

KALA-JARIISTARAPORTTEJA nro 103

Hilkka Simola (toim.)

**Viljely-ympäristön säätely
Valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivät**

Helsinki 1997



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Julkaisija

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Julkaisu-aika

Joulukuu 1997

Tekijä(t)

Hilka Simola (toim.)

*Julkaisun nimi***Viljely-ympäristön säätely**

Valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivät

*Julkasun laji**Toimeksiantaja**Toimeksiantopäivämäärä*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

*Projektin nimi ja numero**Tiivistelmä*

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, vesiviljely, piti Rovaniemellä Sky Hotel Ounasvaarassa 9.-10.4.1997 valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivät. Vastuullisena järjestäjänä toimi Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus. Päiville osallistui kaikkiaan 89 henkilöä ja esitelmiä pidettiin 13 kpl. Näistä on tässä julkaisussa mukana 12 kpl.

Neuvottelupäivien teemaksi otettiin viljely-ympäristön säätely. Ohjelma jakaantui avauksen ja tervehdyspuheen jälkeen kolmeen teemaan: 1) Geenipankki (3 esitelmää), 2) Emokalankasvatuksen säätely (5 esitelmää) ja 3) Poikaskasvatusmenetelmät (3 esitelmää).

Asiasanat

Geenipankki, emokalankasvatus, poikaskasvatus

Sarjan nimi ja numero

Kala- ja riistaraportteja 103

ISBN

951-776-139-2

ISSN

1238-3325

Sivumäärä

74 s.

Kieli

Suomi

*Hinta**Luottamuksellisuus*

Julkinen

Jakelu

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Vesiviljelyn tulosityksikkö

PL 6

00721 Helsinki

Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

SISÄLLYSLUETTELO

VALTION KALANVILJELYN XXI NEUVOTTELUPÄIVIEN AVAUS <i>Kare Turtiainen</i>	1
VIRANOMAISEN TERVEHDYS NEUVOTTELUPÄIVILLE <i>Harri Dahlström</i>	4
RUOTSALAISTEN LOHEN GEENIPANKKI (DEN SVENSKA GENBANKEN FÖR LAX) <i>Östen Karlström ja Ingemar Perä</i>	6
UHANALAISTEN KALOJEN SÄILYTTÄMINEN <i>Kai Westman</i>	14
EMOKALOJEN YKSILÖSEURANTA <i>Jorma Piironen</i>	29
LOHIKALAN SUKUPUOLEN SÄÄTELYSTÄ VILJELYYN SOPIVAKSI <i>Antti Soivio</i>	38
KALOJEN SUKUKYPSYYDEN SÄÄTELY <i>Vesa Määttä</i>	45
MÄDIN LAATUUN VAIKUTTAVAT VILJELYTEKIJÄT <i>Päivi Eskelinen</i>	54
VILJELY-YMPÄRISTÖN VAIKUTUS TAUTI- JA LOISTILANTEESEEN <i>Päivi Rintamäki-Kinnunen</i>	59
YMPÄRISTÖN SÄÄTELY VILJELYSSÄ <i>Antti Soivio</i>	64
LÄMPÖSTARTTI <i>Ari Savikko</i>	68
TAIMENEN SMOLTIVAELLUS KOEOLOSUHTEISSA <i>Juhani Pirhonen</i>	71
LIITE 1. Valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivien ohjelma	
LIITE 2. Valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivien osallistujat	

VALTION KALANVILJELYN XXI NEUVOTTELU- PÄIVIEN AVAUS

KARE TURTIAINEN

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, PL 6, 00721 HELSINKI

Arvoisat neuvottelupäivien osanottajat

Kokoonnumme jo 21. kertaa valtion kalanviljelyn neuvottelupäiville. Päivien johtoteemana on viljely-ympäristö, josta aihepiiristä saamme uusinta tietoa usean esitelmän ja keskustelupuheenvuoron avulla. Viljelytoiminta on päivien etenemisen kannalta koottu kolmeksi osaksi, geenipankkitoiminta, emokalakasvatus sekä poikaskasvatus.

Laitoksemme tekee työtään asiakkaita varten. Se on myös osa valtiokonsernia. Meihin heijastuvat luonnollisesti valtionhallinnon rakenteen ja talouden kehityspiirteet sekä tutkimuspoliittiset ratkaisut. Pääministerin johtama korkeakoulu- ja teknologianeuvosto on tehnyt kannanottonsa. Ministeriömme on ollut aktiivinen ja laatinut mm. luonnonvarastrategian ja tutkimuksen linjauksia, viimeksi kalantutkimusstrategian. Kaavaillut muutokset ovat huomattavia ja ravistelevat melkoisesti edelleen monia valtion yksiköitä.

Yhteiskunnan eri sektoreiden kehitystä, asiakkaita, kala-, riista- ja porovaroja ja niiden elinympäristön muuttumista sekä paljon muitakin tekijöitä arvioiden on päädytty kahden viime vuoden aikana linjauksiin, jotka suuntaavat tutkimusta, tilastointia ja viljelytoimintaa. Vahvuuksien, heikkouksien, uhkatekijöiden ja mahdollisuuksien analysoinnin tuloksena laitoksen sisäistä uudistumista jatketaan. Esitän jäljempänä esimerkkejä enkä pyri kattavuuteen.

Kalakantojen ja kalavesien hoidon tutkimuksessa voidaan pitää jopa ensisijaisena kalavarojen arviointia, jonka tietoihin tukeutuu sekä päätöksenteko että merkittävä osa tutkimuksesta. Voimakas edistysaskel on tarkoitus saavuttaa kehittymällä arvioijasta kalavarojen kehityksen ennustajaksi. Monikalalajimallit sekä rakentamisen tai kuormituksen vuoksi muuttuneiden kala- ja rapuvesien hoito ovat painoalueita, joissa on aloitettu pitkäaikaiset tutkimusohjelmat. Painoalueista ottaisin esille vielä monimuotoisuuden säilyttämisen asettamat vaatimukset kalavesien hoidolle ja vapaa-ajan kalastuksen tutkimuksen lisäämisen. Vapaa-ajan kalastus oli laitoksen henkilöstön mielestä alue, jossa on eniten uusia mahdollisuuksia ja tutkimustarpeita.

Suomalaista vesiviljelyä on kohdannut taantumavaihe ja aivan lähiaikoina ei ole olennaisia muutoksia tiedossa. Myös laitoksemme toiminta hyödyttää alaa vasta pidemmällä aikavälillä. Pyrimme auttamaan yksityistä vesiviljelyä kehittymään rakenteellisesti riittävän monipuoliseksi, kannattavaksi ja toiminnaltaan tiukentuvatkin

ympäristövaatimukset kestäväksi. Uudet lajit, kirjoloihen jalostustoiminta ja viljelyn haitallisten vaikutusten vähentäminen on valittu elinkeinokalatalouden tutkimuksen strategisiksi tutkimus- ja kehitystyön kohteiksi. Kalamarkkinoiden tutkimus jatkuu edelleen laajentuen.

Myös riistantutkimuksessa sekä ydinosaaminen että tutkimus liittyvät riistavarojen arviointiin ja runsauden vaihtelujen seurantaan sekä kasvavassa määrin ennustamiseen.

Laitoksen vesiviljelytehtävät ovat vakiintuneet. Tärkeimmät tehtävät ovat edelleen monimuotoisuuden ylläpito, tutkimuskalojen tuotanto ja eräiden valtion velvoitteiden hoito. Kalastomme monimuotoisuuden säilyttäminen vesiviljelyn keinoin on ollut monissa tapauksissa ainut mahdollisuus. Huomattavaa osaa maamme vesistöistä on jouduttu käyttämään tavalla, joka on estänyt lajien ja kantojen luontaisen lisääntymisen ja aiheuttanut sekä häviämisen että geneettisen perimän kapeutumisen. Vesiviljely on tarjonnut mahdollisuuden ylläpitää monimuotoisuutta. Aihetta käsittelee laajemmin mm. Kai Westman. Myös Ruotsin geenipankkitoiminta tuo kiinnostavan lisän keskusteluun.

Olemme käytävässä keskustelussa suorastaan koomisessa tilanteessa. Eräissä puheenvuoroissa meidät syyllistetään sen vuoksi, että osaamme viljelyn hyvin ja olemme onnistuneet vesiviljelyn keinoin tehdyssä kalakantojen suojelussa ja kalastettavien kalakantojen ylläpidossa. Joidenkin mielestä pitäisikin toimia niin, ettei viljellä, jolloin mm. poliittiset paineet kalaston ympäristön muuttamiseen olisivat suuremmat.

Laitoksessamme nähdään monimuotoisuudesta huolehtiminen hyvin pitkän aikavälin asiana, jossa eri aikoina ja eri alueilla painottuvat eri menetelmät. Nyt olemme hyvässä tilanteessa. Vesiviljely ja sen hyödyntäminen osataan ja meillä on myös paljon empiiristä tutkimus- ja seurantatietoa. Erinomaisena esimerkkinä tutkimustiedosta on ilmeisesti ennen rakentamista vallinneen luonnonvaraisen kannan poikastuotannon volyyymiin yltäneiden järvilohen istutusten seuranta-aineiston perusteella tehdyt analyysit Vuoksen vesistöä.

Tuntemme kaikki hyvin problematiikan. Hyvä elinympäristö tai laaja istutustoiminta eivät kumpikaan yksin riitä vaan on ratkaistava kalastuksen yhteensovittaminen monimuotoisuuden säilyttämisen kanssa. Laitoksen tutkimustoiminta ja siihen liittyvä viljely suuntautuukin jatkossa voimakkaasti rakennettujen, muuntuneiden vesistöjen sekä useita kalalajeja kattavaan kalavesien hoidon tutkimukseen.

Laitoksen tutkimuksen ja vesiviljelyn, kalataloushallinnon, ympäristöhallinnon sekä kalavesien omistajien ja kalastajien yhteistyönä laitoksemme pyrkii käynnistämään laajan kotiuttamisohjelman. Toiminta ei ole uutta, mutta kokemukset ovat osoittaneet kaikkien asianomaisten toiminnan yhteensovittamisen tärkeyden. Istutusten, tutkimuksen, kunnostustoimenpiteiden ja kalastuksen järjestelyjen suunnitelmallisella yhteensovituksella voidaan aikaansaada aiempaa huomattavasti tehokkaammin luontaisesti lisääntyviä kalakantoja. Esimerkiksi kotiutusistutuksiin tulisi mielestäni ryhtyä vasta sitten, kun on riittävä varmuus tulosten aikaansaamisesta.

Viime vuosina on korostunut laitoksen vesiviljelyssä vakiintuneiden toimintamuotojen hoitaminen aiempaa tehokkaammin, mikä on merkinnyt mm. tuottavuuden ja taloudellisuuden sekä myytävien tuotteiden kannattavuuden asettamista hyvin keskeisiksi asioiksi. Jatkoa ajatellen on tärkeää, että viime vuonna toimeenpannut säästöt pystytään realisoimaan pysyviksi. Toiminnan kehittäminen monipuolisemmaksi ja vastaamaan uudistuvaa kysyntää on tällöin mahdollista. Sekä yksityistä sektoria hyödyntävien että valtion tehtävien hoitoa tukevien uusien tuotteiden kehittäminen ja menetelmällinen kokeilutoiminta saataa nyt kasvu-uralle. Investointipolitiikka on jo muutettu. Fyysisen rakentamisen sijaan investoimme osaamiseen.

Taloudellisella puolella olemme sopeutuneet vähenevään budjettirahoitukseen supistamalla 35 hengellä. Hankkimalla yhteistyörahoitusta, asiakasrahoitusta ja EU-rahoitusta olemme luoneet edellytykset jo tälle vuodelle lisätä henkilöstöä. Muun kuin budjettirahoituksen hankinta on kasvanut ennakoitua nopeammin. Olemme pitäneet visusti mielessä, että laitos on valtion yksikkö, jolle on tärkeintä niiden tehtävien hoito, joita varten se on perustettu ja mitkä tehtävät ja tavoitteet sille on annettu. Mm. kilpailu yksityisen sektorin kanssa on hyvin poikkeuksellinen tilanne ja töitä ei ole saatu harvoissa kilpailutilanteissakaan alhaisilla hinnoilla. Maksava asiakaspiiri on laajentunut ulkomaille. USA, Chile, Tanska, Skotlanti ja Ruotsi ovat maita, joihin olemme myyneet viime aikoina kannattavasti hinnoiteltuja tuotteita ja palveluja.

Tulorahoituksen hankinta asiakkailta ei ole kuitenkaan yritysten tapaan itseisarvoista vaan yksi rahoituslähde muiden joukossa. Hankimme asiakasrahoitusta strategiaamme kuuluviin töihin ja toteutamme myös tällä rahoituksella laitokselle asetettuja tavoitteita. Asiakkaiden toiveet ja ministeriön näkemykset ovat useimmiten niin lähellä toisiaan, ettei mainittavia ristiriitoja ole syntynyt.

Hyvät kuulijat

Vaikka päivien nimenä on valtion kalanviljelyn neuvottelupäivät, tästä vuosittaisesta tilaisuudesta on kehittynyt laajempi alasta kiinnostuneiden kohtaaminen. Tälläkin kertaa osanottajina on runsaasti muitakin kuin valtion kalanviljelijöitä, minkä me kaikki varmasti koemme mieluisana asiana. Riittävä erilaisuus lisää tilaisuuden antoisuutta kaikille.

Toivotan antoisia päiviä kaikille osanottajille.

VIRANOMAISEN TERVEHDYS NEUVOTTELUPÄIVILLE

HARRI DAHLSTRÖM

Maa- ja metsätalousministeriö, Kala- ja riistaosasto, PL 232, 00171 HELSINKI

Neuvottelupäivien aihe ”VILJELY-YMPÄRISTÖN SÄÄTELY” kattaa monimielisyydessään melko laajan asia- ja keinovalikoiman niin laitosten sisä- kuin ulkopuolellakin. Kalan elämänsyklin eri vaiheissa kalanviljelylaitosten viljelyympäristön säätelyllä on merkittävä vaikutus, jota pohditaan monissa näillä päivillä pidettävissä alustuksissa ja niihin pohjautuvissa keskusteluissa. Toisaalta valtion kalanviljelyn toimintaympäristöön vaikuttaa moni tekijä, jotka perustuvat ja joihin vaikutetaan erilaisin säätelyin. Maa- ja metsätalousministeriön kala- ja riistaosaston toimialaa keskeisimmillään on tämänkaltainen sää(n)tely. Sen osia ovat mm. tulostavoitteet, talousarviot, lait ja asetukset.

Kuluvan vuoden alusta ovat tulleet voimaan monet kalastuslainsäädännön ja luonnonsuojelulainsäädännön muutokset, jotka heijastuvat niin valtion kalanviljelyn toimintaympäristöön kuin koko kalatalousalaankin. Laajentuneet yleiskalastusoikeudet toivat kalavesien hoitotarpeen arviointiin uusia näkökulmia. Keskusteluissa on esitetty myös vaatimuksia lisätä valtion panostusta istutustoiminnassa. Tämän ohella tehokkaasti hoidettujen kalastusmatkailukohteiden ylläpito saattaa kiinnostaa tulevana vuosina aikaisempaa useampia kalavesien omistajia. Alkuperältään tiettyjen istukkaiden merkitys kasvaa. Uusi luonnonsuojelulaki taas toteuttaa osin jo vuonna 1987 maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön kesken sovitun jaon jakaa kalamme taloudellisesti hyödynnettäväksi kaloiksi, joihin sovelletaan kalastuslakia, ja kaloihin, joihin sovelletaan luonnonsuojelulakia. On selvää, että kalanviljelyn tietotaitoa tarvitaan niin kalavesien hoidossa kuin kalakantojen suojelussa on sitten kyse maa- ja metsätaloushallinnon vastuulla olevista kalalajeista kuin ympäristöhallinnon vastuulla olevista kalalajeista. Keskeisessä asemassa on tällä sektorilla valtion kalanviljelyyksiköt ja niiden osaava henkilökunta.

Kalastettavien kalakantojen suojelusta on puhuttu Suomessa jo viime vuosisadalla erilaisten hankkeiden kuten padotusten uhatessa esimerkiksi vaelluskalajoissa lohennousumahdollisuuksia. Vuonna 1962 voimaan tulleen vesilain mukaisissa hankkeissa talouskalakantojen ylläpito ja hoito oli esillä yhä selkeämmin, mutta taloudellisesti perustellut hankkeet jyräsivät alleen erityisesti vaelluskalakannat kala-alan vastarinnasta huolimatta. Vähitellen tilanne on muuttunut ja nyt kansainvälisten sopimusten ja kansallisten ohjelmien perusteella Suomi suojelee ja varjelee luontoaan, vesistöjään ja niiden eliöstöä kalat mukaanluettuna. Jäljellä olevat alkuperäiset vaelluskalakannat on liitetty uhanalaisten lajien luetteloon.

Maa- ja metsätalousministeriö asetti ympäristöministeriön aloitteesta vuonna 1995 työryhmän selvittämään Suomen kalaston suojelun ajanmukaistamisen edellyttämät

mahdolliset lainsäädännölliset, hallinnolliset ym. toimenpiteet. Toimeksianto ei kuitenkaan koskenut merilohta. Viime vuonna valmistuneessa muistiossaan kalaston suojelutyöryhmä toteaa, että kalojen suojelun tulee tapahtua ensisijaisesti niiden luontaisessa ympäristössä. Mikäli jonkin lajin, muodon tai kannan suojele luonnossa ei ole mahdollista tai sen monimuotoisuus luonnossa uhkaa pienetä, on ryhdyttävä väliaikaiseen viljelyyn suojelutarkoituksessa. Päämääränä tulee kuitenkin olla luontoon palauttaminen. On itsestään selvää, että talouskalojen osalta riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos hoitaa myös uhanalaisten viljelyn, jonka se myös keskeisiltä osiltaan hyvin hallitsee. Luonnonsuojeluasetuksessa mainittujen kalalajien osalta viljelyn tietotaitoa ei juuri ole, joten työryhmän mielestä se on hankittava. Tässä tarkoituksessa työryhmä ehdottaa, että myös näiden lajien viljelytutkimusta lisätään. Tälläkin alueella uskon riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen omaavan parhaat valmiudet ja pystyvän ympäristöhallinnon kanssa tukoksekkaaseen yhteistyöhön.

Uhanalaisten kalakantojen kuten alkuperäisten merilohikantojen aktiivinen hoito ja palauttaminen koko elämänsikerran sisältävään tilaan vaatii kokonaan ja osin vapaissa Itämereen laskevissa joissa eri-ikäisten viljeltyjen lohenpoikasten istuttamista niiden tyhjentyneille alkuperäisille elinalueille. Kotiuttamisen pahana esteenä on M74-lisääntymishäiriö, joka edellyttää myös siitä johtuvien poikastuhojen korvaamista istutuksin. Esimerkiksi Tornionjoen vaelluskalakantojen palauttaminen edellyttää poikasistutusten ohella aktiivista tutkimustyötä, jonka ylläpito Suomen puolella on myös riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen työsarkaa. Jokialueiden matkailukalastusmahdollisuudet ovat istutustoiminnan ansiosta myös käytössä kannan palauttamisvaiheen aikana. Tuloksia voidaan hyödyntää muillakin jokialueilla, missä pyritään elvyttämään vaelluskalakantoja mm. Itämeren kalastuskomission hyväksymän lohikantojen elvytysohjelman (Salmon Action Plan) puitteissa.

RUOTSALAISTEN LOHEN GEENIPANKKI

ÖSTEN KARLSTRÖM JA INGEMAR PERÄ

Fiskeriverket, Utredningskontor, Skeppsbrogatan 9, 97238 LULEÅ

Lohen luontaista, alkuperäistä poikastuotantoa on seuraavissa Ruotsin vesistöissä:

Perämeren alue: Tornion joki, Kalixin joki, Rånen joki, Piteon joki, Åbyn joki, Bysken joki, Sävar joki, Rickle joki, Vindelinen joki, Ören joki ja Lögden joki.

Selkämeren alue: Ljungan joki

Varsinainen Itämeri: Em joki, Mörrumin joki

Näiden lisäksi on muutamia vesistöjä, joihin tehdään lohien kotiutusistutuksia:

Kåge joki ja Hörn joki Perämeren alueella.

Lohijoet on esitetty kuvassa 1.

Ruotsin lohijokien luonnonlohikannat ovat olleet heikkoja aina 1960-1970 luvulta lähtien. Vuonna 1992 tapahtuneesta kuoriutumisen lähtien lohien lisääntyminen on entisestään vähentynyt kaikissa joissa, johtuen M74 syndromasta, joka aiheuttaa suurta ylikuolleisuutta lohien poikasissa. Lohentuotannon nykyinen tilanne Ruotsin luonnonlohijoissa on esitetty kuvassa 2.

Eri jokien, ja erityisesti pienempien jokien, lohikantojen tila arvioitiin niin kriittiseksi, että tarvittiin erityistoimenpiteitä kantojen säilyttämiseksi. Ensimmäinen itsestään selvä toimenpide on entisestään säädellä luonnon lohien kalastusta niin, että kannat voidaan säilyttää. Tällaisia tehokkaita säätelyjä onkin menestyksellisesti suoritettu sekä kansainvälisellä että kansallisella tasolla. Tärkeimpiä Ruotsin kansallisia säännöstelyjä viime vuosina on ollut lohienkalastuksen täyskielto luonnonjoissa ja niiden suualueilla, poikkeuksena rajoitettu urheilukalastus joissa.

Lisävarmennuksena päätettiin kerätä jokaisesta luonnonlohijoesta aineistoa geenipankkiin, jota voidaan käyttää kriittisissä tilanteissa kun kannat uhkaavat hävitä.

Geenipankin aineisto kerätään joissa elävistä poikasista. Seuraavat kannat otetaan mukaan:

Tornion joen vesistö: Ruotsin Tornionjoki, Lainionjoki (kaksi kantaa, toinen joen yläjuoksulta ja toinen joen alajuoksulta).

Kalixin joen vesistö: neljä kantaa, yksi alajuoksulta, yksi keskijuoksulta, yksi yläjuoksulta ja yksi sivujoesta Ängesjoki.

Muista joista kerätään yksi kanta.

Poikasten pyynti ulotetaan joen koko lisääntymisalueelle ja poikasia kerätään useiden vuosien aikana. Tällä tavoin aikaansaadaan hyvä geneettinen vaihtelu säilytettävissä kannoissa. Kaikkiaan geenipankkiin kerätään 500 kalaa.

Geenipankin tarve kantojen geneettisenä turvana erotetaan erinäisistä syistä tarpeesta ylläpitää emokaloja istutustoiminnan turvaamiseksi. Poikasten kerääminen geenipankkiin ei siten automaattisesti tarkoita sitä, että ryhdytään viljelemään emokaloja istutuspoikasten tuottamiseksi. Siksi geenipankki voi koostua poikasista ja kun kalat kasvavat ja tulevat sukukypsiksi poistetaan ne geenipankista ja pankkia täydennetään uusilla poikasilla niin, että jokaista kantaa kohden on aina 500 kalaa geenipankissa.

Emokaloiksi poikasia kasvatetaan vain niissä tapauksissa, jolloin harjoitetaan istutustoimintaa. Istutukset tulevat periaatteessa ajankohtaisiksi seuraavissa tapauksissa:

1. Ensi-istutuksina uusilla alueilla vastaperustettujen kalateiden yläjuoksulla. Tällaisia ajankohtaisia vesistöjä ovat Byske joen yläosat, Piteon joki Storforsenista ylöspäin ja Lögde joki Fällforsin kalatien yläjuoksulla.
2. Vesistöissä, joissa lohikanta on hyvin heikko. Tällaisia vesistöjä ovat Sävar joki, Öre joki ja Vindel joki.
3. Lohen kotiutusistutukset vesistöihin. Tällaisia vesistöjä ovat Sangis joki, Kåge joki ja Hörn joki. Näissä istutuksissa käytetään ko. vesistöjä lähinnä muistuttavista vesistöistä peräisin olevia poikasia.

Muissa vesistöissä ei suoriteta istutuksia, ellei niissä synny suoranaista kriisitilannetta, jolloin riskinä on kantojen häviäminen. Useissa näistä vesistöistä ei istutuksia ole ylipäätään tehty ja kantojen voidaan katsoa olevan alkuperäisiä ja koskemattomia. Näihin kuuluvat koko Kalix joen vesistö, Råne joki ja Åby joki. Tiedyt suurehkot muidenkin jokien alueet ovat myös vailla istutustoiminnan vaikutuksia mm. suuret osat Lainion jokea, ja Byske ja Lögde jokien alaosat. Näiden jokien ja jokialueiden pitäminen täysin istutuksista vapaana katsotaan tärkeäksi siksi, että tulevaisuutta varten voidaan säilyttää mahdollisimman alkuperäinen ja koskematon lohikanta. Istutuksia tehdään periaatteessa vain silloin kun on kyseessä ensi-istutus uusille alueille tai kotiutusistutus vesistöihin, joissa aikaisemmin on ollut poikastuotantoa.

Ruotsin lohipankki on sijoitettuna kolmelle laitokselle; Abborrträskin kalanviljelylaitokselle ja Sällan emokalalaitokselle Norrbottenin läänissä, Omega-laxin kalanviljelylaitokselle Västernorrlandin läänissä ja Långhultsin kalanviljelylaitokselle Smålannissa (Em joki ja Mörrumin joki). Tällä hetkellä geenipankissa on 17 lohikantaa. Kaikkiaan geenipankissa on yli 4000 poikasta.

Kerättyjen poikasten lisäksi ruotsalaisessa geenipankissa on koiraiden maitia pakastettuna. Tällä hetkellä geenipankissa on pakastettuna maitia 400 kalasta ja tavoitteena on, että jokaisesta kannasta olisi 250-300 kalan maitia pakastettuna.

Miltä tulevaisuus näyttää lohikantojen ja geenipankin osalta? Kuten tiedot luonnonjoissa tapahtuneesta lohien lisääntymisestä osoittavat, on lisääntymisessä viime vuosina tapahtunut parantumista. Vuonna 1996 oli joissa oikein hyvä lisääntymistulos ja kalanviljelylaitoksilta saatu tieto siitä, että M74 syndrooman aiheuttama kuolleisuus olisi tänä vuonna alhaisempi, on myös myönteistä. Toisaalta edellisiltä vuosilta on heikkoja vuosiluokkia, joten vaaran ei missään tapauksessa voida katsoa olevan ohi.

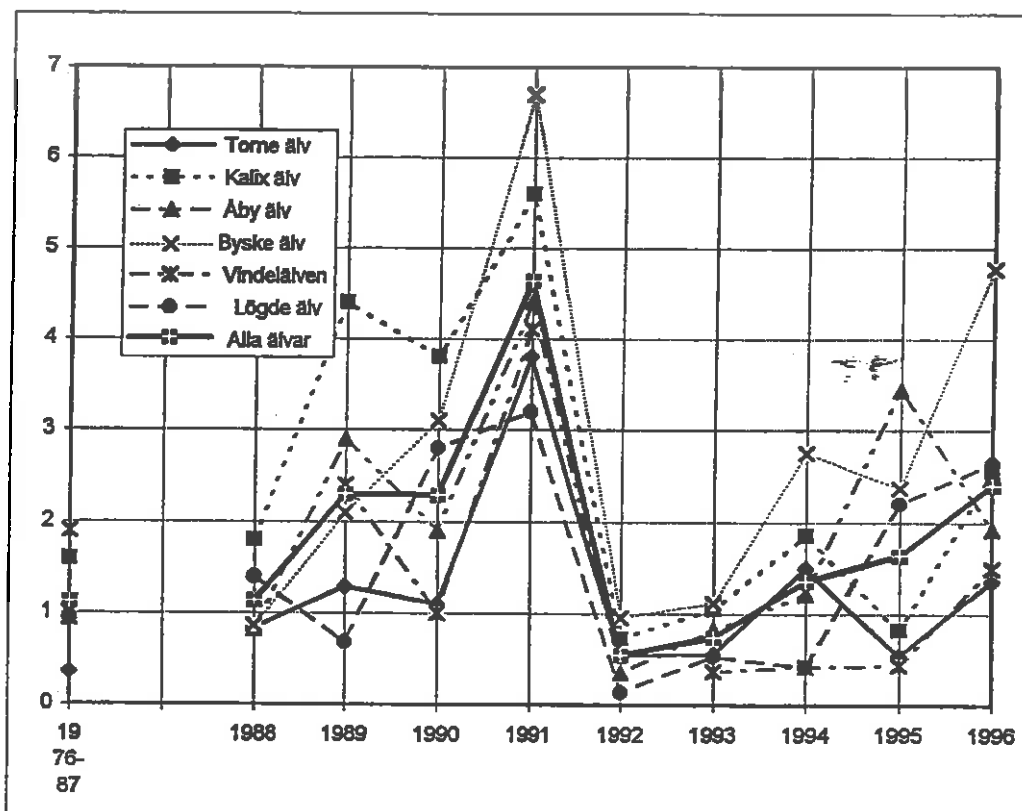
Toistaiseksi ei ole päätetty kuinka kauan geenipankkia ylläpidetään mikäli kehitys kääntyy myönteiseksi ja lohikannat elpyvät. Jo nyt on sellaisia vesistöjä, joissa on niin vakaa lohien lisääntyminen, että geenipankin akuutti tarve niiden osalta voidaan asettaa tarkasteltavaksi. Näihin vesistöihin kuuluvat esim. Kalix ja Byske joet. Tulevaisuudessa voi olla niin, että resurssit suunnataan niihin vesistöihin, jotka ovat todella kriittisessä tilassa.

Tärkeä osa geenipankkia on pakastettu maiti, jota voidaan säilyttää pitkiä aikoja ja käyttää tulevaisuudessa yhdessä vesistöstä kerätyn mädin kanssa.



Kuva 1. Itämeren jäljellä olevat luonnonlohojoet.

Kuva 2. Lohenpoikasten (N/100 m²) vuosiluokkavahvuudet Perämeren luonnonlohi-
joissa, 1988(1976)-1996 (kuoritutumisvuosi).



Ö. Karström. 1997-04-04.



PM
1997-04-04

DEN SVENSKA GENBANKEN FÖR LAX.

av

Östen Karlström
Fiskeriverket, Utredningskontoret i Luleå

Naturlig ursprunglig laxreproduktion finns i följande vattendrag i Sverige:
Bottenviksområdet: Torne älv, Kalix älv, Råne älv, Pite älv, Åby älv, Byske älv, Sävarån, Rickleån, Vindelälven, Öre älv och Lögde älv.
Bottenhavsområdet: Ljungan.
Egentliga Östersjön: Emån och Mörrumsån.
Härtill finns några vattendrag där återintroduktion av lax görs:
Kåge älv och Hörnån i Bottenviksområdet.
Laxvattendragen framgår av bifogade bil. 1.

Laxbestånden i de svenska vildlaxälvarna har varit svaga alltsedan 1960-1970 talet. Från 1992 års kläckning och framöver sjönk laxreproduktionen ytterligare i samtliga älvar på grund av M74 syndromet, som medför en kraftig överdödlighet på laxyngel. Den aktuella situationen för laxreproduktionen i de svenska naturlaxälvarna framgår av bil. 2.

Läget för laxbestånden i de olika älvarna och speciellt i de mindre bedömdes så kritiskt att extraordinära åtgärder behövs för att bevara bestånden. Den första självklara åtgärden är att ytterligare reglera fisket på naturlax så att bestånden kan upprätthållas. Sådana effektivare regleringar har också successivt genomförts både internationellt och nationellt. Bland de viktigaste nationella svenska regleringarna har under senare år varit ett totalstopp i laxfisket i naturälvar och deras mynningsområden, med undantag för ett begränsat sportfiske i älvarna.

Som en ytterligare säkerhet beslutade man att från varje vildlaxälv insamla material till en genbank som ska kunna användas i kritiska lägen när bestånden riskerar att slås ut.

Genbanken insamlas från ungar i älvarna. Följande stammar insamlas:
Torne älvs vattensystem: Svenska Torne älv, Lainio älv (två stammar, en från övre och en från nedre delen av älven).
Kalix älvs vattensystem: fyra stammar, en från nedre, en från mellersta, en från övre delen av älven och en från biflödet Ängesån.
Från övriga älvar samlas en stam.
Insamlingen sprids över hela reproduktionssträckorna och ungar insamlas under flera år. Detta medför att man får en bra genetisk spridning av materialet.
Totalt insamlas för genbanken 500 fiskar.

Man skiljer på behovet av genbanken som en genetisk säkerhet för bestånden och behovet av avelsfisk för utsättningsverksamhet av olika skäl. Insamlandet av genbanken innebär således inte att man automatiskt odlar upp avelsfisk för framtagande av ungar för utsättningar. Genbanken kan därför bestå av ungar och när fiskarna blir större och könsmogna plockas de successivt bort och genbanken fylls på med ungar så att man för varje stam alltid har 500 fiskar i genbanken.

Uppodling till avelsfisk sker endast i de fall där utsättningar görs. Utsättningar är aktuella i princip i följande fall:

1. Som nyintroduktion i nyöppnade områden uppströms nyanlagda fiskvägar. Sådana aktuella vattendrag är Byske älvs övre delar, Pite älv uppströms Storforsen och Lögde älv uppströms Fällfors fiskväg.
2. I vattendrag där laxbestånden är mycket svaga. Sådana vattendrag är Sävarån, Öre älv och Vindelälven.
3. Återintroduktion av lax i vattendrag. Sådana vattendrag är Sangis älv, Kåge älv och Hörnån. Här används material från närmaste likartat vattendrag.

