

*Marja Keinänen, Teemu Tolonen, Erkki Ikonen, Raimo Parmanne,
Christina Tigerstedt, Juhani Ryttilahti, Antti Soivio
ja Pekka J. Vuorinen*

Itämeren lohen lisääntymishäiriö – M74

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Simojokeen kudulle nousseiden lohien ruskuaispussipoikasia keväällä 1999. Yläkuvan poikaset ovat M74-oireisia ja alakuvan poikaset normaaleja. (Valokuvat: Teemu Tolonen).
Sisäsivujen valokuvat: Marja Keinänen, Teemu Tolonen ja Pekka J. Vuorinen

ISBN 951-776-255-0

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 2000

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
1.1. Mikä on M74?	1
1.2. M74-oireyhtymän esiintymistä seurataan koehaudonnoin	3
1.2.1. Ruskuaisspussipoikasista havainnoidaan M74:n oireita.....	3
1.2.2. M74-havainnointia interkalibroitu	4
2. M74:N OIREET	5
2.1. Emoilla tasapainohäiriöitä ja mäti yleensä vaaleaa	5
2.2. Ruskuaisspussipoikasten oireet	5
2.2.1. Ruskuaisen öljypisaran vaaleus, saostumat ja verenkiertohäiriöt.....	5
2.2.2. Passiivisuus, valopakaisuuden puute, uintihäiriöt ja tummuus	9
2.2.3. Oireet ennen kuolemaa.....	9
2.2.4. Kuolleisuuden ajoittuminen	12
2.3. Yhteenveto oireista.....	14
3. M74-KUOLLEISUUS.....	15
3.1. Koehaudonnat.....	15
3.1.1. Simojoki	15
3.1.2. Tornionjoki.....	15
3.1.3. Kymijoki.....	17
3.2. Havainnot luonnosta.....	17
4. LOHEN RAVINNON LAATU.....	18
4.1. Tornion- ja Simojoen lohet syönnöstävät eteläisellä Itämerellä.....	18
4.2. Kilohailin määrä moninkertaistunut	20
4.3. Silakka ja kilohaili kasvaneet hitaasti	20
4.4. Lohet kasvaneet nopeammin kuin vuosikymmeniin	22
5. M74:N YHTEYS MÄDIN LAATUUN JA LOHEN RAVINTOON.....	24
5.1. Vitamiinit.....	24
5.2. Ympäristömyrkyt.....	27
5.3. Ravinnon ja mädin laadun yhteys	29
6. VOIDAANKO M74-ILMIÖTÄ VÄHENTÄÄ?.....	30
KIITOKSET	32
KIRJALLISUUS.....	33

1. Johdanto

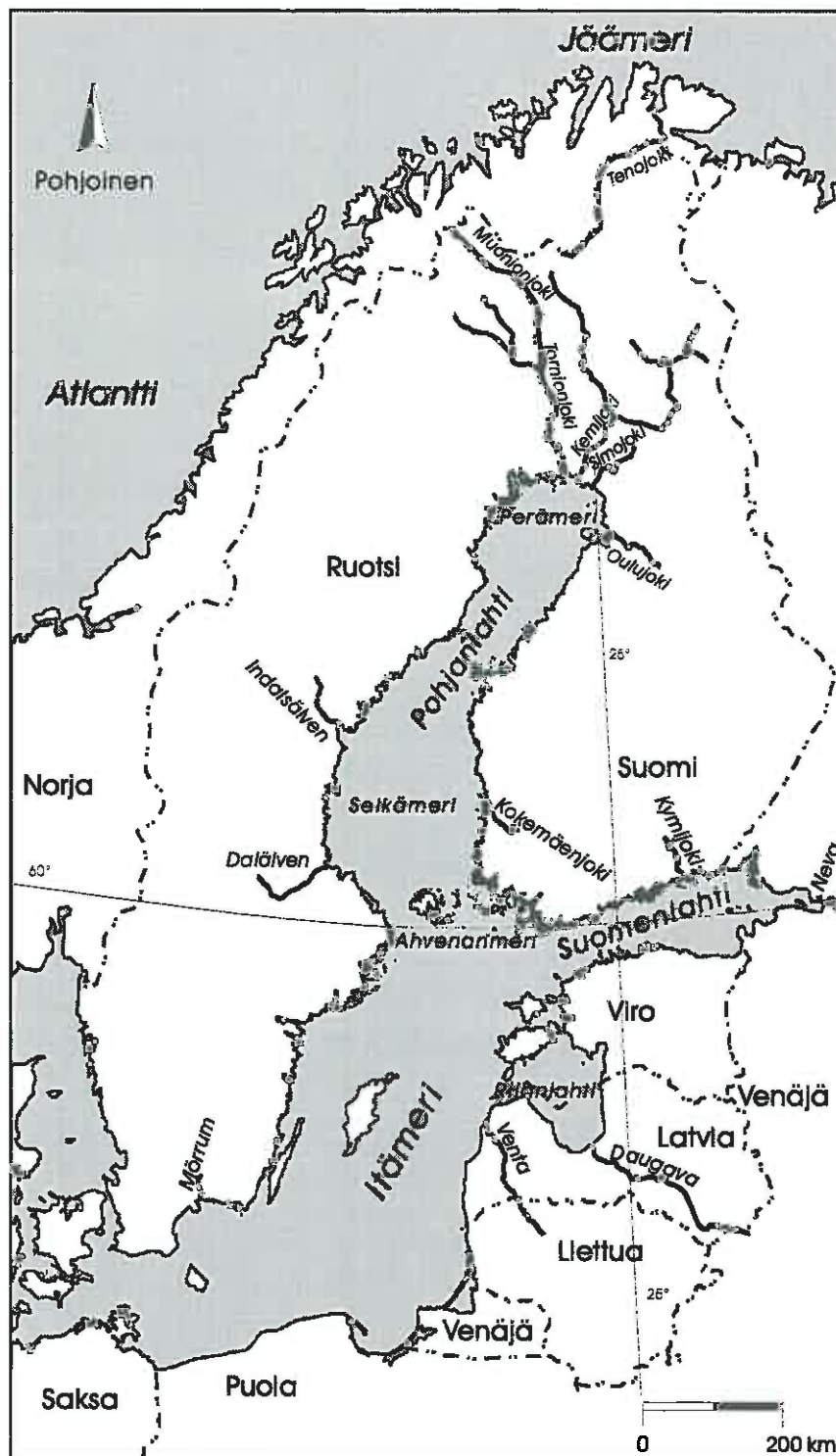
1.1. Mikä on M74?

M74-oireyhtymä on Itämeren lohen lisääntymishäiriö, jossa kaikki tai suuri osa tietyn naaraan jälkeläisistä kuolee ruskuaispussivaiheessa jopa muutamassa päivässä tyypillisten oireiden ilmaantumisen jälkeen. Tämä syndrooma havaittiin ensimmäisen kerran Ruotsissa Indaljoen varrella olevalla Bergforsenin kalanviljelylaitoksella emokohtaisessa haudonnassa vuonna 1974 (ICES 1994). Laitoksen johtaja, Jonas Salin, nimesi oireyhtymän M74:ksi. Nimi tulee vuosiluvusta ja ruotsin sanasta ”miljöbetingad”, sillä syndrooman arveltiin olevan ympäristöperäisen, koska muuta syytä kuolleisuuteen ei löydetty. Myös Suomessa havaittiin 1970-luvulla Perämeren lohien mädin haudonnassa Taivalkosken laitoksen johtajan Osmo Simolan ja Oulujoen Montan kalanviljelylaitoksen vastaavan mestarin Esa Jämsän mukaan satunnaisesti joissakin jälkeläisparvissa suurta kuolleisuutta.

M74-oireyhtymää tavataan vain niiden lohivaiheiden jälkeläisissä, jotka ovat olleet syönnösvaelluksella varsinaisessa Itämeressä tai sen lahdissa. Kalanviljelylaitosten keinorehuilla ruokittujen lohien jälkeläisissä M74-oireyhtymää ei ole esiintynyt, eikä myöskään meressä verkkoaltaissa kasvatettujen, keinorehuilla ruokittujen lohien jälkeläisissä. Meritaimenesta on vain varmentamattomia tietoja M74:n kaltaisista oireista. Meritaimenella jälkeläiskuolleisuus on joka tapauksessa ollut huomattavasti vähäisempää kuin Itämeren lohella (Landergren ym. 1999). Itämeren turskalla ei ole todettu M74:n kaltaisia oireita, vaan turskan vähenemiseen ovat vaikuttaneet muut syyt (Vallin ym. 1999).

Ensimmäisten 1970-luvun havaintojen jälkeen ruskuaispussipoikasten kuolleisuus pysyi Ruotsin hautomoissa pienenä aina 1990-luvun alkuun saakka, jolloin kuolleisuus kasvoi hälyttävästi niin Ruotsissa (Bengtsson ym. 1999, Börjeson ym. 1999, Karlström 1999a) kuin Suomessakin (Vuorinen ym. 1998a, Vuorinen 1999). M74-oireyhtymää on todettu Ruotsissa kaikissa niissä Pohjanlahden alkuperäisissä lohikannoissa, joissa sitä on tarkkailtu (Börjeson ja Norrgren 1997). Myös eteläisestä Ruotsista varsinaisen Itämeren eteläosaan laskevan Mörrum-joen lohista on raportoitu M74:n kaltaista kuolleisuutta (Börjeson ja Norrgren 1997). Suomessa M74-oireyhtymä on vaivannut koko 1990-luvun Suomen kahta ainoaa luonnossa lisääntyvää alkuperäistä Itämeren lohikantaa, Tornion- ja Simojoen kantaa (kuva 1). Myös Kymijokeen kudulle nouseva, istutetusta Nevan kannasta polveutuva lohi on kärsinyt M74-syndroomasta. Latvian joissa (Daugava ja Venta) M74-oireyhtymää sen sijaan ei ole esiintynyt (Karlsson ym. 1999a, Karlsson ym. 1999b), mikä varmennettiin koehaudonnoilla.

Samantapaista syndroomaa kuin M74 esiintyy Pohjois-Amerikan suurten järvien lohensukuisissa kaloissa. Sielläkin oireyhtymä (”early mortality syndrome” eli EMS) ilmenee poikasten varhaisena kuolemisenä (Honeyfield ym. 1998, Fitzsimons ym. 1999). Yhteistä M74-oireyhtymälle ja EMS:lle on, että niiden ilmenemiseen liittyy mädin tiamiinin eli B₁-vitamiinin vähäinen määrä.



Kuva 1. Kirjoituksessa mainittujen jokien sijainti.

1.2. M74-oireyhtymän esiintymistä seurataan koehaudonnoin

Lohi kutee loka-marraskuussa. Hedelmöityneissä mätimunissa kehittyvät talvikautena lohien jälkeläiset, jotka kuoriutuvat huhti-toukokuussa ruskuaispussipoikasina. Ruskuaispussipoikaset käyttävät ravintonaan emon mätimuniin varastoimaa ruskuaispussipoikasista. Ruskuaispussivaihe kestää pari kuukautta, jonka jälkeen poikaset alkavat syödä. Luonnossa lohien yksilönkehitys hedelmöityksestä ruskuaisen lähes loppuun kulumiseen asti tapahtuu kutusoraikossa. Ruskuaispussipoikanen luetaankin vielä alkiovaiheeseen kuuluvaksi, eli se on niin sanottu vapaa alkio (Balon 1975). Vasta ruskuaisensa käytettyään poikaset nousevat kutusoraikosta.

Suomessa lähes kaikki istutettavat lohienpoikaset ovat peräisin kalanviljelylaitoksilla ylläpidetyistä emokalastoista. Emolohia pyydetään jokisuilla mädin ja maidin saantia varten emokalaston geneettisen materiaalin uusimiseksi luonnosta muutaman vuoden välein. Ruotsissa ja Latviassa puolestaan kaikki istutettavat lohienpoikaset ovat merestä kudulle nousseiden lohien jälkeläisiä. Lohiemoista on tutkittu vuosittain lypsyt yhteydessä otetuista näytteistä tarttuvaa kalatauti, joten ne on voitu sulkea pois M74-oireyhtymän aiheuttajista (Koski ym. 1999a). Ristiinhedelmöityskokeella on suljettu pois koiraiden osuus M74-oireyhtymän kehittymiseen jälkeläisissä (Koski 1999). Osoitusta siitä, että M74-syndroomalla olisi yhteyttä perimään, ei myöskään ole löydetty (Nævdal ja Skaala 1999).

M74-oireyhtymää ei voida todeta ruskuaispussipoikasista luonnossa, vaan jokisuihin kudulle nousevista lohista lypsetään mäti ja maiti keinohedelmöitykseen. Koehaudonnassa (kuva 2) kuolleisuutta seurataan hedelmöityksestä ruskuaispussivaiheen loppuun asti ja havainnoidaan M74-oireyhtymälle tyypillisten oireiden esiintymistä ruskuaispussipoikasissa. Veden lämpötila vaikuttaa yksilönkehityksen nopeuteen, minkä vuoksi M74-oireiden ja kuolleisuuden ilmaantumisen ajankohta on tapana ilmoittaa lämpösummana (d°C) eli haudontaveden päivittäisten lämpötilojen summana joko hedelmöityksestä tai kuoriutumisen alkaen. Tässä kirjoituksessa käytämme kuoriutumisen lähtien kertynyttä lämpösummaa. Veden lämpötila on ollut 5–10 °C ja ruskuaispussipoikasvaiheen kesto 350–450 d°C. Tämän noin kahden kuukauden aikana poikaset eivät syö.

M74:n esiintymistä kuvataan kolmella luvulla: 1) kunakin vuonna seurannassa olleiden naaraiden ruskuaispussipoikasten keskimääräinen kuolleisuus, 2) niiden naaraiden osuus, joiden jälkeläisissä on todettu M74-kuolleisuutta ja 3) niiden naaraiden osuus, joiden kaikki jälkeläiset kuolevat M74-syndroomaan. Kahden vuosiluvun vinoviivalla merkitty yhdistelmä ilmaisee emojen kudullenoususyksyn / poikasten kuoriutumiskevään.

1.2.1. Ruskuaispussipoikasista havainnoidaan M74:n oireita

M74-syndroomasta kärsivillä lohien ruskuaispussipoikasilla on tyypillisiä oireita, joiden avulla M74-peräinen kuolleisuus voidaan tunnistaa ja erottaa muusta kuolleisuudesta. Oireiden tunnistus on käynyt tarpeelliseksi sen jälkeen, kun joitakin vuosia siten havaittiin M74-kuolleisuuden voivan olla myös osittaista siten, että 15–96 % poikasista menehtyy (Vuorinen ym. 1997a). M74-poikasille kehittyy myös sellaisia oireita, joita ei normaaleilla poikasilla yleensä todeta, mutta joita voi esiintyä myös normaaliemien yksittäisillä poikasilla.

Ruskuaispussipoikasten oireista huomion kohteiksi on valittu omien havaintojen ja kirjallisuuden perusteella (Börjeson ja Norrgren 1997, Lundström ym. 1998) passiivisuus, alkuvaiheen yliaktiivisuus, valopakaisuuden puute, spiraaliuinti, kouristelu ja

harmaus/tummuus. Lisäksi poikaseriä mikroskoipoitaessa ja valokuvattaessa on tarkkailtu samentumien määrää ja sijaintia ruskuaispussissa (öljypisaran tai maksan vieressä, pienten lipidipisaroiden ympärillä jne.), verenkiertohäiriöitä, eksophthalmiaa (mulkosilmäisyys) ja hyperpigmentaatiota (tummuus).



Kuva 2. Lohen mätiä koehaudonnassa ajankohtana, jolloin kuoriutuminen oli alkanut. Kunkin emon mäti haudottiin erillään. Mätierien välillä oli värieroja.

1.2.2. M74-havainnointia interkalibroitu

M74-kuolleisuuden havainnointia interkalibroitiin vuonna 1998 ruotsalaisten kanssa. Ruotsin lohentutkimuslaitoksesta (Laxforskningsinstitutet) lähetettiin RKTL:n Helsingin laboratorioon haudottavaksi 15 mätierää, jotka olivat Daljokeen (Dalälven) nousseiden lohien mätiä. Haudonnan päätyttyä tuloksia verrattiin. Ruotsin ja Suomen ruskuaispussipoikasten kuolleisuustulokset olivat varsin yhtäpitävät: parittaisen t-testin mukaan ne eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi ($p > 0,05$) (Vuorinen ym. 1998b).

2. M74:n oireet

2.1. Emoilla tasapainohäiriöitä ja mäti yleensä vaaleaa

Kudulle nousevalla lohiemolla voi olla tasapainohäiriöitä, joista voi päätellä jälkeläisten kärsivän M74-oireyhtymästä. Tasapainohäiriöiden takia lohi ei pysy normaalissa uintiasennossa, vaan ui kyljellään. Tällaisten ”kylkiuimareiden” jälkeläisten tiedetään menehtyvän M74-oireisiin (Amcoff ym. 1998a). Esimerkiksi syksyllä 1998 Simojoella lypsetyn pahoista tasapainohäiriöistä kärsineen emon jälkeläiset kuolivat ensimmäisinä. Vastikään on Pohjois-Amerikassa todettu M74-ilmiötä muistuttavan EMS:n yhteydessä, että myös aikuiset kalat voivat kuolla (Dale Honeyfield, kirjall. tieto).

Toinen M74-oireyhtymää ennakoiva ominaisuus näkyy emokalaa lypettäessä: Itämeren lohien normaali mäti on oranssia, kun taas todennäköinen M74-mäti on vaaleampaa ja kellertävää. Tenojoen lohet, jotka eivät kärsi M74-syndroomasta lainkaan, tuottavat tummanoranssinpunaista mätiä. Vaikka mädin vaaleudella on yhteys kuolleisuuden kanssa (Börjeson ja Norrgren 1997), värin perusteella ei kuitenkaan voida aukottomasti ennustaa yksittäisten emojen jälkeläisten kuolleisuutta. Värin arviointi on kenttäolosuhteissa hankalaa; värierot voivat olla pieniä, ja mätiin joutuva veri voi häihtää värin määritystä. Väri on luotettavampaa määrittää hedelmöitetystä mädistä. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että mitä vaaleampaa mäti on, sitä suurempi on riski syndrooman kehittymiselle (kuva 3).

