsanstalt åren 1973-1988) 75 s. Helsinki 1993.
63. SAURA, A. Polttomerkinnän soveltuvuus yksikesäisten kalanpoikasten merkintään (The use of hot branding in the marking of one-summer-old juvenile fish) (Sammandrag: Brännmärkningsmetoden som gruppmarkeringsmetod för ensomriga fiskyngel). 38 s. Helsinki 1993.
64. JOKIKOKKO, E. ja JUTILA, E. Simojoen ylimmän osan ja sivujokien kalastuselvitys ja koskikartoitukset (Utredning av fiskbestånd och kartläggning av forsar i Simojokis övre lopp och biflöden) (A study of the fish fauna and rapid areas of the uppermost reaches and tributaries of the Simojoki River) s. 1-39.
- KARTTUNEN, V. ja JUTILA, E. Kalastustilatoja Simon ja Ranuan kunnista vuosilta 1986 ja 1990. (Fiskeristatistik för kommunerna Simo och Ranua åren 1986 och 1990) (Fishery statistics from the municipalities of Simo and Ranua in 1986 and 1990) s. 43-77. Helsinki 1993.
- 65 VUORINEN, P. J., PAASIVIRTA, J., VUORINEN, M., PEURANEN, S. ja HOIKKA, J. Lohen ja

meritaimenen ympäristömyrkkypitoisuudet ja lohen alkio- ja poikaskuolleisuus (Laxens och havsöringens halter utav miljögifter och laxens embryo- och yngeldödlighet) (Organochlorines in salmon and sea trout and the mortality of the eggs and yolk sac fry of salmon) Helsinki 1993.