I övriga vattendrag sker inga utsättningar därest de inte hamnar i ett direkt krisläge med risk för att bestånden slås ut. I flera av dessa vattendrag har utsättningar överhuvudtaget ej gjorts och bestånden kan betecknas som ursprungligt opåverkade. Hit hör hela Kalix älvs vattensystem, Råne älv och Åby älv. Vissa större områden i andra älvar är också opåverkade av utsättningar bl.a. stora delar av Lainio älv, och Byske och Lögde älvars nedre delar.

Det anses som viktigt att hålla dessa älvar och älvområden helt fria från utsättningar, för att för framtiden ha kvar så ursprungligt opåverkade laxbestånd som möjligt. Utsättningar görs endast i princip där det är fråga om nyintroduktion i nya områden eller återintroduktion i vattendrag som tidigare haft reproduktion.

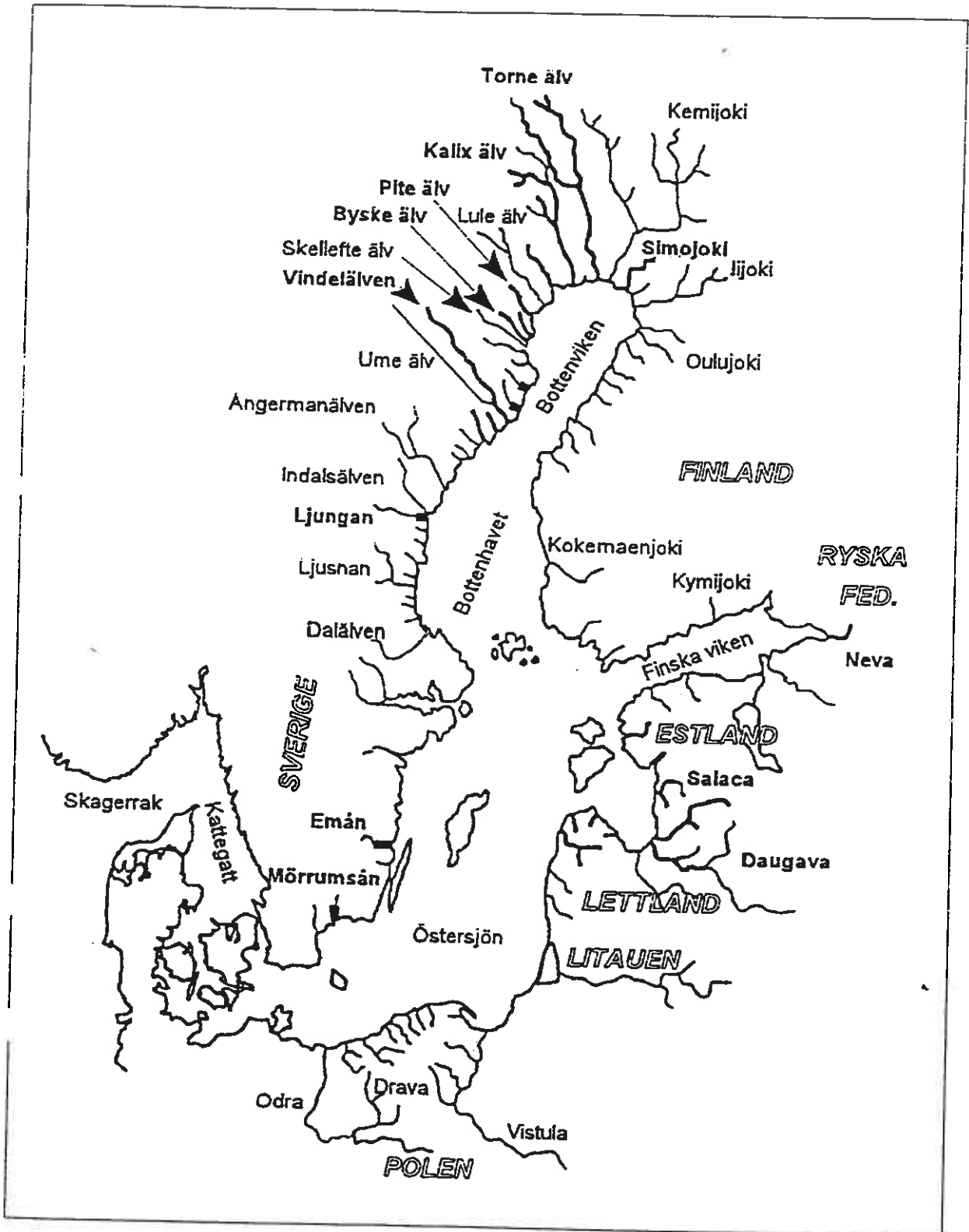
Den svenska laxgenbanken finns i tre anläggningar, i Abborrträsk fiskodling, i Sälla avelsfiskstation, vilka ligger i Norrbottes län, i Omega-lax fiskodling i Västernorrlands län och i Långhults fiskodling i Småland (Emån och Mörrumsån). För närvarande finns 17 stammar av lax i genbanken. Totalt finns över 4000 ungar i genbanken.

Utöver insamling av ungar ingår i den svenska genbanken fryst mjölke från hanar. För närvarande finns mjölke från ca 400 fiskar infrost och målsättningen är att man ska nå 250-300 infrysta fiskar från varje stam.

Hur ser framtiden ut för laxbestånden och genbanken? Som framgår av data över reproduktionen i naturälvarna har man under de senaste åren haft en viss uppgång i reproduktionen. En mycket bra uppgång i älvarna 1996 och information från laxodlingar om att dödligheten i M74 syndromet skulle vara lägre i år är också positivt. Men vi har å andra sidan svaga årsklasser av lekfisk åren framöver, varför man ingalunda kan anse att faran är över.

Det har ej fastställts hur länge man ska behålla genbanken om utvecklingen vänder och laxbestånden ökar. Det finns vattendrag som redan nu har en så stabil reproduktion att det akuta behovet av en genbank kan diskuteras. Hit hör t.ex. Kalix älv och Byske älv. Det kan framöver bli så att man inriktar resurserna på de vattendrag som är i ett direkt kritiskt läge.

En viktig del av genbanken är den frysta mjölken som kan sparas under lång tid och nyttjas i framtiden tillsammans med rom från vattendraget.

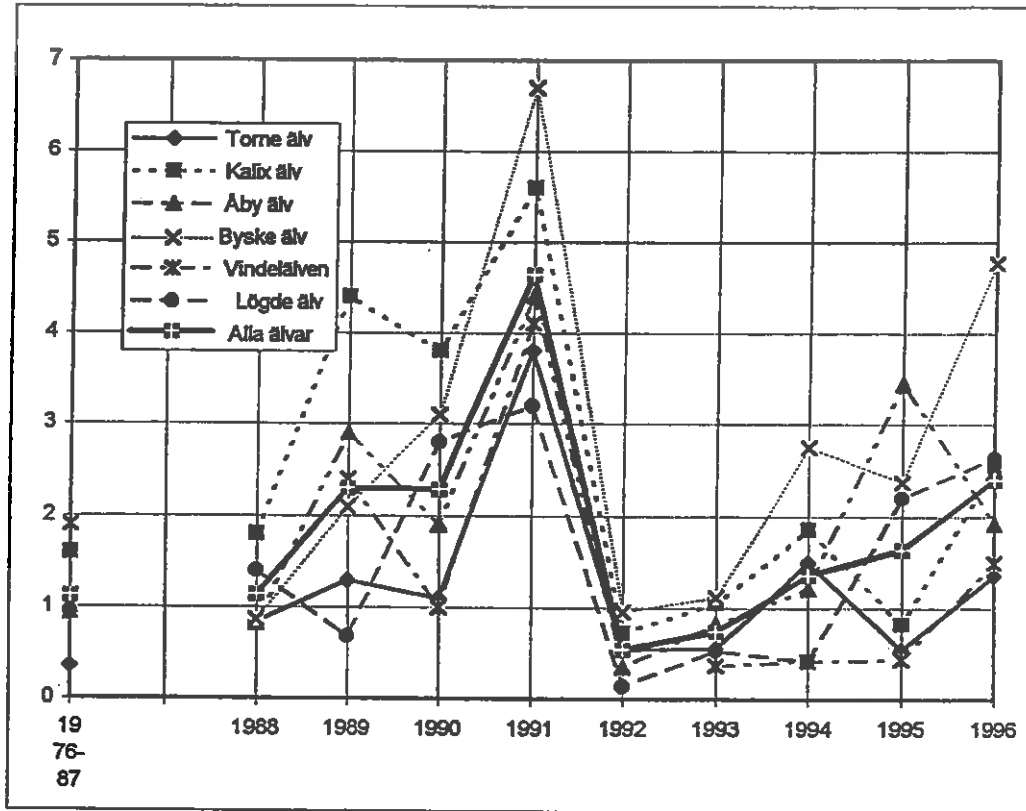


Figur 1. Återstående vattendrag med vildlaxreproduktion i Östersjön (tjock linje).



Årsklasstyrka av laxungar (N/100 m²) i vildlaxälvar i Bottenviken,
1988(1976) - 1996 (kläckningsår).

Bil. 2.



Ö. Karlström. 1997-04-04.

UHANALAISTEN KALOJEN SÄILYTTÄMINEN

KAI WESTMAN

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Vesiviljely, PL 6, 00721 HELSINKI

1. Kalojen suojelun lähtökohdat

Kasvava huoli maapallon biologisen monimuotoisuuden (biodiversiteetin) eli lajien välisen ja sisäisen perinnöllisen vaihtelevuuden yhä kiihtyvistä häviämisestä on tuonut korostetusti esille tarpeen tehostaa toimenpiteitä vielä jäljellä olevien lajien monimuotoisuuden ylläpitämiseksi. Tämä on myös yksi vuoden alussa voimaan tulleen uuden luonnonsuojelulain tavoitteista.

Eliölaajien uhanalaisuutta ja perinnöllisen aineksen suojelua ja säilyttämistä tarkasteltiin maailmanlaajuisesti jo vuonna 1972 Tukholmassa pidetyssä YK:n ympäristönsuojelukonferenssissa. Kuitenkin vasta YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi vuonna 1992 Rio de Janeirossa johti aikaisempaa konkreettisempiin toimenpiteisiin, kun suuri joukko maita - mukaanlukien Suomi - allekirjoitti luonnon biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen. Tämä nk. Rion sopimus tähtää maapallon luonnon monimuotoisuuden suojeluun ja kestäväan käyttöön. Suomi ratifioi sopimuksen vuonna 1994 ja sitoutui samalla huolehtimaan sekä suomalaisen alkuperäisluonnon säilymisestä että taloudellisesti hyödynnettävistä luonnonvaroista ja niiden kestävästä käytöstä.

Vaikka kalastomme oli jo pitkään kärsinyt ihmistoiminnan aiheuttamasta elinympäristön heikkenemisestä ja lisääntymisalueiden vähenemisestä, niin vasta em. Tukholman konferenssin antamien suositusten toteuttaminen käynnisti meillä selvitykset kalaston suojelusta koko maassa. Suomen Akatemian asettama geenipankkijaosto selvitti uhanalaisten eliöiden - mukaanlukien kalojen - tilaa ja suojelutarvetta ja teki mietinnössään (Paasivirta ym. 1973) laatuuaan ensimmäisen kansallisen ehdotuksen geneettisten luonnonvarojen suojelemiseksi. Uhanalaisia kalalajeja ja -kantoja sekä niiden suojelua ja säilyttämistä koskevaa selvitystä tarkistettiin ja täydennettiin myöhemmin (Westman 1974, Westman & Kallio 1987).

Pohjoismainen Ministerineuvosto ja Suomen Akatemia järjestivät vuonna 1978 mm. kaloja uhkaavia tekijöitä ja kalojen perintöaineksen säilyttämistä käsitelleen symposion (Gjedrem et al. 1978), jonka suositusten perusteella Ministerineuvosto asetti kalojen pohjoismaisen geenipankkityöryhmän vuonna 1980. Työryhmä, jonka työskentelyyn myös Suomi on osallistunut, on selvittänyt kalojen suojelutarpeita ja menetelmiä (lähemmin Frier et al. 1993).

Uhanalaisten kalakantojen suojeluun ja säilyttämiseen on meillä sittemmin kiinnittäneet huomiota myös mm. luonnonvarain neuvosto, vaelluskalalakantojen elvyttämistyöryhmä (Munne ym. 1985), uhanalaisten eläinten ja kasvien

suojelutoimikunta (1985), luonnonvaraisten vaelluskalojen säilyttämistyöryhmä (Munne ym. 1989), uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunta (1991) ja viimeksi kalaston suojelutyöryhmä (Dahlström ym. 1996). Suomessa on lisäksi julkaistu huomattava määrä lajikohtaisia tai alueellisia suojelutarveselvityksiä (viitteitä esim. julkaisuissa Westman 1974, Westman & Kallio 1987, Kallio-Nyberg & Koljonen 1990, 1991, Frier et al. 1993, Leikola 1994, Dahlström ym. 1996). Äskettäin valmistuneissa maa- ja metsätalousministeriön biodiversiteettityöryhmän mietinnössä (1996) samoin kuin luonnonvarastrategiassa (1997) on myös tuotu korostetusti esille luonnon monimuotoisuudesta huolehtiminen mm. luonnonvaroja käytettäessä. Kalakantojen ja niiden monimuotoisuuden säilyttäminen on ollut myös esillä jo kahdeksalla Valtion kalanviljelyn neuvottelupäivillä - vuosina 1989 ja 1995 päivien pääteemanakin - ja aihepiiristä on pidetty päivillä tähän mennessä jo 21 esitelmää (lähemmin Westman 1996).

Rion sopimuksen ja Euroopan Unioniin liittymisen myötä Suomelle on tullut lisävastuuta mm. kalaston monimuotoisuuden säilyttämisen ja kestäväen käytön osalta. Kalaston suojeluun liittyviä kansallisia säädöksiä (mm. kalastus-, luonnonsuojelu- ja vesilainsäädäntö sekä EY-säännökset) ja kansainvälisiä sopimuksia (mm. Rion- ja Gdanskin sopimukset sekä YK:n merioikeusyleissopimus) on lähemmin tarkasteltu Kalaston suojelutyöryhmän muistiossa (Dahlström ym. 1996).

Mainittujen säädösten nojalla Suomella on vastuu alkuperäisestä, maamme alueella elävästä kalastosta, sen monimuotoisuuden säilyttämisestä sekä sen hyödyntämisestä kestäväen kehityksen mukaisesti kalojen taloudellisesta arvosta riippumatta. On syytä muistaa, että luonnon monimuotoisuuden säilyttämisellä on myös eettisiä ja kulttuurisia arvoja (lähemmin esim. Järvinen & Miettinen 1987).

2. Mitä kalalajeja tulisi suojella ja säilyttää?

Kalastomme monimuotoisuus on joko suoranaisesti tai välillisesti kärsinyt elinympäristön muuttumisesta (mm. vesien rakentaminen, likaantuminen, happamoituminen), liiallisesta ja/tai valikoivasta kalastuksesta ja suunnittelemattomista istutuksista (uudet, kilpailevat lajit tai vieraat kannat). Nämä tekijät yhdessä rehevöitymisen ja kalatautien kanssa muodostavat edelleenkin suurimman uhan olemassaoleville kalakannoille.

Ympäristömuutokset ovat tunnetusti olleet erityisen haitallisia taloudellisesti arvostetuimmille eli virtakutuuisille kalalajeille, joista lohen, järvilohen, meri-, järvi- ja purotaimenen, virtakutuisten siikojen ja nahkiaisen erilaistuneet kannat on suureksi osaksi menetetty. Päähuoli kalastomme tilasta ja säilyttämisestä onkin ymmärrettävästi kohdistunut näihin ihmistoiminnasta erityisesti kärsineisiin talouskaloihin, joista kertynyt tietämys onkin paljon suurempi kuin taloudellisesti vähämerkityksellisistä kaloista. Rion sopimuksen ja EY:n luontodirektiivin mukaisesti kaikkien kalojen pitäisi suojeluasioissa olla kuitenkin samanarvoisessa asemassa talouskalojen kanssa. Kalaston suojelutyöryhmä (Dahlström ym. 1996) korosti tätä samaa näkökohtaa.

Kalojen uhanalaisuutta ja suojelua koskevaa keskustelua vaikeuttaa usein se, että lajit ja kannat sekoitetaan keskenään. Vaikka jokin erilaistunut kalakanta voi meillä olla uhanalainen se ei välttämättä tarkoita sitä, että koko laji olisi häviämässä Esim.

Atlantin lohesta ovat useimmat Itämeren kannat kuten esim. Tornionjoen- ja Simojoen kannat uhanalaisia liikakalastuksen ja M 74-ilmiön takia, mutta esim. Tenon lohi, kuten mm. lukuisat Norjassa, Skotlannissa, Islannissa ja Pohjois-Amerikan itärannikolla esiintyvät kannat, ovat luontaisesti lisääntyviä ja elinvoimaisia. Atlantin lohi ei siten ole lajina uhanalainen kuten usein näkee esitettävän, vaikka monet sen kannat ovatkin. Vastaavasti toutaimen on katsottu olevan meillä uhanalainen, mutta ei maamme rajojen ulkopuolella, levinneisyysalueensa ydinalueella. Populaatioiden merkitystä lajin suojelun kannalta ovat tarkastelleet esim. Järvinen & Miettinen (1987) ja Kuitunen & Lammi (1993).

Usein esitetään kysymys miksi eri kantoja tulisi suojella - eikö riitä kun laji ts. jokin tai jotkin sen kannat säilyvät. Tällöin myös saatetaan viitata esim. nisäkkäisiin tai lintuihin, joiden osalta ei yleensä puhuta eri kantojen suojelutarpeista. Kalastomme osalta kysymys on siitä, että jääkauden jälkeiset Itämeren muinaiset vaiheet tarjosivat kaloille leviämisteitä, joita ei enää ole. Vedenjakajat ja muut maantieteelliset esteet erottivat eri kalakannat toisistaan. Koska kalat reagoivat tunnetusti varsin herkästi elinympäristöönsä, samasta lajista kehittyi kuluneiden tuhansien vuosien aikana luonnon valinnan seurauksena levinneisyysalueen eri osissa vallitseviin olosuhteisiin parhaiten soveltuva kalakanta. Tällainen kanta saattaa monessa suhteessa käyttäytyä kuin itsenäinen laji.

Vesistörikkaassa maassamme tavataankin monista kalalajeista lukemattomia tiettyyn ympäristöön ja olosuhteisiin erikoistuneita ekologisia tai maantieteellisiä paikallismuotoja. Tunnetuimpia ovat kunkin joen olosuhteisiin erikoistuneet lohi-, taimen- ja vaellussiikakannat, Saimaaseen salpautunut merilohen makeavesimuoto eli järvilohi sekä Saimaan ja Inarin "isonieriä". Toisaalta monet taloudellisesti tärkeät lajit ovat istutusten johdosta niin sekoittuneita, että erilaistuneita kantoja on enää vaikeaa löytää. Mitä tulee taloudellisesti vähäarvoisiin lajeihin, niin niiden monimuotoisuutta ei ole vielä nimeksikään tutkittu entsyymigeneettisillä tai muilla menetelmillä.

Tiettyihin olosuhteisiin erilaistuneet kannat ovat ainutlaatuisia ja siten niiden häviäminen merkitsee luonnonvalinnan jääkauden jälkeisten jo noin 1 500- 2 000 kalasukupolven aikana "suorittaman" valintatyön tulosten lopullista häviämistä. Kalatalouden kannalta menetys korostuu sitä enemmän, mitä tärkeämmästä kannasta taloudellisessa mielessä on kyse. Tietomme edes tunnetuimpien kuten esim. lohi-, taimen- ja siikakantojen ominaisuuksista ovat kuitenkin vielä niin puutteelliset, että on vaikeata konkreettisesti esittää minkälainen kalataloudellinen merkitys tai "hyöty" olisi tietyn kannan säilyttämisellä. Lajin monimuotoisuuden supistuessa pienenevät kuitenkin mahdollisuudet runsastuottoisempien, taloudellisesti arvokkaampien tai muuten halutunlaisten kalakantojen löytymiseen ja ehkä tulevaisuudessa tärkeän jalostustyön "alkumateriaalin" saamiseen. Voihan joissain kannoissa olla hyvinkin arvokkaita esim. kasvu-, vaellus-, taudinsieto- tai ympäristönsieto-ominaisuuksia, jotka voidaan geneettisin menetelmin kuten valintajalostuksella tai geenitekniikalla siirtää toisiin kantoihin tai esim. ruokakalaksi viljeltäviin lajeihin. Tällaisia ominaisuuksia olisivat esim. Itämeren lohien hyvä vastuskyky Atlantin puolen kannoille erittäin tuhoisaksi osoittautuneelle *Gyrodactylus salaris* -loiselle tai Nevan lohen Perämeren lohia lyhyempi vaellustaipumus. Kyse ei ole mistään utopiasta, sillä esim. siirtogeenitekniikkaa käytetään kaloilla jo myös Suomessa kuten Kuopion yliopistossa toteutettu lohen kasvugeenin siirto kirjoloheen osoittaa. Keskeinen näkökohta erilaistuneiden kantojen suojelussa on kuitenkin se, että säilyttämällä lajin monimuotoisuus estetään sen perimän köyhtyminen ja taataan lajin säilyminen myös elinolosuhteiden muutoksissa (esim. Järvinen & Miettinen 1987, Koljonen 1989).

Kysymys kalalajien tai -kantojen uhanalaisuudesta herättää usein ristiriitaisia näkemyksiä. Tämä onkin ymmärrettävää; esitetäänhan esim. tiedotusvälineissä tämän tästä, että jotkin kalakannat - useimmiten Tornion- ja Simojoen lohi, eräät meri- ja järvitaimenet, Saimaan järviolohi ja nieriä tai toutain - ovat lopullisesti häviämässä. Samaan aikaan näistä on kuitenkin viljelylaitoksissa runsaat emokalastot ja kantoja istutetaan suuria määriä. Esim. Tornion- ja Simojoen lohia istutetaan RKTL:n toimesta tänäkin keväänä mainittuihin jokiin yhteensä n. 1 250 000 joki- ja vaelluspoikasta.

Käsitteitä uhanalaisuus, harvinaisuus, vähälukuisuus ja taantuminen ei pidä sekoittaa keskenään (lähemmin esim. Järvinen & Vepsäläinen 1975, Järvinen & Miettinen 1987, Kuitunen & Lammi 1993). Kalaston suojelutyöryhmä on mietinnössään tarkastellut kalojen uhanalaisuutta. Kalojen suojelun tulee perustua EY:n luontodirektiivin ns. suotuisan suojelun periaatteeseen. Sen mukaan eliölajin suojelutaso on suotuista, kun laji pystyy pitkällä aikavälillä säilymään elinvoimaisena luontaisissa elinympäristöissään. Tämä tavoite on kirjattu myös uuteen luonnonsuojelulakiin.

Mikäli jollakin kalalajilla tai sen muodolla tai kannalla vallitsee suotuisan suojelun taso, ei sen osalta ole tarvetta erityissuojelutoimenpiteisiin. Mikäli taas suotuisan suojelun taso ei vallitse, on laji tai sen muoto tai kanta katsottava uhanalaiseksi. Kalaan kohdistuu tällöin ihmisen aiheuttama lopullisen katoamisen uhka.

Suojelun taso ei siten ole suotuista esim. silloin, kun laji tai sen kanta on pelkästään viljelyn tai istutusten varassa. Siten esim. Iijoen lohi ja Saimaan järviolohi ovat suotuisan suojelun periaatteen mukaisesti uhanalaisia runsaista istutuksista huolimatta, koska ne eivät enää pysty lisääntymään luonnonvaraisesti kutualueiden rakentamisen seurauksena. Koska Iijoen lohi ja järviolohi - kuten monet muutkin uhanalaiset lajit ja kannat - on otettu RKTL:n viljelylaitoksiin viljelyllä ylläpidettyihin "eläviin geenipankkeihin" ne eivät ole kuolemassa sukupuuttoon vaikka ne katsotaan uhanalaisiksi niin kauan kun suotuisan suojelun taso ei vallitse.

Kalaston suojelutyöryhmän käsityksen mukaan ei järvilohen, meri- ja järvitaimenen, planktonsiian, toutaimen eikä Saimaan nieriän suojelun tasoa voida pitää Suomessa tällä hetkellä suotuisana. Työryhmä määritteli ne erittäin uhanalaisiksi. Työryhmän toimeksianto ei koskenut merilohta, mutta Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunta (1991) on määritellyt sen erittäin uhanalaiseksi. Tämä koskee Itämereen laskevien jokiemme enää jäljellä olevia kolmea alkuperäistä kantaa (Tornion-, Simon- ja Iijoen kannat) sekä nk. Montan kantaa, jossa on jäljellä Oulujoen lohen perimää. Muiden kuin em. kalalajien uhanalaisuudesta ja suojelun tasosta ei Kalaston suojelutyöryhmä voinut tehdä kuin varsin yleisen tarkastelun tietojen puutteellisuuden takia. Eri kantojen osalta tiedot ovat useimmissa tapauksissa vieläkin vähäisempiä.

Kalaston suojelutyöryhmä totesikin, että lähitulevaisuuden kiireisin kalastonsuojelutehtävä liittyyneekin eriytyneiden kalakantojen tutkimiseen. Olisi mm. selvitettävä kuinka suuren perinnöllisen eron tulisi olla, jotta kanta voitaisiin käytännöllisessä mielessä katsoa eriytyneeksi. Tutkimusta kalakantojen tilasta ja niitä uhkaavista tekijöistä olisi myös kiireellisesti lisättävä, jotta pystyttäisiin määrittelemään eri kantojen uhanalaisuusaste. Näiden esitysten toteuttaminen edellyttäisi mm. RKTL:n

tutkimuksen suuntaamista nykyistä huomattavasti enemmän kalojen uhanalaisuus-, monimuotoisuus- ja elinympäristökysymyksiin.

Niin kauan kuin kalakantojen suojelun tarpeelle ei ole esitetty tieteellisesti todennettuja perusteluita ajaututaan helposti joko suojeluvaatimusten ylivoimaisuuteen tai vastaavasti suojelutarpeiden vähättelyyn. Molemmista on meillä jo runsaasti näyttöä. Talouskalojen suojeluun usein liittyvät pyyntirajoitukset sekä säilyttäminen viljelyn ja istutusten avulla ovat taloudellisesti monasti niin suurimerkityksellisiä, että senkin vuoksi olisi eri kannoille saatava mahdollisimman pian yhtenäiset ja yleisesti hyväksytyt suojeluperusteet.

Todettakoon tässä yhteydessä, että uudessa luonnonsuojelulaissa eliölajien suojelua koskevia säännöksiä ei sovelleta taloudellisesti hyödynnettäviin kaloihin mikäli ne eivät kuulu EY:n luontodirektiivin liitteessä IV mainittuihin tiukkaa suojelua edellyttäviin lajeihin. Niihin kuuluu Suomessa vain satunnaisesti tavattava sampi. Talouskalojen suojelua koskevat kalastuslain ja kalastusasetuksen säännökset. Luonnonsuojelulain säännöksiä sovelletaan taloudellisesti vähämerkityksellisiin lajeihin, jotka on lueteltu uudessa, 14.2.1997 voimaan tullessa luonnonsuojeluasetuksessa. Siinä luetteloitujen luonnonsuojelulaissa tarkoitettujen uhanalaisten tai erityisesti suojeltavien lajien joukossa ei ole ainuttakaan kalalajia. Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunnan samoin kuin Kalaston suojelutyöryhmän ja muidenkin tahojen uhanalaiseksi mainitsevat kalalajit eivät ole siten luonnonsuojelulain ja asetuksen mukaan "virallisesti" uhanalaisia.

Jotta kalojen esiintymisessä, levinneisyydessä, yleisessä tilassa ja niitä uhkaavissa tekijöissä tapahtuvia muutoksia koskevat tiedot olisivat helposti hyödynnettävissä mm. EU:n edellyttämiä seurantarpeita varten ne olisi koottava ajan tasalla pidettävään yhtenäiseen tietorekisteriin. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) pitää yllä kalakantarekisteriä (Kallio-Nyberg 1991, Westman 1991), johon on tähän mennessä talletettu tietoa 12 kalalajista. Taloudellisesti tärkeimmistä lohikaloista on eniten tietoa. Rekisteri sisältää noin 380 muikkukantaa, 200 siikakantaa, 160 taimenkantaa, 54 nieriäkantaa ja 32 lohikantaa (lähinnä Tenojoen vesistön kantoja) mm. tietoja niiden esiintymisalueesta, alkuperäisyydestä, uhanalaisuudesta ja kannan olemassaoloa uhkaavista tekijöistä (Kallio-Nyberg & Koljonen 1990, 1991). Monien kantojen osalta nämä tiedot ovat tosin vielä varsin puutteelliset. Rekisteriä tulisikin täydentää ja Suomelle tulleiden uusien velvoitteiden mukaisesti myös kehittää kattamaan kaikki maassamme vakituisesti tavatut kalalajit riippumatta siitä hyödynnetäänkö niitä vai ei. Talouskaloihin kuulumattomista kalalajeista on saatavissa tietoja mm. Leikolan (1994) tekemästä kartoituksesta. Kalaston suojelutyöryhmä esitti, että rekisterin ylläpidosta vastaa RKTL yhteistyössä Suomen ympäristökeskuksen kanssa.

3. Kalojen ja niiden monimuotoisuuden säilyttäminen

Kalalajien ja -kantojen perintöaineksen säilytys voi tapahtua seuraavilla tavoilla:

1. Luontaisessa elinympäristössä luonnonvaraisen lisääntymisen avulla.
2. Luontaisessa ympäristössä, mutta luonnonvaraisen lisääntymisen häiriinnyttä istutuspoikasten avulla.

3. Viljelylaitoksissa ylläpidettyjen kalojen avulla (elävä geenipankki).

4. Maitipankissa.

Kalastonsuojelun ensisijainen tavoite on säilyttää maamme alkuperäiset kalalajit, niiden muodot ja kannat luonnonvaraisen lisääntymisen avulla niiden luontaisessa ympäristössä. Lajin perinnöllisen edustavuuden ja sisäisen muuntelun säilyttäminen on pitkällä tähtäyksellä mahdollista vain luontaisessa elinympäristössä, jossa ympäristön monipuolisuus ylläpitää perinnöllistä muuntelua.

Kalojen suojeleminen niiden luonnollisilla elinalueilla edellyttää mm. huolehtimista niiden elinympäristöistä siten, että kalojen suotuisan suojelun taso ei vaarannu, jo muuttuneiden elinympäristöjen kunnostus- ja hoitotoimenpiteitä, vesien alkuperäisiä kalakantoja uhkaavien vieraiden kantojen ja muotojen istutusten valvontaa ja kalastuksen säätelyä mikäli jonkin lajin, -kannan tai -muodon suotuisan suojelun taso on vaarantunut. Kalaston suojelutyöryhmä on tarkastellut kalastus-, luonnonsuojelu- ja vesilainsäädäntöä sekä muuta lainsäädäntöä kalojen suojelun kannalta samoin kuin nykyisiä kalaston suojelemaan edistäviä toimenpiteitä (mm. elinympäristön kunnostus, kalavesien käyttö, luonnonsuojeluohjelmat). Työryhmä teki myös joukon ehdotuksia lainsäädännön kehittämiseksi, vesiekosysteemeistä huolehtimiseksi ja kalavesien käytön ja hoidon edistämiseksi tärkeinä kalaston suojelun parantaminen (lähemmin Dahlström ym. 1996).

Mikäli jonkin lajin, muodon tai kannan suojeleminen luonnossa ei ole mahdollista tai sen monimuotoisuus uhkaa pienetä, tulee Rion sopimuksen mukaan järjestää uhanalaisten kalakantojen väliaikainen suojeleminen viljelyolosuhteissa (artikla 9a,b ja d). Kalaston suojelutyöryhmä ehdotti, että "viljelyn avulla pidetään yllä niitä kalalajeja, -muotoja tai -kantoja, joita ei voida suojella luonnossa ja joiden säilyminen tai monimuotoisuus on niiden luontaisessa elinympäristössä uhattuna. Tämän tulee tapahtua lajikohtaisesti laadittavan suojelusuunnitelman mukaisesti siten, että perinnöllisen monimuotoisuuden säilyminen taataan". Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategiassa (1997) todetaan vastaavasti, että "Talouskalakantojen geneettistä monimuotoisuutta ylläpidetään muun muassa viljelyn keinoin". Kalaston suojelutyöryhmä ehdotti lisäksi, että tähänastisesti viljelyn avulla säilytettyjen talouskalojen ohella myös muita lajeja ja kantoja tulisi ottaa viljelyyn tilanteen niin vaatiessa.

Kaloja säilytettäessä viljelyn avulla päämääränä tulisi Rion sopimuksen mukaan (artikla 9c) olla luontoon palauttaminen. Tämä voi toteutua viljeltyjen poikasten istutusten avulla taantuneiden tai luonnosta kokonaan hävinneiden luonnonkantojen elvyttämiseksi ja palauttamiseksi takaisin luonnolliseen elinympäristöön ja lisääntymiskiertoon. Kalaston suojelutyöryhmä ehdotti, että "uhanalaisten kantojen erikäisiä viljeltyjä poikasia istutetaan näiden tyhjentyneille, alkuperäisille elinalueille. Luonnonvaraisten kantojen säilymistä varmistamiseksi uhanalaisten kantojen viljeltyjä poikasia kotiutetaan myös sopiviin uusiin vesiin".

