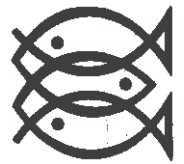
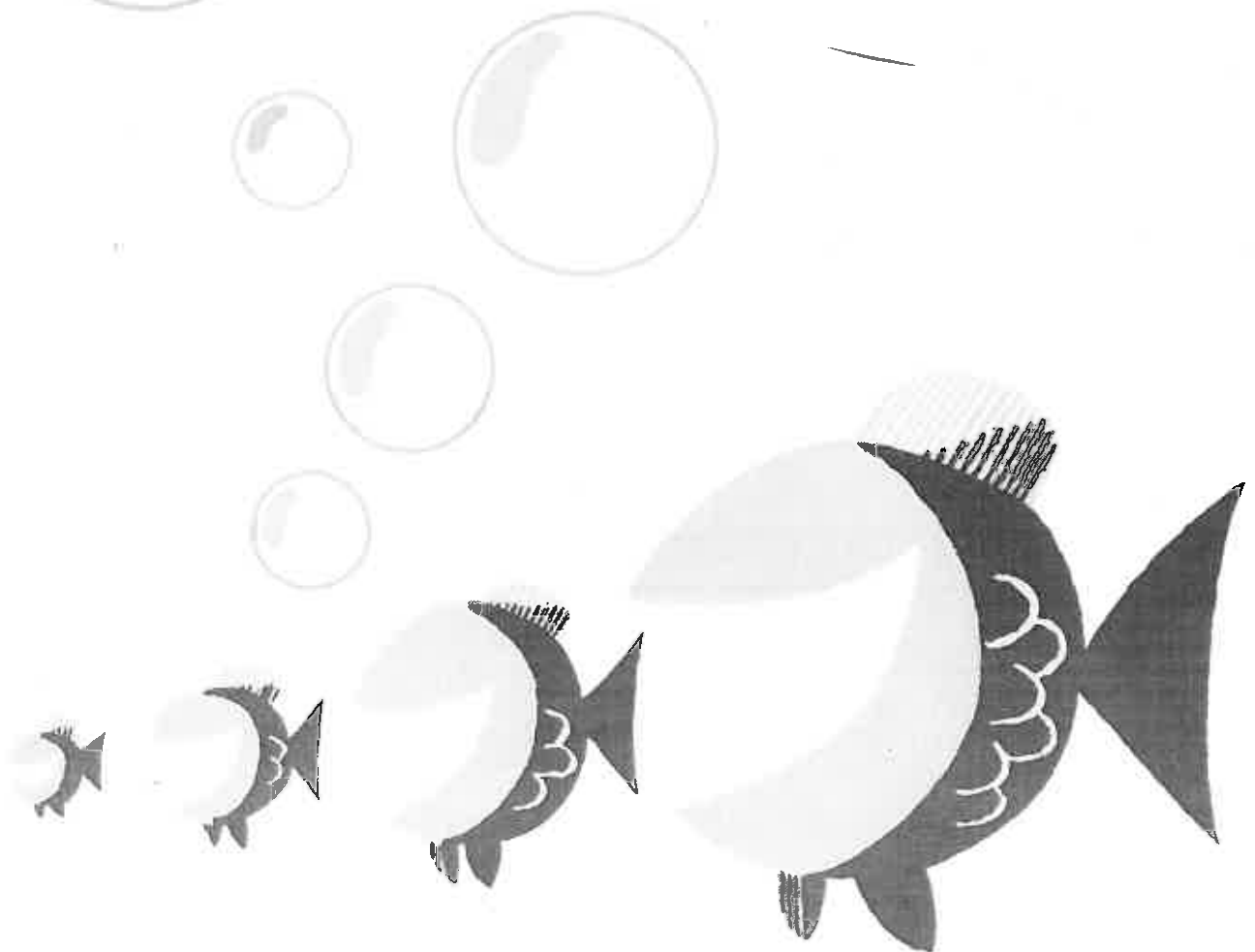


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

30
1984





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUA JULKAISUJA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 193, 00131 Helsinki 13.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 193, 00131 Helsingfors 13.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

RIISTA - JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS, KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA JULKAISUJA