2.2. Ruskuaispussipoikasten oireet

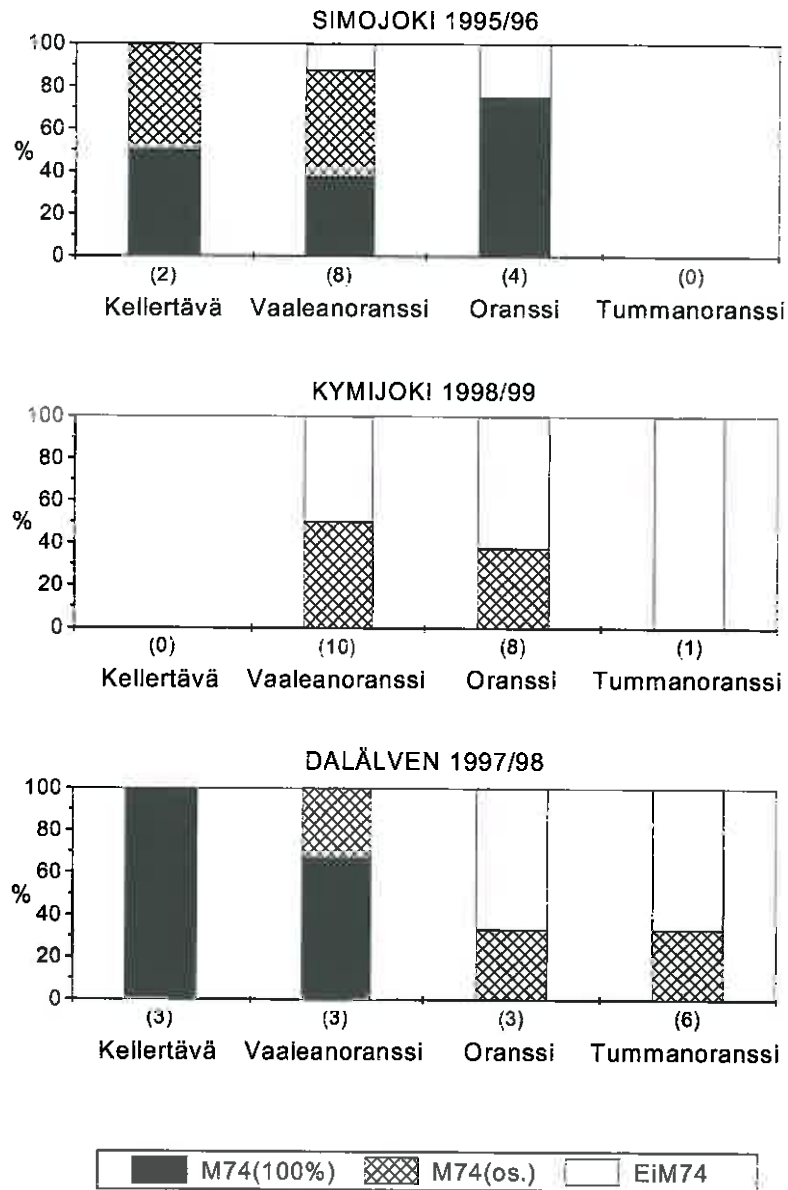
2.2.1. Ruskuisen öljypisaran vaaleus, saostumat ja verenkiertohäiriöt

Vastakuoriutuneiden poikasten ruskuaispussissa olevan ison öljypisaran väri vastaa mädin väriä. Öljypisara on yleensä vaaleampi niillä poikasryhmillä, joille kehittyi M74-oireyhtymä (kuva 4). Heti kuoriutumisen jälkeen ei vielä ole havaittavissa muita ulkoisia oireita.

Ennen 160°:n lämpösumman kertymistä M74:ksi tunnistettujen erien poikasilla oli havaittavissa enemmän erilaisia verenkierron häiriöitä sekä enemmän ja useammin valkoisia saostumia ruskuaisessa maksan, ison öljypisaran ja erityisesti pienten lipidipisaroiden ympärillä (kuva 5) kuin terveiden erien poikasilla. Sen sijaan osittaisen kuolleisuuden M74-ryhmät (kuolleisuus 15–96 %), joiden M74 tunnistetaan tyypillisesti vasta ruskuaispussivaiheen kolmannella tai viimeisellä neljänneksellä, tai myöhäiset totaalisen kuolleisuuden M74-ryhmät (kuolleisuus 100 %), joista ei ollut ennen lämpösummaa 160° tunnistettu syndroomaa, eivät eronneet merkitsevästi normaaleista poikasista kummankaan edellä mainitun oireen suhteen.

Verenkiertohäiriöistä yleisimpiä olivat heikko verenkierto, ruskuaispussin kärjessä oleva verenpurkauma, ruskuaispussin sisäiset verihyytymät ja punasolujen tarttuminen verisuonten seinämiin, jolloin punasolut vähenevät verestä (veri vaaleaa).

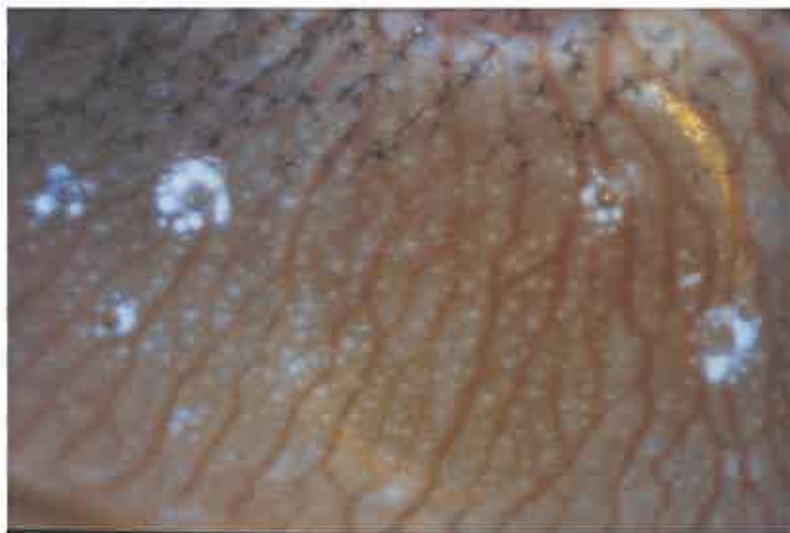
Mikroskopointi lämpösummassa 300° osoitti, että ruskuaispussivaiheen loppupuolella normaaleillekin ryhmille kehittyi valkoisia saostumia ruskuaiseen, mutta lähinnä vain ison öljypisaran viereen. Tämä sakka on himmeänvalkoista, hyytelömäistä.



Kuva 3. M74- ja normaalin mädin osuus oranssin värin voimakkuuden mukaan luokitelluissa mätierissä. M74(100%) = sellaisen mädin osuus, josta kuoriutuneet kaikki ruskuaispussipoikaset kuolivat; M74(os.) = sellaisen mädin osuus, josta kuoriutuneista ruskuaispussipoikasista osa kuoli M74-syndroomaan ja EiM74 = normaalin mädin osuus. Emojen lukumäärä suluissa. Mädin väri on arvioitu Simojoen lohilla pian hedelmöityksen jälkeen ja Kymi- ja Daljoen lohilla vähän ennen kuoriutumista.



Kuva 4. Vastakuoriutuneilla Tornionjoen lohen ruskuaispussipoikasilla, joille kehittyi M74-oireyhtymä (ylempi kuva), ruskuaispussin sisällä näkyvien öljypisaroiden väri oli vaaleampi kuin poikasilla, joille ei kehittynyt M74-oireyhtymää (alempi kuva).



Kuva 5. Totaalisen kuolleisuuden M74-poikasilla (yläkuva) yhtenä ensioireena ovat valkeat saostumat ruskeaisen pienten lipidipisaroiden ympärillä (keskellä). Normaaleilla poikasilla (alakuva) näitä saostumia ei ole. Poikasten lämpösumma oli 160 päiväastetta.

2.2.2. Passiivisuus, valopakaisuuden puute, uintihäiriöt ja tummuus

Normaalisti koeoloissakin lohen ruskuaispussipoikaset pysyttelevät vastakuoriutuneina paljon paikallaan. Kehityksen edetessä ne alkavat pyrkiä haudontakaukaloiden nurkkiin pakoon valoa ja järjestäytyvät samansuuntaisesti limittäin. Normaalit poikaset reagoivat syöksähtämällä uimaan, kun niitä häiritään. Ensimmäiset M74-ryhmät tunnistetaan passiivisuuden perusteella, kun lämpösummaa on kertynyt 70°:n verran kuoriutumisen. Poikaset makaavat silloin pohjalla eivätkä juuri pyri nurkkiin. Ne reagoivat häirintään vaisummin kuin normaalit poikaset, ja reaktio kestää lyhyemmän aikaa. Passivoitumisen edetessä poikasista katoaa orientaatio ja ne näyttävät olevan sikin sokin (kuva 6).

Ruskuaisen kulutus riippuu poikasten aktiivisuudesta ja kyvystä hyödyntää ravintoa. M74-poikasten aktiivisuus on syndrooman edetessä pienempi kuin normaaleilla poikasilla (kuva 7). Tällöin myös hapenkulutus on vähäisempää (kuva 8) ja ruskuaisen kulutus lopulta lähes pysähtyy (kuva 9).

Muutamaa päivää ennen kuolleisuuden alkamista on havaittavissa uintihäiriöitä. Poikaset tekevät häiritäessä lyhyitä pyrähdyksiä ja ilmentävät hermosto- ja tasapainohäiriöitä uimalla veltosti vatsa ylöspäin, nytkähtelemällä puolelta toiselle, kouristelemalla, uimalla spiraalimaisesti ja häiritäessä säpsähtämällä terävästi ylöspäin vajoten samantien passiivisena takaisin pohjalle. Koska samassakin erässä poikaset ovat kuitenkin hieman eri-ikäisiä ja oireyhtymä siis eri vaiheessa, tavallisesti vain muutamassa poikasessa kerrallaan ilmenee kyseisiä oireita. Eniten ”spiraaliuimareita” löytyy yleensä niistä M74-eristä, joissa kuolleisuus jää osittaiseksi, koska passivoituminen ei ole niissä yhtä voimakasta.

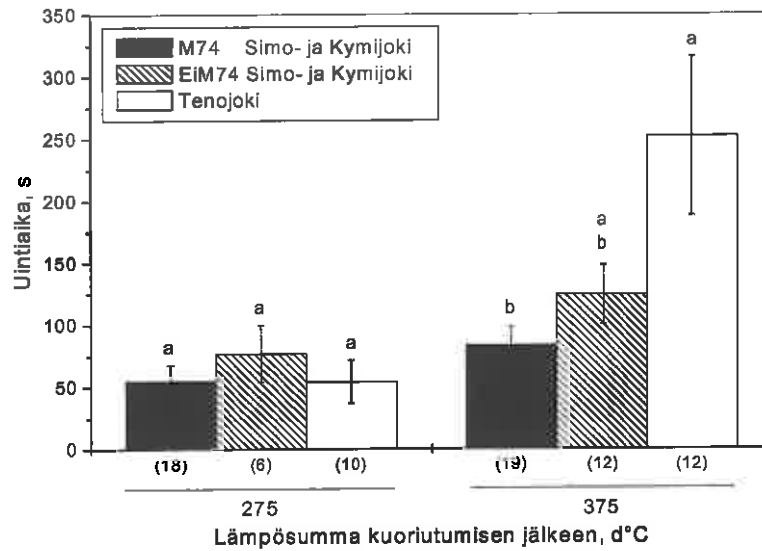
M74-poikaset alkavat tummua joitakin päiviä ennen passivoitumista, ja ”spiraaliuimarit” ovatkin yleensä hyvin tummia. Tämä erottuu parhaiten poikasilla, joille oireyhtymä kehittyy myöhemmässä vaiheessa, jolloin poikasilla on jo enemmän pigmenttiä (lämpösumma > 150°). Poikaserissä on myös luontaisia värieroja, joten ei ole yksiselitteistä tehdä diagnoosia pelkän tumman värin perusteella.

2.2.3. Oireet ennen kuolemaa

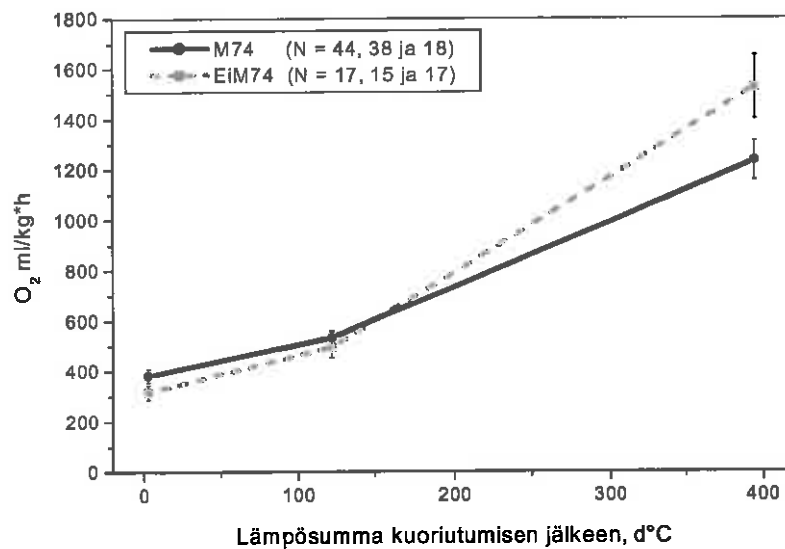
Kuoleman lähestyessä M74-oireyhtymästä kärsivät poikaset tulevat yhä passiivisemmiksi: ne reagoivat ärsytykseen yhä lyhenevillä uintipyrahdyksillä, ja niillä on harva hengitys- ja sydänsyke. Ennen kuolemaa poikaset ovat täysin passiivisia ja harmaantuvat samaan tapaan kuin hapenpuutteeseen kuollessaan. Lopuksi selkäranka käyristyy pyrstöpuolelta tyypillisesti notkolle (kuva 10) ja poikaset lakkaavat reagoimasta kosketukseen. Kuolemaisillaan olevilla M74-poikasilla on tyypillisesti ulos pullistuneet silmät (kuva 10) ja suurehko pää osoituksena kallonsisäisestä paineesta, usein verenpurkauma sydämen lähellä ja kylkiruotojen suuntaisia verivirruja jaokkeittain. Sydän voi harvakseltaan lyödä kuolleen näköisellä poikasella pitkään, vaikka verisuonissa näyttäisi virtaavan pelkkää plasmaa.



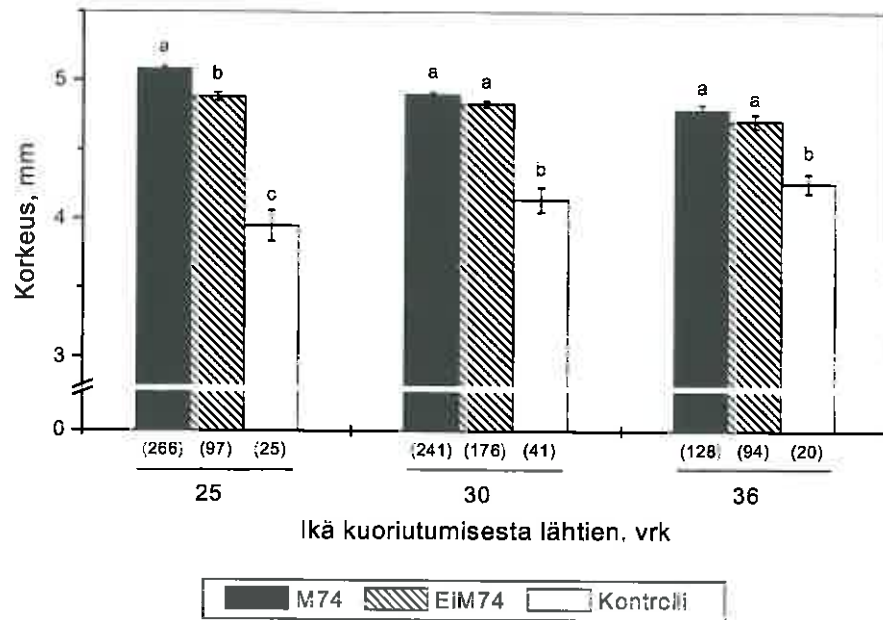
Kuva 6. M74-ruskuaispussipoikaset (lämpösumma 250 päiväastetta) ovat passiivisina pohjalla (yläkuva) eivätkä pakene normaalissa uintiasennossa valoa nurkkia kohden kuten normaalit poikaset (alakuva).



Kuva 7. Ruskuaispussipoikasten aktiivisuutta mitattiin yhtämittäisenä uintiaikana valosuojan poistamisen jälkeen. Keväällä 1995 kuoriutuneiden Simo- ja Kymijokeen nousseiden lohien normaalien ja M74-ryhmien poikasten keskimääräiset uintiajat (\pm keskivirhe) sekä vertailuksi Tenojoesta pyydettyjen lohien ruskuaispussipoikasten uintiajat. Pylväiden yläpuolella olevat kirjaimet kuvaavat ryhmien välisiä eroja kussakin lämpösummassa: kaksi ryhmää eroaa merkitsevästi toisistaan, jos niillä ei ole yhtään samaa kirjainta (yksisuuntainen varianssianalyysi ja Tukeyn testi). Emojen lukumäärä sululissa.



Kuva 8. Keväällä 1996 kuoriutuneiden lohien normaalien ja M74-ryhmien ruskuaispussipoikasten keskimääräiset hapenkulutusarvot (O_2 :n kulutus massa- ja aikayksikköä kohden \pm keskivirhe). Emot Simo-, Kemi- ja Kymijoesta. N = mittausten lukumäärä.



Kuva 9. Keväällä 1994 kuoriutuneiden Simojokeen nousseiden lohien normaalien ja M74-ryhmien ruskauspussipoikasten keskimääräiset korkeudet ruskauspussin kohdalta mitattuna (\pm keskivirhe) sekä vertailuksi laitosemojen poikasten korkeudet (= kontrolli). Pylväiden yläpuolella olevat kirjaimet kuvaavat ryhmien välisiä eroja tietyillä poikasilla: kaksi ryhmää eroaa merkitsevästi toisistaan, jos niillä ei ole yhtään samaa kirjainta (yksisuuntainen varianssianalyysi ja Tukeyn testi). Mitattujen poikasten lukumäärä sulissa.