Kalojen perintöainesta voidaan myös säilyttää maitipankeissa (esim. Piironen 1991). Kalaston suojelutyöryhmä ehdotti, että maitipankkitoimintaa kehitetään erikseen laadittavan suunnitelman mukaan. Määdille ei ole pystytty kehittämään pakastustekniikkaa.

4. Tilanne kalojen säilyttämisessä viljelyn avulla

RKTL:n hoitaman valtion kalanviljelyn eräs keskeinen tehtävä on jo 1960-luvun lopulta lähtien ollut uhanalaisten, taloudellisesti arvokkaiden kalalajien ja -kantojen säilyttäminen sekä elvyttäminen ja palauttaminen luonnolliseen elinympäristöön. Tämä on nähty valtion tehtäväksi kaikissa valtion kalanviljelyn tehtäviä ja tavoitteita tarkastelleiden lukuisten komiteoiden ja työryhmien mietinnöissä (mm. Ohtaojatoimikunta 1971, Kalatalouden tavoitekomitea 1979, Valtion kalanviljelyn tavoitetyöryhmä 1988, Kalanviljely 2020-toimikunta 1991 ja Kalataloushallinnon kehittämistyöryhmä 1992). Perusteena ovat mm. toiminnan yhteiskunnallinen luonne, kansainväliset velvoitteet (vaelluskalat, rajavesistöt), toiminnan pitkäjänteisyys ja vaadittu viljelyllinen-, geneettinen- ym. erikoisosaaminen. Mainittu tehtävä on myös varsin samansuuntainen Rion sopimuksen luonnon monimuotoisuuden säilyttämistavoitteiden kanssa (mm. suojelu viljelyn avulla, artikkelit 9 a,b,d, lähemmin Westman 1995). RKTL:n kalanviljelylaitokset (13 kpl) on paljolti suunniteltu ja rakennettu näitä tehtäviä varten. Tutkimuslaitos onkin ainoa kansainväliset velvoitteet ja sopimukset huomioon ottavaa kalanviljelytoimintaa kalaston suojelukysymyksissä harjoittava organisaatio Suomessa.

RKTL:n kalanviljelylaitoksiin on pitkäjänteisen työn tuloksena talletettu kaikki kalataloudellisesti arvokkaimmat alkuperäiset kalakantamme (Tornionjoen, Simojoen, Iijoen- ja Tenon lohikannat), Saimaan järvilohi ja nieriä, 23 meri-, järvi- ja purotaimenkantaa (mm. Tornion-, Ii-, Lesti-, Iso- ja Ingarskilajoen meritaimenkannat), 15 siikakantaa, 10 harjuskantaa, toutain sekä lisäksi eräitä muita kantoja. Säilytyksessä on kaikkiaan 13 alkuperäistä kalalajia ja muotoa ja näistä 62 eri kantaa. Näiden lisäksi nk. Montan lohikanta otettiin äskettäin viljelyyn. Kalojen (yli 2-vuotiaat) kokonaismäärä oli v. 1996 lopussa n. 120 000 kpl ja biomassaa n. 109 tonnia. Suurimmat emokalastot on Vuoksen vesistön järvitaimenesta (11 600 kg), Tornionjoen lohesta (11 000 kg), Saimaan nieriästä (8 600 kg) ja Vuoksen vesistön planktonsiiaista (7 300 kg) (liite 1). Kalastojen koko on useimpien kantojen osalta paljon suurempi kuin mitä monimuotoisuuden säilyttäminen sinänsä edellyttäisi, sillä ne on mitoitettu mädintuotantotarpeiden mukaan (esim. Pursiainen 1996). Kotimaisten kalojen lisäksi viljelyssä on useita meille tuotuja lajeja ja kantoja joista Nevan lohi on alkuperäisellä esiintymisalueellaan ilmeisesti uhanalainen.

Toiminnan kattavuutta osoittaa, että Uhanalaisten kasvien ja eläinten seurantatoimikunnan (1991) ja Kalaston suojelutyöryhmän (1996) erittäin uhanalaisiksi luokittelemat kalalajit ja muodot (järvilohi, meri- ja järvitaimen, planktonsiika ja toutain) sekä Itämeren lohi (seurantatoimikunta) ja Saimaan nieriä (Kalaston suojelutyöryhmä) ovat kaikki talletettu viljelylaitoksiin sekä lisäksi lukuisia näiden kantoja. Tällä hetkellä ei tiedetä olevan tarvetta ottaa uusia talouskalalajeja ja -kantoja viljelyyn. Talouskaloihin kuulumattomia ei ole viljelyssä, mutta mikäli tähän ilmenee tarvetta on RKTL:lla valmiudet toiminnan laajentamiseen.

Kalastot pyritään uusimaan luonnonkaloista lypsetystä mädistä. Tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan käytetään myös luonnosta pyydettyjä ja laitoksiin siirrettyjä poikasia uusien kalastojen kasvattamiseen. Näin toimien pyritään kantojen monimuotoisuuden säilyttämiseen ja laitosvalinnan välttämiseen. Toiminnan ohjaamiseksi on kalastojen taustoja kartoitettu (esim. Kallio 1989) ja niiden monimuotoisuutta tutkittu mm. entsyymielektroforeettisin menetelmin (Koljonen 1991). Laitoksissa ylläpidettyjen lajien ja kantojen tilan jatkuva seuranta ja vertailu

luonnonkantoihin geneettisin menetelmin on käynnistetty yhteistyössä kalatutkimuksen kanssa. Tavoitteena on aikaansaada kalastot, joiden monimuotoisuus olisi kaikilla lajeilla ja kannoilla mahdollisimman lähellä luonnonkannoissa vielä tavattavaa monimuotoisuutta (esim. Piironen 1996).

Varsin usein näkee väitettävän, että laitoksissa ylläpidetyt kalat "degeneroivat" tai "laitostuvat" hyvin nopeasti. Tällä tarkoitetaan sitä, että ne valikoituvat laitoselämään ja menettävät monimuotoisuuttaan, lähinnä ominaisuuksia, jotka ovat välttämättömiä luonnonoloissa selviämiseen. Tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että esim. Iijoen lohi, jota on jouduttu joen patoamisen jälkeen pitämään Taivalkosken kalanviljelylaitoksessa jo 1960-luvun lopulta eli RKTL:n viljelykannoista pisimpään pelkässä laitosviljelyssä (Pasanen 1993, 1996) on kannan sisäiseltä perinnölliseltä monimuotoisuudeltaan eli heterotsygotia-asteeltaan samalla tasolla lohien muiden luonnonkantojen vastaavien arvojen kanssa (Koljonen 1995).

Lohikantojen monimuotoisuuden säilyttämistä ajatellen on merkillepantavaa, että RKTL:n laitoksissa viljeltyjen lohikantojen heterotsygotia-asteet ovat korkeammat kuin luonnonmädinhankinnalla ylläpidettyjen ruotsalaisten rakennettujen jokien lohien vastaavat arvot (Koljonen 1995). Pasanen (1993, 1996) mukaan tämä johtunee luonnonlohiin vaikuttavasta voimakkaasta kalastusvalinnasta, jolta viljelyssä olevat kannat ovat säästyneet. Koljonen (1993a) on toisaalta esittänyt, että vaikka todisteita kalastuksen aiheuttamasta valinnasta voidaan esittää, ei kuitenkaan tiedetä onko geneettistä muutosta tapahtunut tai kuinka suuri se todellisuudessa on.

Nykytietämyksellä ei kyetä arvioimaan kuinka pitkään pelkän laitoskannan varassa voitaisiin toimia. Kalanviljelylaitoksissa tapahtuu tahatonta valintaa (Koljonen 1993a), mutta sitä on tutkittu vähän. Iijoen lohien monimuotoisuus ja merkityillä istutuspoikasilla saadut hyvät tulokset osoittavat kuitenkin, että kannan monimuotoisuus ei näytä haitallisesti kaventuneen lähes 30-vuotisen yksinomaisen laitosviljelyn aikana (Pasanen 1993, 1996). Toisaalta pelkästään luonnonmätään perustuvassa viljelyssä näyttää olevan luonnottoman kalastusvalinnan lisäksi muitakin riskitekijöitä ja vaikeuksia (lähemmin Westman 1993).

Tahattoman laitosvalinnan vaikutusta voidaan vähentää mm. pienentämällä kuolleisuutta laitoksessa ja ylläpitämällä luonnonvalintaa osassa kantaa (Koljonen 1993a). Luonnonvalinnan osuuden lisäämiseksi mm. Perämeren velvoiteistuksissa eniten käytetyssä taloudellisestikin arvokkaassa Iijoen lohikannassa sen kotiuttaminen läheiseen rakentamattomaan Kuuminkijokeen aloitettiin tutkimusvaiheen jälkeen vuonna 1995. Tavoitteena on saada myös poikasvaihe luonnonvalinnan alaiseksi ja siten turvata kannan säilyminen elinvoimaisena, mutta myös tehdä mahdolliseksi mädinsaaanti jokeen palaavista lohista. Käyttämällä sekä laitos- että luonnonmätää sekä luonnosta pyydettyjä poikasvia uusien kalasukupolvien kasvattamiseen ja hyödyntämällä aikaa myöten myös laajasta koirasjoukosta otettua pakastettua maitia voidaan parhaiten varmistaa kantojen mahdollisimman suuri monimuotoisuus.

Valtion kalanviljelylaitosten kalastot muodostavat koko Euroopassakin ainutlaatuisen kalojen elävän geenipankin. Suomi on eittämättä edelläkävijämaa kalojen säilyttämisessä viljelyn avulla. Emokalanviljelyn ja kalojen säilyttämisen periaatteita, tavoitteita ja menetelmiä on lähemmin tarkasteltu lukuisissa selvityksissä (esim. Kallio 1986, Koljonen 1986, 1993b, Eskelinen 1991, Westman 1993, Pasanen & Juntunen

1994, Piironen 1995, 1996, Vaajala 1995). Aihe oli lisäksi ollut esillä yhdeksällä Valtion kalanviljelyn neuvottelupäivillä ja mm. pääteemana v. 1993 (lähemmin Westman 1996). Lisäksi on julkaistu selvityksiä yksittäisten lajien tai kantojen säilyttämisestä viljelyn avulla (esim. Piironen 1990, Pasanen 1993, 1996).

Kalojen perintöainesta voidaan myös säilyttää siittiösolujen muodossa maitipankeissa pakastuksen avulla (Piironen 1991). RKTL on tallettanut Tenon lohen, Saimaan järvilohen ja nieriän, järvitaimenen (3 kantaa), planktonsiian (2 kantaa) ja vaellussiian (7 kantaa) maitia nestetyypeen. Pakastustekniikkaa kehitetään eri kalalajeille soveltuvaksi ja tavoitteena on saada lähivuosina kaikki uhanalaiset lajit ja kannat talletettua maitipankkeihin. Yhteistyötä mm. norjalaisten kanssa ollaan aloittamassa Tenon lohen maitipankin laajentamiseksi.

5. Lajien ja kantojen elvyttäminen

Taantuneiden, kalataloudellisesti arvokkaiden luonnonkantojen elvyttämiseksi ja palauttamiseksi luonnolliseen elinympäristöön RKTL on jo pitkään istuttanut eri ikäisiä viljeltyjä poikasia mm. tyhjentyneille kutualueille. Tämä tavoite sisältyy myös Rion sopimukseen (artikla 9 c, lähemmin RKTL:n biodiversiteettityöryhmä 1995) ja lohen osalta lisäksi Kansainvälisen Itämeren kalastuskomission v. 1995 tekemään päätökseen ja v. 1996 hyväksymään toimintaohjelmaan (Salmon Action Plan). Istutuksia tehdään myös uusiin vesiin kantojen säilymisen varmistamiseksi ja samalla uusien kalastusmahdollisuuksien aikaansaamiseksi. Rakennettujen jokien kantoja, jotka eivät enää pysty lisääntymään alkuperäisillä elinalueillaan istutetaan sekä patojen alapuolelle että myös vapaisiin jokiin, esim. jo mainittua Iijoen lohta Kiihinkijokeen ja Saimaan järvilohia Ivalonjokeen. Tutkimuslaitoksessa on äskettäin valmistunut maa- ja metsätalousministeriön laitokselle antaman tulostavoitteen mukainen lohen, meritaimenen ja vaellussiian istutus- ja kotiutus suunnitelma vuoteen 2000 asti (Pasanen ym. 1997).

Uhanalaisten kantojen elvytys- ja tuki-istutuksia tehdään sekä RKTL:n tuottamilla poikasilla että valtion varoin yksityisissä laitoksissa sopimusviljelyllä tuotetuilla poikasilla. Suurimmat istutukset tehdään Tornion- ja Simojokeen näiden taantuneiden lohikantojen ylläpitämiseksi. Istutusmäärät ovat varsin suuria, esim. Tornionjokeen istutetaan tänä keväänä n. 890 000 ja Simojokeen 360 000 joki- ja vaelluspoikasta. Istutuksia tehdään myös mm. jäljellä olevilla meritaimenkannoilla (mm. Tornionjoki-, Lestijoki-, Isojoki- ja Ingarskilajoki), lukuisilla järvi- ja purotaimenkannoilla, useilla siikakannoilla (mm. plankton-, vaellus- ja pohjasiika), Saimaan ja Inarin nieriöillä, lukuisilla harjuskannoilla ja toutaimella.

Viljeltyjen poikasten istuttaminen on monien kantojen osalta pysyvä tehtävä, sillä vesien rakentaminen ja muu käyttö ovat laajalti tuhonneet erityisesti vaelluskalojen luontaiset lisääntymis- ja elinmahdollisuudet. Voimalaitospadot estävät lisäksi vaelluskalojen pääsyn patojen yläpuolisissa vesissä vielä mahdollisesti jäljellä oleville kutualueille. Liiallinen kalastus uhkaa myös monia kantojamme ja haittaa lisäksi istutusten tuloksellisuutta. Ilman kalanviljelyä ja poikasten mittavia istutuksia olisikin moni alkuperäinen kalakantamme kuten esim. Saimaan järvilohi ja nieriä, Iijoen ja Simojoen lohi sekä Tornionjoen ja Lestijoen meritaimen jo lopullisesti hävinnyt ja moni kanta olisi häviämisen partaalla.

RKTL myös myy näiden alkuperäisten kalalajien ja -kantojen mätiä yksityisille viljelijöille jatkokasvatusta varten. Tuottamalla mäti valtion kalanviljelyn toimesta taustaltaan tunnetuista kannoista perinnöllisyystieteelliset näkökohdat huomioonottaen vähennetään tuntemattomien ja "vieraiden" lajien ja kantojen leviämiskasveja. Tämäkin tavoite sisältyy mm. Rion sopimukseen.

6. Kirjallisuus

Dahlström, H., Eloranta, A., Lehtonen, H., Soveri, U.-R., Toivonen, H., Torvinen, R., Uusimäki, M., Westman, K., Vuolanto, S. & Saura, A. 1996. Kalaston suojelutyöryhmän muistio. - Maa- ja metsätalousministeriö, työryhmämuistio MMM 1996: 19. 65 s.

Eskelinen, U. 1991. Kalanviljelyn käyttö uhanalaisten kalakantojen säilyttämisessä. - Eskelinen, U., Pursiainen, M. & Rahkonen, R. (toim.), Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot. Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 31: 41-46.

Frier, J.-O. (ed), Piironen, J. & Arnason, E. 1993. Truede fiskarter i Norden. - Nordisk Ministerråds Arbejdsgruppe for Genbankssamarbejde for Fisk. (Mimeo). 24 p.

Gjedrem, T., Pärnänen, A., Larsen, J., Westman, K., Gunnerød, T., Vik, R., Johansson, C., Kuylenstierna, L., Nyman, L. & Rönningen, K. 1978. Rapport från arbetsgruppen för frågor rörande fisk. Nordisk symposium om genbanker och andra former för bevarande av genetiska naturresurser, Nordiska Ministerråd och Finlands Akademi. - Nu, B 1978. 30: 104-108.

Järvinen, O. & Vepsäläinen, K. 1975. Mikä on "uhanalainen", mikä "harvinainen" laji. - Suomen Luonto 34: 295-298.

Järvinen, O. & Miettinen, K. 1987. Sammuuko suuri suku. - Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki. 256 s.

Kalanviljelyn 2020 toimikunta 1991. Kalanviljelyn tavoiteohjelma, kalanviljelyn 2020-toimikunnan mietintö. - Komiteamietintö 1991 (20). 68 s.

Kalatalouden tavoitekomitea 1979. Kalatalouden tavoitekomitean mietintö. - Komiteamietintö 1979 (41). 125 s.

Kalataloushallinnon kehittämistyöryhmä 1992. Kalataloushallinnon kehittämistyöryhmän muistio. -Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio MMM 1992:5. 51 s. + 4 liites.

Kallio, I. 1986. Emokalakantojen kehittäminen. -Vihervuori, A. (toim.), Valtion kalanviljelyn VII neuvottelupäivät. RKTL. Monistettuja julkaisuja 51: 8-13.

Kallio, I. 1989. Lohikalalajien emokalastojen taustasta valtion kalanviljelylaitoksilla. - Vihervuori, A. (toim.), Valtion kalanviljelyn VIII neuvottelupäivät. RKTL. Monistettuja julkaisuja 98: 28-42.

Kallio-Nyberg, I. 1991. Kalakantarekisterin nykytila, rakenne ja tavoitteet. -Eskelinen, U., Pursiainen, M. & Rahkonen, R. (toim.), Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot. Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 31: 25-29.

Kallio-Nyberg, I. & Koljonen, M.-L. 1990. Kalakantarekisteri: siika, muikku, harjus. - RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 4: 55 s. + 29 liites.

Kallio-Nyberg, I. & Koljonen, M.-L. 1991. Kalakantarekisteri: lohi, taimen, nieriä. - RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 26: 90 s. + 5 liites.

Koljonen, M.-L. 1986. Uhanalaisten lajien suojele valtion kalanviljelyssä. -Vihervuori, A. (toim.), Valtion kalanviljelyn VII neuvottelupäivät. RKTL. Monistettuja julkaisuja 51: 14-17.

Koljonen, M.-L. 1989. Perinnöllisen erilaistumisen merkitys kalakantojen hoidon kannalta. -Vihervuori, A. (toim.), Valtion kalanviljelyn VIII neuvottelupäivät. RKTL. Monistettuja julkaisuja 98: 43-45.

Koljonen, M.-L. 1991. Miten entsyymielektroforeettiset tutkimukset voivat palvella kalakantojen suojele ja mitä tuloksia on saatu? -Eskelinen, U., Pursiainen, M. & Rahkonen, R. (toim.), Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot. Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 31: 18-24.

Koljonen, M.-L. 1993a. Perimän muuttuminen on otettava huomioon kalakantojen hoidossa. -Suomen Kalastuslehti 100 (2): 10-13.

Koljonen, M.-L. 1993b. Emokalanviljelyn geneettiset periaatteet. -Ruohonen, K. & Ruuhijärvi, J. Mädituotanto ja emokalajien viljely. Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 60: 30-33.

Koljonen, M.-L. 1995. Suomen lohikantojen säilyttäminen. - Heinimaa, P. & Juntunen, K. (toim.), Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 96: 22-29.

Kuitunen, M. & Lammi, A. 1993. Uhanalaisten lajien tarkastelusta uhanalaisten populaatioiden tarkasteluun. - Luonnon tutkija 97: 4-10.

Leikola, N, 1994. Talouskaloihin kuulumattomien kalalajien kartoitus. Väkiraportti 1991-1994. - Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 603. 74 s.

Maa- ja metsätalousministeriö 1996. Uusiutuvat luonnonvarat ja biologinen monimuotoisuus. MMM:n biodiversiteettityöryhmän ehdotus biologisen monimuotoisuuden kestävästä käytöstä. - MMM työryhmämuistio 1996:1. 79 s.+ 46 liites.

Maa- ja metsätalousministeriö 1997. Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategia. Uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käytön toimintalinjat. - MMM:n julkaisuja 2/1997. 44. s. Helsinki.

Munne, P., Aarnio, M., Joutsamo, E., Jutila, E., Kumm, P., Lönn, B.-E. & Seppänen, P. 1985. Vaelluskalakantojen elvyttämistyöryhmän mietintö. -Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio MMM 1985:7. 129 s + 113 liites. Helsinki.

Munne, P., Kallio-Nyberg, I., Pirttijärvi, J., Rassi, P., Sandvik, G., Tuunainen, O., Vaara, K. & Pruuki, V. 1989. Luonnonvaraisten vaelluskalakantojen säilyttäminen ja elvyttäminen. - Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio MMM 1989:7. 50 s. + 32 liites. Helsinki.

Ohtaajatoimikunta 1971. Ohtaajatoimikunnan mietintö. - Komiteamietintö 1971. B 128. 114 s.

Paasivirta, O., Carlberg, G., Sorsa, M., Tigerstedt, P., Koivisto, I., Maijala, K., Mikkola, K., Westman, K., Toivonen, H. & Vanamo, P. 1973. Ehdotus geneettisten luonnonvarojen suojelemiseksi. Tieteen keskustoimikunnan asettaman geenipankkijaoston mietintö. - 38 s. Suomen Akatemia. Helsinki.

Pasanen, P. 1993. Perämeren rakennettujen jokien vaelluskalakantojen mädinhankinta. - Suomen Kalastuslehti 100 (2): 14-17.

Pasanen, P. 1996. Iijoen lohen pelastus- ja säilytysoperaatio. - Makkonen, J. & Pursiainen, M. (toim.), Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi. Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia- Fiskundersökningar 110: 37-39.

Pasanen, P., Jokikokko, E., Jutila, E. & Kumm, P. 1997. Lohen, meritaimenen ja vaellussiiian istutussuunnitelma vuosille 1997-2000. - RKTL. Kala- ja riistaraportteja nro 82 (painossa).

Pasanen, P. & Juntunen, K. 1994. Lohikalajien emokalanviljelyn suunnittelu ja viljelytekniikka. -Ruohonen, K. & Ruuhijärvi, J.(toim.), Mädituotanto ja emokalajien viljely. Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 60: 11-15.

Piironen, J. 1990. Saimaan järvilohen ja nieriän viljely ja hoito. - Suomen Kalatalous 56: 66-73.

Piironen, J. 1991. Pakastetun maidin käyttö uhanalaisten kalalajien viljelyssä - Eskelinen, U., Pursiainen, M., & Rahkonen, R. (toim.), Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot. Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 31: 51-54.

Piironen, J. 1995. Kalakantojen säilyttäminen ja emokalastojen geneettinen hoito. - Heinimaa, P. & Juntunen, K. (toim.), Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 96: 6-16.

Piironen, J. 1996. Uhanalaisten emoviljelyn strategiat. -Makkonen, J. & Pursiainen, M. (toim.), Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi. Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia- Fiskundersökningar 110: 45-51.

Pursiainen, M. 1996. Emokalanviljelyn mitoittaminen ja tarve.- Makkonen, J. & Pursiainen, M. (toim.), Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi. Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia- Fiskundersökningar 110: 40-44.

RKTL:n biodiversiteettityöryhmä 1995. Biodiversiteetti ja kalantutkimus. Luonnonvarojen käyttöä koskevien uusien kansainvälisten sopimusten velvoitteet kalantutkimukselle. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalaraportteja 18. 24 s. + 5 liites.

Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunta 1985. Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö, II Suomen uhanalaiset eläimet. - Komiteamietintö 1985 (43). 466 s.

Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunta 1991. Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunnan mietintö. - Komiteamietintö 1991 (30). 328 s.

Vaajala, M. 1995. Emokalaston perustaminen. -Heinimaa, P. & Juntunen, K. (toim.), Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 96: 17-21.

Valtion kalanviljelyn tavoitetyöryhmä 1988. Valtion kalanviljelyn tavoitetyöryhmän muistio. - Maa-ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio MMM 1988:14. 77 s.

Westman, K. 1974. Uhanalaiset kalalajimme ja kalakantamme sekä niiden suojeleminen ja säilyttäminen. - RKTL kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 3: 1-24.

Westman, K. 1991. Kalakantarekisteri ja uhanalaisten arvokalakantojen säilyttäminen. -RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 26: 1-13.

Westman, K. 1993. Emokalanviljelyn merkitys, kehittyminen ja tavoitteet valtion kalanviljelyssä. -Ruohonen, K. & Ruuhijärvi, J. (toim.), Mädituotanto ja emokalojen viljely. Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 60:1-10.

Westman, K. 1995. Kalakantojen monimuotoisuus ja valtion kalanviljely. -Heinimaa, P. & Juntunen, K. (toim.), Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 96: 1-5.

Westman, K. 1996. Kaksikymmentä kertaa valtion kalanviljelyn neuvottelupäiviä. -Makkonen, J. & Pursiainen, M. (toim.), Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi. Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 110: 3-17.

Westman, K. & Kallio, I. 1987. Endangered fish species and stocks in Finland and their preservation. - In: Tiews, K. (ed.), Proc. World Symp. on Selection, Hybridization, and Genetic Engineering in Aquaculture, Bordeaux 27-30 May, 1986. Vol. I: 269-281. Heeneman Verlagsgesellschaft mbH, Berlin 1987.

Laji	Kanta	Kpl	Kg	Laji	Kanta	Kpl	Kg
Lohi	Simojoki *)	2 122	3 256	Vaellussiika	Kokemäenjoki *)	594	798
	Tornionjoki *)	7 819	10 962		Kymijoki	573	553
	Iijoki *)	2 306	3 034		Tornionjoki, kesänousu	2 350	796
	Teno *)	4 000	56		Tornionjoki, syysnousu	392	507
	4 eri kantaa	16 247	17 307		Iijoki, merialue *)	3 766	3 487
Järviolohi	Vuoksen vesistö *)	11 685	7 594		Kalajoki	1 010	423
Meritaimen	Tornionjoki *)	2 122	3 822		Kemijoki *)	3 115	2 082
	Iijoki	3 034	3 215		Kemijoki, sisävesi (1+)	1 728	63
	Lestijoki	763	1 050		Kuusinkijoki *)	444	759
	Isojoki	1 406	1 458		Oulujoki	126	150
	Ingarskila, (1-k ja vanh.)	11 991	511		Livojärvi (1+)	1 914	51
	5 eri kantaa	19 316	10 055	11 eri kantaa	16 012	9 669	
Järvitaimen	Kitkajärvi, (Jyrävän yläp.)	7 476	5 663	Harjus	Kitkajärvi *) (0+ ja vanh.)	36 869	466
	Rautalammin reitti	2 017	2 301		Iijoki	3 931	1 759
	Kongasjoki	427	156		Kemijoki	2 284	974
	Oulujoen vesistö	38	106		Kajaanijoki	779	396
	Montta	1 870	640		Juutuanjoki *)	1 250	185
	Ivalojoki *)	2 289	1 560		Kitkajoki, Jyrävän yläp.	747	665
	Juutuanjoki *)	1 564	2 454		Rautalammin reitti *)	1 418	723
	Kiellajoki	980	1 248		Lieksanjoki *) (0+ ja vanh.)	6 188	152
	Siuttajoki	1 014	1 060		Pielisjoki	19	13
	Kitkajoki, Jyrävän alap.	1 070	375		Puruvesi *)	788	676
	Kitkajärvi-Lohijoki	142	166	10 eri kantaa	54 273	6 009	
	Kuusinkijoki *)	175	494	Kuha	Kainuu	1 298	355
	Vuoksen vesistö	8 280	11 602		Sonkajanranta ym.	501	195
13 eri kantaa	27 342	27 824	Vanajavesi		1 059	134	
Purotaimen	Ohtaaja	429	512	3 eri kantaa	2 858	684	
	Kemijoki	451	771	Toutain	Kokemäenjoki (0+ ja vanh.)	6 047	54
	Ounasjoki	4 033	1 600		Yhteensä n. 62 eri kantaa		
	Vaarainjoki	168	365	* myös luonnonmädinhankintaa 1990 -luvulla			
	Luutajoki	156	87	VAIN LUONNONMÄDINHANKINTAA 1990-LUVULLA			
	5 eri kantaa	5 237	3 336	Järvitaimen	Oulankajoki		
Nieriä	Inarinjärvi *)	2 392	1 784	Vaellussiika	Simojoki		
	Kuolimo *)	8 102	8 608	Vaellussiika	Kiiminkijoki		
	Tornionjoen vesistö	140	132	Vaellussiika	Iijoki, sisävesialue		
	3 eri kantaa	10 634	10 523	Harjus	Tornionjoki		
Muikku	Koillismaa *)	1 500	66	Toutain	Kokemäenjoki		
				Kuha	Averia ja Enäjärvi		
Pohjasiika	Ivalojoki *)	3 111	4 006				
	Kallunkijärvi *)	631	221				
	2 eri kantaa	3 742	4 227				
Planktonsiika	Sotkamon reitti	364	625				
	Rautalammin reitti	2 697	3 480				
	Vuoksen vesistö	5 993	7 353				
	3 eri kantaa	9 054	11 459				

EMOKALOJEN YKSILÖSEURANTA

JORMA PIIRONEN

RKTL, Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely, Laasalantie 9, 58175 ENONKOSKI

Mihin emojen yksilöllistä seurantaa tarvitaan?

Jos emoviljelyn tarkoituksena on hoitaa ja ylläpitää kalakannan monimuotoisuutta, tarvitaan 'normaalia' tuotantoa enemmän tietoa mm. viljeltävän yksilöiden välisistä sukulaisuussuhteista, lisääntyvistä yksilöistä sekä muista parven menestymiseen vaikuttavista tekijöistä. Hedelmöityksissä käytettävien emokalojen sukulaisuussuhteet vaikuttavat suoraan jälkeläistön perinnöllisiin ominaisuuksiin. Sisäsiitosaste kasvaa ja samalla perinnöllinen monimuotoisuus pienenee sitä enemmän, mitä läheisempiä sukulaisia hedelmöityksissä käytettävät emokalot ovat (kts. esim. Tave 1993, Piironen 1995). Täyssisarten jälkeläisten sisäsiitosaste on 25 % ja puolisisarten 12,5 %, kun se ei-sukulaisten kohdalla on lähellä nollaa. Mikäli emojen sukulaisuus tunnettaisiin, voitaisiin tämä monimuotoisuutta alentava ja haitallisia perinnöllisiä ilmiöitä lisäävä vaikutus välttää laitosemojen hedelmöityksissä.

Emojen yksilöllinen tunnistaminen ja kunkin taustan tunteminen on edellytys myös sukulaisuuden tietämiseen perustuvien paritusjärjestelmien (pedigreed mating) käyttöön. Satunnaiseen hedelmöityskäytäntöön verrattuna voidaan näillä menetelmillä maksimoida efektiivistä populaationkokoja, millä on erityistä merkitystä uhanalaisten kalakantojen monimuotoisuuden hoidossa (kts. esim. Piironen 1995). Edelleen emojen yksilöseuranta antaa mahdollisuuden selvittää viljelymenetelmien vaikutuksia yksilön lisääntymiseen, kasvuun, menestymiseen jne. koko elinkaaren aikana. Emokalojen lisääntymisen ja siihen johtavien ilmiöiden selvittäminen on puolestaan tärkeää viljelyn monimuotoisuusvaikutusten kannalta. Ilman merkintää meillä ei ole mitään tietoa mm. siitä, minkä perheen yksilöt ovat selvinneet lisääntymisvaiheeseen ja kuinka suuri perinnöllinen osuus parven perustamisvaiheessa olleista yksilöistä on edustettuna hedelmöityksissä ja mikä on niiden perinnöllinen panos tuotetussa jälkeläistössä. Toisinsanoen emme tiedä miten hyvin tai huonosti emoviljelyn avulla on kyetty säilyttämään kyseisen kalakannan monimuotoisuutta.

Yksilöseurannalla voidaan hankkia käyttökelpoista tietoa myös emoviljelyn optimoimiseksi niin biologisesti kuin taloudellisestikin. Yksilöllinen emokalojen seuranta on välttämätöntä myös kalakantoja jalostettaessa, mutta jätän sen tässä yhteydessä käsittelemättä. Tarkastelen aluksi lyhyesti sukulaisuuden tuntemiseen perustuvan paritusjärjestelmän merkitystä populaation efektiiviseen koon lisäämisessä, jonka jälkeen esitän alustavia tuloksia Saimaan kalantutkimuksessa ja vesiviljelyssä käynnistetystä Kuolimon emonieriöiden yksilöseurannasta.

'Sukupuuparitus' eli pedigreed mating

Sukulaisuuden tunteminen (kantakirja) on yksinkertainen, mutta erinomainen tapa lisätä perinnöllisesti tehokasta populaationkoko (N_e). Sukupuuparitus poikkeaa yleisesti emoviljelyssä käytetystä satunnaisesta parittamisesta siten, että kunkin emonaaraan jälkeläistöstä otetaan yhtä monta tyttäritä ja kunkin koiraan jälkeläistöstä yhtä monta poikaa seuraavan sukupolven laitoskalaston perustamiseen. Tarkka lukumäärä ei ole tärkeää, vaan se, että kutevia kunkin emokalan tyttäriä ja poikia otetaan täsmälleen sama määrä. Tytärten ja poikien valinta perheistä tehdään satunnaisesti. Tällä järjestelmällä voidaan parhaimmillaan kaksinkertaistaa N_e kasvattamatta emoparven kokoa (Tave 1993). Menetelmä on erityisen tarpeellinen uhanalaisille viljeltäville kannoille, joiden uusiminen luonnonkaloista ei ole mahdollista ja joiden viljelyssä joudutaan turvautumaan useampia laitossukupolvia kestäväan viljelykiertoon.