No 30

1984

VALTAKUNNALLINEN KIRJLOHEN RODUNJALOSTUSOHJELMA

Suomen Akatemian tutkimussopi-
mukseen liittyvä loppuselvitys

Olli Sumari, Liisa Siitonen
ja Dan Linder

HELSINKI 1984

ISBN 951-9092-50-1
ISSN 0358-4623
Helsinki 1985
Yliopistopaino

Sisälllys:

1.	JOHDANTO	1
2.	PROJEKTIIN SISÄLTÄVÄT TUTKIMUKSET	4
3.	YLEISTÄ KALOJEN RODUNJALOSTUKSESTA	7
4.	KALANKASVATUS SUOMESSA	11
	4.1 Nykytila	11
	4.2 Tulevaisuus	12
5.	SUOMEN KIRJOLOHIKANNAT	14
	5.1 Suomen kirjolohikantojen alkuperä	14
	5.2 Kirjolohikantojen vertailukokeet	16
	5.2.1 Tutkitut kannat ja tietoja koekalojen emopopulaatioista	16
	5.2.2 LAUKAA 80-kokeen suoritus ja tulokset	19
	5.2.2.1 Kasvuominaisuudet	22
	5.2.2.2 Teuraslaatu	29
	5.2.2.3 Entsyymigeenien muuntelu	32
	5.2.2.4 Vibrioosin vastustuskyky	37
6.	JALOSTUSAINES	40
	6.1 Jalostusaineksen valinta	41
	6.2 Jalostuksen ulkopuolelle jäävä aines	42
7.	JALOSTETTAVAT OMINAISUUDET	44
	7.1 Ominaisuuksien muuntelu	46
	7.1.1 Kasvuominaisuudet	46
	7.1.2 Teurasominaisuudet	47
	7.1.3 Sukukypsyysikä	48
	7.1.4 Sairauksien vastustuskyky	49
	7.2 Ominaisuuksien väliset yhteydet	50
	7.2.1 Kasvu ja rehunkäyttökyky	50
	7.2.2 Kasvu ja sukukypsyys	51
	7.3 Ominaisuuksien jalostustavoitteet	52
	7.3.1 Kasvu	52
	7.3.2 Rehunkäyttökyky	53
	7.3.3 Sukukypsyysikä	53
	7.3.4 Laatuominaisuudet	54
	7.3.5 Sairauksien vastustuskyky	54

8.	PERINNÖLLISEEN EDISTYMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	55
8.1	Valinnan voimakkuus	55
8.2	Arvostelun varmuus	57
9.	RODUNJALOSTUKSEN KULKU	58
9.1	Keskitetyn rodunjalostuksen edut	58
9.2	Jalostusohjelman lähtökohdat ja keskeiset periaatteet	58
9.3	Sukupolvikierto ja valintavaiheet	61
9.4	Kalojen määrä rodunjalostuslaitoksessa	64
10.	RODUNJALOSTUKSESTA SAATAVA HYÖTY	66
10.1	Rodunjalostuslaitoksen tuotot ja kustannukset ...	66
10.1.1	Tuotot	66
10.1.2	Kustannukset.....	67
10.1.3	Rodunjalostuksen vuotuinen rahoitustarve .	67
10.2	Rodunjalostuksen taloudellinen tuotto	67
11.	RODUNJALOSTUSTUTKIMUS	70
11.1	Jalostusohjelman kehittäminen	70
11.2	Vaihtoehtoiset ja uudet jalostusmenetelmät	72
11.3	Muiden lajien tutkimukset	73
11.4	Yhteistyö	73
12.	TIIVISTELMÄ	75
	LÄHDELUETTELO	78
	LIITTEET	81

1. JOHDANTO

Suomen Akatemian valtion maatalous-metsätieteellinen toimikunta solmi vuonna 1980 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen johtajan FL Olli Sumarin kanssa kolmivuotisen tutkimussopimuksen, jonka tarkoituksena oli laatia jalostusohjelma ruokakalaksi kasvatettavan kirjolohen pitkän tähtäimen rodunjalostusta varten. Tutkimussuunnitelman mukaisesti haluttiin ensisijaisesti:

Kartoittaa Suomessa viljeltyjen kirjolohien soveltuvuus jalostuksen lähtöaineeksi selvittämällä nykyisten kirjolohikantojemme tärkeimpien tuotanto-ominaisuuksien perinnöllisen muuntelun laajuus.