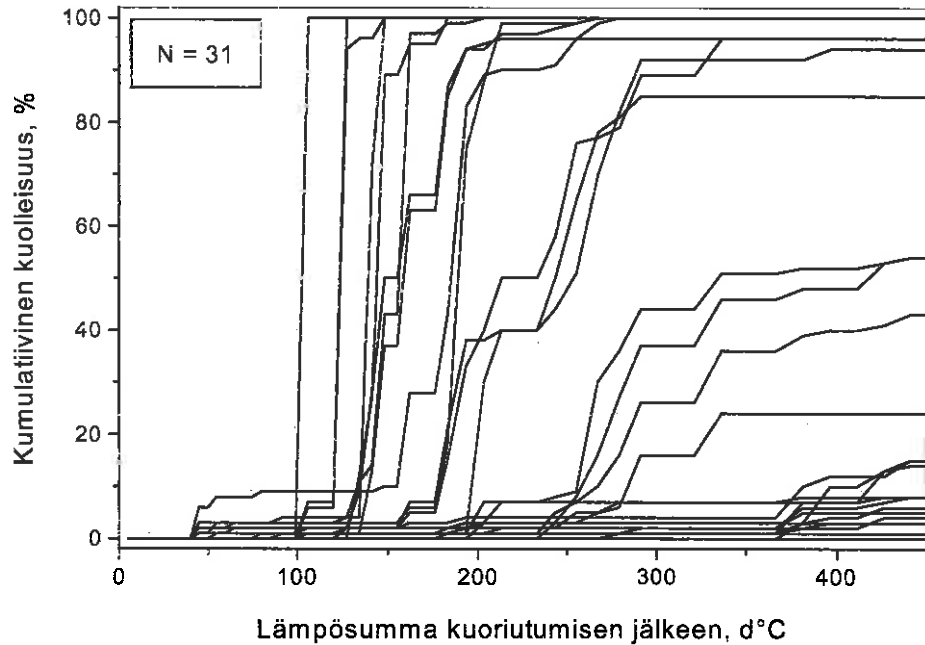
2.2.4. Kuolleisuuden ajoittuminen

M74-kuolleisuus voi alkaa eri emojen jälkeläisissä ruskauspussivaiheen toisesta neljänneksestä alkaen ruskauspussivaiheen loppupuolelle asti. Jos M74-kuolleisuus alkaa aikaisin, tavallisesti kaikki poikaset menehtyvät, kun taas myöhemmin alkanut kuolleisuus jää useimmiten osittaiseksi (kuva 11).

Ennen 160^o:n lämpösummakertymää M74:ksi tunnistetuissa poikasryhmissä kuolleisuus alkaa yleensä 4–10 päivän kuluttua passiivisuuden havaitsemisesta ja kaikkien poikasten menehtyminen kestää kolmesta kymmeneen päivään, myöhemmin M74:ksi tunnistetuilla yleensä puolestatoista kolmeen viikkoon. Osittaisen kuolleisuuden M74-ryhmät tunnistetaan tavallisesti lämpösumman ollessa 200–400^o – aikaisimmat niistä samoihin aikoihin kuin myöhäiset totaalisen kuolleisuuden ryhmät. Oireet tulevat osittaisen kuolleisuuden ryhmissä lievempinä ja kuolleisuus jatkuu ruskauspussivaiheen loppuun saakka. Vielä ei tiedetä, pystyvätkö lievemmistä M74-oireista kärsivät ja huonosti uivat poikaset ottamaan ulkopuolista ravintoa ja säilymään elossa.



Kuva 10. Ennen kuolemaa M74-oireyhtymästä kärsivä poikanen (lämpösomma 290 päiväastetta) on muuttunut harmaaksi ja selkä on käyrästynyt notkalle (yläkuva). Alakuvassa oikealla kuolemaisillaan olevalla M74-poikasella (270 d°C) silmät ovat pullistuneet ulospäin ja pää on suurehko kallonsisäisen paineen vuoksi; vasemmalla normaali poikanen (250 d°C).



Kuva 11. Ruskuaispussipoikasten kumulatiivinen kuolleisuus kuoriutumisen ruskuaispussivaiheen loppuun syksyllä 1998 lypsettyjen Simojoen lohien jälkeläisryhmissä. Kukin viiva kuvaa yhden emon jälkeläisten kuolleisuutta ja N = emojen lukumäärä.

2.3. Yhteenveto oireista

M74-oireyhtymä ilmenee lohenpoikasten kuolemisenä melko pian kuoriutumisen jälkeen tai muutaman viikon kuluttua kuoriutumisesta. Pahimmillaan emon kaikki jälkeläiset menehtyvät, jolloin jo kudulle nousevalla emolla itselläänkin on voitu havaita tasapainohäiriöitä. Lievemmissä tapauksissa vain osa poikasista kuolee ruskuaispussivaiheessa.

Ruskuaispussipoikasten kuoriuduttua ei niissä vielä ole – öljypisaran väriä lukuunottamatta – havaittavissa ulkoisia oireita. Edellä kuvatut oireet ilmaantuvat M74-syndrooman edetessä, ei niinkään tietystä lämpösummasta. Mitä myöhemmissä vaiheissa ulkoiset oireet ilmaantuvat, sitä hitaammin ja lievempänä oireyhtymä etenee. Silloin kun M74 ilmenee vasta hyvin myöhään, ruskuaispussivaiheen loppupuolella, kuolleisuus on yleensä osittaista.

Tyypillistä M74-poikasille on valopakoisuuden puute, passiivisuus ja kykenemättömyys orientoitua vesivirrassa. Sen sijaan normaalit poikaset pyrkivät samansuuntaisesti järjestäytyneinä haudontakaukalon nurkkia kohden valoa pako. Selvästi havaittavia oireita ovat myös uinti- ja tasapainohäiriöt, kuten spiraaliuinti, kouristelu ja uinti vatsa ylöspäin, sekä varhaisessa vaiheessa (lämpösumma < 160°) M74:ksi havaituissa poikaserissä valkoisten saostumien kertyminen ruskuaisessa ison öljypisaran, maksan ja erityisesti pienten lipidipisaroiden ympärille.

3. M74-kuolleisuus

M74:n esiintymistä on seurattu koehaudonnoin Itämerestä Simojokeen, Tornionjokeen ja Kymijokeen kudulle nousseista lohista saadusta mädistä. Koehaudonnat on tehty RKTL:n Helsingin laboratoriossa ja Simo- ja Tornionjoen lohilla vertailuksi myös Lautiosaaren kalanviljelylaitoksessa. Useana vuonna on Helsingissä haudottu vertailuksi Tenojokeen nousseiden lohien mätiä ja tarkkailtu ruskuaispussipoikasia. Tenojoen lohien ruskuaispussipoikasten kuolleisuus on ollut normaalisti alle 10 %. Yhtenä vuotena haudonnassa oli myös laitoslohen mätiä, ja siitä kuoriutuneiden ruskuaispussipoikasten kuolleisuus oli 5 %.

Kokemäenjokeen syksyllä 1996 kudulle nousseista istutetuista nevanlohista saatua mätiä haudottiin talvella 1996/97, ja kaikkien neljän seurannassa olleen Kokemäenjoen lohien kaikki jälkeläiset kuolivat. Samoin haudottiin kahdesta Ahvenanmaalta pyydetystä niin ikään alkuperältään nevanlohesta vuonna 1997 saatua mätiä, mutta niissä ei todettu M74:ää.

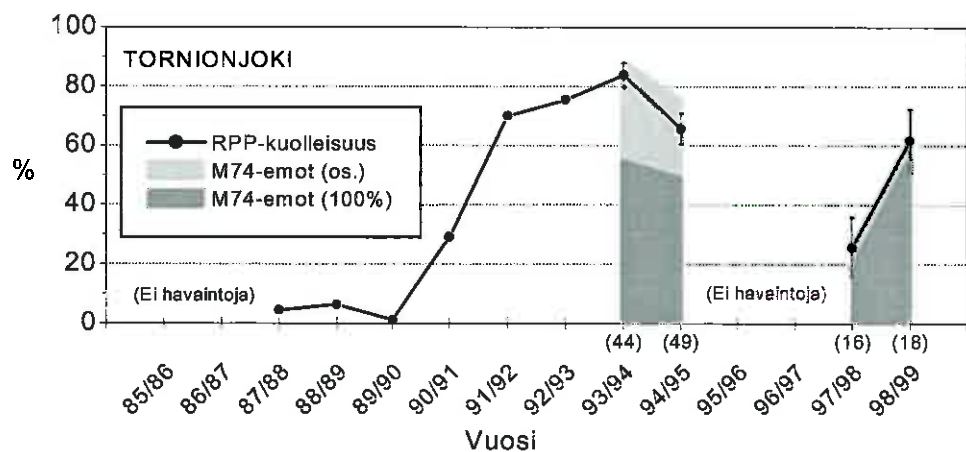
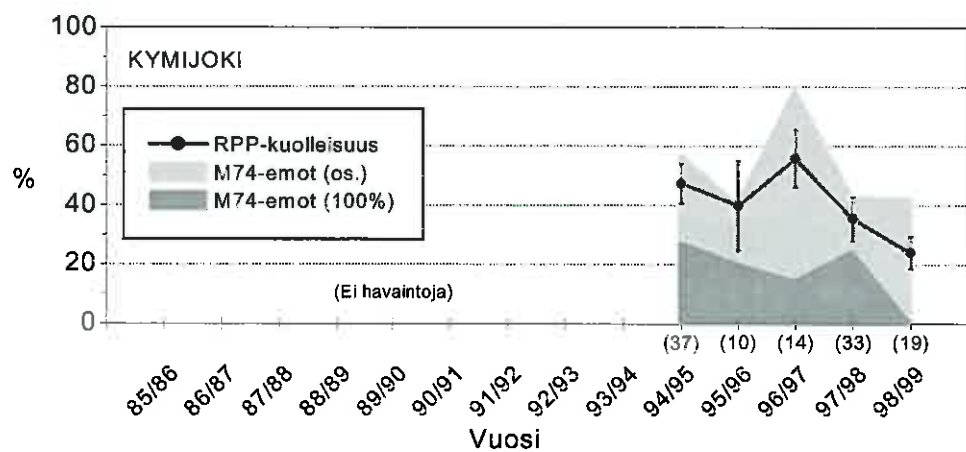
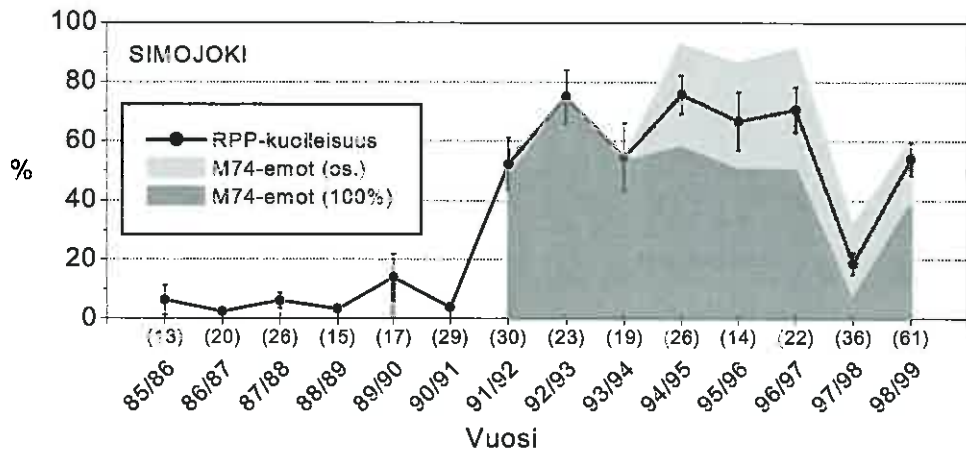
3.1. Koehaudonnat

3.1.1. Simojoki

Simojokeen kudulle vaeltaneiden lohien mätiä alettiin hautoa emokohtaisesti syksyllä 1985. Vuosittain emot on pyydetty läheltä Simojoen suuta rysällä ja niitä on säilytetty Lautiosaaren kalanviljelylaitoksella mädin lypsyyksi asti. Simojokeen nousseiden lohien ruskuaispussipoikasten keskimääräinen kuolleisuus kasvoi syksyn 1991 emojen jälkeläisissä 52 %:iin keväällä 1992 ja on lisääntymiskausina 1991/92–1998/99 ollut 19–76 % (kuva 12). Kuolleisuus oli pienimmillään 1997/98, mutta 1998/99 kuolleisuus kasvoi 55 %:iin. M74-jälkeläisiä tuottaneiden emojen osuus on lisääntymiskausina 1991/92–1998/99 ollut 31–92 %. Sellaisten emojen osuus, joiden kaikki jälkeläiset ovat kuolleet M74-oireyhtymään, on ollut 6–74 %. Kautena 1998/99 M74-poikasia tuottaneiden emojen osuus oli 59 % ja niitä emoja, joiden kaikki poikaset kuolivat syndroomaan, oli 38 %.

3.1.2. Tornionjoki

Tornionjokeen nousseiden ja Muonion kalanviljelylaitoksen avustuksella pyydettyjen emojen mätiä on haudottu emokohtaisesti syksystä 1987 alkaen paria välivuotta lukuun ottamatta. Kautena 1998/99 Tornionjoen lohien ruskuaispussipoikasten kuolleisuus oli 62 %; koehaudontaan saaduista lohienmätiä 61 %:n jälkeläisillä oli M74-kuolleisuutta ja emoista 56 %:n kaikki ruskuaispussipoikaset kuolivat (kuva 12).



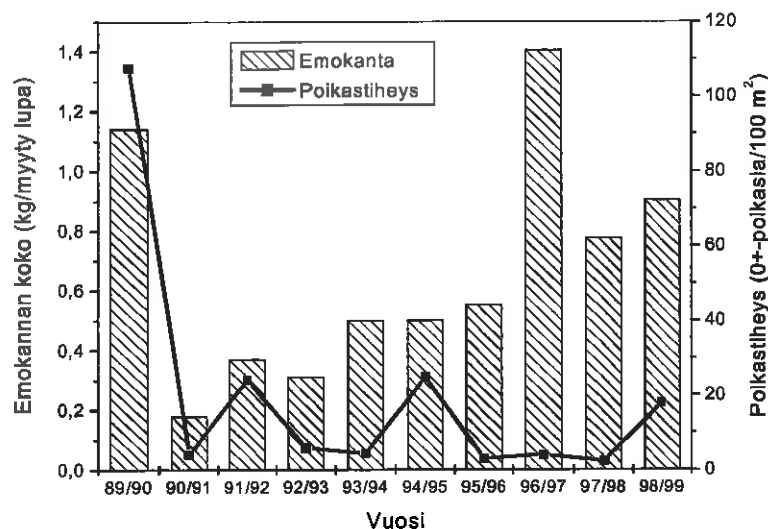
Kuva 12. M74-kuolleisuus Simo-, Kymi- ja Tornionjokeen kudulle nousseiden lohien jälkeläisissä vuosina 1985/86–1998/99 (mäti lypetty syksyllä / ruskuaispussipoikaset kuoriutuneet seuraavana keväänä). RPP-kuolleisuus = ruskuaispussipoikasten keskimääräinen kuolleisuus; M74-emo (os.) = niiden naaraiden osuus, joiden ruskuaispussipoikasista osa on kuollut M74-oireyhtymään ja M74-emo (100%) = niiden naaraiden osuus, joiden kaikki ruskuaispussipoikaset ovat kuolleet. Emojen lukumäärä suluissa.

3.1.3. Kymijoki

Suomenlahden puolella Kymijoen suulle kudulle nousevat lohet ovat istutettua nevanlohen kantaa. Mädinhankintaa ovat hoitaneet Kotkan Kalamiehet ry. sekä Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely. Näiden lohien mätiä on haudottu emokohtaisesti syksystä 1994 alkaen ja ruskuaispussipoikasten kuolleisuus lisääntymiskausina 1994/95–1998/99 on ollut 24–56 % (kuva 12). Kymijokeen vuonna 1997 nousseiden lohien jälkeläisten kuolleisuus ja M74-emojen osuus oli suurempi kuin saman vuoden Simojoen lohienpoikasten. Mutta lisääntymiskautena 1998/99, jolloin Tornion- ja Simojokeen nousseiden lohien kuolleisuus oli jälleen suurta, Kymijokeen nousseiden emojen jälkeläisillä M74-oireyhtymä esiintyi lievänä. Kaikkien koehaudonnassa olleiden lohien jälkeläisistä vain osa kuoli ruskuaispussivaiheessa, joten kevään 1999 kuolleisuus jäi 24 %:iin, vaikka M74-emojen osuus oli 42 %.

3.2. Havainnot luonnosta

Samaan aikaan koehaudonnoissa todetun M74-kuolleisuuden kanssa luonnonkudusta peräisin olevien lohenpoikasten määrä romahti niin Simojossa kuin Tornionjoessakin (ICES 1999a). Tämä havaittiin myös Pohjanlahden Ruotsin puoleisissa joissa (Karlström 1999a, 1999b). Kudulle nousseiden lohien lukumäärä on kasvanut vuodesta 1996 lähtien rannikkoalueelle asetettujen ankarampien kalastusrajoitusten seurauksena (Ikonen ym. 1999a), ja myös vastaavina vuosina kuoriutuneiden poikasten määrissä on todettu kasvua (ICES 1999a, Jokikokko 1999, Romakkaniemi 1999). M74-syndrooma lienee osaltaan vaikuttanut myös Kymijoen emokannan kokoon nähden vähäiseen luonnonkudusta peräisin olevien nollavuotiaiden poikasten määrään 1990-luvulla (Ari Saura, suull. tieto ja kuva 13). Kymijoella myös virtaaman säännöstely vaikuttaa luonnonvuosiluokan vahvuuteen.



Kuva 13. Kymijoen lohien emokannan kokoa kuvaava indeksi virkistyskalastajien lupakohtaisen saaliin perusteella eri vuosina ja nollavuotiaiden lohienpoikasten yksilötiheys seuraavana kesänä (Ari Saura, julkaisematon).

4. Lohen ravinnon laatu

M74-kuolleisuuden kasvu 1990-luvun alussa tapahtui poikkeuksellisen pitkän Itämeren stagnaatiojakson jälkeen. Tuona aikana, eli vuoden 1976 jälkeen, Itämereen ei ole tullut Pohjanmerestä edes keskikokoisia suolaisen veden purkauksia, minkä vuoksi Itämeren veden suolapitoisuus on pienentynyt (HELCOM 1996). Mereisen, suurikokoisen eläinplanktonin määrä pohjoisella Itämerellä ja Saaristomerellä on vähentynyt ja vähäsuolaiselle vedelle tyypillisen pienikokoisen eläinplanktonin määrä kasvanut 1980-luvulla Itämeren suolapitoisuuden vähenemisen myötä (Flinkman ym. 1998, I. Vuorinen ym. 1998). Lisäksi planktoneläinten saalistettavuus on ehkä vaikeutunut suolaisen veden harppauskerroksen heikkenemisen tai puuttumisen vuoksi. Samansuuntaisesti kuin suolaisuuden väheneminen eläinplanktonilajien esiintymiseen vaikuttaa myös lämpötilan nousu (Viitasalo ym. 1995). Silakan on todettu valikoivan ravinnokseen suurikokoista eläinplanktonia (Sandström 1980, Flinkman ym. 1992, 1998). Silakan suosiman suurikokoisen planktonin osuus väheni vuonna 1991 pohjoiselta Itämereltä otetuissa planktonnäytteissä ja silakan mahanäytteissä verrattuna vuoteen 1984, vaikka eläinplanktonin kokonaisbiomassa kasvoi (Flinkman ym. 1998).