Sukupuuparituksessa efektiivinen populaationkoko, N_e lasketaan seuraavasti:

$$N_e = 16 * (N_n)(N_k) / 3 * (N_n) + (N_k) \text{ tai } (N_n) + 3 * (N_k), \text{ missä}$$

N_n = käytettyjen naaraiden lukumäärä ja N_k = käytettyjen koiraiden lukumäärä. Kaavassa käytetään jakajana 3 * (N_n) + (N_k), jos naaraita on enemmän kuin koiraita ja (N_n) + 3 * (N_k), mikäli koiraita on enemmän. Efektiivinen koko kasvaa, koska sukupuuparituksessa geneettistä varianssia kasvatetaan varmistamalla, että kukin emokala (kunkin geenistö) on edustettuna myös seuraavassa sukupolvessa. Menetelmän käyttö ei välttämättä vaadi yksilömerkintää. Sen soveltaminen on mahdollista, mikäli kunkin emoparin jälkeläistö (perhe) on tunnistettavissa.

Kuolimon emonieröiden yksilömerkinnät Enonkoskella

Vuoden 1995 marraskuussa lypsyjen yhteydessä merkittiin yksilöllisillä, elektronisilla merkeillä (EURO-ID, Trovan) 200 emonierää, jotka olivat v. 1991 syntyneitä (4+) kahden Kuolimosta saadun luonnonemon ja laitoskoiraiden (-84 ja -85 ikäluokat) jälkeläisiä (NN91). Neljävuotiaiksi niistä oli selvinnyt noin 12 % (434 kpl) vastalypsettyjen mätimunien määrästä. Lasikapseliin ympätty, halkaisijaltaan n. 2 mm ja pituudeltaan noin 11 mm mittainen merkki laitettiin nukutetuille (trikaiini, 100 mg/l) kaloille injektioneulan avulla ihon alle selkäevän etureunan kohdalle. Merkki voidaan tunnistaa kalan ihon läpi noin 10 cm etäisyydeltä erityisellä lukijalaitteella, joka näyttää 10-merkkisen koodin numeroina ja kirjaimina. Kalat mitattiin ja punnittiin merkinnän yhteydessä. Lisäksi sukukypsät emot lypsettiin ja niiden tuottama mätimäärä punnittiin ilman ovarionestettä.

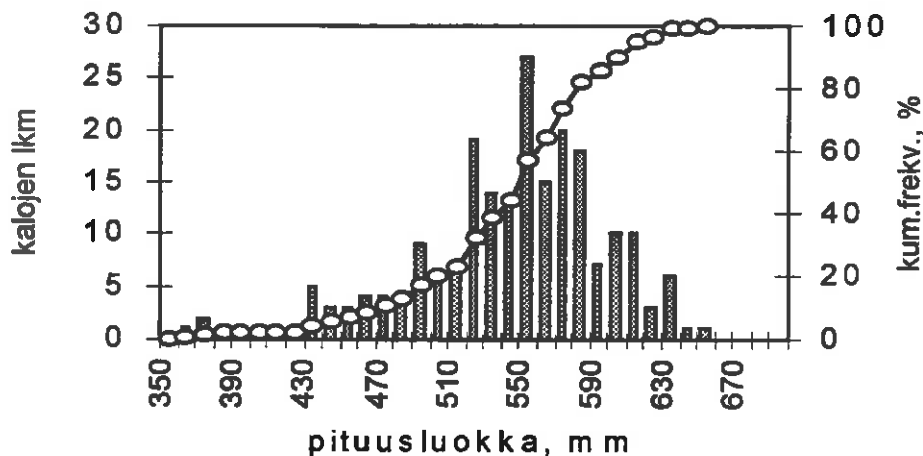
Kalat kasvatettiin hallissa 63 m² pyöröaltaassa kaupallisilla kuivarehuilla. Aika ajoin niitä ruokittiin myös kuoreella. Kesäkuussa 1996 samaan altaaseen yhdistettiin vuonna 1992 syntynyt emonieriäparvi (195 kalaa), joka oli merkitty yksilömerkeillä tammikuussa 1996. Marraskuussa 1996 kaikki kalat mitattiin ja käsiteltiin samoin kuin vuotta aiemmin. Käsitellen tässä yhteydessä ainoastaan v. 1991 ikäluokan tuloksia, koska nuoremmassa ikäluokassa oli ainoastaan 10 kutevaa naarasta ja tulokset olivat muutenkin samansuuntaisia.

Keskiarvotietoja ja yksilötietoja

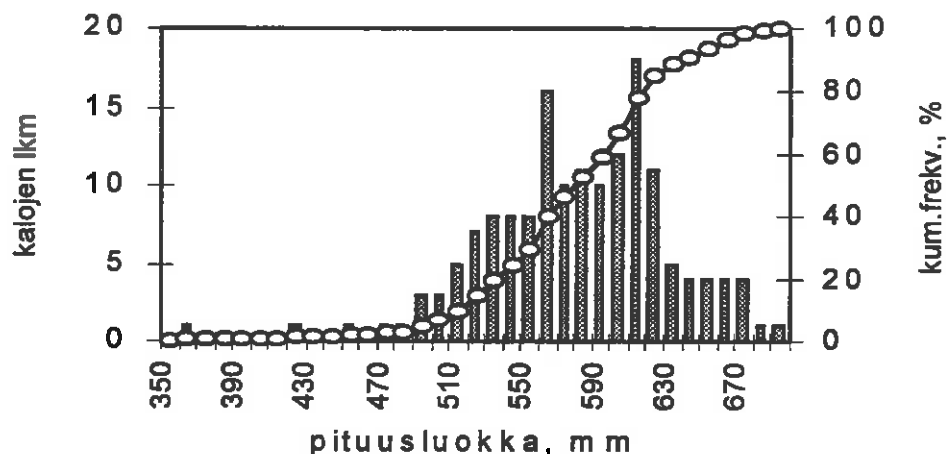
Koko ja kasvu

Vuonna 1995 marraskuussa NN91-emonieräparven 200 nieriän keskimitat olivat seuraavat: keskipituus \pm SD eli keskihajonta (keskimitat on ilmaistu jatkossa samoin) oli $53,8 \pm 5,3$ cm ja vaihteluväli 35,9-64,1 cm; keskipaino oli $1653 \text{ g} \pm 595 \text{ g}$ ja vaihteluväli 270-3194 g. Vuotta myöhemmin vastaavat arvot olivat: keskipituus $57,3 \pm 5,2$ cm, vaihteluväli 35,8-68,4 cm ja keskipaino $1703 \pm 555 \text{ g}$, vaihteluväli 270-3155 g. Kaloja kuoli vuoden aikana (lähinnä elo-syyskuussa 1996) yhteensä 42 (21 %), joten syksyllä 1996 emoja oli jäljellä 158 kpl. Keskipainojen perusteella laskettuna keskimääräinen pituuskasvu vuodessa oli 3,5 cm ja painonlisäys 50 g. Ilman yksilötietoa on mahdollista piirtää myös kokojakaumat (kuvat 1 ja 2), jotka kertovat keskiarvoja tarkemmin emonparven kokorakenteen.

NN91: pituusjakauma 1995

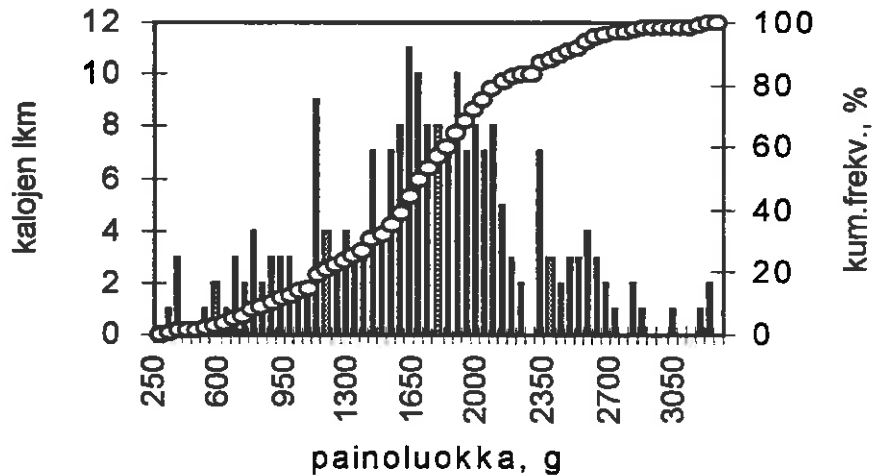


NN91: pituusjakauma 1996

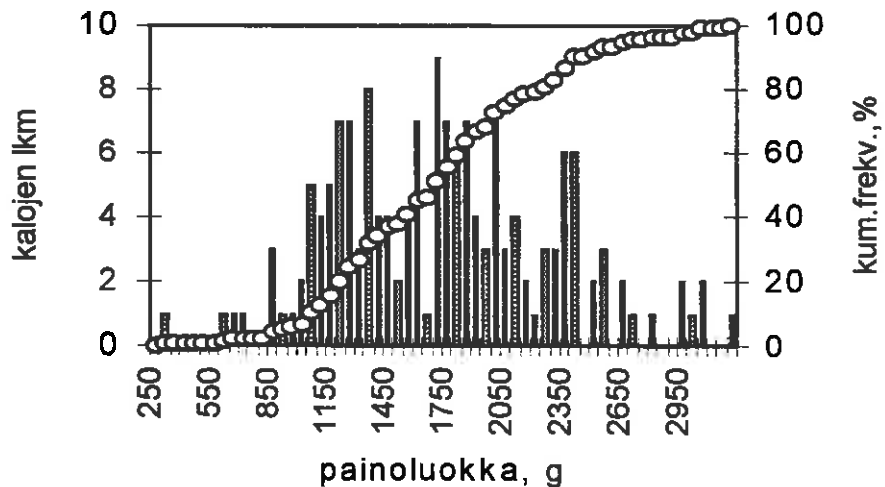


Kuva 1. Kuolimon emonieräparven, NN91, pituusjakaumat 1995 (n=200) ja 1996 (n=158).

NN91: painojakauma 1995



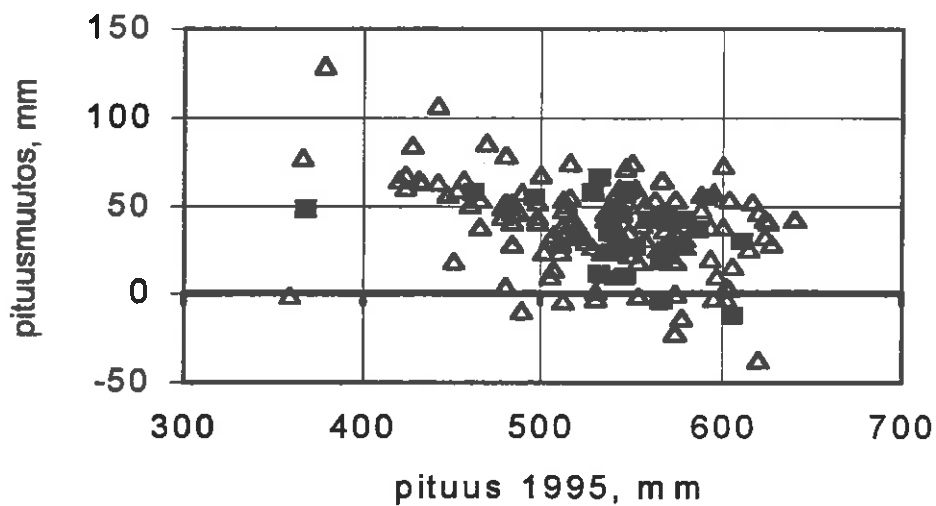
NN91: painojakauma 1996



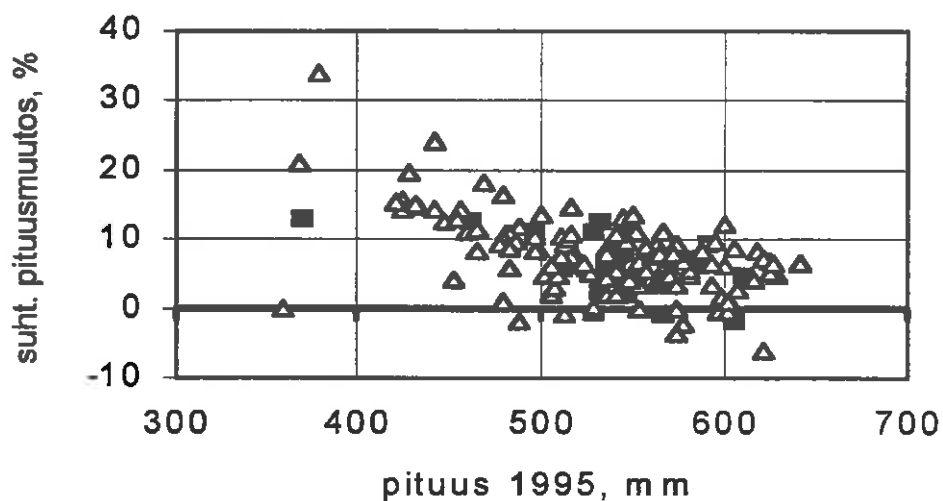
Kuva 2. Kuolimon emonieriäparven, NN91, painojakaumat 1995 (n=200) ja 1996 (n=158).

Kun kokoa ja kasvua tarkastellaan yksilöllisen tiedon pohjalta, saadaan tilanteesta toisenlainen käsitys (kuva 3). Vuonna 1996 hengissä olleiden emonieriöiden keskimääräinen kasvu oli todellisuudessa $3,8 \pm 2,4$ cm (vaihteluväli -3,8 - 12,9 cm) ja $76,7 \pm 337,8$ g (vaihteluväli -850 - 1130g). Vain osa kaloista kasvoi (kuvat 3 ja 4). Pituuttaan lisäsi 145 nieriää (91,8 % parvesta). Kolmentoista nieriän (8,2 % parvesta) pituus oli 1996 pienempi kuin 1995. Kyseessä on todennäköisimmin mittausvirhe, sillä muutos paria poikkeusta lukuunottamatta oli alle 1 cm (kuva 3). Sekä absoluuttiset että suhteelliset painonmuutokset olivat pituuden muutoksia selvästi suuremmat (kuvat 3 ja 4). Ainoastaan 96 nieriää (60,8 % parvesta) lisäsi painoaan 62 nieriän (39,2 %) laihtuessa.

NN91: pituusmuutos 1995-1996

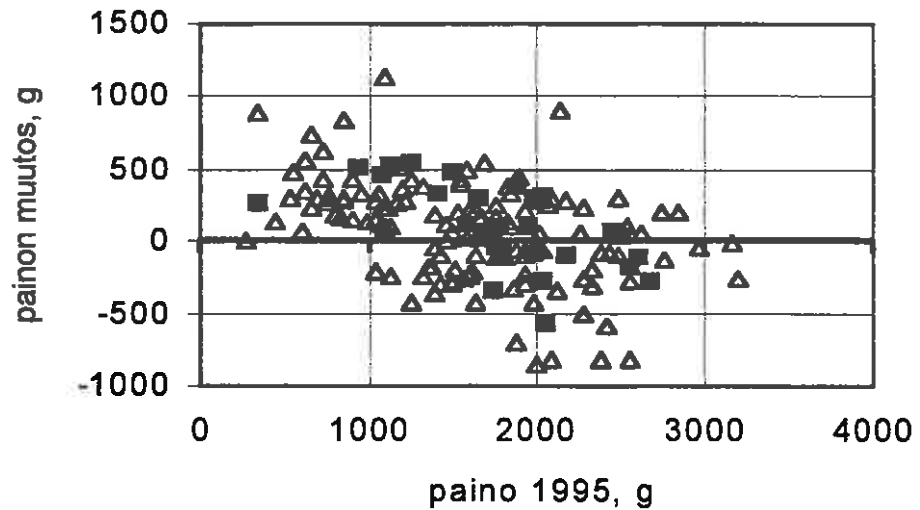


NN91: suhteellinen pituusmuutos 1995-1996

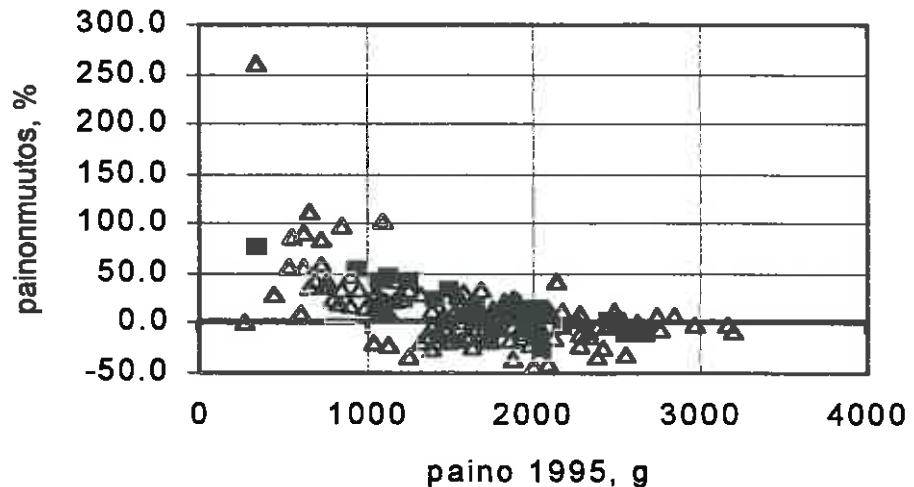


Kuva 3. Kuolimön emonieriäparven, NN91, yksilölliset pituuden muutokset 1995-1996 (n=158). Syksyllä 1996 kuteneet naaraat on merkitty mustilla neliöillä (n=28).

NN91: yksilöllinen painonmuutos 1995-96



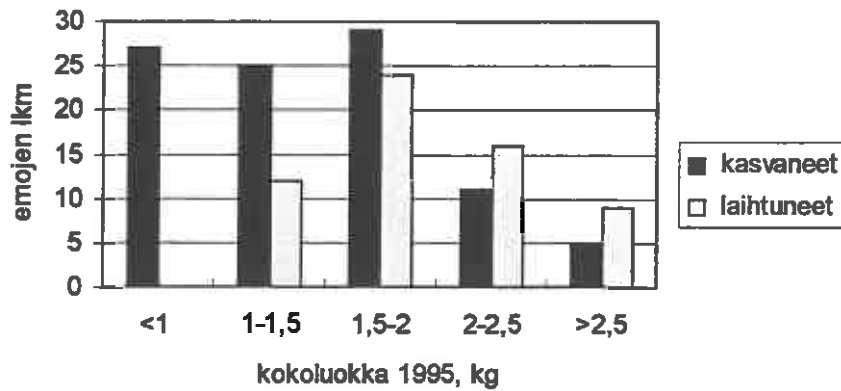
NN91: suhteellinen painonmuutos 1995-96



Kuva 4. Kuolimon emonieriäparven, NN91, yksilölliset painonmuutokset 1995-1996 (n=158). Syksyllä 1996 kutuneet naaraat on merkitty mustalla neliöllä (n=28).

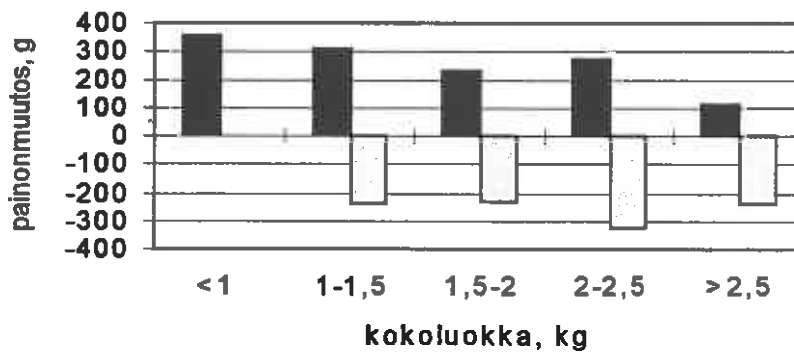
Vuoden 1995 painoluokkien mukainen tarkastelu paljasti kasvutapahtumista mielenkiintoisia ilmiöitä. Laihtuneita emoja ei ollut lainkaan alle 1 kg emoissa, mutta mitä suurempia emot olivat olleet 1995, sitä suurempi osuus niistä oli myös laihtunut vuoden aikana (kuva 5). Alle kilon painoiset nieriät kasvoivat (sekä pituus että paino) niin absoluuttisesti kuin suhteellisestikin selvästi suurempia kaloja enemmän (kuva 6), vaikka yksilöllinen hajonta oli myös tässä kokoluokassa erittäin suurta (kuvat 3 ja 4). Kilosta 2,5 kg:aan painaneissa kokoluokissa sekä keskimääräinen kasvu että laihtuminen olivat grammoissa mitaten lähes samansuuruiset (noin 200-300 g). Yli 2 kg nieriöillä laihtuminen oli saman ryhmän kasvua suurempaa (kuva 6).

NN91: kasvaneet ja laihtuneet emot 1995-96

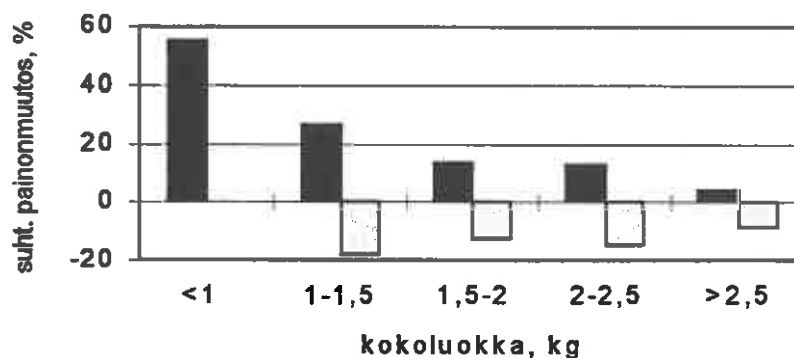


Kuva 5. Kasvaneiden ja laihtuneiden emonieriöiden, NN91, kokoluokittaiset lukumäärät 1995-1996.

NN91: painonmuutos kokoluokittain 1995-96



NN91: suhteellinen painonmuutos 1995-96



Kuva 6. Emonieriöiden, NN91, absoluuttinen ja suhteellinen painonmuutos kokoluokittainen 1995-1996. Kasvaneet kalat on merkitty mustilla pylväillä ja laihtuneet rasteroiduilla pylväillä.

Sukukypsyys, mädintuotanto ja kasvu

Vuonna 1995 kutevia naaraita oli 14 eli 7% parvesta (200 nieriää). Ne olivat hieman suurempia kuin parvi keskimäärin (keskipituus: $54,8 \pm 2,8$ cm, vaihteluväli 49,9-60,2 cm; keskipaino: 1698 ± 218 g, vaihteluväli 1369-2033g). Mätiä nämä emot tuottivat noin 9,9 % ($\pm 2,9$ %) ruumiinpainostaan (170 ± 62 g) eli noin 2300 kpl (noin 1350 kpl/kg).

Puolet näistä naaraista kuoli lähinnä seuraavan elo-syyskuun aikana. Jäljellejääneistä 7 kuteneesta emosta ainoastaan 2 tuotti mätiä myös syksyllä 1996. Kyseiset emot olivat myös ryhmänsä parhaiten kasvaneita (108 ja 374 g). Kaksi emoa oli lähes samanpainoisia kuin vuotta aiemmin, mutta neljä emoa oli laihtunut selvästi (70-228 g).

Uusia emoja oli v. 1996 26 eli koko parvesta (158 kalaa) kutevia naaraita oli 17,7 % (28 kpl). Mätiä nämä emot tuottivat painoonsa nähden saman verran kuin vuotta aiemmin lypsetyt emot eli $9,7 \pm 2,4$ % (184 ± 62 g) eli noin 2490 kpl. Emojen keskikoko oli $58,2 \pm 4,3$ cm ja 1891 ± 417 g (keskimäärin 3,4 cm ja 193 g suurempia kuin v. 1995 kuteneet emot). Painokiloa kohti laskettuna mätimunia oli noin 1393 kpl, mikä oli vain hieman enemmän kuin vuotta aiemmin kuteneilla emoilla.

Merkittävää oli, että kuteneista naaraista 10 eli 35,7 % laihtui keskimäärin 207 ± 165 g vuoden aikana. Suurin osa (18 kpl, 64,3 %) mätiä tuottaneista emoista kuitenkin kasvoi keskimäärin 276 ± 183 g (kuva 4). Sukukypsiä koiraita oli syksyllä 1996 30 (noin 19 % parvesta). Myös niistä kolmannes eli 10 kalaa laihtui keskimäärin 157 ± 166 g. Kaksi kolmannesta kuitenkin kasvoi keskimäärin 297 ± 232 g. Valtaosa emoparvesta, 100 kalaa eli 63,3 %, ei tuottanut sukutuotteita v. 1996. Niistäkin 42 % (42 kala) laihtui keskimäärin 285 ± 226 g. Loput 62 kalaa (62 %) kasvoivat keskimäärin 290 ± 211 g.

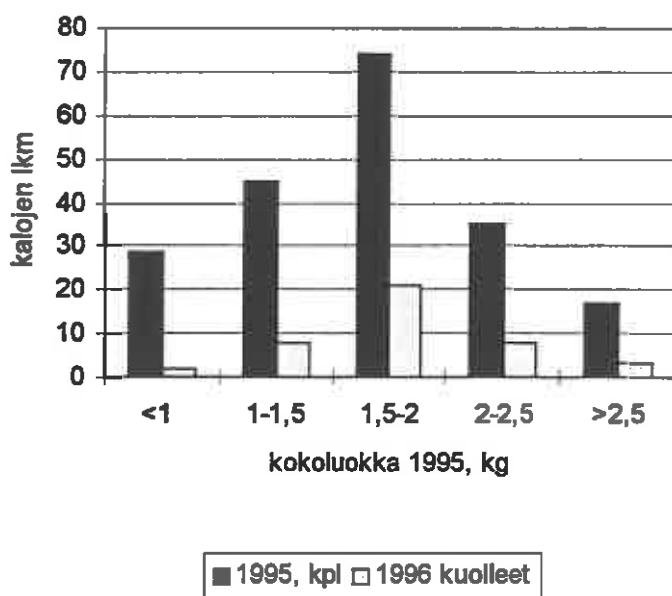
Vuonna 1996 kuolleet emonierit

Vuoden aikana kuoli 42 emoa eli 21 % parvesta. Kaloja kuoli eniten sekä lukumääräisesti että suhteellisesti runsaimmasta kokoluokasta. Kuolevuus pieneni sekä keskiryhmää suuremmissa että pienemmissä kokoluokissa eli kuolevuutta oli lähes samassa suhteessa mitä ko. kokoluokkiin kuuluneita kalojakin oli v. 1995 (kuva 7).

Johtopäätökset

- Yksilötieto on tarpeellista ainakin Kuolimon nieriäkannan emoviljelyn kehittämiseksi ja viljelyn monimuotoisuusvaikutusten arvioimiseksi.

NN91: kokoluokat 1995 ja 1996 kuolleet



Kuva 7. Emonieriöiden, NN91, kokoluokkajakauma (mustat pylväät) 1995 sekä vuonna 1996 kuolleiden nieriöiden kokoluokittaiset lukumäärät (rasteroidut pylväät).

- Tulokset olivat monessa suhteessa yllättäviä ja ne herättävät enemmän kysymyksiä kuin antavat vastauksia.
- Mittausvälin pituus (vuosi) on selvästi liian pitkä. Esimerkiksi mätiä tuottaneiden naaraiden pienempi paino v. 1996 voi selittyä siten, että kuteneet kalat ovat syöneet ja kasvaneet kutua edeltävän kevään ja alkukesän aikana, mutta lopettaneet syömisen muutamaa kuukautta ennen kutua.
- Kutevien emojen laihtumisen ajoittuminen sekä sen merkitys mädin laadulle vaatii jatkoselvityksiä.
- Suurikokoisten kalojen laihtumisen ymmärtäminen vaatii lisäselvityksiä.
- Seurattavat emokalat olisi merkittävä siten, että myös perhetausta (perinnölliset ominaisuudet) voitaisiin huomioida eli kunkin perheen jälkeläisiä olisi kasvatettava ensimmäinen kesä omista altaissaan. Se antaisi myös parhaat mahdollisuudet viljelyn monimuotoisuusvaikutusten tutkimiseen ja huomioimiseen kalakantoja ylläpidettäessä.
- Yksilölliseen seurantaan olisi hyödyllistä saada myös muita lajeja.

Kirjallisuus

Piironen, J. 1995. Kalakantojen säilyttäminen ja geneettinen hoito. Teoksessa: Heinimaa, P. ja Juntunen, K. (toim.) 1995. Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia 96, 6-16.

Tave, D. 1993. Genetics for fish hatchery managers. 2nd ed. AVI, Van Nostrand Reinhold, New York. 415

LOHIKALAN SUKUPUOLEN SÄÄTELYSTÄ VILJELYYN SOPIVAKSI

ANTTI SOIVIO

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Elinkeinokalatalouden tutkimus, PL 6, 00721 HELSINKI

Viljelyssä kalojen sukupuolen säätely on ollut jo vuosia tärkeä keino pyrittäessä tuotantotehon parantamiseen. Sitä on käsitelty kalanviljelyn neuvottelupäivillä (Eskelinen ja Soivio, 1992, Eskelinen, Soivio, Söderholm-Tana, 1992) ja käytännön kokemuksia on varmasti useimmilla yksityisillä kalanviljelijöillä. Onhan tiedossa, että saman perheen koiraat tulevat sukukypsiksi keskimäärin vuotta sisariaan aiemmin. Sukukypsän koiraan teurasarvo on vähäinen, jotavastoin mädin tuotto edustaa huomattavaa osaa teurasnaaraan arvosta. Niinpä jo joitakin vuosia sitten yli 90 % markkinoilla olleista esivuotisista kirjolohista myytiin naaraina. Suuntaus on säilynyt ja muitakin viljelyn kalalajeja on pyritty 'feminisoimaan' ja 'maskulinisoimaan'. Enemmän kuin säätelystä on tällöin kyse 'käsittelystä' tai 'muuttamisesta'. Ilmiasuisia, mätiä tuottavia, naaraskaloja (myös koiraat tuottavat mätiä) saadaan yksinkertaisesti syöttämällä starttaavalle kalaparvelle naarashormoneja sisältävää rehua. Ilmiasuisia koiraskaloja (myös naaraat tuottavat siittiöitä) voidaan saman periaatteen mukaan saada aikaan koirashormoneja sisältävällä ravinnolla. Steriilejä kaloja tuotetaan yleisimmin tehostetulla hormoniruokinnalla, lämpötila- tai paineshokilla, harvemmin säteilyttämällä röntgen-säteillä (ks. Bromage, 1988).

Viljelyllisesti mielekkäitä, parempaan kasvatulokseen ja tuotantoon johtavia ovat naarasparvet tai steriilit, sukutuotteita tuottamattomat, kalat. Edellisessä tapauksessa tuotteen arvo kasvaa mädin korkean myyntihinnan vuoksi, jälkimmäisessä tapauksessa on kala kasvatettavissa suureen markkinakokoon ilman sukukypsyyden haittoja. Naarasparven tuotanto on yksinkertaisinta naarashormonipitoista rehua syöttämällä, mutta lopputulosten markkinointi ravinnoksi on oloissamme lainvastaista. Siispä lyhyt tarkastelu kirjolohen sukupuolisuuden kehittymiseen ja siihen sisältyviin sovellusmahdollisuuksiin on paikallaan.

Lohikalan sukupuoli säättyy geneettisesti jo hedelmöityksen yhteydessä. Koska koiras on kromosomistoltaan tyyppiä XY ja naaras tyyppiä XX, on joka toisessa siittiössä X- ja joka toisessa Y- sukupuolikromosomi, sekä jokaisessa mätimunassa X- sukupuolikromosomi. Kaikissa kypsissä sukusoluissahan on yksinkertainen kromosomisto! ja kaloillakin siittiö määrää uuden yksilön geneettisen sukupuolen. Tästä seuraa, että puolet vastahedelmöitetystä mädistä on XY- l. koiraita ja puolet XX tyyppiä l. naaraita. Kalan sukupuolta kyetään ilmiasullisesti muuttamaan vastakkaisen sukupuolen sukuhormoneilla; geneettiseen taustaan täten ei kuitenkaan kyetä vaikuttamaan, vaan sukutuotteet säilyvät genomiltaan tyyppinä XX tai XY.

Kirjolohen sukurauhan aiheeseen ilmestyvät ensimmäiset sukupuolierilaistumat 11,5 -asteisessa vedessä naaraille 18 vrk ja koiraalla 28 vrk kuoriutumisen jälkeen (Van den

Hurk ja Sloff, 1981). Toisaalta on todettu, että kirjolohen sukurauhaset pysyvät erilaistumattomina 4 viikkoa kuoriutumisen jälkeen (Lebrun ym, 1982) 10 - 11 -asteisessa vedessä. 35 vrk:n kuluttua kuoriutumisesta sukurauhasen etupää turpoaa ja 45 vrk: kohdalla ovat ensimmäiset ovariolle tyypilliset lehtimäiset rakenteet todettavissa. Lehtimäisyys kehittyy ja 12 - 16 viikkoa kuoriutumisen jälkeen ovarion rakenne on täydellinen (Upadhyay, 1977). Sukusolujen kantasolujen määrä naaraassa on aluksi pieni (n. 50 kummassakin ovariossa), mutta alkaa lisääntyä voimakkaasti neljännen kuoriutumista seuraavan viikon jälkeen (10 - 11 °C) saavuttaen 10 viikon kohdalla 11000 kantasolun määrän (Lebrun ym., 1982). Koiraan sukurauhanen pysyy erilaistumattomana aina ensimmäiseen siittiöitä tuottavaan vaiheeseensa, 2 vuotta tai kauemmin (Upadhyay, 1977). Rakenteellisesti vielä erilaistumattomien sukurauhasten kyky sukihormonien esiasteiden muuntamiseen toisiksi alkaa jo hyvin varhaisessa vaiheessa, koirilla jo kymmenen viikon iässä. Naaraiden kyky sukihormonien aineenvaihduntaan kehittyy vasta n. 6 kuukauden iässä.