Laatia jalostusohjelma kirjolohen jalostukseen soveltuvien ja tuotannon kannalta merkittävimpien ominaisuuksien kehittämiseksi.

Rodunjalostustutkimuksia varten palkattiin vuoden 1981 alusta kolmeksi vuodeksi MMK Dan Linder ja FK Liisa Siitonen. He muodostivat yhdessä Olli Sumarin kanssa tutkimusryhmän. Lisäksi projektiin liittyviin tutkimuksiin osallistuivat merkittävästi seuraavat henkilöt:

LuK Marja-Liisa Koljonen, Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitos: Entsyymimuuntelu Suomen kirjolohissa.

El.lääket.yo Kari Korhonen, Eläinlääkäriasema Lohitutkimus Ky.: Vibrioosin vastustuskyky eri kirjolohikannoissa.

Maat.metsät. yo. Erkki Tuorila, Helsingin Yliopisto, elintarvikekemian- ja teknologian laitos: Lihan laadun koostumus eri kirjolohilla teuraslaadun selvittämiseksi.

Erikoistutkija Veijo Vilva, Helsingin Yliopisto, kotieläinten jalostustieteen laitos: vaihtoehtoisten jalostusohjelmien simulointi ja simulointiohjelmien laatiminen.

Valtion maatalous- metsätieteellinen toimikunta asetti projektille seurantaryhmän, johon nimitettiin:

Prof. Ulf Lindström, Helsingin Yliopisto, kotieläinten jalostustieteen laitos (puheenjohtaja).

DI Reino Skyte'n, Suomen Lohenkasvattajain Liitto.

MMK Mirja Suurnäkki, Suomen Akatemia.

Prof. Pekka Tuunainen, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Tässä raportissa esitetään lyhyesti projektin puitteissa tehtyjen tutkimusten tulokset. Tuloksia on esitetty myös julkaisuluettelon (liite 1) kirjoituksissa. Tutkimusten perusteella on voitu pääpiirteittäin kartoittaa Suomen kirjolohiaines rodunjalostuksen kannalta. Raportissa esitetään jalostusaineuksen valinta rodunjalostusta varten sekä suunnitelma kirjolohen rodunjalostusohjelmaksi. Ohjelma on laadittu siten, että se soveltuu toteutettavaksi valtion kalanviljelyn puitteissa Nilsissä suunnitteilla olevassa kalojen rodunjalostuslaitoksessa. Rodunjalostuslaitoksen rakentaminen todetaan välttämättömäksi kirjolohen ja muidenkin kalojen rodunjalostuksen aloittamiselle. Raportissa tarkastellaan myös lyhyesti rodunjalostuksen kustannuksia ja siitä saatavaa hyötyä ja todetaan sen edullisuus maaamme kalataloudelle.

Esitettävä suunnitelma ei ole lopullinen, vaan sitä on kehitettävä jatkuvasti rodunjalostusohjelmaa toteutettaessa saatavien tietojen ja lisätutkimusten mukaisesti. Raportissa hahmotellaan tutkimuskohteet ohjelman kehittämiseksi. Työ on vasta saatu alkuun. Tutkimuksissa saatiin runsaasti lohikalorien rodunjalostukseen liittyvää uutta tietoa, jota ei ole ehditty julkaista. Toivomme, että aineistojen jatkokäsittelyyn ja julkaisemiseen tarjoutuisi mahdollisuuksia.

Työryhmä kiittää Suomen Akatemiaa, joka on antanut mahdollisuuden kalojen järjestelmällisen rodunjalostuksen vaatiman tutkimustyön aloittamiseen maassamme. Tutkimusten kustannuksiin on osallistunut merkittävästi myös Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Työ on tehty seuraavissa laitoksissa:

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos ja sen Laukaan keskus-
kalanviljelylaitos

Helsingin Yliopisto, kotieläinten jalostustieteen laitos

Helsingin Yliopisto, elintarvikekemian ja -teknologianlaitos

Helsingin Yliopisto, perinnöllisyystieteen laitos

Eläinlääketieteellinen korkeakoulu

Eläinlääkäriasema Lohitutkimus Ky

Maatalousyhtymä Kanerva-Skytenin kalanviljelylaitos, Kustavi

Savon Taimen Oy, Tyyrinvirran kalanviljelylaitos

Kiitämme kaikkia laitoksia ja niiden henkilökuntaa saamastamme avusta. Projektiin osallistuneita tutkimusryhmään kuulumattomia tutkijoita kiitämme hyvästä yhteistyöstä.