4.1. Tornion- ja Simojoen lohet syönnöstävät eteläisellä Itämerellä

Pohjanlahden jokien lohet vaeltavat syönnökselle eteläiselle Itämerelle (kuva 14) (Ikonen ym. 1999b, Karlsson ym. 1999a). Perämeren jokien lohien vaelluspoikaset saavuttavat Itämeren pääaltaan mereenvaellusvuoden lopulla ja vaeltavat talven aikana pääaltaan syönnösalueille Bornhoimin ja Gotlannin syvänteiden ympäristöön. Syönnösvaellus näillä alueilla kestää 2–3 vuotta. Osa lohista jää syönnösvaellukselle Selkämereen. Merkkipalautustietojen mukaan Simojoen lohien syönnösvaellus olisi painottunut vuosina 1995–1997 etelämmäksi Itämeressä kuin vuosina 1991–1994 (Ikonen ja Soivio 1999).

Kymijokeen istutettu nevanlohi vaeltaa pääasiassa Suomenlahdessa, vähemmän Itämeren pääaltaassa (kuva 14) (Ikonen ym. 1999b). Merkkipalautusten mukaan noin 80 % Kymijoen lohista pyydetään Suomenlahden alueelta. Pääaltaassa syönnöstävien vaellus ei kuitenkaan painotu yhtä kauas etelään kuin Perämeren kantojen lohilla, vaan suurin osa pääaltaan merkkipalautuksista tulee Gotlannin syvänteen ympäristöstä.

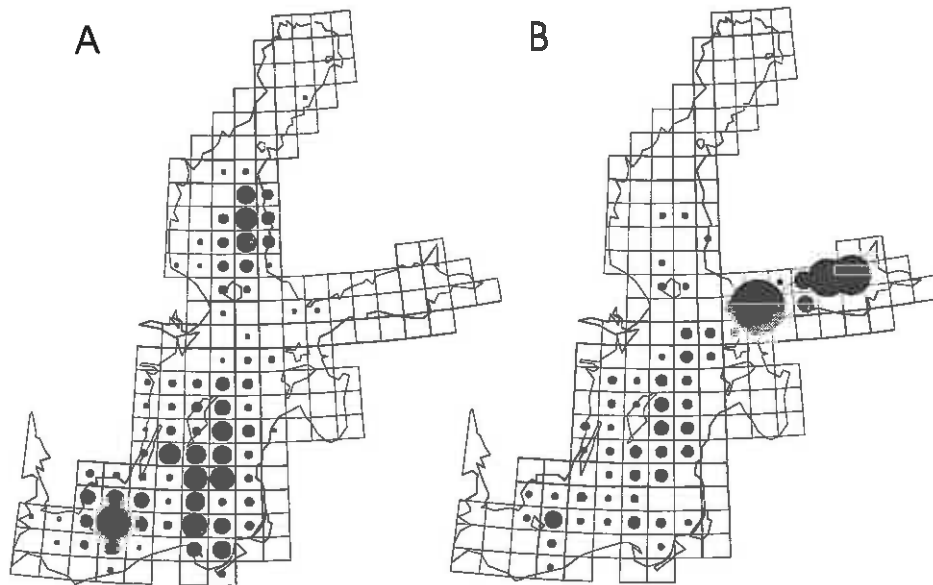
Itämeren lohi syö pääasiassa silakkaa ja kilohailia; pääaltaalla yli 95 % lohien syömästä ravinnosta koostuu niin painon kuin ravintoeläinten lukumääränkin perusteella näistä kahdesta lajista (Karlsson ym. 1999a, 1999c). Kolmipiikki on kolmas lohien tärkeä saaliskala. Lohien ravinnossa kilohailin osuus eteläisellä Itämerellä on noin 60–80 %, mutta ravinto muuttuu pohjoiselle Itämerelle tultaessa pääosin silakaksi. Kutuvaelluksen aikana Selkämeressä silakka on ylivoimaisesti runsaslukuisin ravintokohde.

Varsinaisella Itämerellä lohien saaliskalaosuudet olivat vuosina 1995–1997 kilohailia 65 % ja 29 % silakkaa (Hansson ym. 1999, Karlsson ym. 1999c). Alle 60 cm:n pituisten lohien ravinto koostui suuremmassa määrin (90 %) kilohailista ja 34 %:lla niistä maha oli tyhjä, kun suuremmilla lohilla tyhjien mahaosien osuus oli 9 %. Kutuvaelluksella olevien lohien ravinto poikkesi varsinaisella Itämerellä syönnöksellä olevien

lohien ravinnosta 1995–1997: Pohjanlahdella pyydettyjen lohien mahoista ei löytynyt kilohailia ja ravinto koostui yli 90-prosenttisesti silakasta.

Suomenlahdessa syönnösvaelluksella olevan lohien ravintoa tutkittiin marraskuussa 1973 ajosiimalla pyydettyistä lohista. Yksilömääräisesti kolmipiikki oli yleisin ravintokohde (59 %). Seuraavina olivat silakka (21 %), kilohaili (10 %) ja kuore (8 %). Ravinnon tilavuuden suhteen järjestys oli: silakka (37 %), kilohaili (24 %), kuore (18 %) ja kolmipiikki (13 %) (Andersson 1980). Vuonna 1996 marras-joulukuussa Suomenlahdella ajosiimalla kerätyn mahanäyteaineiston perusteella kilohaili oli ylivoimaisesti runsaslukuisin ravintokohde (78 %). Seuraavana oli kolmipiikki (15 %) ja kolmantena silakka (7 %) (Erkki Ikonen, julkaisematon). Kilohailin suuri osuus ravinnossa vuonna 1996 verrattuna 1970-lukuun selittynee kilohailikannan runsaudella, jolloin kilohailin määrä myös Suomenlahdessa on ollut huomattavan suuri.

Pohjanlahden jokien lohiet aloittavat kutuvaelluksen Itämeren pääaltaalta maaliskuun huhtikuun, ja ensimmäiset lohiet saapuvat kesäkuun aikana kotijokiensa tuntumaan (Ikonen ym. 1999b, Karlsson ym. 1999c). Kutuvaelluksen aikana Pohjanlahdella lohien syöntihalukkuus vähenee vaelluksen edetessä; jokisuun saavutettuaan lohi lopettaa ravinnon oton. Paasto jatkuu joessa siten, että lohi on syömättä ennen kutua 2–4 kuukautta. Kymijokeen nousevien lohien syönnösalueet sijaitsevat lähempänä kotijokea verrattuna Perämeren jokien lohiin. Lohiet saapuvat Kymijoen suuhun heinäkuun puolivälin jälkeen (Ikonen ym. 1999b, Karlsson ym. 1999c). Näin ollen Kymijoen lohiet ovat syömättä 1–2 kuukautta ennen kutua.

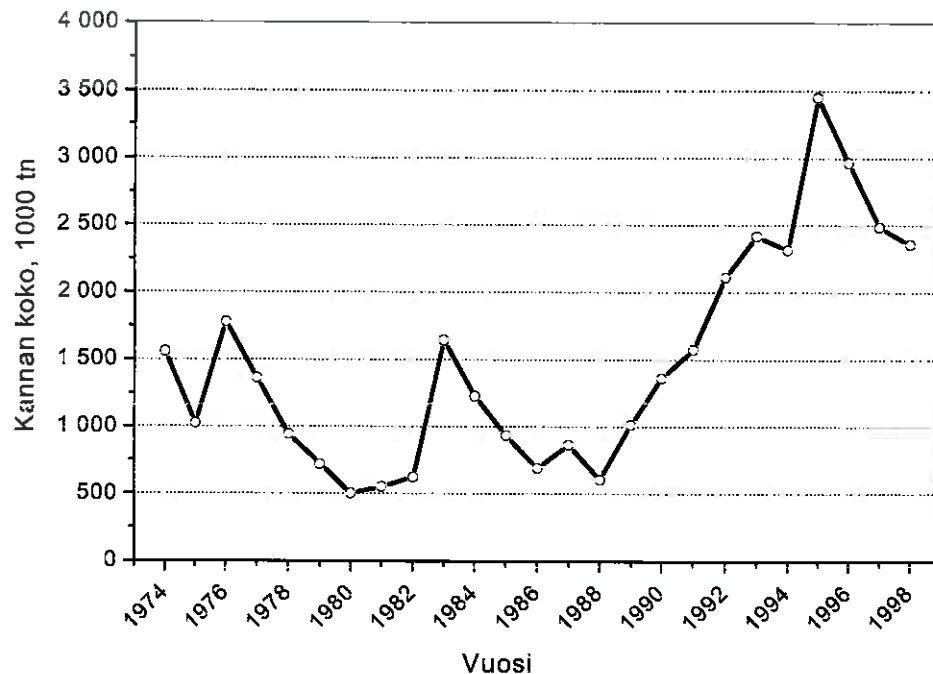


Kuva 14. Lohien merkkipalautusten jakautuminen (RCTL:n kalamerkitietokanta; Tapani Pakarinen). Perämeren vaelluspoikasmerkinnöistä peräisin olevat lohiet A) ja Kymijokeen istutetut lohiet B) on saatu joko ajoverkolla tai -siimalla syyskuun ja huhtikuun välisenä aikana. Mukaan on otettu vuosina 1989–1998 istutettujen kalojen palautukset istutusvuoden jälkeen. Kymijoen merkinnöistä on otettu mukaan alnoastaan Nevaajoen kantaa olevat kalat.

4.2. Kilohailin määrä moninkertaistunut

Kilohailin määrä Itämeressä on ollut 1990-luvulla edellistä vuosikymmentä suurempi (kuva 15). Kilohaili ja silakka ovat turskan pääravintoa (Sparholt 1994). Itämeren turskan lisääntymisen onnistuminen riippuu Itämeren veden suolapitoisuudesta (Vallin ym. 1999). Koska viimeisimmän suuren, vuoden 1976 suolavesipurkauksen jälkeen on kulunut epätavallisen pitkä aika ilman veden tehokasta vaihtumista, on Itämeren suolapitoisuus ollut pieni 1990-luvulla (HELCOM 1996). Pienessä suolapitoisuudessa turskan mätimunat vajoavat tavallista syvemmälle Itämeren vähähappiseen vesikerrokseen ja tuhoutuvat (Wieland ym. 1994). Koska turskan lisääntyminen on onnistunut 1990-luvun vähäsuolaisessa vedessä huonosti (Vallin ym. 1999), turskan määrä Itämeressä on ollut pieni (ICES 1999b). Vähäinen turskakanta ei ole syönyt yhtä paljon kilohailia kuin 1980-luvun suurempi turskakanta.

Kilohailin lisääntymisen onnistumisen (ICES 1999b) ja turskan vähyden seurauksena Itämeren kilohailikanta on kasvanut, joten lohella on 1990-luvulla ollut edellistä vuosikymmentä enemmän kilohailia ravintona.



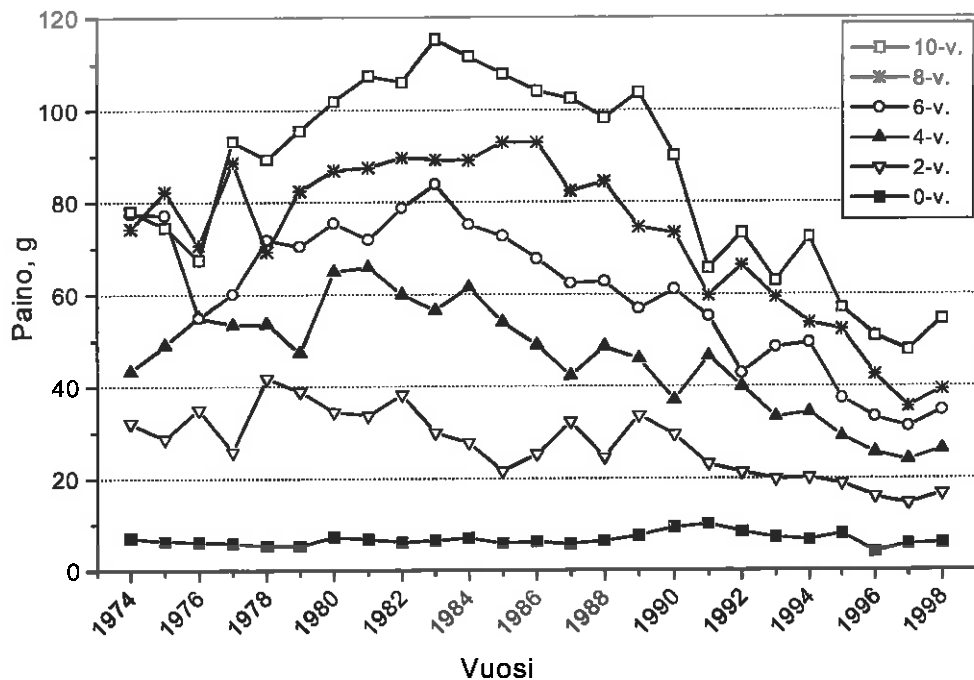
Kuva 15. Itämeren kilohailikannan koon kehitys ICESin (1999b) mukaan.

4.3. Silakka ja kilohaili kasvaneet hitaasti

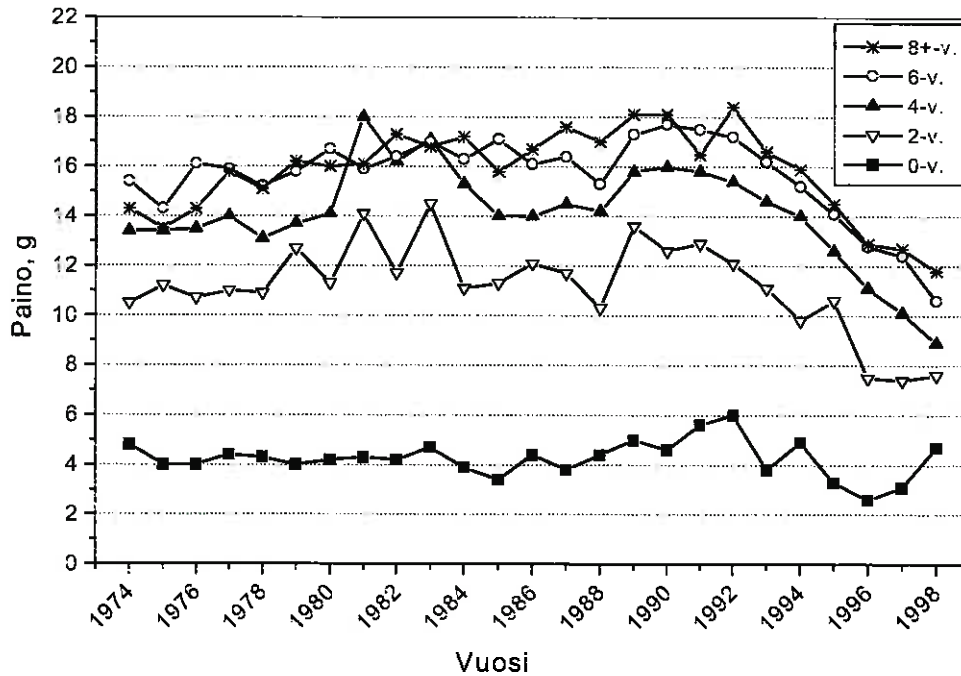
Eläinplankton on kilohailien ja nuorten silakoiden tärkein ravintokohde (Arrhenius ja Hansson 1993). Itämeren suolapitoisuuden pieneneminen on vähentänyt silakalle ja kilohailille ravinnoksi sopivan eläinplanktonin määrää ja saatavuutta (Lankov ja Raid 1997, Flinkman ym. 1998, I. Vuorinen ym. 1998). Samanaikaisesti kilohailikanta on kasvanut. Itämeren etelä- ja keskiosassa silakkakannan biomassa on silakoiden hitaan kasvun seurauksena pienentynyt, mutta silakoiden lukumäärä on 1990-luvulla ollut ar-

vion mukaan keskimäärin hieman suurempi kuin edellisellä vuosikymmenellä (ICES 1999b). Kilohailikannan kasvun seurauksena aikaisempaa suurempi määrä pelagisia parvikaloja on kilpaillut 1990-luvulla Itämeren pienentyneistä ravintovaroista. Silakka- ja kilohailiyksilöä kohden käytettävissä olevan sopivan ravinnon määrän vähentyminen 1990-luvulla on johtanut kasvun hidastumiseen. Silakan ikäryhmäkohtaiset keskipainot Itämeren etelä- ja keskiosassa ovat pienentyneet (kuva 16). Myös Itämeren kilohailin kasvu on ollut hidasta 1990-luvulla (kuva 17).

Lohi käyttää ravinnokseen alle 19 cm pitkiä kaloja (Andersson 1980). Täten kaikenikäiset kilohailit ovat kooltaan sopivia lohen ravinnoksi. Sellainen silakka, jonka pituus on 19 cm, painaa noin 45 g (Parmanne 1990). Painoltaan 45 g olevan silakan ikä oli 1970- ja 1980-luvulla noin 4 vuotta (kuva 16). Silakan kasvun hidastumisen seurauksena alle kymmenvuotiaiden silakoiden ikäryhmien keskipainot olivat 1990-luvun loppupuolella pienempiä kuin 45 g (kuva 16). Pienten, lohen ravinnoksi sopivien silakoiden määrä on siten kasvanut. Silakoiden kasvun hidastumisen seurauksena lohi on syönyt Itämeren etelä- ja keskiosassa 1990-luvulla vanhempia silakoita kuin edellisellä vuosikymmenellä.



Kuva 16. Silakan keskipaino ikäryhmittäin Itämeren etelä- ja keskiosassa (ICES:n osa-alueet 25–29, 32) (ICES 1999b).

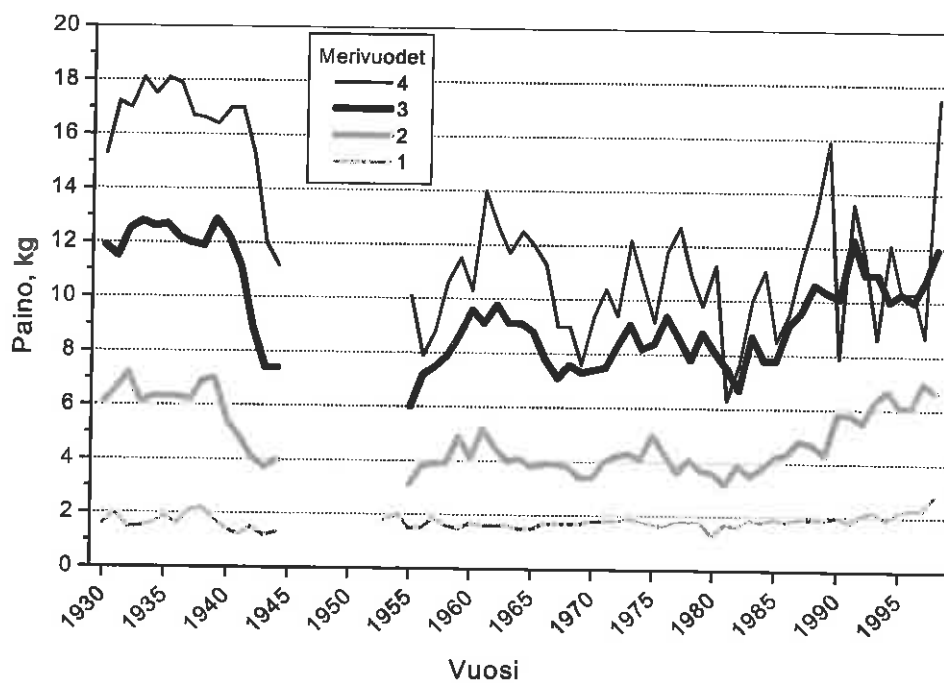


Kuva 17. Itämeren kilohailin keskipaino ikäryhmittäin (ICES 1999b).