Huomaamme, että lämpötila on kaikkialla mukana kiihdyttämässä tai hidastamassa kehitystä. Käytännössä onkin helpointa siirtyä puhumaan lämpötilakertymästä 1. päiväasteista.

Käytännössä kirjolohen sukupuolinen erilaistuminen alkaa ennen kuin sitä kykenee silmä määräisesti havaitsemaan. Tästä syystä sukupuolen manipulointi on syytä aloittaa välittömästi starttiruokinassa, koska ensimmäisten sukurauhasten feminististen piirteiden ilmenemiseen ei 'swim up' -vaiheesta ole kuin n. 50 päiväastetta - ja jo tällöin rakenne on silminnähtävien erilaistunut.

Olettakaamme tavoitteeksi täysnaaras kirjolohiparven tuotanto. Ensimmäinen välivaihe on tuottaa maitia, jossa on naaraan kromosomisto (XX). Tämä aluksi yllättävä haaste toteutuu kuitenkin helposti. Syömäänoppimisvaiheessa oleville naaraskaloille syötetään startin alusta pitäen koirashormonilla (jokin testosteronin johdannainen, esim 17 α -metyylitestosteroni) maustettua rehua. Naaraiden vielä häilyvässä erilaistumisvaiheessa oleva sukurauhasen aihe 'tottelee' elimistöön päässyttä ylimääräistä hormoniannosta ja muotoutuu ilmiäsuiseksi siittiörauhaseksi, tuottaen kuitenkin pelkästään X-siittiöitä. Parvessa olevat koirat kehittyvät lähes normaalisti. Ainoa muutos saattaa olla ennenaikainen sukukypsyminen.

Erikoisrehu, jolla kalojen sukutuotteiden ilmiäsu muutetaan vastakkaiseen sukupuoleen on verraten helposti valmistettavissa. Viranomaisohjeita löytyy MMM:n päätöksestä Nro 16/EEO/96 "Androgeenisten lääkkeiden käyttö kalojen sukupuolen vaihtamisessa", joka on Eläinlääkintä- ja elintarvikeosastolla päivätty 18. 10.1996 Dnro:lla 1152/53-96.

Tämän erinomaisen ohjeiston perusteella saadaan kirjolohen sekaparvesta tuotettua poikastuotantoon soveliaita XX koiraita:

Koska kalojen alkiot kehittyvät yksilöllisellä nopeudella täytyy starttivaiheessa olla erityisen tarkkana, että kaikki poikaset alkavat saada hormonirehua välittömästi starttivaiheessa. Parven starttivaihehan saattaa kestää usita kymmeniä astepäiviä, jolloin nopeimmin kehittyville poikasille lääkerehu helposti annostellaan liian myöhään. Tästä on seurauksena, että osa naaraista ei 'käänny koiraksi'. - Aloita lääkerehu ruokinta mieluummin päivää ennen kehittyneimpien poikasten starttiajankohtaa, kuin liian myöhään. Ruokinnan tulee olla mieluummin jatkuvaa

yliruokintaa koko sen n. 500 - 700 astepäivän ajan, joka tarvitaan tuloksen varmentamiseksi kun rehun metyyliitestosteronipitoisuus on 1 - 3 mg/kg, laitosten hoito- ja ruokintarutiineista riippuen. Käytännössä osa näin käsitellyistä kaloista on martoja.

Lääkerehun valmistus

Lääkerehu on helppo valmistaa MMM:n päätöksen 16/EEO/96 mukaisesti. Eläinlääkäriltä hankitaan lupa metyyliitestosteronin ostoon. Koska se ei ole normaali lääkeaine on varauduttava erikoisluvan hankintaan kuluvaan viiveeseen, joka saattaa olla joitakin viikkoja. Apteekki liuottaa tarvittavan metyyliitestosteronierän pieneen määrään bentsyylialkoholia. Saatu liuos laimennetaan etyylialkoholilla (pitoisuus >90%) siten, että liuosta rehukilon käsittelyyn (tavoitteena 1-3 mg metyyliitestosteronia/kg) syntyy n. 3 dl.

Käsiteltävä rehu levitetään ohueksi kerrokseksi (esim. siivilästä ripotellen) huoneenlämpöön levitetyille muovikalvolle. Lääkeaine sumutetaan suihkepullostaa rehuun, jonka tulee kastua tasaisesti. Tarpeen vaatiessa sekoitetaan. Käsitelyn jälkeen kuivunut rehu pakataan muutaman vrk:n käyttöeriin ja pakastetaan.

Lääkerehun tarpeen arviointi

Tarkoituksena ei ole kääntää laitoksen koko tuotantoa ilmiäsuiksi koiriksi, joista jatkossa juuri pyritään eroon. On myös muistettava, että lääkerhulla käsitellyn parven kalojen käyttö ravinnoksi on kielletty, joten turhan suuria kalamääriä on turha käsitellä. Kaikki perimältään koiraat (XY) ovat jatkossa tarpeettomia ja ne tulee poistaa mahdollisimman tehokkaasti. Yleensä koiraat kypsyvät vuotta ennen naaraita, mikä suurelta osin pitää paikkansa myös 'käännytyissä' kalaryhmissä. Koska käännetyin kirjolohinaaraan siittiörauhasessa ei ole siemenjohdinta (kypsäkään maiti ei kalaa puristettaessa purkaudu ulos) voidaan kaikki vuotavat koiraat poistaa kaatopaikalle. Tällöin lääkitty kalamäärä yleensä jo puoliintuu ennen käyttöaikaa. Vaikka kääntyneet, siittiöitä tuottavat naarat ovatkin kertakäyttötavaraa (siemenjohtimien puuttuminen edellyttää maidin saamiseksi kalan tappamisen ja siittiörauhasten avaamisen, ks. jatkossa) ovat käyttämättömät kalat lukuisiin havaintoihin perustuen käyttökelpoisia useiden vuosien ajan. Parven tarkoituksenmukaiseksi käyttöajaksi voitaneen laskea n. 3 vuotta. Näinollen, jos joka kolmas vuosi perustetaan uusi 'käännetty' parvi, on laitoksella jatkuvasti käytössä pelkkiä naaraita tuottavia X-siittiöitä.

Sukupuolisuhteen tarkistus

Käännetyin parven kalojen sukupuoli on helposti tarkistettavissa jo toisen kesän yksilöistä. Kala nukutetaan, ruumiinontelo avataan ja tarkastetaan sukurauhasten ulkonäkö. Munarauhanenhan alkaa kehittyä jo varsin varhaisessa vaiheessa. Niinpä maksan ja munuaisen välistä, uimarakon pinnasta, pajastuvan sukurauhasen tulee naaralla jo tässä vaiheessa olla silmämääräisestäikin tarkasteltuna selvästi etupäästään laajentunut, kellertävä ja sisällöltään hieman rakeinen. Koiraan sukurauhanen kehittyy

myöhemmin, ja tässä vaiheessa on löytävissä ainoastaan ohut, hädin tuskin paljain silmin erottuva, vaaleanharmaa rihma, joka jatkuu uimarakon ja kylkilihaksiston liittymäkohdassa ruumiinontelon takapäähän. Jo aiemmassa vaiheessa yksilön sukupuoli voidaan mikroskooppisesti seuraavasti (Guarrero ja Shelton, 1974): Uimarakon pinnasta siirretään pala sukurauhaskudosta objektilasille, johon lisätään pisara karmiininpuna-sukurauhasväriä. Näyte peitetään peitinlasilla ja tehdään ns. 'squash'-valmiste lyömällä tasaiselle alustalle asetetun näytteen peitinlasia puristetun nyrkin sivulla voimakkaasti. Tällöin sukurauhasen rakenne hajoaa ja väriaine pääsee kudokseen. Varmistettaessa tällä menetelmällä jo kehittyneen sukurauhasen sukupuolta, voidaan ennen squashaamista kudoksen rakenne rikkoa preparointineulalla ja pienillä atuloilla. Valmisteet tutkitaan 25 - 100 X suurennuksella. Kehittyvässä munarauhasessa on selvänä nähtävissä pallomaisia munasolun esiasteita (varsinkin näyteen reunoilla) jotavastoin nuoressa siittiörauhasessa ei ole mitään selvää rakennetta. Myöhemmässä vaiheessa alkaa näkyä kehittyviä siittiöiden esiasteita.

Väriaineen ohje (Guarrero ja Shelton, 1974):

0,5 g karmiinia (carmine)

100 ml 45% jäätikkää

Kiehutetaan 2 - 4 min, suodatetaan jäähtyneenä paperisuodattimella.

Maidin 'lypsy' ja hedelmöitys

Jos ylläolevien ohjeiden mukaisesti 'käännetystä' kirjolohesta irtoaa maiti puristelemalla, on kyseessä genotyypinen koiras (XY), jonka sukutuotteilla ei pidä mennä hedelmöittämään mätiä täysnaarasparven tuottamiseksi.

'Käännetty naaras' on edelleen naaras (XX), jonka maitikin kypsyy hieman normaalin koiraan maitia myöhemmin. Tästä syystä on käännettyjä naaraita syytä pitää ennen kutua pari viikkoa lämmitetyssä (10 °C) vedessä, jotta maidin kehitys olisi samassa aikataulussa normaalin mädinkehityksen kanssa. Syytä ilmiöön ei tunneta.

Käännetystä naaraasta saadaan maiti hedelmöitykseen ainoastaan tappamalla kala. Siittiörauhaset poistetaan ja kuivataan, avataan tai leikataan kappaleiksi pienhköön teräslankasiivilään. Hankaamalla leikkauspintoja siiviläverkkoon, saadaan siittiöt (ja paljon muutakin) irtoamaan rauhasen tukirakenteista. "Maiti" kerätään puhtaaseen n. 100 ml:n pakasterasiaa, joka täytetään hapella, suljetaan ja jäädytetään jäävesihauteessa. Siittiöiden hapenkulutus on suuri, joten rasian kaasutila on syytä aluksi vaihtaa puhtaaseen happeen muutaman tunnin välein. Näin menetellen siittiöt ovat käyttökelpoisia useita tunteja, jopa vuorokaudenkin.

Kunkin yksilön siittiöiden toimintakyky tarkastetaan mikroskoopilla. Objektilasille suljetaan saatua maitia peitinlasin alle. Tarkennetaan kuva peitinlasin reunaan ja todetaan siittiöt liikkumattomiksi. Lisätään tarkailukohtaan pipetin kärjestä pisara vettä, jolloin toimintakykyisen sperman siittiöiden tulee aktivoitua. Tämä näkyy 'vipinä' näkökentässä.

Kun toimintakykyisiä siittiöitä on säilötty päivän tarpeiksi hapella täytettyihin muovirasioihin lypsetään normaalit naaraat ja mäti huuhdotaan välittömästi Billardin (1977) liuoksella (Glysiini 30mM, Tris 20mM ja 125 mM NaCl, jonka suolat voidaan punnita valmiiksi kerta-annoksiksi tuottamaan 1 litra liuosta). Täten lypsyssä mahdollisesti rikkoutuneista munasoluista vapautuva vitelliini ja elektrolyytit (tukkivat munasolun pinnassa olevan hedelmöitymisaukon l. mikropyylen ja aktivoivat lisätyt siittiöt ennenaikaisesti) tulevat huuhtotuiksi pois. Menettely lisää mädin käsittelyaikaa ja parantaa hedelmöitystulosta.

Siivilässä huuhdottu ja valutettu mäti siirretään sopivaan astiaan, johon lisätään puhdasta Billardin liuosta, 1 litra kutakin kolmea mättilittraa kohden, siten että mäti juuri peittyy. Astiaan lisätään 3 ml maitia. Maiti ja mäti sekoitetaan keskenään huolellisesti kaatamalla seosta astiasta toiseen ja takaisin useita kertoja. Seoksen annetaan seistä 15 min ennen veden lisäystä, joka aktivoi siittiöt sekä nopeaa huuhtomista ja siirtämistä turvotukseen.

Hedelmöitykseen tarvittavien siittiöiden määrä on yhtä munaa kohden suuri. Siittiö pääsee munaan vain yhdestä kohdasta - mikropyylen läpi. Aktiivisuusaikanaan (n 45 sek.) siittiö etenee n. 3 mm ja kirjolohen munan halkaisija on 4 - 6 mm. Tästä syystä, jokaisen munasolun täytyy olla siittiöiden tiheästi ympäröimä, jotta hedelmöitys mikropyylen kautta voisi tapahtua. Eräänlaiseksi ihannesuhteeksi Billard (1985) esittää käytettäväksi 10 - 20 munasolua kohden 1 millilitran maitilaimennosta (1:1000), jolloin munaa kohti on käytettävissä n. 0,5 - 1.0 milj. siittiötä.

Steriilit kalat

Yllä esitetty metyyli-testosteronirehulla ruokkiminen tuottaa yleensä jonkin verran steriloituneita kaloja, jotka eivät siis kehitä sukutuotteita. Koska lainsäädäntö meillä kieltää hormoniruokittujen eläinten markkinoinnin on steriilien kalaparvien tuottaminen hieman mutkikkaampaa. Käytännössä tähän päästään lain puitteissa helpoimmin kromosomikäsittelyllä, eli käyttämällä triploideja (kolminkertainen kromosomisto) kaloja, joita saadaan aikaan altistamalla mätimunia ulkoiseen shokkiin (yleensä lämpö tai paine) lyhyeksi ajaksi hedelmöityksen jälkeen.

Useimmilla kalalajeilla siittiön tunkeutuminen mikropyylen (munasolun pinnassa oleva aukko, josta siittiö tunkeutuu munan sisään hedelmöityksen yhteydessä) kautta munasoluun laukaisee munasolun kromosomiston viimeisen kypsymisjakautumisen, jonka seurauksena on tuman kromosomiston puolittuminen. 'Ylimääräinen' tuma-aines poistuu solusta. Täten sekä munasolun että siittiön tuma voivat yhtyä, ilman että jälkeläisten kromosomiluku kasvaa.

Hedelmöitettyyn munasoluun oikea-aikaisesti kohdistettu shokki estää ylimääräisen kromosomiston poistumisen, joten siittiö hedelmöittää diploidin munan (jonka kromosomisto on kaksinkertainen) ja seurauksena on triploidi jälkeläinen, jolla siis on kolminkertainen kromosomisto (Bromage, 1988).

Kalat, joilla on kolminkertainen kromosomisto tumissaan ovat lisääntymiskyvyttömiä. Mikäli triploidi on aikaansaatu edellä kuvatulla tavalla, eli yksilön tumissa on kaksi naaraskromosomistoa ja yksi koiraskromosomisto, on se säännön mukaan lisääntymiskyvytön. Sen sukurauhaset eivät kehity, eikä se tuota sukuhormoneja. Yksilö on vailla ulkoisia sukupuolituntemerkkejä ja sen somaattinen kasvu jatkuu teoriassa keskeytyksettä, siinä vaiheessa, kun alkanut lisääntymistoiminta normaalissa yksilössä kohdistaa kasvun sukuelimiin. Triploidien nuoruusvaiheet kasvavat kuitenkin usein hitaammin kuin normaalit yksilöt. Tähän esitettiin ensin syyksi sukuhormoniaineenvaihdunnan vajavaisuus. Myöhemmin on saatu tutkimuksellista näyttöä siitä, että hidastuneen kasvun syynä voi olla myös se, että triploidin kalan solut ovat suurempia kuin diploidikalan solut. Tämä on omiaan hidastamaan koko eläimen aineenvaihdunnallista vastetta (mm. Virtanen ym, 1990) ja täten myös kalan kasvua. aikanaan triploidikalojen viljelyn suosio (Skotlannissa valtaosa kassiviljellystä lohesta) perustui suurikokoisen marron kalan tuottamistarpeeseen. Nykyisin on kuitenkin muita viljelyllisiä säätelymenetelmiä, joilla sukukypsyuden puhkeamista voidaan siirtää. Suomessa triploidi kirjolohi ei koskaan ole saavuttanut suurta mielenkiintoa viljelyssä, koska naarasparven viljelyn mukana saatava lisätuotto hyvin hinnoitellusta mädistä jää saamatta.

Steriileillä kaloilla on kuitenkin tilausta istukkaina. Koska ne eivät tuota jälkeläisiä voitaisiin niitä huolehti istuttaa olemassa olevia kalakantoja täydentäviksi pyyntikaloiksi (esim. taimen ja nieriä). Kokemukset steriilien lohikalojen vaellusominaisuuksista ovat toistaiseksi vajavaisia. On ilmeistä, että ne smölttiutuvat ja ovat halukkaita merivaellukselle, mutta sukurauhasten puutteessa ne eivät ilmeisestikään tee kutuvaellusta.

Jos triploidia johtuu koiraan puolelta tulevasta kaksinkertaisesta kromosomistosta, on tilanne toinen. Nämä yksilöt kehittävät usein täysikokoiset siittiörauhaset, joiden kehittymisen myötä yksilökasvu hidastuu, vaikka ne eivät kykenekään tuottamaan toimivia sukusoluja.

Kirjallisuutta:

Bromage, N., 1988, Propagation and sex improvement, ss.103-195

Billard, R., 1977, A new technique of artificial insemination for salmonids using a sperm diluent. Fisheries, 1:24-25.

Billard, R., 1985, Artificial insemination in salmonids, ss. 116-128. Kirjassa: Iwamoto, R. N. ja Sower, S., toim., Salmonid reproduction, Washington Sea Grant Program, Seattle, WA.

Guerrero III, R. D. ja Shelton, W.L., 1974, An aceto-carmine squash method for sexing juvenile fishes. Progr. Fish-Cult.36, 56.

Lebrun, C., Billard, R. ja Jalabert, B., 1982, Changes in the number of germ cells in the gonads of the rainbow trout *Salmo gairdneri* during the first 10 post-hatching weeks. *Reprod. Nutr. Dev.*, 22, 405-412

Eskelinen, P. ja Soivio, A., 1992, Geenimanipulaatiot istukasviljelyssä., Kalanviljelyn neuvottelupäivät 1992.

Eskelinen, P., Soivio, A. ja Söderholm-Tana, L., 1992, Geenimanipulaatiot istukasviljelyssä., Suomen kalankasvattaja 3/92, 40-41.

Uppadhyay, S. N., 1977, Morphologie des gonades immatures et étude expérimentale de l'induction de la gamétogénèse chez la truite arc-en-ciel juvénile *Salmo gairdneri* R. Thèse Doct. Es Sci Nat. Univ. Paris VI, 111 pp.

Van den Hurk, R. ja Slof, G. A., 1981, A morphological and experimental study of gonadal sex differentiation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Cell. Tissue Res.*, 218, 421-440.

Virtanen, E., Forsman, L. ja Sundby, A., 1990, Triploidi decreases the aerobic swimming capacity of rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Comp. Biochem. Physiol.*, 96A, 117-121

KALOJEN SUKUKYPSYYDEN SÄÄTELY

VESA MÄÄTTÄ

RKTL, Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus, Ohtaojantie 19, 93400 TAIVALKOSKI

1. Johdanto

Kalanviljelyllä on takanaan jo vuosituhantiset perinteet. Vanhimmat tiedot ovat Kiinasta 4000-5000 vuoden takaa ja jo vuonna 1 475 ekr. kiinalainen Fang Li kuvasi kirjassaan karpin lammikkoviljelyä ja keinollista hedelmöitystä. Yhtä vanhaa perua lienee kalanviljelijöiden halu säädellä viljelykiertoa ja sen eri vaiheita.

Nykyaikainen kalanviljely on paljon enemmän kuin Fang Liin aikana. Moderni prosessitekniikka ja katetut viljelytilat mahdollistavat kalan elinkiertoon kohdistuvan säätelyn monissa sen eri kehitysvaiheissa. Tutkimus on lisännyt käytettävissä olevaa tietoa säätelyn biologisista mahdollisuuksista. Myös kalan sukukypsyyden ilmenemistä pystytään eri tavoin säätämään ja kudun ajankohtaan vaikuttamaan. Maailmalla tuotetaankin kirjolohen mätiä jatkokasvatukseen jo ympäri vuoden. Kalan sukukypsyyden säätelyllä voidaan vaikuttaa paitsi kudun ajankohtaan myös kudun synkronointiin ja mädin säilyvyyteen. Kutuajan muuntelulla on eniten käyttöä ruokakalanviljelyssä, mutta sen sovelluksia voidaan hyödyntää myös muussa mädintuotannossa.

Seuraavassa on lyhyt katsaus menetelmiin, joiden avulla kalan sukukypsyyden ilmenemiseen voidaan vaikuttaa. Osa keinoista edellyttää ympäristön aktiivista säätelyä, osa vaikuttaa usein tahattomastikin. Vaikutusmekanismien ymmärtämiseksi on aluksi syytä tarkastella lyhyesti sukukypsyyden kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä ja siihen liittyvää säätelyjärjestelmää. Lähdeaineistona olen käyttänyt aiheesta julkaistuja tutkimuksia, jotka on tehty pääosin kirjolohella ja Atlantin lohella. Jonkin verran on julkaistu myös taimenella ja nieriällä tehtyjä kokeita, yksi julkaisu löytyy siiaistakin.

2. Sukukypsyydellä

Sukukypsyydellä vaihtelee varsin laajoissa rajoissa eikä tarkkaa sukukypsyydellä yleisesti ottaen voida esittää. Esim. lohien koiraspoikaset voivat kypsyä jo yksivuotiaina ilman että ne ovat läpikäyneet smoltinvaihetta. Jotkut kypsyvät postsmoltinvaiheessa ja osa vasta useamman merivuoden jälkeen. Tällainen vaihtelu on ainakin osaksi perinnöllistä, vaikka sukukypsyyden vaihtelu tietyn kannan sisällä ja populaation sisarusten välillä eri vuosina ja erilaisissa ympäristöissä todistaa myös ilmiön fenotyypillisestä plastisuudesta. Tietyn sukukypsyyden sijasta voidaan puhua myös maturoitumisnopeudesta. Lohella tämä nopeus on geneettisesti kontrolloitua ja on osoitettu, että nopea kasvu ja varhainen maturaatio ovat kytkeyksissä keskenään.

3. Somaattinen kasvu ja sukukypsyys

Kala käyttää hankkimansa energian elintoimintojensa ylläpitoon ja kasvuun. Kasvu on luonteeltaan joko somaattista tai lisääntymiseen liittyvää. Kyseessä on kaksi keskenään kilpailevaa prosessia, sillä energiaa on käytettävissä riittävästi kerrallaan vain toiseen vaihtoehtoon. Sukukypsällä kalalla voidaan ajatella olevan eräänlainen energiavarastojen vuosikierto, jossa varastot vuoroin täytetään ja tyhjenetään. Tämä mahdollistaa sukurauhasten kasvun myös niinä aikoina, jolloin ravintoa on heikosti saatavilla.

Pystyäkseen maturoitumaan kalan tulee olla riittävän hyvässä kunnossa. Atlantin lohella tehdyissä kokeissa on havaittu, että maturoituvat kalat ovat talvella ja keväällä ei-matureja isompia ja paremmassa kunnossa. Tiedetään myös, että syksyllä kutuun osallistuvat lohien jokipoikaset ovat muita suurempia tai ainakin paremmassa kunnossa. Niiden keväisen ruokahalun ja kasvunopeuden on oltava hyvä ja suolistorasvan pitoisuuden riittävä. Syksyllä kuteva lohikala lopettaa ravinnon otton jo kesällä. Kuitenkin kalan vitellogeneesi ja gonadien kasvu ovat samanaikaisesti kiivaimmillaan. Kala joutuu tällöin siirtämään sukurauhasiinsa kudoksiin aikaisemmin varastoitua energiaa eikä tämä satsaus ole vähäinen. Ovarioiden osuus naaraan painosta on ennen kutua 20-30 %. Lohella ja taimenella tehdyissä tutkimuksissa on todettu kalojen investoivan n. 50 % kokonaisenergiastaan lisääntymiseen. Satsaus on samansuuruinen molemmilla sukupuolilla, mutta koiraat kärsivät suuremmasta somaattisesta häviöstä. Koiraiden kudun jälkeiset energiareservit ovatkin pienemmät kuin naaraiden ja tämä on syynä koiraiden suurempaan kudun jälkeiseen kuolevuuteen.

Monet tutkimukset ovat osoittaneet kudoksiin varastoitujen rasvojen keskeisen merkityksen sukupuoliselle kypsymiselle. On arvioitu, että Itämeren lohien rasvavapitoisuuden tulee olla keväällä 12 %, mikäli se kutee seuraavana syksynä. Lohikaloilla pääasiallinen lisääntymiseen vaikuttava rasvavarasto on mesenteerinen, ts. suolistorasva. Rasvavaraston dynamiikka liittyy sukukypsyuden kausittaiseen kehittymiseen ja gonadien kasvuun. Keväällä tieto omasta energeettisestä tilasta on kalalle tärkeä sen tehdessä päätöksensä maturaation jatkamisesta. Syksyllä energiavarastoa tarvitaan kutuun liittyvien fysiologisten muutosten ja kutukäyttäytymisen polttoaineeksi. Kudun jälkeen rasvaa tarvitaan onnistuneeseen talvehtimiseen ja pienin rasvareservein varustettujen kalojen kuolleisuus on suurempi. Rowe ja Thorpe (1990a) arvioivat sukukypsyuden estyvän, jos todennäköisyys hankkia riittävä rasvavarasto polttoaineeksi gonadien kasvua ja onnistunutta talvehtimistä varten on pieni. Energiatuotannon lisäksi rasvoja tarvitaan myös mm. sukupuolihormonien valmistuksen lähtöaineiksi.

4. Maturaatiosykli

Kutu on pitkän, jo edellisenä vuonna alkaneen prosessin lyhyt huipentuma. Aikaisemmin kutemattomalla kalalla on todettu sukupuoliseen kypsymiseen liittyvän sisäeritysjärjestelmän aktivoituvan jo puolitoista vuotta ennen kutua. Kutevien kalojen seuraava sukusykli käynnistyy mahdollisesti jo ennen meneillään olevan kudun päättymistä.

Sukusolujen kehittymistä ja kudun ajoittumista säätelevät useat tekijät. Vaihtelevan päivänpituuden alueella elävillä kaloilla tärkein ulkoinen säätelytekijä on vallitseva

fotoperiodi eli valojaksoisuus. Kalan lisääntymistä säätelee ns. hypothalamus-aivolisäke-gonadiaksieli. Ympäristön valon muutoksia aistivat verkkokalvo ja käpylisäke indusoivat sukusolujen kehitystä ohjaavan ja säätelevän sisäeritysjärjestelmän. Käpylisäkkeen erittämä melatoniini ja keskeisten hermokeskusten hermoärsykkeet kontrolloivat hypothalamuksessa gonadotropiinin vapauttajahormonin, GnRH:n, eritystä. GnRH stimuloi puolestaan gonadotropiinin, GtH:n, erityksen aivolisäkkeestä verenkiertoon, jonka mukana se siirtyy sukurauhasiin. Naaraskaloilla GtH käynnistää munarauhasissa estradiol-17 β -naarassukupuolihormonin tuotannon. Hormoni siirtyy verenkierron mukana maksaan, jossa käynnistyy vitellogeniinin ja munankuoriproteiinien syntetisointi. Tuotetut proteiinit siirtyvät verenkierron mukana kasvavien munasolujen rakennusaineiksi.

Lisääntymistä kontrolloiva ja säätelevä mekanismi on siis hermostollinen ja hormonaalinen. Hermostolliseen säätelyyn liittyvät tärkeät hermokeskukset toimivat sisäisen kellon tavoin (Andersen 1992). Ympäristön valorytmiikka toimii tämän sisäisen kellon ajastajana ja yhdessä veden lämpötilan kanssa hienosäätää ja synkronoi kellon käyntiä.

5. Porttimekanismi

Vallitsevan käsityksen mukaan maturoitumiselle on olemassa kriittinen ajanjakso, jolloin kala tekee päätöksen prosessin jatkamisesta tai sen keskeyttämisestä. Vaihtuvan päivänpituuden oloissa kuteville lohikaloille tämä 'portti' tai 'ikkuna' on avoinna keväällä. Teorian mukaan kala tarkkailee maturoitumisen edellyttämää fysiologista valmiuttaan varastoimaansa energiaan perustuen. Mikäli kala arvioi energeettisen valmiutensa riittäväksi, 'portti' on sille auki ja maturaatio jatkuu kohti kutua. Mikäli fysiologiseen tilaan perustuva ennuste onnistuneelle kudulle on huono, maturaatio keskeytyy siltä erää toteutuakseen mahdollisesti seuraavana vuonna.

6. Sukukypsyyden säätely

6.1 Fotoperiodismi I. valojaksoisuus

Ympäristön päivänpituuden vaikutus lohikalojen lisääntymiseen havaittiin jo lähes 150 vuotta sitten. Englannista Australiaan siirretyt taimenet kutivat jo huhtikuussa eteläisen pallonpuoliskon lyhenevän päivänpituuden (syksyn) aikana. Tämä merkitsi 6 kuukauden siirtymää ajankohdasta, jossa vastaava kanta kuti Englannissa, kuitenkin tarkalleen samassa vaihtuvan fotoperiodin päivänpituudessa. Fotoperiodismi, valojaksoisuus, onkin lohikalojen sukukypsyyden ja kudun ajoittumiseen vaikuttava ensisijainen ympäristötekijä. Valolla ei ole suoraa indusoivaa vaikutusta kalan lisääntymiseen liittyviin prosesseihin, vaan se vaikuttaa näiden toimintojen ajoittumiseen. Fotoperiodi säätää kalan sisäistä rytmiä tai kelloa, joka vakio-olosuhteissa kulkee suunnilleen vuoden mittaisena jaksoneu toistuvaa rytmiä. Samanlainen maturaation vaste fotoperiodiin on havaittu kokeellisesti ainakin taimenella, nieriällä, kirjolohella, siialla, Atlantin lohella ja Tyynenmeren lohilla.

Fotoperiodin vaikutusta lohikalojen kudun ajoittumiseen on tutkittu paljon. On osoitettu, että viljely-ympäristön valojaksoja muuttamalla kalojen luonnollista kutuaikaa voidaan aikaistaa ja viivästyttää. Kalojen luonnollista vuoden kestävää,

sirkannuaalista lisääntymiskiertoa on voitu pidentää ja lyhentää. On myös havaittu, että osa muutetulle valorytmille altistetuista kaloista kutee uudelleen jo kuuden kuukauden kuluttua edellisestä kudusta.

Säätelyssä käytettävän fotoperiodin ei tarvitse matkia luonnonvaloa. Vuodenaikaisrytmiikan erilaiset valojaksot voidaan korvata myös kiinteällä pitkä- tai lyhytkestoisella valojaksolla ja valo saa vaihtua äkillisesti pimeäksi tai päinvastoin. Pitkä päivänpituus tai jatkuva valo lisääntymiskierron varhaisemmassa vaiheessa aikaistaa kypsymistä ja kutuaikaa. Kesäpäivän seisauksen jälkeen sama altistus viivästyttää kutua. Altistus lyhyelle päivälle 2-3 kuukauden aikana kudun jälkeen johtaa seuraavan kudun viivästyymiseen. Tämän jakson jälkeen lyhyt päivä johtaa kutuajan aikaistumiseen, sitä enemmän mitä aikaisemmin päivän pituutta lyhennetään. Malli on laadittu perustuen talvikutuisilla kirjolohilla havaittuun vasteeseen (Bromage et al. 1993), mutta on sovellettavissa myös syyskutuisille kaloille. Vaste on kuitenkin jossain määrin riippuvainen käsiteltävien kalojen luonnollisesta kutuajasta niin, että myöhään kutevan kannan kutu aikaistuu paljon enemmän kuin aikaisemmin kutevan kannan. Siirto lyhyelle päivälle kesäkuun alussa aikaistaa varhain syksyllä kutevan Atlantin lohien kutua vain hieman.

Eräs ongelma edellä kuvatuissa käsittelyissä on kalojen kutuajan pidentyminen normaalista. Kudun synkronointi parani huomattavasti kokeessa, jossa normaalisti marraskuussa kutevat kirjolohet altistettiin pitkälle päivälle kierron alussa ja lyhyelle päivälle toukokuusta alkaen. Käsittelyllä voitiin aikaistaa kutua 3-4 kuukautta. Huomattavan aikaistumisen ajateltiin olevan seurausta kahden toisiaan seuraavan aikaistavan vaiheen yhdistymisestä. Toisin kuin pitkän tai lyhyen päivänpituuden käsittely yksinään, em. malli johti luonnollista vastaavaan kudun synkronointiin. Päinvastoin toteutettuna fotoperiodi johti maturaation ja kudun viivästyymiseen.