Työryhmä on saanut tukea ja ohjausta seurantaryhmältään, mistä lämmin kiitos sen jäsenille. Erityisesti haluamme mainita prof. Ulf B. Lindströmin, jonka aloitteesta työ on lähtenyt liikkeelle ja joka on aktiivisesti vaikuttanut kaikissa vaiheissa projektin toteutumiseen. Erityiskiitos kuuluu myös Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen henkilökunnalle, joka on tehnyt suurimman työn tutkimusten käytännön hoidossa.

2. PROJEKTIIN SISÄLTÄVÄT TUTKIMUKSET

Projektiin liittyi kaksi laajaa kasvatustutkimusta, LAUKAA 80 ja LAUKAA 81, joissa selvitettiin eroja meillä kasvatettavien kirjolohikantojen ja -linjojen tuotannossa sekä tuotanto-ominaisuuksien muunteluun vaikuttavia tekijöitä. LAUKAA 80-kokeen kalat olivat aineistona muissa tutkimuksissa, joissa selvitettiin vaihtelua vibriosisin vastustuskyvyssä, kalojen lihan koostumuksessa sekä elektroforeesin avulla aineistossa esiintynyttä geneettistä muuntelua.

Elektroforeesitutkimuksen avulla selvitettiin, kuinka erilais-tuneita viljelyssä olevat kirjolohikannat ovat geneettisesti ja kuinka paljon perinnöllistä muuntelua ne sisältävät. Raportissa käytetään termiä kanta, paitsi Laukaan keskuskalanviljelylaitok-sessa ylläpidettävistä kannoista puhuttaessa, myös puhuttaessa eri kasvattajilta kokeisiin tulleista kaloista. Tähän, kuten myös muihin tutkimusaiheisiin liittyvät rodunjalostusohjelman kannalta merkittävät tulokset esitetään kohdassa 5. Seuraavassa seloste-taan tutkimusten pääpiirteet.

LAUKAA 80-koe

Kymmenen kirjolohikannan vertailukoe alkoi hedelmöityksistä ke-väällä 1980. Kannat kasvatettiin ensimmäisen vuoden ajan omissa poikasaltaissaan Laukaan keskuskalanviljelylaitoksessa, minkä jälkeen kalat merkittiin yksilömerkillä ja kannat yhdistettiin neljään keskuskalanviljelylaitoksen maa-altaaseen toiseksi vuo-deksi. Kolmantena keväänä puolet kunkin kannan kaloista kasvatet-tiin edellisen vuoden tapaan Laukaassa. Toinen puoli kasvatettiin Kustavissa, verkkoaltaissa merivedessä. Syksyllä kalat teurastet-tiin sukupuolen, sukukypsyysasteen, loppupainon ja teuraslaadun selvittämiseksi.

LAUKAA 81-koe

Koe alkoi hedelmöityksistä keväällä 1981. Mukana oli kymmenen vertailtavaa ryhmää. Osa oli samoja kantoja kuin LAUKAA 80-ko-keessa, osa näiden kantojen risteytyksiä. Koe tehtiin paitsi kan-tojen välisten risteytysvaikutusten tutkimiseksi myös toistoksi LAUKAA 80-kokeelle. Sen kulku oli sama kuin LAUKAA 80-kokeessa, paitsi että toinen puoli vertailuryhmien kaloista kasvatettiin kolmantena kesänä Laukaan asemasta yhdessä maa-altaassa Savon Taimen Oy:n Tyyrinvirran kalanviljelylaitoksessa.

Kantojen vibrioosin vastustuskyvyn tutkimukset

Vibrioosi on merivedessä esiintyvä kalojen bakteeritauti. Merivedessä kasvatettavat kirjoloheet saavat miltei poikkeuksetta vibrioositartunnan, ja tauti alentaa kirjolohen merikasvatuksen kantavuutta.