4.4. Lohet kasvaneet nopeammin kuin vuosikymmeniin

Lohella on viime vuosina ollut varsinaisella Itämerellä runsaasti ravintoa tarjolla turskan vähenemisen vuoksi. Aikaisemmin lohien ja turskan biomassan suhde Itämerellä on ollut 1 : 100 (Bagge ym. 1994, ICES 1995, Börjeson ja Norrgren 1997), joten turska on ollut ihmisen ohella ainoa merkityksellinen kilohailin ja silakan saalistaja (Börjeson ja Norrgren 1997). Eteläisellä Itämerellä syönnöstävien lohien ravinto koostuu pääasiassa kilohailista, ja 1990-luvulla ne ovat syöneet aikaisempaa enemmän kilohailia. Jos kilohaileja on ollut 1990-luvulla huomattavasti enemmän silakoiden määrään nähden kuin 1980-luvulla, voisi olettaa lohien syöneen 1990-luvulla myös enemmän kilohailia suhteessa silakkaan kuin aiemmin. Lohien mahoja tutkittaessa saaliskalaosuuksissa – Itämeren eteläosissa pääosin kilohailia ja pohjoisosissa silakkaa – ei ole havaittavissa selviä muutoksia verrattaessa vuosien 1995–1997 näytteitä 1960-luvun alkuosaan. Valitettavasti vertailutietoja ei ole 1970- ja 1980-luvuilta.

Itämeren lohelle on ollut tarjolla kilohailia ja pieniä silakoita runsaasti, ja lohi on kasvanut 1990-luvulla nopeammin kuin edeltävinä vuosikymmeninä (kuva 18) (Karlsson ym. 1999a). On myös viitteitä siitä, että lohi olisi syönyt talvella vuosina 1995–1997 enemmän kuin 1960-luvun alussa, mikä voisi osaksi johtua esimerkiksi talvilämpötilan noususta, mutta tilastollisissa analyysissä lämpötila ei selittänyt vaihtelua (Karlsson ym. 1999a). Koska lohi on eteläisellä Itämerellä syönyt melkein yksinomaan kilohailia ja silakkaa, hyvä kasvu saattaa johtua kilohailin ja pienen silakan runsastumisesta. M74-oireyhtymän esiintymisellä olikin vahva tilastollinen riippuvuusuhde niin kilohailin runsauteen kuin kilohailin hidaskasvuisuuteen, kun tarkastellaan joko kilohailin keskipainoa tai painoa 1-vuotiaana (Karlsson ym. 1999a).



Kuva 18. Pohjanlahden kutulohien vuosittaiset keskipainot. Vuosien 1930–1944 painot on saatu Oulu- ja Tornionjoen kalastustilastoista (Lindroth 1965) ja vuosien 1953–1998 painot ruotsalaisista merkintäreistereistä (ICES 1999a). Neljän merivuoden lohien painot vuosilta 1953–1998 perustuvat pieneen aineistoon.

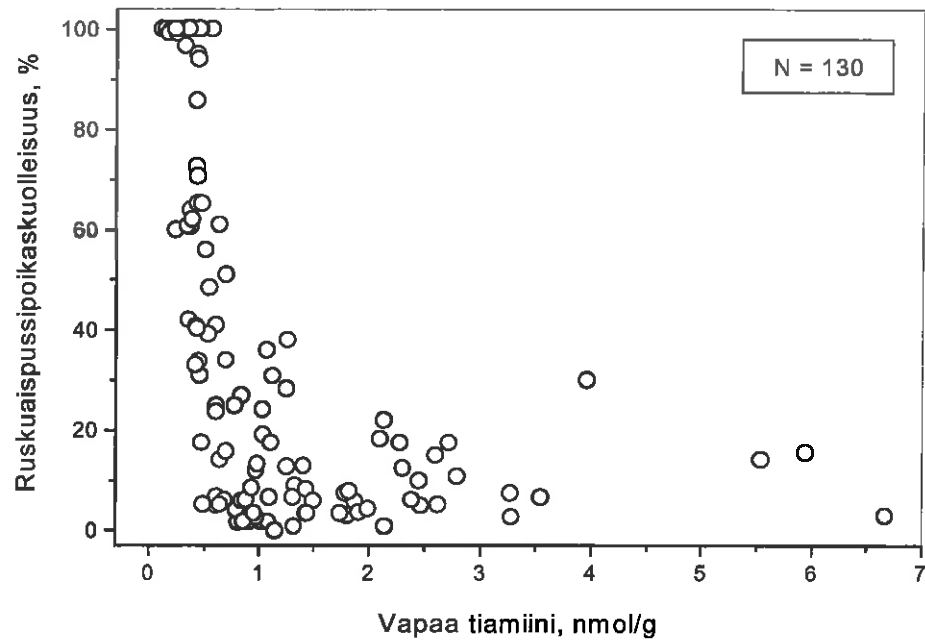
5. M74:n yhteys mädin laatuun ja lohen ravintoon

Eri jokien lohikannoissa M74:n esiintyvyys on erilaista. Samankin populaation lohiemojen välillä on kuitenkin M74:n voimakkuudessa eroja: samana vuonna toiset tuottavat normaaleja jälkeläisiä ja toisten emojen kaikki jälkeläiset kuolevat. Tämä voi johtua syönnöstämisestä eri alueilla tai eroista saaliskalakoostumuksessa. Merkitystä voi olla myös kutuvaelluksen pituudella ja kotijokeen paluuajalla. Lisäksi kalayksilöiden aineenvaihdunnassa on eroja. Aineenvaihdunnan ja lisääntymisfysiologian sekä mahdollisesti vaelluskäyttäytymisen eroista johtunee, että lohen kanssa samaa ravintoa syöville muilla Itämeren kaloilla, kuten turskalla, ei ole vastaavaa oireyhtymää. Lohi varastoi turskaa suuremman ravintomäärän kullekin jälkeläiselleen mätimunaan ja kartuttaa lihaksiin runsaat rasvavarastot, joita se kuluttaa kutuvaelluksen ja -paaston aikana. Turska varastoi rasvaa lihaksen sijasta maksaan.

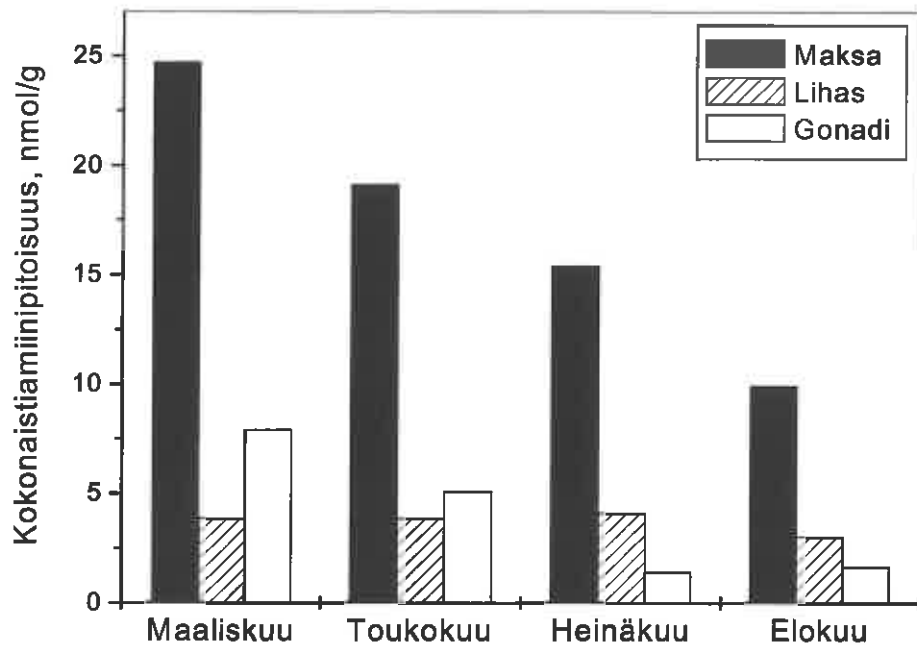
5.1. Vitamiinit

Suuri ruskuaispussipoikasten M74-kuolleisuus on yhteydessä mädin pieneen tiamiiniin eli B₁-vitamiinin pitoisuuteen (kuva 19) (Amcoff ym. 1998b, Lundström ym. 1999, Vuorinen ja Keinänen 1999). Kuolleisuus on suurta, jos hedelmöittämättömän mädin vapaan tiamiinin pitoisuus on alle 1 nmol/g. Kutuvaelluksen aikana Itämeren pääaltaalta Perämerelle maaliskuusta heinäkuuhun lohen maksan ja ovaarioiden tiamiinipitoisuudet pienenevät (kuva 20) (Karlsson ym. 1999c). Itämeren lohien (Simojoki ja Kymijoki) mädin tiamiinipitoisuus oli keskimäärin kuudesosa ($1,12 \pm 0,12$ nmol/g, keskiarvo \pm keskivirhe, N = 137) Tenojoen lohien mädin tiamiinipitoisuudesta ($6,81 \pm 0,37$ nmol/g, N = 5) (Pekka J. Vuorinen, julkaisematon). Daugavan lohilla mädin tiamiinipitoisuus oli hieman suurempi kuin Simojoen ja Kymijoen lohilla. Tiamiinia siis ilmeisesti kuluu ja/tai sen saanti vähenee kutuvaelluksen aikana (Karlsson ym. 1999c).

On esitetty, että kilohailin suuri tiaminaasientsyymien määrä tai aktiivisuus selittäisi lohen tiamiinivajauksen siten, että tiaminaasi hajottaisi tiamiinia lohen ruoansulatuskanavassa. Pilottitutkimuksessa tiamiini hajosikin nopeammin kilohailihomogenaatissa kuin silakkahomogenaatissa (Soivio ja Hartikainen 1999). Kilohailihomogenaatin tiamiinipitoisuus ei kuitenkaan vähentynyt silakkahomogenaatin pitoisuutta pienemmäksi, sillä alun pitäen kilohailihomogenaatissa tiamiinipitoisuus oli noin kaksinkertainen silakkahomogenaatin pitoisuuteen nähden. Näytekalat oli pyydetty Helsingin edustalta varhain keväällä 1995. Kutuvaelluksella olevien lohien ravinnossa on Pohjanlahdella tavattu tuskin ollenkaan kilohailia. Kilohailin tiaminaasiaktiivisuus ei nykyisen tiedon perusteella selitä lohen kudosten tai mädin tiamiinivajauksia.



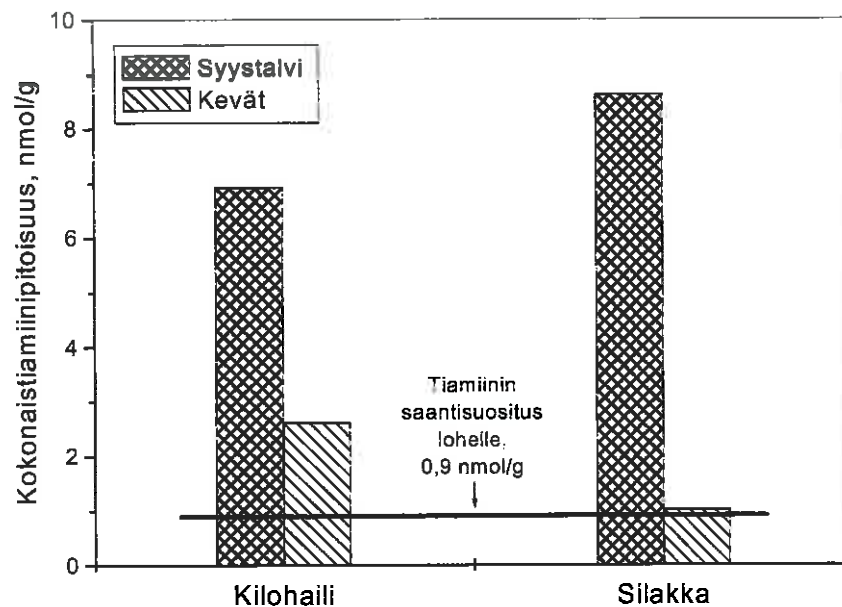
Kuva 19. Ruskuaispussipoikasten kuolleisuus suhteessa mädin vapaan eli sitoutumattoman tiamiinin pitoisuuteen Simojoen lohilla lisääntymiskausina 1995/96–1998/99 ja Kymijoen lohilla kausina 1997/98 ja 1998/99. N = emojen lukumäärä.



Kuva 20. Lohen kudosten tiamiinipitoisuus kutuvaelluksen aikana Itämeren pääaltaalta Perämerelle (Karlsson ym. 1999c).

Myöhäissyksyllä ja alkutalvesta vuosina 1994 ja 1995 Hangon eteläpuolelta ja Ahvenanmaan vesiltä pyydytyissä, kokonsa puolesta lohien ravinnoksi sopivissa silakoissa keskimääräinen tiamiinipitoisuus oli hieman suurempi kuin samankokoisissa kilohailleissa (Vuorinen ym. 1999a). Eri-ikäisten silakoiden tai kilohailien tiamiinipitoisuuksissa ei todettu oleellista eroa. Näissä näytteissä tiamiinia oli enemmän kuin Helsingin edustalta keväällä pyydytyissä näytteissä (Soivio ja Hartikainen 1999). Keväälläkin pyydytyissä ravintokaloissa tiamiinipitoisuudet ylittivät lohien hyvälle kasvulle asetettua saantisuositusta (kuva 21) (Cowey ja Cho 1993). Kalanviljelyssä käytettävissä rehussa tiamiinia on kuitenkin lisätty niin, että rehujen tiamiinipitoisuus on kymmenkertainen saantisuositukseen nähden. Jos tiamiinin – ja muidenkin vitamiinien – kulutus on kudulle vaeltavissa lohissa epätavallisen suuri, saalisalojen keväiset tiamiinipitoisuudet saattavat olla liian pieniä turvaamaan vitamiinien tarpeen kutuun asti. Toisaalta, kalat eivät ole tiamiinin suhteen pelkästään ravinnon mukana saamansa tiamiinin varassa, sillä kalan suolistobakteerit voivat ilmeisesti syntetisoida tiamiinia (Ji ym. 1998).

Turskat syövät samaa ravintoa kuin lohet. Kudulta pyydyttyjen Itämeren turskien ovaarioiden tiamiinipitoisuus oli kuitenkin keskimäärin suurempi kuin niillä Itämeren lohilla, joiden jälkeläiset eivät kuole M74-syndroomaan (Amcoff ym. 1999).



Kuva 21. Tiimiinin kokonaispitoisuus silakoissa ja kilohailleissa. Syystalven näytekalat on pyydetty 1994–1995 Hangon ja Ahvenanmaan vesiltä (Vuorinen ym. 1999a) ja kevään näytteet vuonna 1995 Helsingin edustalta (Soivio ja Hartikainen 1999). Vaakaviiva kuvaa lohien hyvälle kasvulle asetettua saantisuositusrajaa (Cowey ja Cho 1993).

Tiamiinin puute on ratkaiseva M74-oireyhtymän kehittämisessä ilmeisesti tiamiinin keskeisten ja moninaisten aineenvaihdunnallisten tehtävien vuoksi. M74-mädissä on vitamiineista normaalia vähemmän myös antioksidanttivitamiineina tunnettuja E-vitamiinia eli α -tokoferolia, ubikinonia sekä A-vitamiinin esiasteena toimivia karotenoideja, erityisesti astaksantiinia, joka on lohessa suurimpina pitoisuuksina esiintyvä karotenoidi (Börjeson ja Norrgren 1997, Pettersson ja Lignell 1998, 1999). Pieni karotenoidipitoisuus (astaksantiini) näkyy paitsi lohien lihan, myös hedelmöittämättömän

mädin värin vaaleutena (Pettersson ja Lignell 1998) (ks. luku 2.1). Kutulohien liha on yleensäkin vaaleaa sen vuoksi, että astaksantiinia siirtyy vitellogeneesissä lihaksesta mätiin.

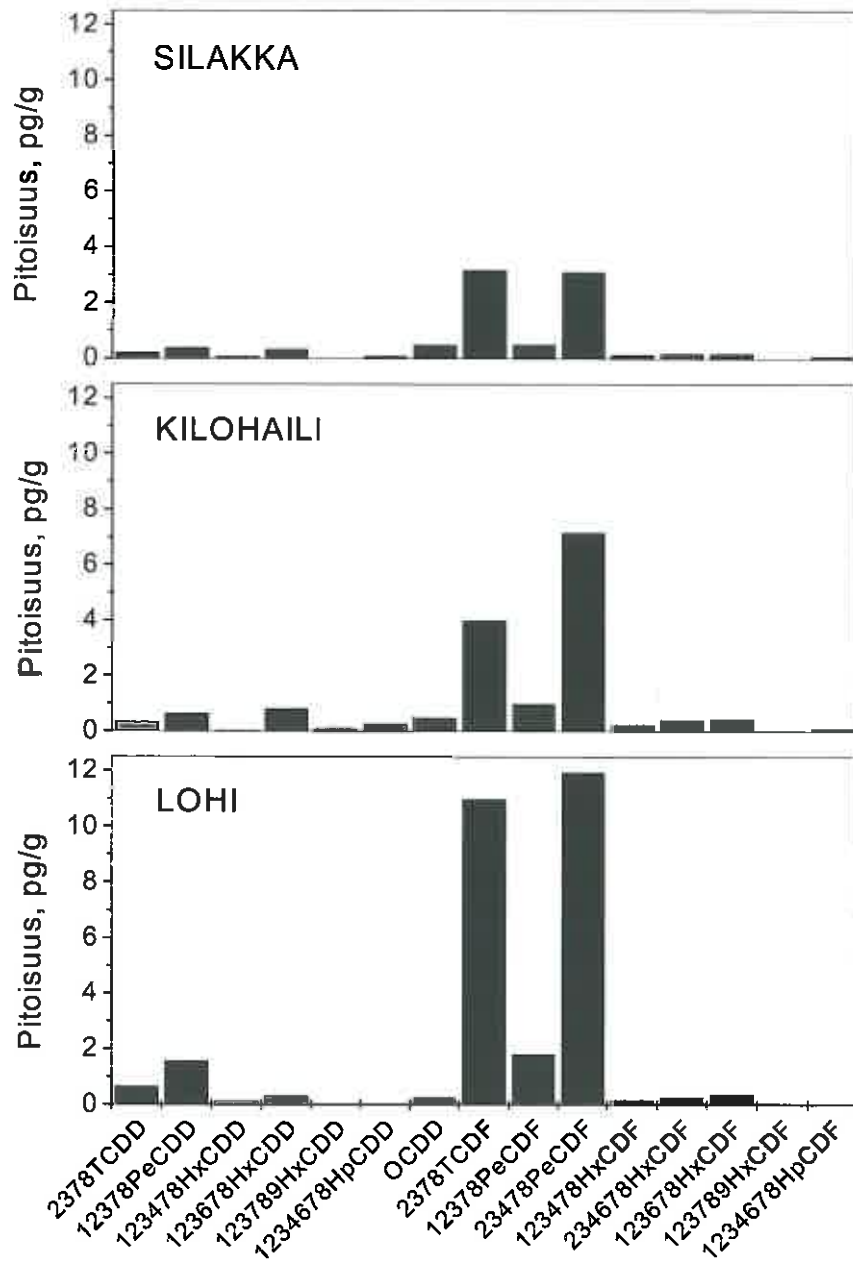
5.2. Ympäristömyrkyt

Maksan vierasaineita metaboloivan entsyymin (EROD) aktiivisuuden tiedetään kasvan erityisesti aromaattisille ja klooratuille hiilivedyille altistuneissa eliöissä, kun maksa metaboloii näitä yhdisteitä (Goksøyr ja Förlin 1992). Sekä M74-poikasia tuottaneiden emolohien että vastakuoriutuneiden M74-ruskuaispussipoikasten maksan EROD-aktiivisuuden on todettu olleen suurempi kuin ei-M74-yksilöillä (Norrgren ym. 1993, Börjeson ym. 1999, Lundström ym. 1999). Tästä on päätelty, että M74-erot ja niiden jälkeläiset ovat voineet altistua muita suuremmalle organokloorien kuormalle.