Kirjallisuudessa tarkoitetaan yleisesti pitkällä päivänpituudella 24 tunnin jaksoa, jossa on yli 16 valoisaa tuntia ja lyhyellä päivällä samanlaista jaksoa, jossa on vähemmän kuin 8 valoisaa tuntia. Kuitenkin mitä tahansa päivänpituutta voidaan pitää pitkänä tai lyhyenä riippuen siitä, onko sitä edeltävä päivänpituus ollut vastaavasti lyhyempi tai pidempi. Konkreettisesti: kutu on aikaistunut käsittelyllä LD 10:14 jota on seurannut LD 6:18. Kutakuinkin samanlainen vaste on saatu käsittelyssä, jossa rytmiä LD 14:10 on seurannut LD 10:14 tai vaihtoehtoisesti rytmitys LD 18:6 ja sitten LD 14:10 (LD = valoisa:pimeä). Fotoperiodin muutosten avulla tapahtuvassa lisääntymisen säätelyssä onkin olennaisen tärkeää muutoksen suunta, ei mikään päivän absoluuttinen tai kriittinen pituus.

Valon voimakkuuden tai aallonpituuden merkitystä sukukypsyuden säätelyssä ei ole erikseen selvitetty tai ainakaan raportoitu. Kokeissa, joissa fotoperiodin muutoksilla on vaikutettu sukukypsyuteen ja ovulaation ajankohtaan valon voimakkuus on vaihdellut muutamasta kymmenestä luksista tuhanteen luksiin. Kala kyllä aistii ihmisen silmin arvioituna äärimmäisen heikkoa valoa. Tyynenmeren lohien ruokailun ja parveutumisen valoraja on välillä 0,0001-0,001 luksia, jota voidaan pitää niiden pimeänäön rajana (Thorarensen et al. 1989). Kynnysarvon kirjolohien hermostovasteelle valoon on esitetty olevan välillä 0,00001-0,0001 luksia, vaikkakin käpylisäkkeen yläpuolisen kudoksen absorption takia herkkyys on käytännössä jonkinverran pienempi. Käytännön viljelijät ovat kertoneet kirjolohien mädintuotannossa käytettävän mieluummin kirkasta kuin tavallista valaistusta ja että kalan vaste kirkkaalle valolle olisi parempi.

Fotoperiodin käyttö on tehokas menetelmä silloin kun halutaan tuottaa mätää normaalin kutuajan ulkopuolella. Maailmalla on yrityksiä, jotka pystyvät toimittamaan kirjolohien mätää asiakkaille käytännöllisesti katsoen ympäri vuoden. Luonnollisen valaistusrytmiikan muuttamista käytetään myös keinona vähentää ei-toivottua

seksuaalista kypsymistä. Asiaa on tutkittu varsinkin Norjassa, jossa ensimmäisen merivuoden aikana sukukypsiksi tulevat lohikoiraat ovat olleet ongelmana. Pitämällä lohia jatkuvassa valossa talvella ja alkukevästä on voitu vähentää merkittävästi sukukypsyyden ilmentymistä. Ilmiön on selitetty johtuvan siitä, että jatkuva valo siirtää em. kriittisen päätöksenteon hetkeä aikaisemmaksi, jolloin kalojen fysiologinen valmius ei vielä ole riittävä maturaation jatkumiselle vaan kala keskeyttää prosessin tältä erää. Fotoperiodin manipulointia voimakkaasti vuodenaikojen mukaan vaihtuvissa vedenlämpötiloissa on kuitenkin vain vähän testattu ja tällaisissa olosuhteissa menetelmällä voi olla omat rajoituksensa (ks. Nakari et al. 1988).

6.2 Lämpötila

Lämpötilan merkitys koko lisääntymiskiertoa säätelevänä tekijänä on monitahoinen. Sukusolujen varhaiskehitykselle sen merkitys on todennäköisesti vähäinen. Lämpötila vaikuttaa kuitenkin kalan kokonaismetabolian nopeuteen ja sitä kautta somaattiseen kasvuun ja lisääntymistä varten tarvittavan energian varastoitumiseen. Vitellogeneesin aikainen suotuisan lämpötilan ja pitkän kasvukauden vaikutus ilmenee mädin suurempana kokona. Maturaation loppuvaiheessa lämpötilan tiedetään vaikuttavan suoraan oosyyttien nopeaan kasvuun ja täyden kypsyyden saavuttamiseen.

Lämpötila vaikuttaa eri lohikaloiden ja -kantojen kudun ajoittumiseen eri tavalla. Kevätkutuisen kalan kutua alhainen tai laskeva veden lämpötila viivästyttää ja syyskutuisen kalan kutua aikaistaa. Kysymyksessä on genotyyppinen sopeuma, jonka tarkoituksena on, että kudusta aikanaan kuoriutuvat poikaset syntyvät ympäristöolosuhteiden kannalta optimaalisena aikana jolloin niiden eloonjäännille on olemassa parhaat mahdollisuudet. Viljelyolosuhteissa tämä luonnon synkronointi voidaan tietyissä rajoissa rikkoa emokalojen fotoperiodikäsitteilyllä ja pitämällä niitä lämpimässä/kylmässä vedessä. Mätiä voidaan edelleen hautoa lajikohtaisin rajoituksin joko normaalia lämpimämmässä tai kylmemmässä vedessä. Liian nopeat lämpötilan muutokset ovat kuitenkin haitallisia mädin säilyvyydelle.

6.3 Hormonikäsitteily

Hormonikäsitteilyllä, samoin kuin ympäristöolosuhteiden säätelyllä voidaan nähdä olevan kaksi tavoitetta. Toinen on ratkaista emokalojen käsittelystä johtuva kudun ajallinen pitkittyminen ja toinen on yrittää maturaatiota jouduttamalla tai viivästyttämällä tuottaa markkinoille mätiä ja poikasia normaalin lisääntymiskauden ulkopuolella.

Lohikaloilla tehdyissä kokeissa on käytetty lähinnä gonadotropiinin vapauttajahormonia, GnRH:ta, joka on tehokas aivolisäkkeen gonadotrooppisen hormonin (GtH) vapauttaja. GtH kontrolloi yleisesti monia sukurauhasten kehitykseen liittyviä tapahtumia, kuten oosyyttien kasvua ja kypsymistä, ovulaatiota sekä kutua ja on näinollen keskeisen roolinsa vuoksi sopiva vaikuttamisen kohde. Yleensä käytetään GnRH:n synteettistä analogia, (LHRHa/GnRHa) sen pitkävaikutteisuuden takia. Käytännössä vielä tehokkaampi yhdiste on saatu aikaan yhdistämällä vapauttajahormoni ja GtH:ta inhisoivan hormonin, dopaminin, antagoni. Yhdistelmällä on voitu pienentää käytettävää annostusta ja näin voitu minimoida yliannostuksen riskejä, mm. sukutuotteiden laadun huononemista. Annostus on tapahtunut joko injektiona vatsakalvon läpi tai ruumiinonteloon asetettuna pelletti-implantaattina.

Kokeiden tulokset osoittavat, että sopivana annostuksena ja sopivana aikana annettuna LHRH analogi synkronoi kutua ilman mädin elinkyvyn huononemista. Sillä voidaan myös aikaistaa kutua muutamalla viikolla, mutta ongelmana on ollut mädin laatu. Liian pienillä annostuksilla ei ole saatu aikaan toivottua vastetta ja liian suuri annostus on heikentänyt selvästi mädin säilyvyyttä. Taranger (1993) suosittaa Atlantin lohelle annostusta 10 µg LHRHa/kalag annettuna 4 viikkoa ennen arvioitua ovulaatioaikaa.

6.4 Valintajalostus

Kuten muihinkin kalaan liittyviin ominaisuuksiin myös sukukypsyyden ilmenemiseen voidaan vaikuttaa valintajalostuksella. Menetelmä on kuitenkin hidask verrattuna ympäristön manipuloinnin tarjoamiin mahdollisuuksiin. Valintajalostus on oma erityisalueensa eikä siihen puututa tässä yhteydessä enempää.

7. Muita sukukypsyyteen vaikuttavia tekijöitä

7.1 Ravitseminen

Ruokinnalla ja ravinnon laadulla voidaan vaikuttaa kalojen käytettävissä olevan energian määrään. Koska kasvunopeudella ja sukukypsyydellä on yhteys keskenään, voidaan ruokintaa rajoittamalla tai se tilapäisesti keskeyttämällä vaikuttaa maturoituvien kalojen määrään. Kala tekee keväällä energiaresursseihinsa perustuen päätöksen maturoitumisen jatkamisesta tai sen keskeyttämisestä. Kriittisenä aikana toteutettu paasto vähentää seuraavana syksynä kutevien kalojen määrää. Atlantin lohilla tehdyssä kokeessa on havaittiin, että maturoituvat kalat alkavat kerätä energiavarastoja tammikuun lopulla nopeammin kuin ei- maturoituvat ja että tammikuun puolivälissä alkanut paasto saattoi aiheuttaa meneillään olevan sukupuolisen kypsymisen pysähtymisen. Varsinkin paasto helmi-maaliskuussa vähensi selvästi toukokuussa maturoituviksi todettujen lohien määrää (Reimers et al. 1993). Rowe ja Thorpe (1990a) havaitsivat paastottaessaan lohien jokipoikasia eri aikoina talvella ja keväällä huhtikuun paaston vähentävän eniten maturoituvien koiraiden määrää. Tulosten perusteella tutkijat tekivät sen johtopäätöksen, että jos kalojen kevätkasvu on riittämätön, maturoituminen pysähtyy. Havainnolla on varmasti käyttöä tilanteissa, jossa varhaiskypsät koiraat koetaan ongelmaksi.

Paitsi totaalinen paasto myös jatkuva rajoitettu ruokinta vaikuttaa kutevien kalojen osuuteen parvessa. Kevättalvella alhaisella ruokintasuhteella (0,4 % bw/d) ruokituissa ryhmissä maturoituvien kalojen määrä laski 30-35 % (Bromage et al. 1992). Käsittely pienensi myös kalojen fekunditeettiä ja mädin kokoa.

7.2 Sressi

Stressi voidaan ymmärtää kalan fysiologisenä vasteena kaikkeen ympäristöstä ja käsittelystä aiheutuvaan häiriöön. Myös kalaparven sisäiset sosiaaliset vuorovaikutukset saattavat stressata osaa sen yksilöistä. Stressi ei suoranaisesti ole kalojen sukukypsyyttä säätelevä tekijä, mutta se voi merkittävästi häiritä sukupuoliseen kypsymiseen liittyvää hormonaalista prosessia. Vaste voi ilmetä ainakin kolmessa sisäerityksessä ja säätelyyn liittyvässä kohteessa: aivolisäkkeessä, gonadeissa ja

maksassa. Stressi nostaa plasman kortisolipitoisuutta, josta on seurauksena eräiden sukupuolihormonien ja vitellogeenin pitoisuuden lasku. Kokeellisesti on osoitettu stressattujen emojen ovulaation viivästyvän, mädin koon pienenevän ja elinkyvyn heikentyvän (Campbell et al. 1994). Stressin kaiken yli ulottuvaa vaikutusta ei todennäköisesti vielä ole riittävästi tiedostettu viljelijöiden piirissä.

TIIVISTELMÄ

Lohikalojen sukukypsyyden ilmenemistä voidaan säädellä ainakin seuraavilla tavoilla:

1. Muuttamalla kalan ympäristön fotoperiodia voidaan kudun ajankohtaa aikaistaa, viivästyttää tai se kokonaan estää. Sukusykliä voidaan myös pidentää tai lyhentää normaalista 12 kuukauden jaksosta. Altistus pitkään päivänpituuteen kierron aikaisessa vaiheessa edistää ja kierron loppuvaiheessa viivästyttää kutua. Lyhyt päivä kierron alkuvaiheessa 2-3 kuukauden aikana viivästyttää, sen jälkeen aikaistaa kutua. Jatkuva valo kudusta seuraavaan kevääseen vähentää maturoituvien määrää.

2. Paastottamalla kaloja kevättalvella ja keväällä voidaan vähentää syksyllä kutevien kalojen osuutta parvessa. Ruokkimalla kaloja jatkuvasti pienellä ruokintasuhteella (aliruokinnalla) vähennetään kutevien yksilöiden määrää. Samalla kalojen fekunditeetti ja mädin koko pienenevät.

3. Veden lämpötilalla voidaan vaikuttaa kudun ajankohtaan ja mädin kehitykseen. Yhdistetty veden lämmitys/jäähdytys ja valaistusympäristön manipulointi tarjoaa kaikkein monipuolisimmat mahdollisuudet lisääntymisen säätelyyn.

4. Hormonikäsittelyllä voidaan kalojen kutua synkronoida ja aikaistaa muutamia viikkoja. Menetelmän käyttökelpoisuus rajoittunee käytännössä lajeihin, joiden kutu laitosolosuhteissa muuten on hankalaa ja joiden fekunditeetti on suuri.

5. Altistamalla kalat akuutille tai krooniselle stressille voidaan meneillään oleva sukusykli keskeyttää tai sitä häiritä. Stressi altistaa emokalat sairauksille ja heikentää mädin elinkykyä.

KIRJALLISUUS

Adams, C.E. & Thorpe, J.E., 1989. Photoperiod and temperature effects on early development and reproductive investment in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 79: 403-409.

- Aksnes, A., Gjedre, B. & Roald, S.O. 1986. Biological, chemical and organoleptic changes during maturation of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 79: 403-409.
- Andersen, Ø. 1992. Reproduksjon. In: E.Reimers & K. Doving (Ed.), *Fiskens Fysiologi*. John Grieg Forlag, Oslo, pp. 278-286.
- Bourlier, A. & Billard, R. 1984. Delayed gametogenesis and spawning in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) kept under permanent light during the first and second reproductive cycles. *Aquaculture*, 43:259-268.
- Bromage, N.R., Elliott, J.A.K., Springate, J.R.C. & Whitehead, C. 1984. The effects of constant photoperiods on timing of spawning in the rainbow trout. *Aquaculture*, 43: 213-223.
- Bromage, N., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J., Duston, J. & Barker, G. 1992. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100: 141-166.
- Bromage, N., Randall, C., Duston, J., Thrush, M. & Jones, J. 1993. Environmental control of reproduction in salmonids. In: J.F.Muir & R.J. Roberts (Eds.), *Recent Advances in Aquaculture IV*, Institute of Aquaculture, Oxford, Blackwell Scientific Publications, pp. 55-65.
- Campbell, P.M., Pottinger, T.G. & Sumpter, J.P., 1994. Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture*, 120: 151-169.
- Gillet, C. 1991. Egg production in a whitefish (*Coregonus shinzi palea*) brood stock: Effects of photoperiod on the timing of spawning and the quality of eggs. *Aquat. Living Resour.*, 1991, 4, 33-39.
- Johnson, W.S. 1984. Photoperiod induced delayed maturation of freshwater reared chinook salmon. *Aquaculture*, 43: 279-287.
- Jonsson, N., Jonsson, B. ja Hansen, L.P., 1991. Energetic cost of spawning in male and female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Biology* 39, 739-744.
- McCormick, S.D. & Naiman, R.J. 1984. Some determinants of maturation in brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture*, 43:269-278.

Nakari, T., Soivio, A. & Pesonen, S. 1988. The ovarian development and spawning time on *Salmo gairdneri* R. reared in advanced and delayed annual photoperiod cycles at naturally fluctuating water temperature in Finland. *Ann. Zool. Fennici* 25:335-340.

Reimers, E., Kjørrefjord, A.G. & Stavostrand, S.M. (1993). Compensatory growth and reduced maturation in second sea winter farmed Atlantic salmon following starvation in February and March. *Journal of Fish Biology* 43, 805-810.

Rowe, D.K. & Thorpe, J.E., 1990. Differences in growth between maturing and non-maturing male Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *J. Fish Biol.*, 36: 643-658.

Rowe, D.K. & Thorpe, J.E., 1990a. Suppression on maturation in male Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr by reductions in feeding and growth during spring months. *Aquaculture*, 86: 291-313.

Rowe, D.K., Thorpe, J.E. & Shanks, A.M. 1991. Role of fat Stores in the Maturation of Male Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Parr. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 405-413.

Scott, A.P., Baynes, S.M., Skarphedinsson, O. & Bye, V.J. 1984. Control of spawning time in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, using constant long daylengths. *Aquaculture*, 43: 225-233.

Takashima, F. & Yamada, Y. 1984. Control of maturation in masu salmon by manipulation of photoperiod. *Aquaculture*, 43: 243-257.

Taranger, G.L., 1993. Sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.; aspects of environmental and hormonal control. *Dr. scient. thesis*. Department of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, Norway.

Thorarensen, H., Clarke, W.C. & Farrell, A.P. 1989. Effect of Photoperiod and Various Intensities of Night Illumination on Growth and Seawater Adaptability of Juvenile Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 82: 39-49.

Thorpe, J.E., 1989. Developmental variation in salmonid populations. *J. Fish. Biol.*, 35 (Supplement A): 295-303.

Thorpe, J.E., 1994. Reproductive strategies in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture and Fisheries Management*, 25: 77-87.

MÄDIN LAATUUN VAIKUTTAVAT VILJELYTEKIJÄT

PÄIVI ESKELINEN

RKTL, Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely, Vilppulantie 415, 41360 VALKOLA

Emoviljely mahdollistaa lisääntymiskierron hallinnan

Maailmassa on yli 20 000 kalalajia, joista arviolta muutamia satoja viljellään kaupallisesti. Kaikkien näidenkään lajien koko elinkiertoa ei voida teknisesti hallita. Kaikkien elinkierron vaiheiden läpivieminen viljely-ympäristössä on lisäksi usein epätaloudellista. Merkittävää viljelyä perustuu emokalojen tai poikasten pyyntiin luonnosta ja näiden jatkoviljelyyn. Tutuimpia esimerkkejä tällaisista tapauksista ovat ankerias ja kuha sekä eräät vaellussiikakannat.

Emoviljely tähtää siihen, että on mahdollisuus kontrolloiduissa olosuhteissa tuottaa ja ylläpitää sukukypsiä kaloja ja lisätä niitä sicutuotteiden ja poikasten tuottamiseksi joko omaan käyttöön, istutettaviksi tai muille kaupattaviksi jatkokasvatusta varten. Lisääntymisen hallinta viljelyolosuhteissa on mahdollistanut myös lisääntymisajankohdan säätelyn erilaisia valo-, lämpö- ja hormonikäsittelyjä hyväksikäyttämällä sekä sukusolujen lyhyt- ja pitkäaikaisen säilytyksen.

Kaloilla on suuri fekunditeetti verrattuna muihin intensiivisesti kasvatettaviin eläimiin. Lajien välillä on kuitenkin valtavaa vaihtelua, esimerkiksi eräillä kampeloilla voi olla jopa miljoonia mätimunia yhdessä kudussa, lohikaloilla muutamia tuhansia emoa kohti. Yksilön tuottaman mätimäärä sanelee luonnollisesti sen, miten paljon emokaloja on kasvatettava halutun mätin- ja poikastotannon aikaansaamiseksi ja miten suuret ovat emoviljelylaitoksen kustannukset. Toisaalta suuri fekunditeetti lisää kantojen sisäsiitosriskiä.

Mädin laatu ja laadun mittaaminen

Mädin laatu voidaan määritellä ominaisuuksiksi, joiden perusteella sen mahdollisuudet selviytyä hengissä määräytyvät. Tai mädin laatu on hyvä, jos mädin hedelmöittyvyys on hyvä, kuolleisuus hedelmöityksestä kuoriutumiseen on pieni ja kuoriutuneet poikaset ovat terveitä ja niillä on edellytykset lähteä hyvin kasvamaan. Mädin laatua voidaan tarkastella myös lopputuotteen laadun kannalta. Ei ole olemassa mitään yleisesti hyväksyttyä käsitystä hyvästä mädistä, eikä ole voitu sopia mikä esimerkiksi on haudonta-ajan kuolleisuudella mitattuna hyvän ja huonon mädin raja-arvo. Tietyn lajin ja kannan viljelyn pitkä kokemus samoissa olosuhteissa mahdollistaa paikallisten laatustandardien luomisen. Haudonta-ajan kuolleisuudella mitattuna eri lajien hyvänä pidetty mädin kuolleisuustaso vaihtelee laajasti. Vain lohikaloilla suurin osa mädistä yleensä kuoriutuu.

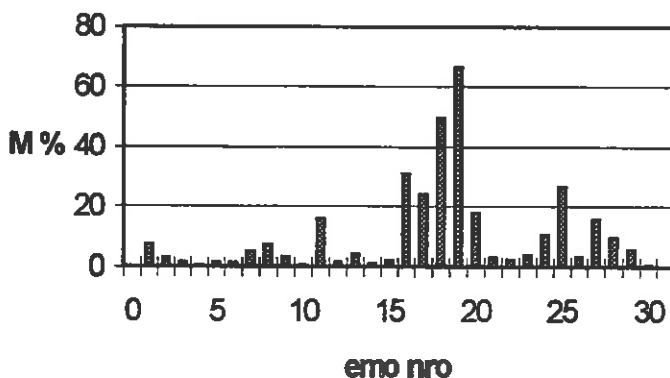
Mädin laatua voidaan tarkastella myös laadun eri osatekijöistä lähtien tuotantoprosessin näkökulmasta. Mädituotannossa laatu voi tarkoittaa esimerkiksi terveystilaa ja geneettistä laatua. Terveystilaan sisältyy emokalojen terveystilanne ja sen

seurantajärjestelmä sekä ennaltaehkäisevät toimenpiteet, joiden avulla estetään emokalojen sairastuminen tai mahdollisten taudinaiheuttajien siirtyminen emoista poikasiin tai viljely-yksiköiden välillä. Geneettisellä laadulla ymmärretään lähinnä mädin alkuperää, emokalojen alkuperän tuntemista, emojen lukumääriä, valintaa ja hedelmöitysmenetelmiä.

Kun on määritelty mitä mädin laadulla tarkoitetaan, tulisi myös määritellä miten laatua voitaisiin mitata. Jotta mittaamisesta olisi käytännön viljelylle jotain hyötyä, se tulisi voida tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja yksinkertaisesti. Laadun mittaaminen säästää haudontakapasiteettia ja työtä, jos sen perusteella voidaan jättää erittäin huonot mätierät pois haudonnasta jo alkuvaiheessa.

Mädin laadun mittareita ovat ulkonäön lisäksi hedelmöittyvyys (ensimmäisen tai toisen alkion solunjakautumisen aikana) ja kuolleisuus silmäpistevaiheessa tai myöhemmin. Hedelmöitystaste on todettu ainakin kirjolohilla ja lohilla hyväksi ennusteeksi myöhemmästä mätivaiheen menestyksestä. Hedelmöitystasteen ja silmäpistevaiheen kuolleisuuden sekä silmäpistevaiheen kuolleisuuden ja myöhemmän varhaiskehityksen menestyksen välillä on hyvä korrelaatio. Näinollen myös silmäpistevaiheen kuolleisuutta voidaan käyttää laadun mittarina. Muilla kuin lohikaloilla mittareina on käytetty mädin kellumisominaisuuksia, ulkonäköön perustuvia tekijöitä, kuten öljypisaroitteen muotoa, ja solunjakaantumisen symmetrisyyttä.

Mädin laatu pitäisi mitata emoyksilöittäin tai perheittäin (kuva 1). On tavallista, että emoparvessa on yksilöitä, joiden mädit voivat kuolla lähes olemattomiin jo haudonnan aikana. Näiden huonojen yksilöiden mädin kuolleisuuden syyn selvittäminen on vaikeaa. Koiraan vaikutus voidaan usein sulkea pois maidin hedelmöittämiskyvyn tarkistamisella. Huonojen mätierien poistaminen varhaisessa haudonnan vaiheessa paitsi säästää myöhemmältä työltä myös pienentää vesihomeen leviämisen riskiä.



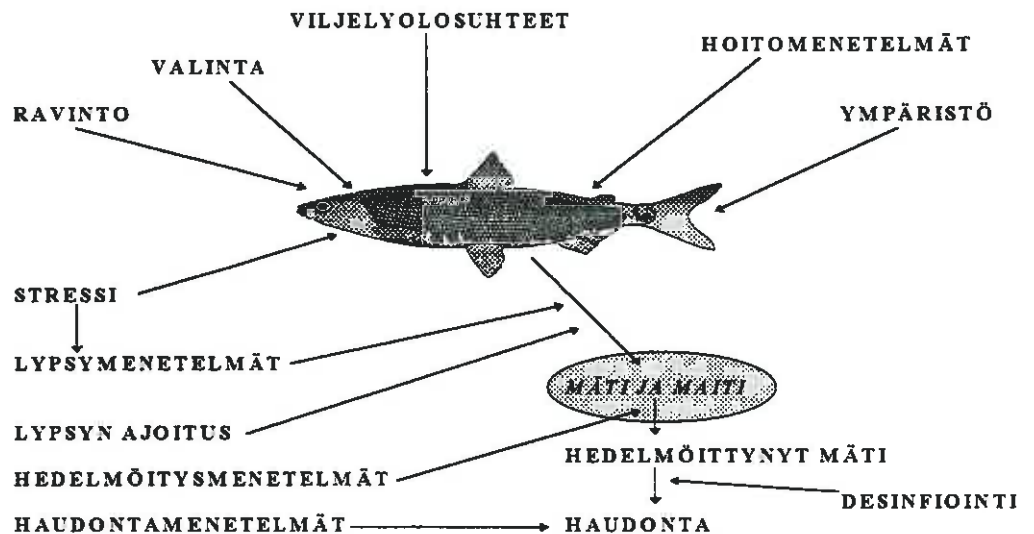
Kuva 1. Kolmenkymmenen Nevan kannan lohien mädin kuolleisuus hedelmöityksestä silmäpistevaiheesta, kuolleisuuden keskiarvo 10,8 %.

Viljelytekijät ja mädin ominaisuudet

Mädin kokoa on monesti pidetty laadun takeena. Monien sekä bioottisten että ympäristötekijöiden on osoitettu vaikuttavan fekunditeettiin ja mädin kokoon. Näiden tekijöiden säätelyllä voidaan päästä kiinni mahdollisuuksiin keinollisesti parantaa ainakin emokalojen tuotannon määrää, mutta myös laatua. Tunnetusti emokalojen koko ja ikä vaikuttaa mädin kokoon ja määrään, mutta myös perinnöllisillä ominaisuuksilla on merkitystä. Perimä vaikuttaa enemmän fekunditeettiin kuin mätimunien kokoon

esimerkiksi eri taimenkannoilla. Ruokinnan määrällä ja sen vuodenaikaisrytmiikalla on suuri vaikutus fekunditeettiin, jonkin verran vaikutusta mädin kokoon, mutta ilmeisen vähän mädin laatuun. Ruokinnan määrä luonnollisesti vaikuttaa emokalojen kasvuun. Suuremmilla emokaloilla on esimerkiksi kirjolohella pienempi suhteellinen fekunditeetti. Tällä on merkitystä mädintuotannon optimimenetelmien kehittämiseksi olosuhteissa, joissa veden määrä, olemassaolevat altaat, kuorimitus jne ovat tärkeitä rajoittavia tekijöitä.

Mädin laatua sääteleviksi tekijöiksi on esitetty monia tekijöitä (kuva 2): emokalojen ravitsemus, yleiset viljelyolosuhteet, emokalojen tai mädin geneettinen rakenne, mädin koko ja kemiallinen koostumus, mädin mikrobistatus ja mädin "kypsyys". Näistä ainakin emokalojen ravitsemustilanteen, emokalojen kokeman stressin, mädin pinnan mikrobikuorman sekä lypsyn ja ovulaation ajoittumisen suhteessa toisiinsa on voitu selvästi osoittaa olevan mädin laatuun vaikuttavia emokalojen hoidosta seuraavia viljelytekijöitä. Lisäksi mädin käsittely lypsyn, hedelmöityksen ja siihen liittyvien toimenpiteiden aikana sekä haudontaolosuhteet vaikuttavat mädin laatuun.



Kuva 2. Mädin laatuun vaikuttavia tekijöitä

Emokalojen ravitsemustilanne

Pääravintoaineiden (rasvat, proteiinit, hiilihydraatit) optimaalisella saannilla on luonnollisesti yhtä suuri merkitys emokalojen elinkyvylle kuin muidenkin elinkierron vaiheen kaloille ja siten merkitystä emokalojen lisääntymisfysiologialle ja niiden tuottaman mädin laadulle. Rehujen pääravintoaineiden optimaalisista pitoisuuksista tai niiden vaihtelun merkityksestä mädin laadulle ei ole olemassa yksiselitteistä käsitystä. Emokalojen ravitsemuksessa onkin kiinnitetty enemmän huomiota rehujen yksittäisten mikroravinteiden pitoisuuksiin ja niiden merkitykseen mädin laadun kannalta. Näitä oleelliseksi osoittautuneita mikroravinteita ovat erityisesti rasvahapot, vitamiinit, karotenoidit ja monet hivenaineet.

Erytisesti pitkäketjuiset monitydyttämättömät rasvahapot emokalojen ravinnossa on havaittu tärkeiksi mädin ja pikkupoikasten laadulle. Näillä rasvahapoilla ja niiden

johdannaisilla, erityisesti fosfolipideillä on tärkeä osa solukalvojen toiminnassa. Yksittäisten rasvahappojen määrän lisäksi emokalojen ravinnossa tulee eri rasvahappojen suhteen olla tasapainoinen.

Vitamiinien ja hivenaineiden pitoisuudet emokalojen ravinnossa heijastuvat mädin pitoisuuksiin. Vitamiinien ja hivenaineiden pitoisuudet mädissä korreloivat joissain tapauksissa mädin elinkelpoisuuden kanssa, mutta usein vasta täydellinen puutos emokalojen rehussa johtaa mädin laadun heikkenemiseen. Antioksidantit, kuten karotenoidit ja E-vitamiini toimivat erityisesti rasvahappojen hapettumista estävinä tekijöinä. Toisaalta liiallisella rasvaliukoisten vitamiinien pitoisuuksilla emokalojen ravinnossa on osoitettu jopa mädin elinkykyä alentavia vaikutuksia.

Emokalojen stressi

Emokalojen viljelyolosuhteet pyritään kokemukseräisesti järjestämään luonnonolosuhteita vastaaviksi aina kun se on mahdollista. Hoidettavuus ja kustannukset sekä menetelmien kehittymättömyys usein kuitenkin johtavat viljelyolosuhteisiin, joiden seurauksena emokalat stressaantuvat. Emokalat kestävät varsinaisen lisääntymisajan ulkopuolella stressiä huomattavan paljon paremmin kuin samojen lajien nuoruusvaiheet. Luonnossakin lohikalojen lisääntyminen pitkine kutuvaelluksineen lienee kaloille valtava rasitus. Toisaalta monien lajien viljelykiertoa ei voida kokonaan hoitaa laitoksissa, koska lisääntyminen häiriytyy viljelyolosuhteiden aiheuttaman stressin seurauksena.

Viljely-ympäristön sinänsä ja emokalojen käsittelyn on todettu vähentävän sekä naaraiden että koiraiden sukupuolihormonitasoja ja välittyvän lisääntymistä säätelevään hormonitoimintaan. Kirjoloheilla on myös havaittu, että stressaantuneiden emokalojen ovulaatio viivästyi ja mätä oli kooltaan pienempää ja sen kuolleisuus oli suurempaa kuin stressaantumattomien emokalojen mädin. Martojen kalojen esiintymisellä viljelyparvissa voi olla yhteyttä viljelyolosuhteiden aiheuttamaan stressiin.

Mikrobien merkitys

Emokalojen kasvatusympäristössä, lypsissä ja haudonnassa käytettävässä vedessä on aina mikrobeja; homeita, bakteereja ja viruksia. Vain harvat näistä ovat suoranaisia kalatautien aiheuttajia. Viljeltyjen kalojen aineenvaihdunnan tuotteet ovat mikrobeille hyvää ravintoa, ja mädin pinta erinomainen kasvualusta. Mädin laadun kannalta mikrobit ovat ensisijaisesti haudonnan aikana ulkoinen tekijä, joka voi pilata laadultaan muuten erinomaisen mädin.

Hautomoiden vesitysjärjestelyillä ja veden käsittelyllä voidaan vähentää sekä vesihomeen että bakteerien määrää vedessä ja mädin pinnalla. Ennaltaehkäisevä hometorjunta on joka tapauksessa lähes aina välttämätöntä, koska vesihome on hankalasti kemikaaleilla tapettavissa, mutta sen kasvu voidaan estää. Mädin desinfioinnin merkitys laadun kannalta on luonnollisesti selvä, jos desinfioinnilla voidaan poistaa taudinaiheuttajia. Meillä lohikalojen viljelyssä olosuhteet ovat useimmiten mikrobistatukseltaan sellaiset, että mädin pinnan kokonaisbakteerimäärän vähentäminen vaikuttaa vain vähän haudonnan lopputulosta parantavasti. Monien muiden lajien viljelyssä tai veden laadun ollessa heikko, desinfioinnilla voidaan mädin kuoriutumistulosta merkittävästi parantaa.