Pysyvien rasvaliukoisten ympäristömyrkyjen pitoisuuksien analysointi aloitettiin Simojoen lohien lypsyt yhteydessä otetuista lihasnäytteistä 1980-luvun puolella eli ennen kuin M74-oireyhtymä puhkesi. Dioksiiniyppisten orgaanisten klooriyhdisteiden yhteismäärä dioksiiniekvivalenteina (TCDD-ekvivalentti), jotka oli laskettu kaloille määritettyjä toksisuusekvivalenttikertoimia käyttäen, kasvoi Simojoen lohissa samanlaisesti kuin M74-kuolleisuus niiden jälkeläisissä, ja rasvaliukoisimpien ja myrkyllisimpien yhdisteiden pitoisuuksilla oli yhteyttä ruskuaispussipoikaskuolleisuuteen (Paasivirta ym. 1995, Vuorinen ym. 1997b). Näiden dioksiiniyppisten organoklooriyhdisteiden pitoisuudet olivat Itämeren syönnökseltä pyydytyissä lohissa yli kaksinkertaisia Tenojoen lohien pitoisuuksiin nähden (Vuorinen ym. 1997c) ja kloorattujen difenyyliettereiden pitoisuudet 2–25-kertaisia (Vuorinen ym. 1995).

Simojoen lohien mädissä myrkyllisimpien orgaanisten klooriyhdisteiden pitoisuudet näyttivät olevan pienempiä kuin aikaisempina vuosina lihaksista määritetyt pitoisuudet. Tämä viittaisi siihen, että rasvaliukoisimmat ja myrkyllisimmät yhdisteet eivät niin helposti siirry emon kudoksista ja varastoidu mätiin kuin vähemmän rasvaliukoiset yhdisteet. Tällöin, jos näillä yhdisteillä on merkitystä M74-oireyhtymän kehittämisessä, ne vaikuttaisivat nimenomaan emon aineenvaihduntaa kuormittamalla.

Vaikka PCB:n ja DDT:n kokonaispitoisuudet ovat vähentyneet Itämeren kaloissa noin kolmannekseen siitä mitä ne olivat 1980-luvun alussa, kun pitoisuuksia on seurattu 2-vuotiaista naarassilakoista (Haahti ja Perttilä 1988), 1980-luvun puolivälin jälkeen pitoisuudet eivät ole enää vähentyneet (Vuorinen ym. 1998c). PCB:n pysyvimpien tasomaisten isomeerien pitoisuudet eivät ole vähentyneet Itämeren turskan maksassa 1970-luvun alkupuolelta 1980-luvun loppuun (Falandysz ym. 1994). Lypsyt yhteydessä Simojoen emolohista otetuissa lihasnäytteissä orgaanisten klooriyhdisteiden pitoisuudet olivat kaksin-nelinkertaiset kilohailin ja kaksin-kahdeksankertaiset silakan pitoisuuksiin nähden (kuva 22) (Vuorinen ym. 1999a). Eri dioksiini- ja PCB-isomeerien suhteelliset osuudet olivat samanlaiset lohessa, silakassa ja kilohailissa, mikä vahvistaa sitä, että lohi saa nämä yhdisteet ravintokaloistaan silakasta ja kilohailista. Etenkin fuuraaneista myrkyllisimmän, 2,3,4,7,8-pentaklooridibentsofuraanin, pitoisuus oli kilohailissa suuri (kuva 22) (Vuorinen ym. 1999a). Itämeren kaloista dioksiinianalyytituloksia on toistaiseksi ollut vähän eikä niitä ole pidemmältä aikaväliltä, joten pitoisuuksien muuttumisesta kaloissa ajan suhteen ei voida sanoa mitään varmaa. Etelänkiislan munissa dioksiinipitoisuudet pienenevät 1970-luvun alusta 1990-luvun alkupuolelle noin puoleen, kun PCB:n kokonaispitoisuus väheni samassa ajassa neljäsosaan (de Wit ym. 1994). Viime aikoina muiden halogenoitujen monirenkaisien hiilivetyjen (PHAH), kuten polykloorattujen difenyyliettereiden ja palonestoaineiden (polybromatut difenyylietterit), pitoisuudet eliöissä ovat suurentuneet (Norén ja Meironyté 1998).



Kuva 22. Silakan, kilohailin ja lohen polyklooridioksiini- ja -furaanikongeneerien pitoisuuksia tuorepainoa kohti. Lohinäytteet ovat Simojoen vuoden 1993 kutunaaraiden kylkillihasta. Lohinäytteet ovat 13,5–14,4 cm:n pituisia kokonaisia kaloja Hangon ja Ahvenanmaan vesiltä vuosilta 1994–1995.

Orgaanisten klooriyhdisteiden pitoisuuksien tiedetään yleensä kasvavan silakassa iän myötä (Perttilä ym. 1982, de Wit ym. 1994, Vartiainen ym. 1995); samoin näyttäisi olevan kilohailissa (Vuorinen ym. 1999a). Koska varsinaisella Itämerellä silakan kasvu on 1980-luvulta lähtien hidastunut, lohet ovat 1990-luvulla todennäköisesti saaneet si-

lakasta aikaisempaa enemmän orgaanisia klooriyhdisteitä. Kilohaili on runsastunut Itämeressä 1990-luvulla. Tasomaisten PCB-isomeerien ja polyklooridibentsofuraanien (PCDF) pitoisuudet tuorepinoa kohti laskettuna olivat kaikenikäisissä kilohailleissa suhteellisen suuria (Vuorinen ym. 1999b). Tämä voisi viitata siihen, että nämä yhdisteet lohessa ovat peräisin pääasiassa kilohailista. Juuri tasomaisten PCB- ja PCDF-yhdisteiden pitoisuuksilla lohien lihaksessa oli yhteyttä poikasten M74-kuolleisuuteen.

Kilohailissa orgaanisten klooriyhdisteiden – niin pysyvien ja myrkyllisten dioksiinin kaltaisten PCB-yhdisteiden kuin polyklooridibentsofuraanienkin – pitoisuudet olivat kaksin-kolminkertaiset samankokoisen silakan pitoisuuksiin nähden (Vuorinen ym. 1999a). Nämä pituudeltaan 13,5–14,4 cm:n kalat oli pyydetty Ahvenanmaan ja Hangon vesiltä vuosina, jolloin ja jonka jälkeen M74-kuolleisuus on ollut suurta. Silakat ja kilohailit olivat samanpituisia, ja silakoiden ikä oli 1–3 vuotta, mutta kilohailit olivat 3–14 vuoden ikäisiä. Kilohailien ikä selittäneeikin niiden suuremmat pysyvien rasvaliukoisten ympäristömyrkkyjen pitoisuudet, sillä molemmat ovat suhteellisen rasvaisia kaloja; nuoret kilohailit olivat tosin silakoita rasvaisempia ja ovat senkin vuoksi voineet kerätä enemmän rasvaliukoisia vierasaineita (Vuorinen ym. 1999a).

Hidaskasvuista silakkaa ja etenkin kilohailia saalistamalla lohien rasvaliukoisten ympäristömyrkkyjen pitoisuudet ovat voineet kasvaa 1990-luvulla aikaisempaa suuremmiksi. Tosin laihojen kalojen ravintoainekoostumus on erilainen verrattuna lihaviin saaliseläinten ravintoarvoihin, ja toisaalta kilohailin ravintoainekoostumus voi poiketa silakan ravintoainekoostumuksesta. Lisäksi lohi voi saada olennaisia määriä ravintoaineita, kuten astaksantiinia, suoraan saaliskalojensa ruoansulatuskanavassa olevista eläimistä. Sellainen saanti voi olla vähentynyt, jos saaliskalat ovat käyttäneet vain vähän ravintoa.

5.3. Ravinnon ja mädin laadun yhteys

Vitamiinien vähyys M74-mädissä voi johtua joko niiden liian vähäisestä saannista ravinnosta tai normaalia suuremmasta kulumisesta emon elimistössä. Jälkimmäinen on hyvinkin mahdollinen, sillä väri kului nopeammin M74-erien ruskuaispussipoikasten ruskuaisen öljypisarasta kuin poikasilla, joille ei kehittynyt M74-syndroomaa (Lundström ym. 1998). M74-yksilöt ovat antioksidanttivitamiinien vähyden takia tavallista alttiimpia rasvojen hapettumisreaktioille, ja toisaalta hapettumisreaktiot kuluttavat antioksidanttivitamiineja. Tällä voi olla yhteyttä siihen, että ravintoaineista rasvahappojen koostumuksessa oli eroa M74-mädin ja normaaleita poikasia tuottaneen mädin välillä (Pickova ym. 1998). Vitamiinien suurempi kuluminen voi johtua paitsi epäedullisesta ravintoainekoostumuksesta myös vieraiden aineiden kertymisen aiheuttamasta aineenvaihdunnan kuormituksesta emokalojen elimistössä.

6. Voidaanko M74-ilmiötä vähentää?

M74-kuolleisuus saadaan estetyksi lähes kokonaan kylvettämällä ruskuaispussipoikasia tiamiiniliuoksessa eli B₁-vitamiinissa tai injektoimalla emoihin tiamiinia; pieniä pitoisuuksia käytettäessä oireiden ja kuolleisuuden alkaminen lykkääntyy myöhemmäksi (Bylund ja Lerche 1995, Amcoff ym. 1998a, Börjeson ym. 1999, Koski ym. 1999b). Pohjois-Amerikassa esiintyvää EMS-kuolleisuutta vähensi myös ruskuaispussipoikasten käsittely tyroksiinilla eli kilpirauhashormonilla (Hornung ym. 1998) ja askorbiinihapolla eli C-vitamiinilla (Copeland ja Wolgamood, julkaisematon), mutta kummankin teho oli vain noin puolet tiamiinikäsittelyn tehosta. Alustavissa kokeissa C-vitamiinitai kilpirauhashormoniliuoksessa kylvettäminen ei vähentänyt Simojoen lohien ruskuaispussipoikasten M74-kuolleisuutta.

Suomessa on muutaman vuoden aikana kylvetetty luonnon lohista peräisin olevia M74-oireisia ruskuaispussipoikasia tiamiinilla Lautiosaaren ja Laukaan kalanviljelylaitoksilla. Vielä ei kuitenkaan ole tietoa tiamiinilla hoidettujen poikasten myöhemmästä menestymisestä. Tiamiinin vajauksen hoitamisella ei voida pelastaa lohien luontaisen lisääntymisen tuloksena syntyneitä ruskuaispussipoikasia lohijoissa. On tärkeää, että Itämeren lohikantojen luonnonvarainen lisääntyminen onnistuu; kalanviljely ei yksin riitä turvaamaan perinnöllisen monimuotoisuuden säilymistä. Biodiversiteetin säilymisestä käynnistettiin koe, jossa Tornionjoesta vuosina 1993 ja 1994 pyydytyistä lohisolmteista perustetun emokalaston avulla on tarkoitus seurata geneettisen muuntelun säilymistä viljelyoloissa (Soivio ym. 1999).

Lohen liiallisen kalastuksen seurauksena Itämeren luonnonlohen tilanne oli huono jo ennen M74:n puhkeamista. Pyydytyistä lohista suurin osa (noin 70 %) on peräisin istukkaista. Vuodesta 1996 alkaen lohta on tehostettujen kalastusrajoitusten ansiosta päässyt nousemaan aikaisempaa enemmän kudulle ja lohien luonnonpoikastuotanto on kasvanut. Runsaista istutuksista huolimatta lohisaaliit ovat viime vuosina jatkuvasti pienentyneet Suomenlahdella. Pohjanlahdella saaliiden vähenemistä selittää osaltaan kiintiöiden pieneneminen; toisaalta saaliissa istutuksista peräisin olevien lohien määrä näyttäisi olleen Pohjanlahdella vähäisempi kuin istukkaiden osuus kaikista vaelluspoikasista.

Vaikka Perämeren joissa lohien M74-kuolleisuus näyttikin vähentyneen keväällä 1998, vuonna 1999 kuolleisuus oli samaa suuruusluokkaa kuin vuosikymmenen alkupuolella. M74-oireyhtymän arvioidaan vaivaavan lohien ruskuaispussipoikasia myös keväällä 2000, sillä syksyllä 1999 kudulle nousseissa lohissa havaittiin tasapainohäiriöitä ja lohien mäti oli keskimäärin vaaleaa. Osasta lohia on analysoitu mädin tiamiinin pitoisuuksia. Myös niiden perusteella oireyhtymä näyttää edelleen haittaavan lohien lisääntymistä.

M74-oireyhtymällä näyttäisi olevan yhteyttä silakka- ja kilohailikannoissa tapahtuneisiin muutoksiin, jolloin lohien ravinto olisi muuttunut epäterveellisemmäksi. Näitä muutoksia voivat olla saaliskalojen runsaussuhteissa tapahtuneet muutokset tai silakan ja kilohailin ravinnonsaannin vaikeutumisen vuoksi hidastunut kasvu tai molemmat. Lohien ravinnon biokemiallinen koostumus voi olla epäedullinen ja ravintokalojen laatu ja niiden runsaus mahdollistavat ympäristömyrkköjen kasaantumisen lohiin, minkä vuoksi emolohien tiamiinin ja antioksidanttien kulutus voi olla tavallista suurempaa. Syönnöksellä olevia lohia merkitsemällä voitaisiin selvittää, millä alueilla syönnöstä-

vät lohet tuottavat M74-jälkeläisiä. Ravintokalojen laadun merkitystä M74-oireyhtymän syntymisessä täytyy tutkia ja selvittää onko niiden ravintoarvoissa oleellisia alueellisia eroja. Edelleen kutuvaelluksella olevien tai vaelluksensa päättäneiden lohien ravitsemuksellista taustaa biokemiallisesti analysoimalla, sekä tutkimalla altistumistaustaa ja toksikantikuormaa, voidaan selvittää, mitkä tekijät vaellushistorian aikana vaikuttavat M74:n syntyyn. Jos oireyhtymä liittyy kilohailin runsauteen tai toisaalta silakan ja kilohailin hitaaseen kasvuun, sitä voitaneen ehkäistä kilohailin tehokalastuksella. M74:n tuhoisuutta voidaan joka tapauksessa vähentää lohenkalastuksen säätelyn avulla, niin että runsaasti lohia pääsee kudulle (Karlström 1999a).

Jatkotutkimuksissa pyritään selvittämään M74-oireyhtymän syyt ja syntymekanismi sekä niiden perusteella löytämään keinoja syndrooman estämiseksi ja/tai sen vaikutusten lieventämiseksi.

Kiitokset

Kiitämme kaikkia, jotka ovat olleet avuksi kirjoituksen tietojen tuottamisessa. Hyödyllisistä kommentteista alkuperäiseen käsikirjoitukseen kiitämme Mikko Nikinmaata, Riitta Rahkosta ja Eija Rimaila-Pärnystä.

Kirjallisuus

- Amcoff, P., Börjeson, H., Eriksson, R. & Norrgren, L. 1998a. Effects of thiamine treatments on survival of M74-affected feral Baltic salmon. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 31-40.
- Amcoff, P., Börjeson, H., Lindeberg, J. & Norrgren, L. 1998b. Thiamine concentrations in feral Baltic salmon exhibiting the M74 syndrome. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 82-89.
- Amcoff, P., Börjeson, H., Landergren, P., Vallin, L. & Norrgren, L. 1999. Thiamine (vitamin B₁) concentrations in salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*) and cod (*Gadus morhua*) from the Baltic sea. *Ambio* 28: 48-54.
- Andersson, E. 1980. Merilohen ravinnosta syyspyyntikauden aikana itäisellä Suomenlahdella. (Food of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during the autumn fishing season in the eastern part of the Gulf of Finland.). Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Tiedonantoja nro 15, s. 40-47.
- Arrhenius, F. & Hansson, S. 1993. Food consumption of larval, young and adult herring and sprat in the Baltic Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 96: 125-137.
- Bagge, O., Thurow, F., Steffensen, E. & Bay, J. 1994. The Baltic cod. *Dana* 10: 1-28.
- Balon, E. K. 1975. Terminology of intervals in fish development. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 1663-1670.
- Bengtsson, B.-E., Hill, C., Bergman, Å., Brandt, I., Johansson, N., Magnhagen, C., Södergren, A. & Thulin, J. 1999. Reproductive disturbances in Baltic fish: A synopsis of the FiRe project. *Ambio* 28: 2-8.
- Bylund, G. & Lerche, O. 1995. Thiamine therapy of M74 affected fry of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.* 15: 93-97.
- Börjeson, H. & Norrgren, L. 1997. M74 syndrome: a review of potential etiological factors. Teoksessa: Rolland, R. M., Gilbertson, M. & Peterson, R. E. (toim.), Chemically induced alterations in functional development and reproduction of fishes. Proceedings from a session at the 1995 Wingspread Conference. SETAC. Pensacola, Florida. s. 153-166.
- Börjeson, H., Amcoff, P., Ragnarsson, B. & Norrgren, L. 1999. Reconditioning of sea-run Baltic salmon (*Salmo salar*) that have produced progeny with the M74 syndrome. *Ambio* 28: 30-36.