Ovulaatioajan ja lypsyn yhteensovittaminen

Viljelyolosuhteissa useimpien lohikalojen mäti on ovulaation jälkeen lypsettävä, kalat eivät itse kude. Ovulaation jälkeen mäti ”kypsy” kalan ruumiinontelossa ja on optimaalisimmin hedelmöitettävissä tietyn kypsyamisajan jälkeen. Tämä aika vaihtelee eri lajeilla, mutta myös lämpötila vaikuttaa mädin kypsymiseen. Nousevan lämpötilan aikaan keväällä optimaalinen lypsaika on lyhyempi kuin syyskutuisilla kaloilla. Kirjolohella tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että paras hedelmöitystulos saatiin, kun mäti lypsettiin ja hedelmöitettiin 4 - 10 päivää ovulaation jälkeen 10 C-asteen lämpötilassa. Heti ovulaation jälkeen lypsetyt mädit saattavat vahingoittua lypsyssä. Kirjolohella 20 päivää ovulaation jälkeen hedelmöittäminen ei enää ollut mahdollista.

Lypsyn oikeaa ajoittumista pidetään erittäin merkityksellisenä tekijänä mädin laadun kannalta, erityisesti koko tuotantoprosessin taloudellisuutta ajatellen. Emokaloja on lypsaikana tarkkailtava riittävän usein ja usein sama parvi on lypsettävä monessa erässä. Hedelmöitysjärjestelyt on sovittava emokalojen kypsymiseen. Lajit, joiden mäti kypsy lypsettäväksi useassa vaiheessa ovat vielä tässä suhteessa tavallista hankalampia. Lypsyy väistämättä liittyvä kalojen käsittely aiheuttaa kaloille stressiä, millä puolestaan saattaa olla haitallisia vaikutuksia mädin laadulle.

Emoviljelyn kehittäminen

Mädin tai muun alkumateriaalin saatavuus ja laatu ovat vesiviljelyn kehittymisen avainkohtia. Tällä hetkellä emoviljelyn tutkimus keskittyy voimakkaasti muihin kuin lohikaloihin, joiden viljely sekä markkinat ovat voimakkaasti kasvamassa. Esimerkiksi martojen lohikalojen esiintymisen syistä viljelyssä tai meillä tavallisesta siian emoviljelystä ei juurikaan ole muualla tehty tutkimusta. Emoviljelyn kehittäminen on tällä hetkellä optimien yhteensovittamista. Viljelyä voidaan ja halutaan säädellä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Lohikalojen viljelyssä on paljon tietoa geneettisistä, ravitsemuksellisista, terveydellisistä ja taloudellisista viljelyn optimeista. Näiden optimien yhteensovittaminen on tällä hetkellä emoviljelyn kehittämisen suuri haaste.

Kirjallisuutta

Barker, G.A., Smith, S.N. ja Bromage, N.R. 1989. The bacterial flora of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, and brown trout, *Salmo trutta*, eggs and its relationship to developmental success. *J. Fish Diseases* 12:281-293.

Bromage, N.R. ja Roberts, R.J. (toim.) 1995. Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell, Oxford.

Campbell, P.M., Pottinger, T.G. ja Sumpter, J.P. 1992. Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biology of reproduction* 47:1140-1150.

Gall, G.A.E. (toim.) 1992. The rainbow trout. Elsevier Publishers, Amsterdam.

VILJELY-YMPÄRISTÖN VAIKUTUS TAUTI- JA LOISTILANTEESEEN

PÄIVI RINTAMÄKI-KINNUNEN

Oulun yliopisto, Biologian laitos, eläintiede, PL 333, 90571 OULU

Yleistä

Myös luonnonkaloissa esiintyy tauteja ja erityisesti loisia. Harvoin kuitenkaan taudit tai loiset ovat syynä, jos järvessä tai joessa näkyy runsaasti kuolleita kaloja. Useimpien loisten ja niiden isäntäkalojen välille on kehittynyt vuosituhansien kuluessa tasapaino, jolloin loisten määrä ei kasva kalaa kohtuuttomasti rasittavaksi. Loisen elämän kannalta ei ole hyödyllistä tappaa isäntää. Kalanviljely- ja kalankasvatustilanteissa tilanne on toinen. Luonnonvesiä tiheämissä kalaparvissa harmitonkin loinen saattaa aiheuttaa massaesiintymän ja jopa tappaa kalan.

Yksi tärkeimmistä kalalaitosten lois- ja tautitilanteeseen vaikuttavista tekijöistä on se, sijaitseeko laitos meri-, murto- vai sisävesissä. Esimerkiksi Norjan ja Skotlannin mereistä kalanviljelyä kiusaa lohitaï, *Lepeophtheirus salmonis*, joka ei onneksemme viihdy edes murtovedessä. Vibrioosi on tuttu niin meri- kuin murtovesiviljelyssä, mutta jonka aiheuttajakbakteeri, *Vibrio anguillarum*, ei elä sisävesissä. *Gyrodactylus salaris* -lohiloinen on puolestaan tyypillinen sisävesilaji, vaikka sitä on satunnaisesti tavattu murtovesistä. Muita perustavaa laatua olevia viljely-ympäristön tekijöitä ovat veden laatu ja käytettävissä oleva vesimäärä (allastyypä, virtausnopeus) sekä veden lämpötila. Kalatautien puhkeamiseen vaikuttaa myös viljelyrutiinien aiheuttama stressi. Esimerkiksi kylvetykset, lajittelut ja merkkaukset saattavat stressata kaloja ja alentaa niiden vastustuskykyä taudeille.

Jatkossa keskityn sisävesien poikaslaitosten tilanteeseen. Olen seurannut vuodesta 1984 lähtien neljän pohjoissuomalaisen lohi- ja taimenistukkaita tuottavan kalanviljelylaitoksen lois- ja tautitilannetta. Tutkimani laitokset omistaa IVO Tuotantopalvelut Oy (Montta) ja Voimalohi Oy (Raasakka, Ossauskoski ja Kemimaa) ja ne tuottavat 2-vuotiaita smoltteja Oulu-, Ii- ja Kemijoen velvoiteistutuksiin. Kesäisin olen tutkinut näiden laitosten lois- ja tautitilanteen viikoittain tai joka toinen viikko, aina tarpeen mukaan. Talvella käyntejä on ollut harvemmin. Työssä on pyritty ennakoimaan uhkaavat tartunnat ja hoitamaan kaloja vain tarvittaessa. Rutiininomaisia kylpyjä on vältetty. Esittelen seuraavassa näiltä laitoksilta kerättyjä tuloksia ja havaintoja viljely-ympäristön vaikutuksesta sekä siitä mitä viljelijä voi tehdä kalatautien torjumiseksi.

Alkueläinloiset

Valtaosa todetuista haittaa aiheuttavista tartunnoista on ollut alkueläinloisten aiheuttamia. Kalalaitoksilta tavatut alkueläimet eivät ole erityisen lajispesifisiä, useat

luonnon vesien kalalajit ylläpitävät niitä. Esimerkiksi valkopilkkutautia aiheuttava *Ichthyophthirius multifiliis* -ripsieläin on verraten yleinen särjellä (Valtonen & Koskivaara 1994). Tämän takia alkueläimistä ei ole mahdollista päästä kokonaan eroon, niin kauan kun laitos ottaa vetensä joesta tai järvestä. Haitallisia alkueläimiä meillä Suomessa on vain kolme, jo edellä mainittu *I. multifiliis*, costiaasia aiheuttava *Ichthyobodo necator* -siimaeliö ja *Chilodonella*-ripsieläin. Hoitamattomana kukin yleensä tappaa kaloja. Vähemmän vaarallisia ovat esimerkiksi *Trichodina*-, *Riboscyphidia*- ja *Capriniana*- (*Trichophrya*) ripsieläimet, joiden torjunta on tarpeen vain silloin, kun niiden määrä on lisääntynyt hyvin suureksi. Alkueläinloisten kanssa on kuitenkin helppo tulla toimeen, kun oppii niiden pelisäännöt. Nämä pelisäännöt tarkoittavat tiettyä johdonmukaisuutta ja ennustettavuutta loisten esiintymisessä, kalan iän ja lajin, allastyypin ja vuodenajan suhteen. Samojen loislajien havaittiin esiintyvän vuodesta toiseen samansuuntaisin esiintymistiheyksin. Esimerkiksi costiaasia ja *Chilodonella*-loista esiintyi lähinnä ensimmäisen kesän viljelyssä mutta valkopilkkutautia 1-vuotiailla kaloilla heinä-elokuussa maa-altaissa. Myös muita alkueläimiä esiintyi useammin 1- kuin 0-vuotiailla kaloilla.

Gyrodactylus salaris ja muut monisoluiset loiset

Gyrodactylus salaris ei ole Itämereen vaeltavalle lohelle yhtä haitallinen kuin Atlantin valtameren vaeltavalle lohelle, mutta voi lisätä myös meillä kalakuolleisuutta kuten tapahtui Ossauskoskella vuonna 1987 (Rintamäki 1989). Koska loisen torjuminen on alkueläimiä hankalampaa, esimerkiksi formaliini tehoaa heikosti, ei *G. salaris* -loisen esiintyminen ole suotavaa puhumattakaan sen Tenojokeen leviämisvaarasta. Tutkimillani laitoksilla *G. salaris* -loista on esiintynyt säännöllisesti lohenpoikasilla 1980-luvulla, paitsi Montassa, jossa loinen on löytynyt pelkästään emolohista. Taimenista sitä ei ole tavattu. Kuluvalla vuosikymmenellä olen löytänyt *G. salaris* -loisen vain muutaman kerran, enkä lainkaan Ossauskoskelta. Toisin kuin alkueläimillä vain lohikalat, useimmin lohi ja kirjolohi, ylläpitävät *G. salaris* -kantoja. Jos yläpuolisessa vesistössä ei ole näitä kaloja, on loisesta toiveita päästä eroon. Hyvänä esimerkkinä toimii Kemimaan laitos, josta loinen hävisi sen myötä, kun laitoksella siirryttiin käyttämään pelkästään Isohaaran padon yläpuolelta otettua vettä vuonna 1992.

Muista monisoluisista loisista ainoastaan kalatäitä (*Argulus* spp.) on esiintynyt haitaksi asti yhdellä laitoksella neljästä. Montassa kalatäitä löytyi erityisesti siikaemoista 1980-luvulla, mutta viime kesänä loista esiintyi ensimmäisen kerran runsaasti myös 1-vuotiailla meritaimenilla, joita viljeltiin maalammikossa. Kyseisessä tapauksessa taimenet nuotattiin kahdeksi viikoksi pyöröaltaisiin, jonka aikana maa-allas tyhjennettiin vedestä ja kalkittiin. Operaation jälkeen kalat siirrettiin takaisin, ja näin ongelmasta päästiin eroon.

Kalatain lisäksi loiskaihia aiheuttavan *Diplostomum*-silmäloisen esiintymiseen allastyypillä on merkitystä. Jos altaassa tai laitoksen vedenottoaikan läheisyydessä on runsaasti kotiloita (*Diplostomum*-loisen väli-isäntä ennen kalaa), saattaa loista esiintyä runsaasti kaloissa. Jonkin verran merkitystä on myös lokkilintujen (loisen pääisäntä) määrällä laitoksen yllä. Loinenhan leviää myös lokin ulosteiden välityksellä.

Tutkimillani laitoksilla, *Diplostomum*-loista on tavattu vain yksittäisillä maalammikoiden kaloilla, yleensä 1 loinen per silmän linssi.

Paisetauti

Aeromonas salmonicida -bakteerin tyypillisen kannan aiheuttama paisetauti löytyi ensimmäisen kerran Suomesta kahdelta tutkimallani laitokselta, Raasakasta ja Keminkaualta vuonna 1986. Taudin alkuperäksi osoittautui merestä lypsyä varten pyydytyt ja laitokselle säilytykseen tuodut emokalot. Sitten tauti on todettu myös Ossauskoskelta ja Montasta (Taulukko 1). Alkuperänsä hälvettyä havaittiin, että paisetauti on helppo saada hallintaan kunhan ollaan valppaana: kun näytteet otetaan heti oireiden ilmaannuttua ja hoito aloitetaan välittömästi bakteerin toteamisen jälkeen. Paisetaudista päästiin jopa kokonaan eroon Raasakassa ja Keminkaualta muutamaksi vuodeksi, kun luovuttiin emokalapyynnistä ja meritaimenen viljelystä (Taulukko 1). Meritaimen on havaittu lohta herkemäksi sekä paisetaudille että epätyypillisten *A. salmonicida* -kantojen (esimerkiksi ASA) aiheuttamille tartunnoille. *A. salmonicida* -tartunnoissa on havaittu tietyt säännöt, jotka helpottavat taudin ennakoimista. Esimerkiksi bakteeri ei ole ongelmana talvella. ASA-tartuntaan sairastuvat yleensä 0-vuotiaat taimenet elokuussa mutta paisetauti on todettu useimmin 1-vuotiaista kaloista kesäkuussa, heti kun vesi on lämmennyt noin 15 °C:een.

Ongelmataudit

Flavobakteeritartunnat (käsittäen *Flexibacter*- ja *Cytophaga*-suvut) ovat usein olleet paisetautia harmillisempia tutkimillani laitoksilla. Esimerkiksi vuosina 1988-1992 keskimäärin yli viidesosassa tutkituista altaista todettiin flavobakteereja evä-, iho- tai kidusvaurioista sekä kuolleisuuden lisääntyminen. Tartuntojen hoito on ollut monesti vaikeaa ja talviaikaan lähes mahdotonta. Flavobakteeritartuntoistakin on löytynyt tiettyjä säännönmukaisuuksia. Lohelta niitä on todettu taimenta useammin. Talvella ja keväällä ovat vallitsevia pyrstöoireet, kesällä puolestaan kidusoireet.

Aina esiintyessään sienitaudit ovat olleet ongelmallisia. Esimerkiksi talvella uimarakkoon pesiytyvä *Phoma* sp. tai *Verticillium lecanii* -sieni (Aho ym. 1989) tappaa kesänvanhoja lohia. Missä vaiheessa kala saa sienien itiöitä uimarakkoonsa on arvoitus. Hoitokeinoa tautiin ei myöskään ole keksitty. Useinmiten uimarakkosieni on kuitenkin todettu vain yksittäisistä lohista. Toisinaan talvella runsaana esiintyvään "vesihomeeseen" (*Saprolegnia*-sieni) ei siihenkään ole löydetty tehokasta hoitoa. Vesihometartuntoihin on usein ollut helppo löytää altistavia tekijöitä, kuten emokalojen lypsystä vaurioituminen, paksu jääkansi altaassa tai aiemmat flavobakteeritartunnat. Yhdessä erikoistapauksessa, valuvat 1-vuotiaat koiraat kuolivat talven mittaan vesihomeeseen, kun kyseisestä parvesta oli syksyllä nuotattu kaloja merkkeistä varten.

Johtopäätökset

Toistakymmentä vuotta jatkunut säännöllinen kalatautitarkkailu on osoittanut, että tautien ja loisten kanssa pystyy elämään ja ne ovat jopa tarpeellisia luontoon istutettaville kaloille. Kaloja tulee kuitenkin tarkkailla ja tutkia säännöllisesti ja oppia

tietämään, mitkä loiset ja taudit vaativat hoitoa, mitkä eivät. Täten on mahdollista pitää kalakuolleisuus jopa nollassa tai matalalla tasolla ilman, että jatkuvasti lisätään altaisiin kaloja ja ympäristöä stressaavia kemikaaleja tai antibiootteja. Esimerkiksi tutkimillani laitoksilla paisetaudin lohelle aiheuttama kuolleisuus on viime vuosina jäänyt yleensä alle 1 % tautialtaassa, kun hoito on aloitettu ajoissa heti bakteerin toteamisen jälkeen. Kalojen hyvä hoito ja hyvä laitoshygienia ovat perusedellytys kalatautien ennaltaehkäisyssä. Lisäksi huolellinen eri toimenpiteiden (todetut loiset ja taudit, hoidot, kuolleisuudet, ruokinta, kalatiheys, veden laatu) kirjaaminen ylös auttaa, kun pohditaan altistavia tekijöitä ja niiden korjaamista sekä kun pyritään ennakoimaan uudet tartunnat. Vaikka viljely-ympäristö vaikuttaa tautien ja loisten esiintymiseen suuresti, on kuitenkin syytä pitää mielessä, että varminmin loiset ja taudit siirtyvät elävien kalojen mukana.

Kirjallisuus

Aho R, Koski P, Salonen A & Rintamäki P (1988) Fungal swimbladder infection in farmed Baltic salmon (*Salmo salar* L.) caused by *Verticillium lecanii*. *Mycoses* 31: 208-212.

Rintamäki P (1989) *Gyrodactylus salaris* at a fish farm in northern Finland. In: Bauer ON (ed) *Parasites of Freshwater Fishes of North-West Europe*. Institute of Biology, USSR Academy of Sciences, Karelian Branch, Petrozavodsk, p 123-130.

Rintamäki P & Valtonen ET (1991) *Aeromonas salmonicida* in Finland: pathological problems associated with atypical and typical strains. *J Fish Dis* 14: 323-331.

Rintamäki P, Torpström H & Bloigu A (1994) *Chilodonella* spp. at four fish farms in northern Finland. *J Euk Microbiol* 41: 602-607.

Rintamäki-Kinnunen P & Valtonen ET (1996) Finnish salmon resistant to *Gyrodactylus salaris*: a long-term study at fish farms. *Int J Parasitol* 26: 723-732.

Rintamäki-Kinnunen P & Valtonen ET (1997) Epizootiology of protozoans in farmed salmonids at northern latitudes. *Int J Parasitol* 27: 89-99.

Rintamäki-Kinnunen P, Bernardet J-F & Bloigu A (1997) Yellow pigmented filamentous bacteria connected to farmed fish mortality. *Aquaculture* 149: 1-14.

Valtonen ET & Koskivaara M (1994) Relationships between the parasites of some wild and cultured fishes in two lakes and a fish farm in central Finland. *Int J Parasitol* 24: 109-118.

Taulukko 1. *Aeromonas salmonicida* -bakteerin esiintyminen (+/-) eri vuosina neljällä pohjoissuomalaisella kalanviljelylaitoksella.

	kalalaji	ikä	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Tyypillinen <i>A. salmonicida</i>															
Montta	lohi	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	meritaimen	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	järvitaimen	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Raasakka	lohi	0	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	meritaimen	1	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Keminmaa	lohi	1	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+
	meritaimen	1	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
	1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
Ossauskoski	lohi	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epätyypillinen <i>A. salmonicida</i>	Montta	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	lohi	0	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	meritaimen	0	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	1	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	0	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Raasakka	lohi	1	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
meritaimen	0	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

a = achromogeeninen muoto (ASA), x = pigmenttiä tuottava muoto (ASX), tyhjä = laitoksella ei ko. kalaikäryhmää

YMPÄRISTÖN SÄÄTELY VILJELYSSÄ

ANTTI SOIVIO

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Elinkeinokalatalouden tutkimus, PL 6, 00721 HELSINKI

Kalan elämä, niin luonnossa kuin viljelyssäkin, on jatkuvaa sopeutumista muuttuviin ympäristöoloihin. Jokainen sopeutumisprosessi vaikuttaa omalla tavallaan kalan kokonaistoimintaan.

Muuttumattomissa ympäristöoloissa elintoiminnat ovat tasapainossa keskenään. Tämä tasapaino häiriintyy herkästi jonkin toimintasektorin joutuessa yliaktiiviseksi. Esimerkiksi voidaan ottaa tuttu juttu viljelyveden happipitoisuudesta. Veden happipitoisuuden laskiessa kalan hengitys tehostuu ja kuluttaa pahimmillaan yli puolet kalan käytössä olevasta energiasta mm. kiihtyneiden hengitysliikkeiden johdosta. Tämä on ymmärrettävästi poissa mm. kasvusta. Pitempään jatkuessaan vähähappisuus johtaa joihinkin sopeutumiin, joista voidaan mainita esim. kiduslehdyköiden pinta-alan kasvu. Tämä johtaa mm. hengitysepiteelin ohenemiseen, jolloin hapen on helpompi päästä vedestä verenkierron kautta elimistön käyttöön. Kun nämäkään sopeutumukset eivät riitä kudosten riittävän hapensaannin turvaamiseen, turpoavat kalan punasolut ja niiden osuus veren kokonaistilavuudesta saattaa kasvaa jopa 20%. Tämä vaikeuttaa veren liikkeitä erityisesti hiussuonistossa ja lisää sydämen kuormaa ja energiankulutusta. Toisaalta viimeksimainitun sopeutuman seurauksena punasolut kykenevät ottamaan vähähappisesta vedestä tavallista suuremman happikuorman kudosten tarpeisiin. Tutkimukset ovat osoittaneet tämän johtuvan siitä, että punasolujen turvotessa niiden adenosiinitrifosfaatin (ATP) pitoisuus alenee. Tämän kemiallisen energian vähentyessä punasolussa hemoglobiinimolekyylin rakenne muuttuu. Vaikka tämä viimeinen keino on erittäin tehokas hapenkuljetuksen tehostaja, pitkäaikaisena sopeutumana se johtaa mm. kasvun hidastumiseen. Kuvattua tapahtumaketjua voidaan tietysti soveltaa toisinkin päin; happipulan uhatessa, esim. veden lämmitessä, on viisasta hyvissä ajoin vähentää ruokintaa, jotta punasolujen ATP-pitoisuus saataisiin alenemaan ja kala näin paremmin sopeutumaan vähähappisuuteen.

Vesa Määtän esityksessä käsitellään ansiokkaasti erilaisten ympäristötekijöiden vaikutusta sukukypsyyteen ja jopa fekunditeettiin. Näistä ilmeisesti valon osuus on eniten tutkittu ja parhaiten selvitetty kokonaisuus varsinkin kirjolohen kohdalla. Valaistusrytmeihin kyetään kutuaikaa säätelemään, jopa lisäämään vuoteen toinen kutuaika. Norjalaisessa viljelyssä lohen ja kirjolohen ensikutua viivästäetään tuloksellisesti poistamalla vuodenaikainen valorytmitys ja viljemällä kalat jatkuvassa valossa. Tämä parantaa myös kalojen kasvua ja samalla rasvaisuutta ruokinta-aikojen pidentyessä. Viljelyrytmejä suunniteltaessa tulee kunnioittaa kalojen luontaisia, luonnon olosuhteiden vuoksi jäljelle jääneitä, rytmejä. Esim. emokalaviljelyssä suomalaisia lohikaloja on itsepintaisesti pyritty opettamaan virka-ajan mukaisesti valorytmeihin talvisaikaan, vaikka kalat luonnossa ovat vuosituhansien ajan sopeutuneet valmistautumaan kutuun joko talvisen jääpeitteen alla tai Itämeren lohen kyseessä ollen syönnösvaelluksellaan Bornholmin vesillä. Istukastuotannossa hoidon ja valaistuksen "virka-aika" vääristää kalan myöhempiä elämäntoimintoja. 1980-luvulla oli jakso,

jolloin jopa ulkoaltaissa pyrittiin tehokasvatukseen mm. ruokkimalla kaloja talvellakin päivittäin ja virittelemällä allasalueille valopylväitä, osin karkoittamaan varkaita, osin helpottamaan viljelytoimia, mutta aina häiritsemään istukkaiden luonnonmukaista kehittymissä. Tällöin päästiin useilla laitoksilla siihen, että 50% istukkaista oli viimeisenä laitossyksynään, merkintäaikaan, vuotavia kolleja! Vaikka luonnonoloissakin esiintyy kudulla esisukukypsiä koiraita ovat ne kuitenkin harvinaisia. Kun kehittelem Määtän (tässä monisteessa) esittelemästä "ikkuna"-ajatuksesta tehollista istukastuotantomallia, joudun palaamaan luonnonmukaiseen tuotteeseen. Luonnossa lohenoikas ravinto talvella on kirjaimellisesti kiven alla ja ympäröivä maailma lähes täysin valorytmitön useita kuukausia keskitalvella. Kevään koittaessa valoa on runsaasti tarjolla, mutta ravinto on silloinkin tiukalla, koska syöjiä on runsaasti. Poikaspopulaation harventuessa ravinnon saatavuus kesällä paranee, mutta poikasen ravinnon luonnonmukaisen elämän johdosta ruoka syksyllä vähenee syöjien koon kasvaessa. Näin päädytään juuri tuohon ikkuna-ajatukseen ravitsemuspuoleen. Pienet paastot alkukesästä ja syksyllä viivyttävät sukukypsyyden puhkeamista. Tätä tukee myös valaistuksen virka-ajasta luopuminen talvisaikaan. Muistakaa, että laitospoikasen kuntokerroin nykyään on n. 25% korkeampi kuin luonnonpoikasen ja selviytyminen syönnösvaelluksella luonnonmoltia verrattomasti heikompi.

Kalaa stressi haittaa siinä kuin viljelijäänsäkin, joskin se kohtuuttomasti on ensisijaisesti viljelijän aiheuttamaa. Ympäristöstressin vaikutusmekanismit ovat melko hyvin selvitettyjä: Stressin aiheuttaja, joka voi olla lähes mikä hyvänsä totutusta poikkeava ympäristömuutos laukaisee kalan väliaivojen pohjassa, hypothalamuksessa, stressivasteiden ilmenemisen kahta eri tietä. Se kykenee laukaisemaan sekä hermostolliset että hormonaaliset vasteet. Edelliset aiheuttavat erittäin nopean adrenaliinin erityksen kalan lisämunuaisissa olevista soluista, joihin nämä aineet ovat varastoituneina. Jälkimmäinen laukeaa aivolisäkkeen erittämän hormonin ärsyttäessä kortikosteroideja (mm. kortisolia) erittävät solut kalan lisämunuaiskudoksessa. Näiden "häätäreaktioiden" vaikutukset kohdistuvat lähinnä munuaisiin, kiduksiin, maksaan ja verenkiertosysteemiin. Nämä häätäreaktiot ovat elimistön puolustusmekanismien laukeamia, usein kaikki tai ei mitään periaatteella. Niiden hienosäätö on erinomaisen heikosti kehittynyt ja niinpä häiriön alkuvaiheessa elimistön "suojamekanismit" toimivat aina täydellä teholla. Stressin pitkäaikaiset haittavaikutukset ovat pahimmillaan, jos näitä mekanismeja jatkuvasti käynnistetään tai pidetään jopa jatkuvasti käynnissä. Tällöin joudutaan usein silmäysten mm. sen kanssa, että stressin vaatiessa elimistöön enemmän adrenaliinia, sen tuotantoprosessin sivuvaikutuksena saadaan aikaan ovulaation viivästyminen adrenaliinin esiasteen, dopamiinin, estäessä ovulaatiota säätelevän hormoniketjun toimintaa. Koirailakin samantapainen ilmiö on havaittavissa, koska stressin vaikutuksesta erittyvä kortisoli vähentää testosteronin l. koirashormonin muodostumista. Tämä taas hidastaa siittiörauhasten kehittymistä. Syyskutuisilla kaloilla voidaan joutua tilanteeseen, jossa lämpötilan lasku voimakkaasti tehostaa stressin aloittamaa lisääntymissyklin viivästyminen. Menetelmää ei kuitenkaan tule soveltaa eteläisten laitosten ennenaikaisen kudun viivästyttämiseen. Keväisiä hankaluuksia ajatellen on paljon parempi hankkia laitoksen hautomoon mädin jäähdytyslaitteisto, jolla keväinen kehitys siirretään lämpenevän veden aikaan.

Stressaantumista aiheuttavia viljelyn "normaaleja" tapahtumia on runsaasti. Esimerkkeinä voidaan mainita, että työvuoron alkamiseen aamulla liittyvät toimet usein aiheuttavat kaloissa verensokerin kohoamisen stressiä osoittavalle tasolle. Samankaltaisia oireita aiheuttaa valojen sytyttely ja sammuttelu. Valaistus olisi viisasta varustaa sytyttämistä ja sammumista hidastavalla himmentimellä ja automatiikalla, joka hoitaisi homman säännöllisesti eikä esim. vain työpäivinä. Kalaparven päivittäinen

tihentyminen, auringon valaistessa osan altaasta liian kirkkaasti tai viereisen käytävän liikenteen aiheuttamana laukaisevat stressin, joka yleensä aliarvioidaan poikastuotannossa. Jatkuvana, jokapäiväisenä ilmiönä se aikaansaa paljon hallaa. Samoin tarpeeton autolla ajelu ja kävely allasalueella samoin kuin muukin "reipas" toiminta kalanhoitotehtävissä. Toisaalta kalat saattavat osittain sopeutua aluksi stressaaviin kokemuksiin. Esim. käsiruokinnan aikaan tehdyn havainnon mukaan ruokkijan askeläänät keräsivät kalat ruokintapaikalle, mutta ruokinta-ajasta poikkeava kävely allasreunoilla karkoitti kalat.

Kalat ovat kehityksensä aikana sopeutuneet tietyihin ympäristöihin (LUE: Kalalaji on poistunut, siirtymällä tai tuhoutumalla paikasta, joka ei ole sille suotuisa - rasittaa liiaksi sen elintoimintoja). Viljelyssä on kuitenkin paljon sellaista, joka ei ole sopuisuudessa edellisen ajattelutavan kanssa. Niinpä jokipoikasten kasvattaminen tiheässä parvessa, jota tahattomasti saatetaan vielä häiritsemällä tihentää, sotii sitä tietoa vastaan, että parri on reviirikala. Liian innokkaasti on tässä otettu käyttöön ajatus siitä, että luonnossa jokipoikasen reviiirit ovat ravintoreviirejä. Tehokkaastakin ruokinnasta huolimatta laitossoloissa joudutaan usein toteamaan kaloissa myös viljelytiheyden aiheuttamia stressivasteita: sairauksia, jotka ovat seurausta ylitiheyden aiheuttamasta elimistön valkosolujen vähenemisestä sekä immunovasteen alenemisestä. Usien tähän liittyy myös pintaliman erittäminen ihon suojaksi sen tuottamista suuremmalla nopeudella, jolloin ihoon jo pienistäkin sivukosketuksista syntyy haavaumia ja pintavauriot tulehtuvat. Suurin osa kuvatuista ilmiöistä on stressivasteen yhteydessä vapautuneen kortisolin aikaansaamia. Luonnossa parven ylitiheys poistuu luontaisesti ravinnon puutteen vuoksi. Kasvussa jälkeenjäävät kalat eivät kykene puolustamaan reviiiriään vaan väistyvät. Viljelyssä runsas ruokinta poistaa kuvattun luonnonvalinnan mekanismin, mutta laukaisee uusia - sairaudet ja loisit tulevat kuvaan.

Vielä vedestä stressin aiheuttajana. Suomalaiset kalalaitokset on yleensä perustettu hyvälaatuisen veden äärelle. Istukastuotannossa vesi yleisesti otetaan yläjuoksulta ja viemäroidään käytön jälkeen alavetisten kiusaksi. Veden laatu ei näinollen ole yksittäisen viljelijän huoli - yläjuoksulla. Vesireitin varrelle saattaa nousta teollisuutta ja maanviljelyyn on suunnattu avustusmekanismeja, jotka ovat aiheuttaneet vesistöjen rehevöitymistä. Nykyään eivät nämä haitat juurikaan tuota poikasviljelyssä huolia, lukuunottamatta sulavesien happamoitumista Pohjois-Suomessa ja alunan vaikutuksia Pohjanmaalla. Vesiasiat ovat yleensä olleet kunnossa laitoksia perustettaessa ja vedenkulutuksen ollessa pientä. Viljelyprosessien ja rehujen koostumuksessa tapahtuneesta kehityksestä huolimatta aiheuttavat nimenomaan päästöpuolen vedet viljelykselle koviakin rajoituksia. Siitä huolimatta on havaittavissa, että tuotannon kappalemääriä on lisätty, jopa runsaasti yli laitoksien laskennallisten tuotantoarvojen. Päästörajoissa pysyminen johtaa rehun säästöyrityksiin, jonka haitallisia vaikutuksia kalanpoikasten kasvanut tiheystressi saattaa lisätä. Tilannehan on luonnonvesistä tuttu - ravinnon määrän vähentyessä osa yksilöistä kuitenkin "tekee päätöksen" viipyä jokialueella tavanomaista kauemmin, ottaa yhden tai kaksi ylimääräistä vuotta smolttiutuakseen, "osuakseen ikkunaan". Viljelijän ajattelusta johtuen laituskala on huonommassa asemassa, uusi mätierä alkaa lämpöhaudonnassa kuoriutua ja jatkokasvatukselle on tehtävä tilaa. Edelliset ikäluokat väistykööt jokeen varhain keväällä eivätkä ehdi löytää itselleen sopivaa reviiiriä ennen kuin kevättulva huuhtoo ne ennenaikaisesti meren armoille

Sopii siis miettiä mm. miksei kalan kutu onnistu, kuten ennen, miksi haudonnassa on tappioita, eivätkö rehut olekaan parantuneet, kun kasvu ei tyydyttävästi ole lisääntynyt ja sairaudetkin kiusoittelevat eri kokoisia poikasia, loisista nyt puhumattakaan. Ja

myöskin miksi 80-luvulla tulosta tuottanut istutustoiminta ei olekaan enää yhtä tuloksellista. Löytyisikö syy viljelyn "tehokkuudesta", joka on muuttanut kalan ympäristöoloja laitoksillamme. On muistettava, että viljeltäväkin kala on lajikehityksensä tulos, jota ei ilman haittoja voi sopeuttaa aivan uusille tavoille. Kokiessaan olonsa uhatuksi, se osaa edelleen väistyä reviiriltään, laitoksilla kaatopaikalle.

Kirjallisuutta:

Gall, G. A. E., (Toim.) 1992, The rainbow trout, Aquaculture, 100, 1 - 3, 339 s.

Pickering, A. D., (Toim.), 1981, Stress and fish, Academic press, London, 367 s.

Rankin, J. C., Pitcher, T. J. ja Duggan R. T., 1983, Control processes in fish physiology, Croom Helm, London, 298 s.