- Cowey, C. B. & Cho, C. Y. 1993. Nutritional requirements of fish. Proc. Nutr. Soc. 52: 417-426.
- de Wit, C. A., Järnberg, U. G., Asplund, L. T., Jansson, B., Olsson, M., Odsjö, T., Lindstedt, I. L., Andersson, Ö., Bergek, S., Hjelt, M., Rappe, C., Jansson, A. & Nygren, M. 1994. The Swedish dioxin survey: summary of results from PCDD/F and coplanar PCB analyses in biota. Organohalogen Compounds 20: 47-50.
- Falandysz, J., Kannan, K., Tanabe, S. & Tatsukawa, R. 1994. Concentrations, clearance rates and toxic potential of non-ortho coplanar PCBs in cod liver oil from the southern Baltic Sea from 1971 to 1989. Mar. Pollut. Bull. 28: 259-262.
- Fitzsimons, J. D., Brown, S. B., Honeyfield, D. C. & Hnath, J. G. 1999. A review of early mortality syndrome (EMS) in Great Lakes salmonids: Relationship with thiamine deficiency. Ambio 28: 9-15.
- Flinkman, J., Vuorinen, I. & Aro, E. 1992. Planktivorous Baltic herring (*Clupea harengus*) prey selectively on reproducing copepods and cladocerans. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 73-77.
- Flinkman, J., Aro, E., Vuorinen, I. & Viitasalo, M. 1998. Changes in northern Baltic zooplankton and herring nutrition from 1980s to 1990s: top-down and bottom-up processes at work. Mar. Ecol. Progr. Ser. 165: 127-136.
- Goksøyr, A. & Förlin, L. 1992. The cytochrome P-450 system in fish, aquatic toxicology and environmental monitoring. Aquat. Toxicol. 22: 287-311.
- Hahti, H. & Pertilä, M. 1988. Levels and trends of organochlorines in cod and herring in the northern Baltic. Mar. Pollut. Bull. 19: 29-32.
- Hansson, S., Karlsson, L., Ikonen, E., Christensen, O., Mitans, A., Uzars, D., Petersson, E. & Ragnarsson, B. 1999. Yolk-sac-fry mortality (M74) in Baltic Sea salmon (*Salmo salar* L.): Analyses of its relation to the diet. ICES, M74 Syndrome and similar Reproductive Disturbances in Marine Animals. CM 1999/U:09, 17 s.
- HELCOM 1996. Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989-1993; executive summary. Balt. Sea Environ. Proc. nro 64 A, 25 s.
- Honeyfield, D. C., Fitzsimons, J. D., Brown, S. B., Marcquenski, S. V. & McDonald, G. 1998. Introduction and overview of early life stage mortality. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 1-7.
- Hornung, M. W., Miller, L., Peterson, R. E., Marcquenski, S. & Brown, S. B. 1998. Efficacy of thiamine, astaxanthin, β -carotene, and thyroxine treatments in reducing early mortality syndrome in Lake Michigan salmonid embryos. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and the Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 124-134.
- ICES 1994. Report of the study group on occurrence of M-74 stocks. Copenhagen, 1 - 3 March 1994. ICES C.M.1994/ENV:9, 24 s.

ICES 1995. Report of the Baltic salmon and trout assessment working group. ICES Headquarters, Copenhagen, 5-12 April 1995. ICES CM 1995/Assess:16, 133 s.

ICES 1999a. Report of the Baltic salmon and trout assessment working group. ICES Headquarters 15-23 April 1999. CM 1999/ACFM:16, 149 s.

ICES 1999b. Report of the Baltic fisheries assessment working group. ICES Headquarters, 14-23 April 1999. CM 1999/ACFM:15, 555 s.

Ikonen, E. & Soivio, A. 1999. Does the feeding area choice of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) affect M74 mortality? ICES, M74 Syndrome and similar Reproductive Disturbances in Marine Animals. CM 1999/U:01, 9 s.

Ikonen, E., Pakarinen, T. & Jutila, E. 1999a. Lohen kutuvaelluksen ajoittuminen Pohjanlahdella. Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus - Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167, s. 81-82.

Ikonen, E., Karlsson, L., Mitans, A. & Hansson, S. 1999b. Yolk-sac-fry mortality (M74) in Baltic salmon (*Salmo salar* L.): Indications from where and when they feed. ICES, M74 Syndrome and similar Reproductive Disturbances in Marine Animals. CM 1999/U:07, 10 s.

Ji, Y. Q., Warthesen, J. J. & Adelman, I. R. 1998. Thiamine nutrition, synthesis, and retention in relation to lake trout reproduction in the Great Lakes. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 99-111.

Jokikokko, E. 1999. Simojoen lohi noussut aallonpohjasta. Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus - Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167, s. 23-25.

Karlsson, L., Ikonen, E., Mitans, A. & Hansson, S. 1999a. The diet of salmon (*Salmo salar*) in the Baltic sea and connections with the M74 syndrome. *Ambio* 28: 37-42.

Karlsson, L., Ikonen, E., Hansson, S. & Mitans, A. 1999b. Yolk-sac-fry mortality (M74) in Baltic Sea salmon (*Salmo salar* L.): Its relation to thiamine levels during migration and at spawning. ICES, M74 Syndrome and similar Reproductive Disturbances in Marine Animals. CM 1999/U:08, 18 s.

Karlsson, L., Ikonen, E., Mitans, A., Hansson, S. & Uzars, D. 1999c. Thiamine levels in migrating salmon spawners (*Salmo salar*) in the Gulf of Riga and in the Gulf of Bothnia. Teoksessa: Bengtsson, B.-E., Hill, C. & Nellbring, S. (toim.), Nordic Research Cooperation on Reproductive Disturbances in Fish. Report from the Redfish project. *TemaNord* 1999:530, s. 67-88.

Karlström, Ö. 1999a. Development of the M74 syndrome in wild populations of Baltic salmon (*Salmo salar*) in Swedish rivers. *Ambio* 28: 82-86.

Karlström, Ö. 1999b. Ruotsin villilohjoet - tila ja toimenpiteet. Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus - Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167, s. 10-12.

- Koski, P. 1999. M74 of Baltic salmon is accompanied with the eggs of the females returning from the feeding migration on the Baltic Proper. (käsikirjoitus)
- Koski, P., Soivio, A., Hartikainen, K., Hirvi, T. & Myllylä, T. 1999a. M74 and thiamine in salmon broodfish and offspring. (käsikirjoitus)
- Koski, P., Pakarinen, M., Nakari, T., Soivio, A. & Hartikainen, K. 1999b. Treatment with thiamine hydrochloride and astaxanthine for the prevention of yolk-sac mortality in Baltic salmon fry (M74 syndrome). *Dis. Aquat. Org.* 37: 209-220.
- Landergren, P., Vallin, L., Westin, L., Amcoff, P., Börjeson, H. & Ragnarsson, B. 1999. Reproductive failure in Baltic sea trout (*Salmo trutta*) compared with the M74 syndrome in Baltic salmon (*Salmo salar*). *Ambio* 28: 87-91.
- Lankov, A. & Raid, T. 1997. Long-term changes in the feeding of Baltic herring and sprat in the Gulf of Finland. Proceedings of the 14th Baltic Marine Biologists Symposium. Estonian Academy Publishers, Tallinn, Estonia, s. 130-138.
- Lindroth, A. 1965. The Baltic salmon stock - Its natural and artificial regulation. *Mitt. int. Verein. angew. Limnol.* 13: 163-192.
- Lundström, J., Börjeson, H. & Norrgren, L. 1998. Clinical and pathological studies of Baltic salmon suffering from yolk sac fry mortality. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 62-72.
- Lundström, J., Carney, B., Amcoff, P., Pettersson, A., Börjeson, H., Förlin, L. & Norrgren, L. 1999. Antioxidative systems, detoxifying enzymes and thiamine levels in Baltic salmon (*Salmo salar*) that develop M74. *Ambio* 28: 24-29.
- Nævdal, G. & Skaala, Ø. 1999. Molecular genetic studies of Baltic salmon (*Salmo salar*) affected by the M74 syndrome. Teoksessa: Bengtsson, B.-E., Hill, C. & Nellbring, S. (toim.), Nordic Research Cooperation on Reproductive Disturbances in Fish. Report from the Redfish project. TemaNord 1999:530, s. 101-105.
- Norén, K. & Meironyté, D. 1998. Contaminants in Swedish human milk. Decreasing levels of organochlorine and increasing levels of organobromine compounds. *Organohalogen Compounds* 38: 1-4.
- Norrgren, L., Andersson, T., Bergqvist, P.-A. & Björklund, I. 1993. Chemical, physiological and morphological studies of feral Baltic salmon (*Salmo salar*) suffering from abnormal fry mortality. *Environ. Toxicol. Chem.* 12: 2065-2075.
- Paasivirta, J., Vuorinen, P. J., Vuorinen, M., Koistinen, J., Rantio, T., Hyötyläinen, T. & Welling, L. 1995. TCDD-toxicity and M74 syndrome of Baltic salmon (*Salmo salar* L.). Teoksessa: Birnbaum, L., Clement, R., Fingerhut, M., Matsumura, F., Ramamoorthy, S., Robertson, L. & Safe, S. (toim.), DIOXIN'95, 15th International Symposium on Chlorinated Dioxins and Related Compounds. Edmonton, Canada, August 1995. *Organohalogen Compounds* 25, s. 355-359.
- Parmanne, R. 1990. Growth, morphological variation and migrations of herring (*Clupea harengus* L.) in the northern Baltic Sea. *Finnish Fish. Res.* 10: 1-48.

- Perttilä, M., Tervo, V. & Parmanne, R. 1982. Age dependence of the concentration of harmful substances in Baltic herring (*Clupea harengus*). *Chemosphere* 11: 1019-1026.
- Pettersson, A. & Lignell, Å. 1998. Low astaxanthin levels in Baltic salmon exhibiting the M74 syndrome. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21, Bethesda, Maryland, s. 26-30.
- Pettersson, A. & Lignell, Å. 1999. Astaxanthin deficiency in eggs and fry of Baltic salmon (*Salmo salar*) with the M74 syndrome. *Ambio* 28: 43-47.
- Pickova, J., Kiessling, A., Pettersson, A. & Dutta, P. C. 1998. Comparison of fatty acid composition and astaxanthin content in healthy and by M74 affected salmon eggs from three Swedish river stocks. *Comp. Biochem. Physiol. B* 120: 265-271.
- Romakkaniemi, A. 1999. Tornionjoen lohen tilanne 1999. Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus - Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167, s. 19-22.
- Sandström, O. 1980. Selective feeding by Baltic herring. *Hydrobiologia* 69: 199-207.
- Soivio, A. & Hartikainen, K. 1999. Thiaminase activity in the forage fish of Baltic salmon (*Salmo salar*). Teoksessa: Bengtsson, B.-E., Hill, C. & Nellbring, S. (toim.), Nordic Research Cooperation on Reproductive Disturbances in Fish. Report from the Redfish project. *TemaNord* 1999:530, s. 63-66.
- Soivio, A., Piironen, J. & Eskelinen, P. 1999. The aquacultural project to maintain natural stocks of Baltic salmon (*Salmo salar*) in Finland. Teoksessa: Bengtsson, B.-E., Hill, C. & Nellbring, S. (toim.), Nordic Research Cooperation on Reproductive Disturbances in Fish. Report from the Redfish project. *TemaNord* 1999:530, s. 93-99.
- Sparholt, H. 1994. Fish species interactions in the Baltic Sea. *Dana* 10: 131-162.
- Vallin, L., Nissling, A. & Westin, L. 1999. Potential factors influencing reproductive success of Baltic cod, *Gadus morhua*: A review. *Ambio* 28: 92-99.
- Vartiainen, T., Parmanne, R., Strandman, T. & Hallikainen, A. 1995. Dioxins in Baltic herring. Teoksessa: Sasaki, E. & Saarinen, T. (toim.), Environmental Research in Finland Today. Proceedings - Second Finnish Conference of Environmental Sciences, Helsinki, November 16-18, 1995. *Mikrobiologian julkaisuja* 43/1995, s. 149-152.
- Viitasalo, M., Vuorinen, I. & Saesmaa, S. 1995. Mesozooplankton dynamics in the northern Baltic Sea: implications of variations in hydrography and climate. *J. Plankton Res.* 17: 1857-1878.
- Vuorinen, I., Hänninen, J., Viitasalo, M., Helminen, U. & Kuosa, H. 1998. Proportion of copepod biomass declines with decreasing salinity in the Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 55: 767-774.
- Vuorinen, P. J. 1999. Itämeren lohen lisääntymishäiriö (M74). Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus - Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167, s. 4-9.
- Vuorinen, P. J. & Keinänen, M. 1999. Environmental toxicants and thiamine in connection with the M74 syndrome in Baltic salmon (*Salmo salar*). Teoksessa: Bengtsson,

B.-E., Hill, C. & Nellbring, S. (toim.), Nordic Research Cooperation on Reproductive Disturbances in Fish. Report from the Redfish project. TemaNord 1999:530, s. 25-37.

Vuorinen, P. J., Koistinen, J., Paasivirta, J., Vuorinen, M. & Hoikka, J. 1995. Polychlorinated diphenyl ethers and chlorophenolic compounds in Salmon (*Salmo salar*) from the Arctic Teno River compared to the Baltic Sea. Teoksessa: Munawar, M. & Luotola, M. (toim.), The contaminants in the Nordic ecosystem: the dynamics, processes and fate. SPB Academic Publishing bv. Amsterdam. s. 125-133.

Vuorinen, P. J., Keinänen, M. & Ryttilahti, J. 1997a. M74-tilanne Simojoen ja Kymijoen lohella - nyt! Riistan- ja kalantutkimus, VII Kalantutkimuspäivät, Kajaani 26. - 27.11.1997, 4 s.

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Keinänen, M., Koistinen, J., Rantio, T., Hyötyläinen, T. & Welling, L. 1997b. The M74 syndrome of Baltic salmon (*Salmo salar*) and organochlorine concentrations in the muscle of female salmon. Chemosphere 34: 1151-1166.

Vuorinen, P. J., Vartiainen, T. & Keinänen, M. 1997c. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and biphenyls in salmon (*Salmo salar* L.) from the southern Baltic Sea and the arctic Tenojoki River. Teoksessa: Vartiainen, T. & Komulainen, H. (toim.), 7th Nordic Symposium on Organic Pollutants, Kuopio 25-28 August, 1997. Kuopio University Publications C, Natural and Environmental Sciences 68, s. 104-107.

Vuorinen, P. J., Soivio, A., Ikonen, E., Keinänen, M., Börjeson, H., Ryttilahti, J., Tolonen, T. & Tigerstedt, C. 1998a. M74-tilanne 1998 - väliaikaisesti (?) hieman parempi. VIII Kalantutkimuspäivät, Fisheries Research Forum, Kotka 18.-19.11.1998, s. 65-67.

Vuorinen, P. J., Börjeson, H., Keinänen, M., Tolonen, T. & Tigerstedt, C. 1998b. M74-havainnoinnin interkalibrointi. VIII Kalantutkimuspäivät, Fisheries Research Forum, Kotka 18.-19.11.1998, s. 68-69.

Vuorinen, P. J., Haahti, H., Leivuori, M. & Miettinen, V. 1998c. Comparisons and temporal trends of organochlorines and heavy metals in fish from the Gulf of Bothnia. Mar. Pollut. Bull. 36: 236-240.

Vuorinen, P. J., Parmanne, R., Vartiainen, T., Keinänen, M., Kiviranta, H., Kotovuori, O. & Halling, F. 1999a. PCDD/F, PCB and thiamine concentrations in Baltic herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*), forage species of Baltic salmon (*Salmo salar*). (käsikirjoitus)

Vuorinen, P. J., Paasivirta, J., Keinänen, M., Vartiainen, T. & Parmanne, R. 1999b. Organochlorines and thiamine in salmon (*Salmo salar* L.) and prey species, Baltic herring (*Clupea harengus* L.) and sprat (*Sprattus sprattus* (L.)), in connection with the M74 syndrome. ICES, M74 Syndrome and similar Reproductive Disturbances in Marine Animals. CM 1999/U:12, 16 s.

Wieland, K., Waller, U. & Schnack, D. 1994. Development of Baltic cod eggs at different levels of temperature and oxygen content. Dana 10: 163-177.

Marja Keinänen, Teemu Tolonen, Erkki Ikonen, Raimo Parmanne, Christina Tigerstedt, Juhani Ryttilahti, Antti Soivio, Pekka J. Vuorinen

Itämeren lohen lisääntymishäiriö – M74

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Itämeren lohen lisääntymishäiriön (M74-oireyhtymä) tutkimus ja seuranta; 202 150

M74-oireyhtymä ilmenee lohen ruskuaispussipoikasten kuolemisenä. Pahimmillaan emon kaikki jälkeläiset menehtyvät, jolloin kudulle nousevalla emollakin on voitu havaita tasapainohäiriöitä. Lievemmissä tapauksissa osa ruskuaispussipoikasista kuolee. Tyypillistä M74-poikasille on valopakoisuuden puute, passiivisuus, kykenemättömyys orientoitua vesivirrassa ja valkoisten saostumien kertyminen ruskuaiseen sekä uinti- ja tasapainohäiriöt kuten spiraaluinti, kouristelu ja uinti vatsa ylöspäin.

Simojokeen kudulle nousseiden lohien mätiä alettiin hautoa emokohtaisesti syksyllä 1985. M74-kuolleisuutta alkoi ilmetä keväällä 1992. Vuosina 1992–1997 ruskuaispussipoikasten kuolleisuus on ollut 50–75 %, mutta vuonna 1998 se väheni 20 %:iin. Kuitenkin keväällä 1999 kuolleisuus oli taas 55 %. Tornionjoen lohien ruskuaispussipoikasten kuolleisuus on ollut samaa suuruusluokkaa kuin Simojoen lohilla; keväällä 1999 se oli 60 %. Kymijokeen nousseiden lohien ruskuaispussipoikasten kuolleisuus on keväällä 1995–1998 ollut 35–55 %; vuonna 1999 M74-oireyhtymä esiintyi lievästi ja kuolleisuus jäi 25 %:iin. M74-kuolleisuuden ennakoidaan jatkuvan keväällä 2000.