LÄMPÖSTARTTI

ARI SAVIKKO

Riista-ja kalatalouden tutkimuslaitos, Tornionjoen kalanviljelylaitos, 99300 Muonio

1. Johdanto

Lämminvesiviljelyä kokeiltiin Suomessa jo 60-luvulla, mutta se yleistyi myöhemmin tekniikan kehittymisen myötä. Lämminvesiviljelyä käytetään yleisesti kirjolohen kasvatuksessa, mutta myös lohen ja taimenen viljelyssä.

Lämminvesiviljelyn etuna on, suuremman poikasen lisäksi, viljelyolosuhteitten kontrolloitavuus. Lämmityksellä voidaan varmistaa starttiruokinnan onnistuminen huonoissakin olosuhteissa. Lämmityksen avulla voidaan myös ”rytmittää” viljelykiertoa laitokselle sopivaksi.

Koska lohen ja kirjolohen lämminvesiviljely poikkeaa toisistaan niin paljon, keskitytään tässä esityksessä pelkästään lohen lämpöstarttiin.

2. Lämpötilat

Lohelle sopiva starttilämpötila on 10-12 astetta. Startti onnistuu myös kylmemmillä lämpötiloilla, mutta kala ei opi syömään yhtä nopeasti. Myös starttitappio on usein kylmemmillä vesillä suurempi.

Lämpötilaa voidaan pitää 8-9 asteessa niin kauan kuin lohella on ruskuaispussia jäljellä ja juuri ennen starttiruokinnan aloittamista nostaa 2-3 asteella. Veden lämmittäminen lohen optimilämpötilaan (15-18 astetta) nostaa lämminvesiviljelyn hintaa niin paljon, että se ei ole taloudellisesti kannattavaa verrattuna siitä saatavaan hyötyyn.

Lämminvesiviljelyn etuna on viljelyn ennakoitavuus. Vedenlämpötila pysyy koko viljelyn ajan halutussa lämpötilassa. Näin hyvällä viljelyn suunnittelulla voi starttiajankohdan määrätä etukäteen. Tornionjoen kalanviljelylaitoksella kuoriutumisesta starttiin lämminvesiviljelyssä on kulunut vedenlämpötilasta riippuen 24-37 vuorokautta (218,3-278,8 päiväastetta). Veden keskilämpötila on vaihdellut 7,5-9,1 asteen välillä. Yleisimpänä aikana kuoriutumisesta starttiin voidaan pitää 30-31 vuorokautta.

3. Starttitiheys

Tornionjoen kalanviljelylaitoksella starttitiheys on vaihdellut 4000 kpl/neliö, jopa 8400 kpl/neliö. Suuriakin starttitiheyksiä voidaan käyttää jos kalat pystytään harventamaan aikaisessa vaiheessa. Suurilla tiheyksillä startatessa on loisariski moninkertainen ja lopputulos saattaa olla hunompi kuin ”normaaleilla” tiheyksillä.

Starttialtaina käytetään 3,3 neliön lasikuitualtainta. Kalat siirretään kaukaloista altaisiin n.10 päivää ennen starttia. ”Normaalitiheytenä” on käytetty n.6000 kpl/neliö (virtaama

0,25 l/s/allas). Pieniä virtaamia käytettäessä tämäkin tiheys vaatii kalojen harvennuksen 2-3 kuukauden päästä startista.

4. Starttiruokinta

Ruokinta on tapahtunut automaateilla. Ruokinnan alussa on käytetty 0,3 mm rehua, kunnes kalat ovat ”oppineet” syömään. Tämän jälkeen on sekoitettu 0,3 ja 0,6 mm rehua keskenään ja sitten siirrytty pelkästään 0,6 mm rehuun.

Lämpöstartissa lämpötila pysyy vakiona, joten energiantarve kasvaa tasaisemmin kalan kasvaessa kuin normaalistartissa, jossa tapahtuu lämpötilan heilahteluja. Totutusruokinnassa kaloille annetaan vain n. 5% energiantarpeesta. Kun kalat ovat oppineet syömään, ruokintaa lisätään vähitellen. Liikaruokintaa pitää erityisesti ruokinnan alkuvaiheessa varoa, sillä pienen poikasen kidukset tukkeutuvat helposti ylimääräisestä kiintoaineesta.

5. Riskit ja niiden hallinta

5.1 Kaasujen ylikyllästys

Kaasujen ylikyllästys vallitsee silloin, kun kaasujen kokonaismäärä vedessä ylittää määrän joka voi liueta veteen. Näin tapahtuu mm. vesivoimalaitoksissa, vesiputouksissa, vettä johdattaessa paineeseen putkeen ja veden nopea lämpeneminen saa helposti aikaan ylikyllästystilan.

Ylikyllästystila aiheuttaa kalassa kaasukuplataudin jossa kaasut muodostavat kuplia verisuonistoon. Ylikyllästys voi myös herkistää kidussairauksien syntyyn.

Happi yksin ei yleensä ole ongelma ylikyllästyneenä (ylikyllästys kohottava n. 350 %), vaan yhdessä typen kanssa. Typpi ylikyllästyneenä voi yksinkin aiheuttaa ongelmia. Viljelyvedessä kaasujen kokonaispaine ei saisi ylittää 105 % ja typen ylikyllästys, kalan koosta riippuen 102-117. Vastakuoriutuneelle kalalle saattaa pienikin ylikyllästys aiheuttaa ongelmia.

.Kaasujen ylikyllästyksestä pääsee helpoimmin eroon ilmastamalla ylikyllästynyt vesi. Ilmastus voi tapahtua esim. johtamalla vesi reijitettyjen kennojen läpi. Ilmastimen tulee olla riittävän suuri että ilmastus ehtii tapahtua. Ilmastinta ei saa suojata tiiviisti, sillä se heikentää ilmastimen tehoa huomattavasti.

5.2 Loiset vedenkierrätyksessä

Kun vedenkierrätys viljelyn alkuvaiheessa voi olla jopa puolet vesimäärästä on vaarana, että ”kierrätetään” loisia altaasta toiseen. Jos kaloista löytyy loisia on kierrätys otettava pois kylvetyksen ajaksi ja annettava veden vaihtua kunnolla.

Kierrätystä kannattaa pienentää heti, jos ongelmia alkaa ilmetä. Jos kylvetyksistä huolimatta loisongelmia esiintyy, kannattaa, jos mahdollista, jättää kierrätys kokonaan pois.

5.3 Laiteviat

Yleisimmät laiteviat koskevat pumppuja ja sähkölaitteita. Ennen lämminvesiviljelyn aloittamista on syytä käydä läpi kaikki prosessin laitteet. Pumput täytyy huoltaa säännöllisesti. Kriittisimmille pumpuille kannattaa varata varapumput jotka voidaan vaihtaa ”lennosta”. Myös varajärjestelmä kannattaa huoltaa ennen lämmityskauden alkua.

5.4 Sähkökatkot

Lämminvesiviljelyssä tarvitaan yleensä sähköä, joten sähköhäiriöiden varalta varajärjestelmä on välttämätön.

Varavirtalähteenä käytetään yleensä aggregaattia joka huolehtii virrantuotosta sähköhäiriön aikana.

Aggregaatti kannattaa kockäyttää säännöllisin vlein, sillä voi mennä pitkiäkin aikoja, että varavoimaa ei tarvita.

6. Kustannukset

Tornionjoen kalanviljelylaitoksella vedenlämmitysjakso kestää n.4 kuukautta. Sähköä lämmitysprosessiin menee n.150 000 kwh. Muoniossa sähkönhinta oli 1996 0,29 mk/kwh.Vedenlämmityksen hinnaksi tuli n. 43 500 mk. Lämminvesiosaston korjaus ja huoltokulut on n.10 000 vuosi.

700 000 lämminvesiviljelyyn lohen lisäkustannukset normaaliviljelyyn verrattuna on n. 53 000 mk. Lämminvesiviljelyssä saadaan 1-v lohi 5-6 g painoiseksi.5 g lohen listahinta on (1996) 1,81 mk/kpl. 700 000 kpl 5 g lohen arvo on 1 267 000 mk.

Normaaliviljelty 1-v lohi painaa 2-3 g. Listahinnaltaan 2 g lohi on (1996) 1,04 mk/kpl. 700 000 kpl 2 g lohen arvo on 728 000 mk. Vähennettynä lämmitys-, huolto- ja rehukulut saadaan 700 000 kpl 5 g 1-vuotiaan lohen arvoksi n. 1 176 000 mk ja 700 000 kpl 2 g 1-vuotiaan lohen arvoksi n. 908 000 mk.

Suurin hyöty saadaan kuitenkin istutusten vaikuttavuudesta. Lämminvesiviljelty 1-vuotias lohi-istukas viettää istutuksen jälkeen vain vuoden joessa ja lähtee vaellukselle.

Normaaliviljelty viettää joessa 2-3 vuotta, joten poikastappio joessa on huomattavasti suurempi kuin isommilla lämpöstartatuilla poikasilla.

7. Kirjallisuus

Iivari, J. 1996. Poikastuotannon hienosäätö verrattuna peruspoikasen tuotantoon. - Makkonen, J. & Pursiainen, M. (toim.), Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi. Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät. RKTL. Kalatutkimuksia-Fiskundersökningar 110: 64-67

Mäkinen, T., Ruohonen, K., Klein, P. 1985. Kaasujen ylikyllästys-poikasviljelyä väijyvä vaara. Suomen kalankasvattaja 4/85 s. 56-57

TAIMENEN SMOLTTIVAELLUS KOELOSUHTEISSA

JUHANI PIRHONEN

RKTL, Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely, Vilppulantie 415, 41360 VALKOLA

Johdanto

Suomessa esiintyvistä taimenmuodoista meri- ja järvitaimenen tiedetään vaeltavan keväällä, useimmiten 2-vuotiaana, syntymäjoestaan alapuoliseen vesistöön. Tässä vaiheessa taimen muuttuu ns. jokipoikasesta vaelluspoikaseksi ja tätä ilmiötä kutsutaan smolttiutumiseksi. Smolttiutumisen aikana tapahtuu monia muutoksia liittyen kalan fysiologiaan, käyttäytymiseen ja anatomiaan. Näiden muutosten tarkoituksena on ollut mahdollistaa taimenen selviytyminen ja nopea kasvu alunperin suolaisessa vedessä.

Eläinkunnassa vaellukset ovat eliön vaste epäedullisiin olosuhteisiin: eläin pyrkii siirtymään sellaiseen paikkaan missä sen tarpeet tulevat tyydyttyiksi. Myös smolttivaelluksen voidaan ajatella liittyvän heikentyneisiin ympäristöolosuhteisiin. Taimen ei nimittäin kykyne kasvamaan ja tuottamaan sukusoluja joessa, missä ei ole riittävästi ravintoa tarjolla. Ja koska lisääntyminen on lajin säilymisen kannalta välttämätöntä, on kalan vaeltettava paikkaan, missä se saa riittävästi energiaa ravinnosta sukusolujen kypsyttämiseen.

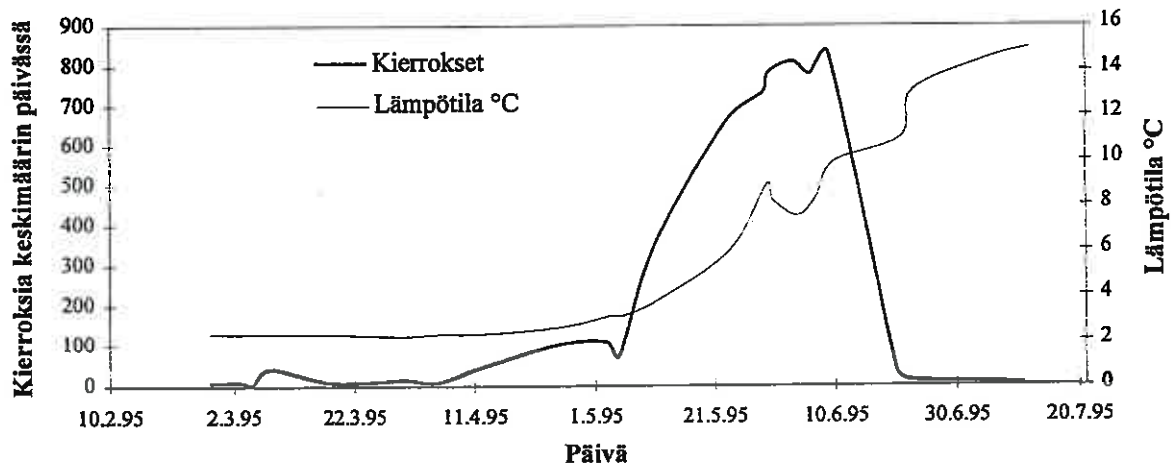
Taimenen vaellukset ajoittuvat Suomessa yleensä pahimpaan tulva- ja jäänlähtöaikaan. Sen vuoksi smolttivaelluksen seuraaminen luonnossa on erittäin vaikeaa: rysät ja muut pyydykset eivät yksinkertaisesti pysy ja kestä joessa. Suomen Akatemian rahoittamana olen tutkinut mm. taimenen smolttivaelluskäyttäytymistä koealtaassa, missä olosuhteet on voitu vakioida ja siten on ollut mahdollista kerätä haluttua tietoa hallitusti.

Koejärjestelyt

Smolttivaellusseuranta tehtiin Laukaassa kevään ja kesän 1995 aikana. Koekaloina oli sekä meri- (alkupaino 77 g) että järvitaimenia (89 g). Kalojen liikkeiden seuranta perustui PIT-tekniikkaan. Koeallas oli epäsymmetrinen donitsimainen 7 m halkaisijatahan oleva allas, jonka keskellä oli minkkiverkkoa estämässä kalojen pääsyn altaan keskiosaan ja ohjaamassa kaloja altaan toisella laidalla olevaan 0.5 m pitkään ja halkaisijaltaan 20 cm tunneliin. Tunnelin ympärillä oli kaksi antennia, jotka oli yhdistetty laitteistoon, joka pystyi lukemaan kalojen ruumiinontelossa olevan PIT-merkin. Kalan uudessa tunnelista rekisteröityivät sen merkki, kellonaika, päivämäärä ja antennin numero suoraan tietokoneelle tiedostoon. Antennien lukujärjestyksestä voitiin päätellä oliko kala uinut ylä- vai alavirtaan. Vesitys altaaseen tuli kolmesta pisteestä. Kaloja ruokittiin automaateilla ympäri vuorokauden. Allas oli valaistu ainoastaan luonnonvalolla, joka tuli altaseen sen laidalla olevasta kattoikkunasta.

Rajut muutokset vaelluskäyttäytymisessä

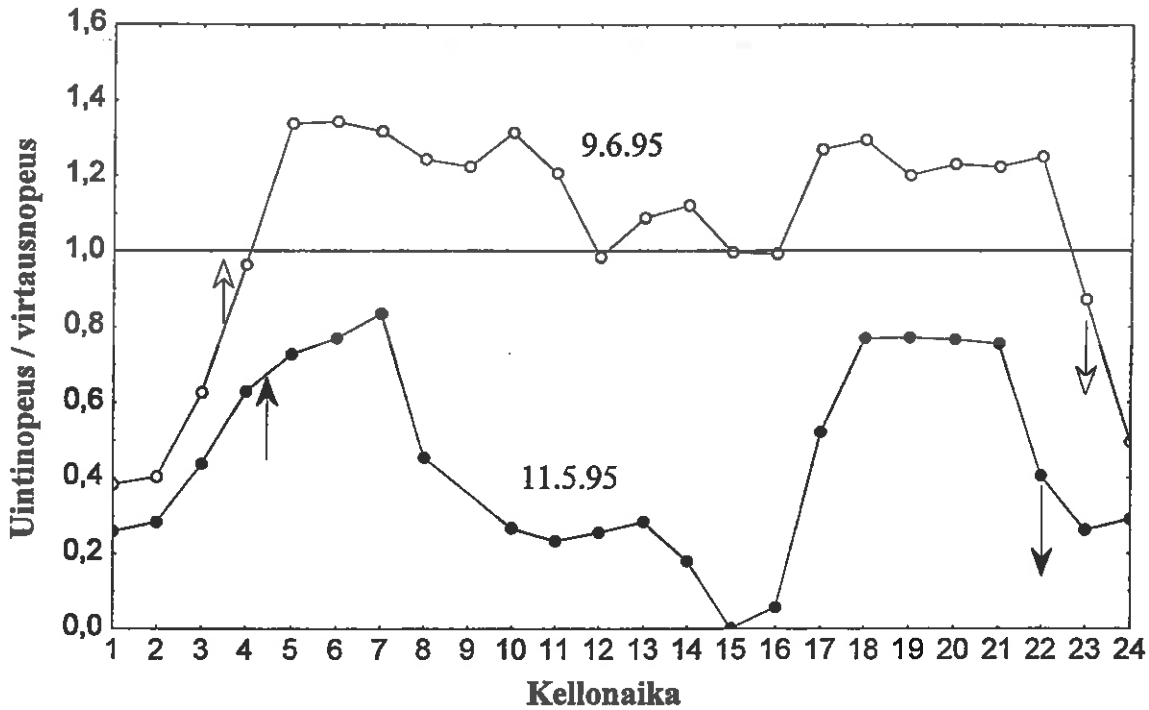
Kalojen liikehdintä koealtaassa oli hyvin vähäistä kevättalven aikana, mutta heti veden lämpötilan vähänkin noustua alkoi liikehdintä altaassa kasvaa (kuva 1). Raju vaellusaktiivisuuden kohoaminen alkoi toukokuun 10. päivän tietämillä, ja huippunsa vaellus saavutti touko-kesäkuun vaihteessa. Kesäkuun 2. viikon aikana vaellus lopahti lähes kokonaan. Aktiivisimmat yksilöt vaelsivat kiihkeimmillään n. 30 km vuorokaudessa, keskimääräisen vaellusmatkan ollessa n. 15 km vuorokaudessa touko-kesäkuun vaihteessa.



Kuva 1. Taimenten vaellusaktiivisuus ja lämpötila kevään aikana koealtaassa. Yksi kierros vastaa n. 20 metriä.

Taimenten vaellusnopeus oli kiihkeimpänä vaellusaikana pääosin sama tai hieman suurempi kuin veden virtausnopeus (kuva 2). Toisin sanoen vaeltavat taimenet olivat itse asiassa passiivisia tänä aikana, koska varsinainen uintiaktiivisuus oli alhainen. Tämä tukee teoriaa, että smolttiutuva taimen voi huonosti sen hetkessä ympäristössään ja siirtyy sieltä lähes ajelehtien pois. Vaellusaikana kalat uivat kuitenkin virran mukana pää edellä. Ennen varsinaista vaellusta enimmillään n. 8 % kalojen uinnista putken läpi tapahtui ylävirtaan, vaellusaikana kaikki liikehdintä oli alavirtaan, mutta vaelluksen jälkeen 30 - 40 % uinnista tapahtui ylävirtaan.

Myös vuorokauden aikana oli suurta vaihtelua vaellusaktiivisuudessa. Ennen toukokuuta vaellus oli kiihkeimmillään auringon noustua ja se hidastui tai pysähtyi muutamassa tunnissa, mutta ennen auringonlaskua sattoi olla toinen aktiivisuuspiikki, joka oli kuitenkin yleensä selvästi aamuista pienempi. Vaelluksen ollessa kiihkeimmillään touko-kesäkuussa kalat vaelsivat vuorokauden ympäri, mutta kuitenkin yön tunteina vaellus oli selvästi hitaampaa kuin päivällä (ks. kuva 2). Kesäkuun puolivälin jälkeen, jolloin vaellus oli vähäistä, se oli myös epämääräistä vuorokauden sisällä.



Kuva 2. Taimenten keskimääräinen uintinopeus suhteessa virtausnopeuteen vaelluksen alkaessa (11.5.95) ja kiihkeimpänä vaellusaikana (9.6.95). Arvolla 1 kala ui veden virtausnopeudella ja arvon ollessa yli 1 kalan nopeus on virtausnopeutta suurempi. Nuolilla on osoitettu auringon nousu- ja laskuajat.

Mistä vaelluserot yksilöiden välillä johtuvat?

Yksilöiden väliset erot alaspäin vaelluksessa olivat suuria, mutta joukosta ei erottunut selkeästi erilleen vaeltavaa tai ei-vaeltavaa osapopulaatiota. Vaelluksen pituuden eroja yksilötasolla pystyttiin osittain selittämään mitattujen muuttujien avulla. Koska kalat olivat yksilömerkittyjä, voitiin välipunnitusten avulla saada selville mm. yksilölliset muutokset kasvussa, kuntokertoimessa ja ravinnonotossa. Ravinnonottomittaus tehtiin vain 1 kerran käyttäen röntgenmenetelmää. Tässä menetelmässä kaloille syötetään rehua, jossa on tunnettu määrä röntgenkuvissa erottuvia lasikuulia, joiden lukumäärä laskemalla saadaan tarkka arvio kalan syömästä rehumäärästä. Kokeen lopussa tutkittiin myös kaikkien yksilöiden sukupuoli ja mahdollinen sukukypsyyss.

Tuloksista havaittiin, että vaellusnopeus korreloi negatiivisesti ravinnonoton, kasvunopeuden, kuntokertoimen muutoksen ja meritaimenella myös kuntokertoimen kanssa. Tulos viittaa jälleen siihen, että pulskimmin voivat yksilöt eivät ole yhtä halukkaita vaeltamaan kuin solakammat ja suhteellisesti vähemmän syövät yksilöt. Tämä saattaa tarkoittaa sitä, että vaeltamaan lähtevät suuremmalla todennäköisyydellä vallitsevissa olosuhteissa huonosti voivat yksilöt. Tulosta voisi tulkita tietysti myös toisin päin: smoltittuutuvat yksilöt syövät vähemmän ja siksi myös kasvavat hitaammin koska ne vaeltavat. Tälle viimeiselle väittämälle on kuitenkin vaikea löytää biologista selitystä.

Yksilön sukupuolella ei näyttäisi olevan juurikaan merkitystä smolttivaelluksen pituuteen. Sukukypsät yksilöt (kaikki koiraita) sen sijaan vaelsivat tilastollisesti merkittävästi vähemmän kuin naaraat tai ei-sukukypsät koiraat. Naarailla ja ei-sukukypsillä koirilla yksilön koolla ei ollut merkitystä vaelluksen pituuteen, mutta

sukukypsillä koirilla sen sijaan oli merkitsevä positiivinen korrelaatio kalan pituuden ja vaellusaktiivisuuden välillä touko-kesäkuun aikana.

Johtopäätös

Tuloksen perusteella voidaan väittää, että smoltivaellukselle lähtevät kalat ovat sellaisia, jotka syystä tai toisesta eivät viihdy ja kykene kasvamaan senhetkisessä ympäristössään.

Valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivät
Sky Hotel Ounasvaara, Rovaniemi
9.-10.4.1997

VILJELY-YMPÄRISTÖN SÄÄTELY

Keskiviikko 9.4.1997

09.00-10.30 Ilmoittautuminen

Avaus

10.30-10.45 Valtion kalanviljelyn XXI neuvottelupäivien avaus *Kare Turtiainen*
 10.45-11.00 Viranomaisen tervehdys *Harri Dahlström*

Geenipankki

11.00-11.30 Ruotsin lohikantojen geenipankki *Östen Karlström ja Ingemar Perä*
 11.30-12.00 Uhanalaisten kalojen säilytys Suomessa *Kai Westman*
 12.00-12.30 Emokalojen yksilöseuranta *Jorma Piironen*

12.30-13.30 **Lounas**

Emokalankasvatuksen säätely

13.30-14.00 Kalan sukupuolen säätelystä *Antti Soivio*
 14.00-14.30 Kalojen sukukypsyyden säätely *Vesa Määttä*
 14.30-15.00 Mädin laatuun vaikuttavat viljelytekijät *Päivi Eskelinen*

15.00-15.30 **Kahvi**

15.30-16.00 Ruokinnan optimointi *Kari Ruohonen*
 16.00-16.30 Viljely-ympäristön vaikutus tauti- ja loistilanteeseen *Päivi Rintamäki-Kinnunen*

16.30-17.00 Yleiskeskustelu päivän aiheista

17.00- **Päivällinen**

Torstai 10.4.1997

Poikaskasvatusmenetelmät

09.00-09.30 Viljely-ympäristön säätely poikasviljelyssä *Antti Soivio*
 09.30-10.00 Lämpöstartti *Ari Savikko*
 10.00-10.30 Taimenen smolttivaellus koeolosuhteissa *Juhani Pirhonen*

10.30-11.00 Yleiskeskustelu ja päätös

11.00-12.00 **Lounas**

12.00-14.00 RKTL:n vesiviljelyn sisäinen ohjelma

VALTION KALANVILJELYN XXI NEUVOTTELUPÄIVIEN OSALLISTUJAT

Alapuranen Jaakko	Lapin kalatalouskeskus Valtakatu 4 A	96100 ROVANIEMI
Alatalo Jouko	Lapin ympäristökeskus PL 8060	96101 ROVANIEMI
Anttonen Eero	RKTL/Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely Vilppulantie 415	41360 VALKOLA
Arttijeff-Kuosmanen Leena	RKTL/Sarmijärven kalanviljelylaitos A 780 kalanviljelylaitos	99800 IVALO
Bomberg Jukka	RKTL/Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely Vilppulantie 415	41360 VALKOLA
Clayhills Tom	Valtion kalatalousoppilaitos Kalakouluntie 72	21610 KIRJALA
Dahlström Harri	MMM/Kala- ja riistaosasto PL 232	00171 HELSINKI
Erkinaro Jaakko	Tenojoen kalantutkimusasema	99980 UTSJOKI
Eskelinen Päivi	RKTL/Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely Vilppulantie 415	41360 VALKOLA
Eskelinen Unto	RKTL/Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely Vilppulantie 415	41360 VALKOLA
Guttorm Jouni	RKTL/Inarin kalantutkimus ja vesiviljely Saarikoskentie 8	99870 INARI
Guttorm Marja	RKTL/Inarin kalantutkimus ja vesiviljely Saarikoskentie 8	99870 INARI
Haataja Teija	RKTL/Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely Manamansalontie 90	88300 PALTAMO
Heikinheimo Ilkka	Vesiviljely Ky Jänkäjoonaantie 455	96900 SAARENKYLÄ
Heikinheimo Pekka	Pyynpolku 2 C	96300 ROVANIEMI
Heikkinen Veikko	Oy Biomar Ab Rajatorpantie 41 C	01640 VANTAA
Heinimaa Petri	RKTL/Inarin kalantutkimus ja vesiviljely Saarikoskentie 8	99870 INARI
Heinimaa Sirkka	RKTL/Inarin kalantutkimus ja vesiviljely Saarikoskentie 8	99870 INARI
Heinonen Eero	RKTL/Inarin kalantutkimus ja vesiviljely Saarikoskentie 8	99870 INARI
Huhtala Jarmo	Lapin ympäristökeskus PL 8060	96101 ROVANIEMI
Hyttinen Veijo	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	93400 TAIVALKOSKI
Hänninen Juha	Lapin maaseutukeskus/Ketolan kv1 Sarriontie 80	98100 KEMIJÄRVI
Iivari Hanna	RKTL/Inarin kalantutkimus ja vesiviljely Saarikoskentie 8	99870 INARI
Iivari Juha	RKTL/Tornionjoen kalanviljelylaitos	99300 MUONIO
Juntunen Keijo	RKTL/Muonion kalanviljelylaitos	99300 MUONIO
Juola Markku	Voimalohi Oy Pakkahuoneenkatu 21	90100 OULU
Jäppinen Raimo	RKTL/Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely	

Kantola Tomi	Vilppulantie 415 Rehuraasio Oy PL 101	41360 VALKOLA
Karjalainen Matti	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	21201 RAISIO
Kasurinen Annikki	Lapin maaseutukeskus/Ketolan kv1 Sarriontie 80	93400 TAIVALKOSKI
Kettunen Juhani	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	98100 KEMIJÄRVI
Kitti Jouni	MMM/Kala- ja riistaosasto PL 232	00151 HELSINKI
Kummu Pekka	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	00171 HELSINKI
Kurtti Jukka	RKTL/Kuusamon kalanviljelylaitos Käyläntie 34	00151 HELSINKI
Laaksonen Tapio	RKTL/Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely Manamansalontie 90	93850 KÄYLÄ
Lankinen Yrjö	Savon Taimen Oy Äijäniemi	88300 PALTAMO
Lerche Olof	Valtion kalatalousoppilaitos Kalakouluntie 72	77700 RAUTALAMPI
Lettijeff Timo	Lapin ympäristökeskus PL 8060	21610 KIRJALA
Liedes Risto	Voimalohi Oy Virkkulantie 216 C	96101 ROVANIEMI
Lindgren Seppo	Taimen Oy PL 32	91100 II
Linna Veikko	RKTL/Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely Laasalantie 9	41341 LAUKAA
Liukkonen Mikko	Suomen Kalamiesten Keskusliitto Svinhufvudintie 11	58175 ENONKOSKI
Louhimo Jarmo	RKTL/Evon kalantutkimus ja vesiviljely Rahtijärventie 291	00570 HELSINKI
Loukusa Erkki	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	16970 EVO
Lovikka Tapio	Voimalohi Oy Valtakatu 4 A	93400 TAIVALKOSKI
Manninen Kati	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	96100 ROVANIEMI
Martinson Kati	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	00151 HELSINKI
Munne Pentti	MMM/Kala- ja riistaosasto PL 232	00151 HELSINKI
Mustonen Juha	RKTL/Kuusamon kalanviljelylaitos Käyläntie 34	00171 HELSINKI
Mustonen Seppo	RKTL/Kuusamon kalanviljelylaitos Käyläntie 34	93850 KÄYLÄ
Määttä Elisa	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	93850 KÄYLÄ
Määttä Vesa	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	93400 TAIVALKOSKI
Nivunkijärvi Tauno	Voimalohi Oy	93400 TAIVALKOSKI
Norrgård Erik	Rehuraasio Oy PL 101	95350 PEURA
Nuutinen Seppo	RKTL/Tervon kalantutkimus ja vesiviljely	21201 RAISIO

Partanen Merja	Voimalohi Oy	72210 TERVO
Pasanen Pentti	Virkkulantie 216 C	91100 II
Perä Ingemar	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	93400 TAIVALKOSKI
Piironen Jorma	Fiskeriverket Utredningskontor Skeppsbrogatan 9	97238 LULEÅ
Pirhonen Juhani	RKTL/Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely Laasalantie 9	58175 ENONKOSKI
Puhakka Ossi	RKTL/Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely Vilppulantie 415	41360 VALKOLA
Pursiainen Markku	Pohj.-Karjalan maaseutukeskus/Konttiolahden kvl Kalalaitoksentie 12	80770 KONTIOLAHTI
Putkivaara Raili	RKTL/Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely Laasalantie 9	58175 ENONKOSKI
Rintamäki-Kinnunen Päivi	Voimalohi Oy	95350 PEURA
Ronkainen Uolevi	Oulun Yliopisto/Biologian laitos PL 333	90571 OULU
Rossi Kaisa	Tervasalmen Lohi Oy	93470 INGET
Ruohonen Kari	Suomen Kalankasvattajaliitto ry Cygnaeuksenkatu 5	40100 JYVÄSKYLÄ
Rytilahti Juhani	RKTL/Evon kalantutkimus ja vesiviljely Rahtijärventie 291	16970 EVO
Saari Reijo	RKTL/Lautiosaaren kalanviljelylaitos Akolantie 48	94500 LAUTIOSAARI
Savikko Ari	Kemijoki Oy Valtakatu 9-11	96100 ROVANIEMI
Simola Hilikka	RKTL/Tornionjoen kalanviljelylaitos	99300 MUONIO
Soivio Antti	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	93400 TAIVALKOSKI
Strandman Ari	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	00151 HELSINKI
Suuronen Petri	Suomen ympäristökeskus PL 140	00251 HELSINKI
Säkki Silja	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	00151 HELSINKI
Säkkinen Erkki	EELA/Oulu PL 517	90101 OULU
Söderholm-Tana Lena	RKTL/Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus Ohtaajantie 19	93400 TAIVALKOSKI
Tikkala Jukka	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	00151 HELSINKI
Toivonen Aarne	Länsi-Lapin Amm. Aikuiskoul. keskus Työmiehenkuja 19	95200 SIMO
Tolonen Risto	RKTL/Kainuun kalantutkimus ja vesiviljely Manamansalontie 90	88300 PALTAMO
Tossavainen Seppo	Länsi-Lapin Amm. Aikuiskoul. keskus Työmiehenkuja 19	95200 SIMO
Tulokas Jussi	Arvo-Tec Oy Ruukintie 45	79620 HUUTOKOSKI
Turtiainen Kare	IVO/Tuotantopalvelut Oy Oulujoen voimalaitokset	91430 LEPPINIEMI
	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos	

Vaajala Markku	PL 202 RKTL/Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely Laasalantie 9	00151 HELSINKI
Valle Jouni	RKTL/Tervon kalantutkimus ja vesiviljely	58175 ENONKOSKI
Vallin Marja	RKTL/Sarmijärven kalanviljelylaitos A 780 kalanvilj.laitos	72210 TERVO
Vääräniemi Pekka	Pekka Vääräniemi Oy Kiiskitie 1	99800 IVALO
Westman Kai	Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos PL 202	93400 TAIVALKOSKI
Zitting-Huttula Tarja	Voimalohi Oy Valtakatu 4 A	00151 HELSINKI
		96100 ROVANIEMI