M74-mäti on yleensä vaaleamman oranssia kuin enemmän astaksantiinia sisältävä normaali mäti ja siinä on vähemmän tiamiinia eli B₁-vitamiinia. Vitamiinien vähyys M74-mädissä voi johtua joko niiden liian vähäisestä saannista ravinnosta tai normaalia suuremmasta kulumisesta emon elimistössä. M74:n päätellään välittyvän lohen Itämerestä saaman ravinnon kautta. Pohjanlahden jokien lohet vaeltavat syönnökselle eteläiselle Itämerelle ja Kymijokeen istutettu nevanlohi vaeltaa pääasiassa Suomenlahdessa. Itämeren lohet syövät pääasiassa kilohailia ja silakkaa; kolmipiikki on kolmas tärkeä saaliskala. Kilohailin määrä on 1990-luvulla moninkertaistunut ja silakka ja kilohaili ovat kasvaneet hitaasti. Lohet ovat kasvaneet nopeammin kuin vuosikymmeniin. Vitamiinien suurempi kuluminen voi johtua epäedullisesta ravintoainekoostuksesta tai vieraiden aineiden kertymisen aiheuttamasta aineenvaihdunnan kuormituksesta emolohien elimistössä.

M74-kuolleisuutta voidaan estää kylvettämällä ruskuaispussipoikasia tiamiiniliuoksessa, mutta näin ei voida pelastaa lohen luontaisen lisääntymisen tuloksena syntyneitä ruskuaispussipoikasia.

lohi, M74-oireyhtymä, lisääntymishäiriö, ruskuaispussipoikasten kuolleisuus, oireet, tiamiini, ravinto, silakka, kilohaili, ympäristömyrkyt, Itämeri

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar nro 165

951-776-255-0

0787-8478

38 s.

Suomi

50 mk

Julkinen

Edita-kirjakauppa
Annankatu 44
00100 Helsinki

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki

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

Puh. 0205 7511 Fax 0205 751 201

Marja Keinänen, Teemu Tolonen, Erkki Ikonen, Raimo Parmanne, Christina Tigerstedt, Juhani Ryttilahti, Antti Soivio, Pekka J. Vuorinen

Östersjö laxens reproduktionsstörning – M74

Forskningsrapport

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Undersökning och uppföljning av östersjö laxens reproduktionsstörning (M74-syndromet); 202 150

M74-syndromet visar sig som ökad dödlighet hos laxyngel i gulesäcksstadiet. I de gravaste fallen dör moderfiskens avkomma helt, varvid man också kunnat konstatera jämviktsstörningar hos den stigande moderfisken. I lindrigare fall dör endast en del av ynglen i gulesäcksstadiet. Typiskt för M74-ynglen är oförmåga att fly ljuset, passivitet, oförmåga att orientera sig i vattenströmmen och ansamling av vit grumling i gulan samt störning i simförmåga och jämvikt såsom spiralsimning, kramper och simning med buken uppåt.

Under hösten 1985 började man inkubera rommen individuellt från de moderfiskar, som stigit upp i Simo älv. Dödlighet i M74 började visa sig våren 1992. Åren 1992–1997 var dödligheten hos yngel i gulesäcksstadiet 50–75 %, medan den år 1998 minskade till 20 %. Trots detta var dödligheten våren 1999 åter 55 %. Dödligheter hos laxyngel i gulesäcksstadiet från Torne älv har varit av samma storleksordning som hos laxen från Simo älv; våren 1999 var den 60 %. Dödligheten för yngel i gulesäcksstadiet av laxar, som gått upp i Kymmene älv, var våren 1995–1998, 35–55 %; år 1999 uppträdde M74-syndromet i lindrig form och dödligheten stannade vid 25 %. Dödlighet i M74 förväntas förekomma också under våren 2000.

M74-rommen är i allmänhet ljusare orange än normal rom, som innehåller mer astaxantin, och den har mindre av tiamin eller vitamin B₁₂. Bristen på vitaminer i M74-rommen kan bero antingen på att för små mängder erhållits från födan eller att konsumtionen av vitaminer varit större än normalt i moderfiskens organism. Man drar den slutsatsen att M74 förmedlas via den föda laxen får från Östersjön. Laxarna från Bottniska vikens älvar går på sina födovandringar till södra Östersjön medan nevalaxen, som satts ut i Kymmene älv huvudsakligen vandrar i Finska viken. Östersjö laxen äter i huvudsak vassbuk och strömming; storspigg är den tredje viktiga bytesfisken. Mängden vassbuk har på 1990-talet mångdubblats och både strömming och vassbuk har vuxit långsamt. Laxarnas tillväxt har varit snabbare än på årtionden. Den större förbrukningen av vitaminer kan bero på en ofördelaktig sammansättning av näringsämnen eller den ämnesomsättningsbelastning på moderfiskarnas organism som ansamlingen av främmande ämnen förorsakar.

Dödlighet i M74 kan förhindras genom att man badar ynglen i gulesäcksstadiet i en tiaminlösning, men så är det inte möjligt att rädda gulesäcksyngel, födda som resultat av laxens naturliga reproduktion.

lax, M74-syndromet, reproduktionsstörning, dödlighet hos yngel i gulesäcksstadiet, symptom, tiamin, föda, strömming, vassbuk, miljögifter, Östersjön

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar nr 165

951-776-225-0

0787-8478

38 s.

Finska

50 mk

Offentlig

Edita-bokhandeln
Annegatan 44
00100 Helsingfors
Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsingfors
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Date of Publication

Finnish Game and Fisheries Research Institute

March 2000

Author(s)

Marja Keinänen, Teemu Tolonen, Erkki Ikonen, Raimo Parmanne, Christina Tigerstedt, Juhani Ryttilahti, Antti Soivio and Pekka J. Vuorinen

Title of Publication

Reproduction disorder of Baltic salmon – M74

Type of Publication

Commissioned by

Date of Research Contract

Research report

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Title and Number of Project

Reproduction disorder of Baltic salmon (the M74 syndrome): research and monitoring; 202 150

Abstract

The M74 syndrome appears as death of yolk-sac fry. At worst, all the offspring of a female succumb and the parent may show loss of equilibrium. In a moderate case, some of the offspring die. Typical symptoms in M74 yolk-sac fry are loss of negative phototaxis, lethargy, lack of coordination and precipitates in the yolk sac as well as erratic swimming such as spiral swimming, convulsing and swimming upside down.

Female-specific incubation of eggs was started with the salmon spawners that ascended the River Simojoki in autumn 1985. M74 mortalities appeared in spring 1992. In 1992–1997, the yolk-sac fry mortality rate was 50–75%, but in 1998 it decreased to 20%. In spring 1999, however, the mortality rate was again 55%. The yolk-sac fry mortality rate of salmon from the R. Tornionjoki has been of the same order of magnitude as with salmon from the R. Simojoki; in spring 1999 it was 60%. The yolk-sac fry mortality rate of the salmon that ascended the R. Kymijoki was 35–55% in spring, 1995–1998; in 1999, M74 syndrome did not appear as severe and the mortality rate remained at 25%. M74 mortalities are predicted to continue in spring 2000.

The eggs of M74 salmon are usually lighter orange than the normal, more astaxanthin containing eggs, and contain less thiamine (vitamin B₁). Small quantities of vitamins in M74 eggs may either be due to their shortage in the feed or a higher than normal consumption in the metabolism of the female. M74 is supposed to be mediated through the feed salmon acquire from the Baltic Sea. Salmon from the rivers of the Gulf of Bothnia migrate for feeding to the southern Baltic Sea while salmon from the R. Kymijoki migrate mainly in the Gulf of Finland. Salmon prey mainly on sprat and Baltic herring; three-spined stickleback is the third important prey species. In the 1990s, the amount of sprat has multiplied and the growth rate of herring and sprat has been slow, while the growth rate of salmon has been the fastest in many decades. The depletion of vitamins in salmon may be due to the unfavourable nutritional content of feed or metabolic load caused by bioaccumulated xenobiotics.

M74 mortality can be prevented by bathing yolk-sac fry in a solution of thiamine, but this is not the way to protect yolk-sac fry in the wild.

Key words

salmon, M74 syndrome, reproduction disorder, yolk-sac fry mortality, symptoms, thiamine, food, herring, sprat, environmental toxicants, Baltic Sea

Series (key title and no.)

ISBN

ISSN

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar No. 165

951-776-225-0

0787-8478

Pages

Language

Price

Confidentiality

38 p.

Finnish

50 FIM

Public

Distributed by

Publisher

Oy Edita Ab

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Book-shop

P.O.Box 6

Annankatu 44

FIN-00721 Helsinki, Finland

FIN-00100 Helsinki, Finland

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

Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751201

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

164. KOIVURINTA, M., SYDÄNOJA, A., MARJOMÄKI, T., HELMINEN, H., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja järvilohen ravinto ja kasvu Puulassa, Päijänteessä, Konnevedessä ja Säkylän Pyhäjärvässä vuosina 1995-1996. (Öringens och insjöloxens föda och tillväxt i Puula, Päijänne, Konnevesi och Säkylä Pyhäjärvi åren 1995-1996) (Diet and growth of brown trout and landlocked salmon in lakes Puula, Päijänne, Konnevesi (central Finland) and Pyhäjärvi (SW Finland) from 1995-1996). 32 s. Helsinki 2000.

163. KOLARI, I., HIRVONEN, E., FRIMAN, T.

Nieriäistutusten tuloksellisuus Puruvedessä. (Utbytet av rödingsutsättningarna i Puruvesi) (The stocking results of Arctic charr in Lake Puruvesi). 42 s. Helsinki 1999.

162. Ahvenen ravinto Puruvedessä. (Abborrens föda i Puruvesi) (The food of perch in Lake Puruvesi). Vuorimies, O. (toim.). 44s. Helsinki 1999.

161. VALKEAJÄRVI, P.

Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikakantaan. (Inverkan av Päijännes reglering på sikbeståndet) (Effect of water level regulation on the whitefish stock in Lake Päijänne). 34 s. Helsinki 1999.

160. SIIRA, A., HUUSKO, A., KORHONEN, P.

Taimenistutusten vaikutus vaikutus Kitkajärvien muikkukantaan ja kalansaaliiseen. (Inverkan av örngötsutsättningarna på beståndet av siklöja och på fiskfångsterna i Kitkajärvi-sjöarna) (Affects of stocking of Brown Trout on Vendace population and total catch of fish in Lake Kitkajärvi). 27 s. Helsinki 1999.

159. PARMANNE, R.

Silakan kudun ajoittuminen ja kutuparvien koostumus rysäkalastuksen perusteella. (Strömmingens lektider och de lekande stimmens sammansättning enligt ryssjefångster) (The spawning time and composition of spawning shoals according to trapnet fishing of Baltic herring). 41 s. Helsinki 1999.

158. MUTENIA, A., SALONEN, E., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan vaellussiika – tekojärvien paikallinen arvokala. (Älvsiken i Lokka och Porttipahta - vattenmagasinens lokala värdefisk) (Whitefish: a Local Fish of Value in the Lokka and Porttipahta Reservoirs) 29. s. Helsinki 1999.

157. SAURA, A.

Taimenen säilyttäminen Gumbölenjoessa. (Åtgärder för att bevara öringen i Gumböleån) (Maintenance of the trout in the Gumbölenjoki River in Espoo). 19. s. Helsinki 1999.

156. NYKÄNEN, M., HUUSKO, A.

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä - kirjallisuusselvitys. (Harrens miljökrav i rinnande vatten - litteraturundersökning) (Habitat requirements and habitat use of riverine European grayling (Thymallus thymallus (L.)) — a review). 23 s. Helsinki 1999.

155. Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. (Hur kan förhållandena för insjöloxen i Saimen förbättras?) (Improving the living conditions for Saimaa landlocked salmon). Makkonen, J. (toim.). 97 s. Helsinki 1999.

154. JUTILA, E., JOKIKOKKO, E., SALO, P.

Viehekalastuksen kehitys Simojoella - kalastus Simossa ja Ranualla 1994 -1997
(Utvecklingen av spöfisket i Simojoki - fisket i Simo och Ranua åren 1994 - 97) (Development of rod fishing in the Simojoki River: fishing in the municipalities of Simo and Ranua, 1994-1997). Helsinki 1999.

153. HEIKINHEIMO, O.

Siiian kalastuksen säätely sisävesissä.
(Reglering av sikfisket i insjöområdet) (Management of the whitefish (Coregonus lavaretus (L.)) fishery in inland waters). 26 s. Helsinki 1999.

152. MIINALAINEN, M., VUORIMIES, O., HEIKINHEIMO, O.

Hauen ravinto Vuokalanjärvessä. (Gäddans näring i Vuokalanjärvi) (The Food of Northern Pike (Esox lucius L.) in Lake Vuokalanjärvi). 29 s. Helsinki 1998.

151. KOSKELA, J., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A., FORSMAN, L.

Ahvenen kasvatuksen kannattavuus - taloudellis-biologinen analyysi.

(Lönar det sig att odla åborre? - ekonomisk-biologisk analys) (Evaluation of the Profitability of the Short-term Cultivation of Perch: A Cost-Benefit Analysis). 21 s. Helsinki 1998.

150. KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., KOSKINIEMI, J., PENNANEN, J.T.

Kala-atlas. Nahkiainen, pikkunahkiainen, lohi, taimen, nieriä, siika, muikku, harjus, toutain, vimpa, rantaneula ja

kivisimppu - esiintymät ja kantojen tila. (Fiskatlas. Utbredning och tillstånd gällande bestånden av nejonöga, bäcknejonöga, lax, öring, röding, sik, siklöja, harr, asp, vimba, nissöga och stensimpa.) (Atlas of Finnish Fishes. Distribution of lamprey, brook lamprey, salmon, trout, Arctic charr, whitefish, vendace, grayling, asp, vimba, spined loach and bullhead, and status of the stocks). 57 s. Helsinki 1998.

149. MUTENIA, A., KORHONEN, P.

Lokan ja Porttipahdan haukikantojen hoito.

(Vård av gäddbestånden i Lokka och Porttipahta) (Management of Pike Stocks in the Lokka and Porttipahta reservoirs.) 32 s. + liitteet. Helsinki 1998.

148. JUVANKOSKI, N., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A., SAARNI, K., MICKWITZ, P.

Tukku- ja vähittäiskaupan näkemys kirjolohifileen kokonaislaadusta.

(Parti- och detaljhandelns syn på totalkvaliteten hos regnbågsfilé) (The Quality of Rainbow Trout Fillets According to Wholesalers and Retailers). 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

147. ESKELINEN, P., KOSKINIEMI, J.

Rautalammin reitin taimenen säilyttäminen eri viljelykantoja yhdistämällä.

(Kan öringen från Rautalampistråten bevaras genom kombination av olika odlade bestånd?) (Crossbreeding of separate reared strains of brown trout originating from Rautalampi watercourse). 16 s. Helsinki 1998.

146. HAAPALA, A., MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A.

Lohen (*Salmo salar* L.) jokipoikasille soveltuva elinympäristö ja sen käyttö — kirjallisuusselvitys.

(Livsmiljöer lämpliga för älvvngel av lax (*Salmo salar* L.) och utnyttjandet av dessa. Litteraturundersökning) (Habitat use and preference of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in streams: a review). 21 s. Helsinki 1998.

145. HAKKARI, L., SELIN, P., WESTMAN, K., MIELONEN, M.

Planktonsiian ja peledsiian ravinnosta ja ravintokilpailusta Evon Majajärvessä ja Valkea-Mustajärvessä

(Näring och näringskonkurrens gällande plankton- och peledsik i sjöarna Majajärvi och Valkea-Mustajärvi i Evois.) (Food and competition for food of *Coregonus muksun* and *Coregonus peled* in lakes Majajärvi and Valkea-Mustajärvi, Evo.) 27 s. + liitteet. Helsinki 1998.

144. MIKKOLA, J.

Havin vuoden 1995 pesuainepäästön kalataloudelliset vaikutukset ja vahinkoarvio.

(Fiskariekonomiska följder och uppskattning av skadorna till följd av tvättmedelsutsläppet från Havi år 1995.) (Effects on fisheries and the estimation of damage caused by the Hackman Havi detergent discharge.) 34 s. + liitteet. Helsinki 1998.

143. SAARNI, K., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A.

Kalakaupan ja jalostuksen odotukset kalanviljelyn monipuolistamiseksi.

(Fiskhandelns och -förädlingens förväntningar på en mera mångsidig fiskodling) (The prospects of fish wholesalers and fish processors to increase variety in fish farming) 22 s. Helsinki 1998.

142. LEINONEN, T., KORHONEN, P., SÄKKI, S.

Altaiden kattamisen ja vedenlaadun vaikutus vesihomeen esiintymiseen ja kalojen kuolleisuuteen.

(Effekten av basängtäckning och vattenkvalitet på förekomst av vattensmögel och på fiskens dödlighet) (The effect of water quality and the covering of ponds on the fish mortality rate and the appearance of aquatic fungi) 24 s. + liitteet. Helsinki 1998.

141. HONKANEN, A., EEROLA, E., SETÄLÄ, J.

Kalan käyttö eri väestöryhmissä - kotitalouksien haastattelututkimuksen satoa.

(Fiskkonsumtionen i olika befolkningsgrupper - resultat av en intervjuundersökning i hushållen) (Behavioural Patterns Related to Finnish Fish Consumption: An Analysis of Demographic Characteristics). 38 s. + liitteet. Helsinki 1998.

140. HEIKINHEIMO, O., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä - Päätösanalyysitarkastelu

(Reglering av örings- och sikfisket i Päijänne - Granskning av beslutsanalys) (Management of the brown trout (*Salmo trutta* m. *Lacustris*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) fishery in Lake Päijänne: A decision analysis approach). 40 s. Helsinki 1998.

139. MIINALAINEN, M., HEIKINHEIMO, O.

Siikamuotojen ravintokilpailu Vuokalanjärvessä.

(Födokonkurrens mellan olika sikformer i Vuokalanjärvi) (Food segregation between five whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) stocks in Lake Vuokalanjärvi). 39 s. Helsinki 1998

138. AALTO, J., NIEMELÄ, E., JULKUNEN, M., ERKINARO, J.

Taimenen poikastiheydet, kasvu ja vaellukset Lutto- ja Nuortijoessa.

(Yngeltätheter, tillväxt och vandrings hos öring i Lutto- och Nuortijoki) (Juvenile densities, growth and migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Rivers Luttojoki and Nuortijoki, northern Finland). 38 s. Helsinki 1998

137. KEMPPAINEN, S., MÄÄTTÄ, V., PASANEN, P., MÄÄTTÄ, E.

Nieriälajit vertailussa - Elämänkaari poikasesta fileeksi

(Jämförelse mellan olika arter av röding - Livscykel från yngel till filé) (Comparison Between *Salvelinus* species: Lifespan from Fry to Fillet) 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

136. SETÄLÄ, J.

Parantaako silakan tehokas jäähditys troolikalastuksen kannattavuutta?

(Förbättrar effektiv kylning av strömming trålfiskets lönsamhet?) (Does effective chilling increase the profitability of trawl fisheries?) 36 s. Helsinki 1998.