Taudinvastustuskyvyn muuntelua tutkittiin kahdessa kokeessa. LAUKAA 81-kokeessa mukana olleiden kantojen ja niiden risteytysten yksivuotiaita kaloja altistettiin *Vibrio anguillarum*-bakteerille kylvettämällä kaloja 10 min liuoksessa, jossa oli elävää bakteeria 10^6 kpl/ml tai 10^7 kpl/ml. Kuolleisuutta seurattiin sekä bakteeria vastaan rokotetuissa että rokottamattomissa ryhmissä.

LAUKAA 80-kokeen kolmannen kesän merikasvatuksessa oli yhdeksästä kannasta sekä vibrioosia vastaan rokotettu että rokottamaton ryhmä. Osassa kunkin kannan rokotettuja kaloja seurattiin paitsi kuolleisuutta, myös immuunivasteen kehittymistä. Tätä varten kaloista otettiin kesän aikana neljänä eri ajankohtana verinäytteet.

Lihan koostumuksen tutkimus

Teuraslaadussa olevan muuntelun selvittämiseksi otettiin LAUKAA 80-kokeen kalojen teurastuksen yhteydessä syksyllä 1982 neljästä kannasta talteen noin 20 naaraan ja 20 koiraan filettä sekä makeassa että merivedessä kasvatetuista kaloista. Kustakin fileestä määritettiin rasva- ja vesipitoisuus.

Entsyymimuuntelun tutkimus elektroforeesimenetelmällä

Näytteet elektroforeesiajoihin otettiin LAUKAA 80-kokeen kaloista syksyllä 1982 tapahtuneen teurastuksen yhteydessä. Näytteet otettiin satunnaisesti kustakin mukana olleesta kannasta, ja tulokset saatiin keskimäärin 37 yksilöltä/kanta. Kustakin yksilöstä otettiin näyte sekä maksasta että lihaksesta. Näistä kudoksista tutkittuja muuntelevia entsyymejä oli kaikkiaan kahdeksan.

Vaihtoehtoisten jalostusohjelmien simulointitutkimus

Sopivimman ja tehokkaimman rodunjalostusohjelman löytämiseksi kehitettiin tietokoneohjelma, jolla voitaisiin vaihtoehtoisia ohjelmia simuloimalla tutkia niillä saatavaa edistymistä. Ohjelmassa voidaan muunnella emojen lukumäärää ja parituksissa käytettävää koiras/naaras-suhdetta sekä täys- ja puolisisarryhmien kokoa ja yksilöiden ja perheiden karsinnan voimakkuutta eri kasvatusvaiheissa. Simuloimalla voidaan lisäksi tutkia, miten voimakkaasti eri populaatioparametriarvioiden muutokset vaikuttavat saattavaan valintatehoon. Vaihtoehtoisten jalostusohjelmien tehoa voidaan seurata usean sukupolven aikana. Ajamalla kullekin ohjelmalle riittävä määrä toistoja saadaan myös arvio siitä, missä ra-

joissa eri ohjelmilla saatava teho satunnaistekijöistä johtuen vaihtelee.

Simulointiohjelma saatiin sovitettua Helsingin yliopiston kottieläinten jalostustieteen laitoksen mikrotietokoneeseen. Koneen kapasitetti ei kuitenkaan riittänyt viemään lävitse simulointia realistiseksi katsottavassa ajassa. Simulointiohjelma saatiin kuitenkin kehitettyä niin pitkälle, että sitä voidaan ja tulee käyttää hyväksi, kun rodunjalostusohjelmaa kehitetään edelleen ohjelman toteuttamisen yhteydessä.

3. YLEISTÄ KALOJEN RODUNJALOSTUKSESTA

Kalankasvatustekniikkaa on tutkittu viime vuosina paljon ja se on myös edennyt melkoisin harppauksin. Kasvatettujen kalojen perinnölliseen laatuun on sen sijaan kiinnitetty suhteellisen vähän huomiota. Kuitenkin kaloja voidaan jalostaa kuten kotieläimiä. Kalakantojen kehittämisessä voidaan käyttää useimpia kotieläimillä hyväksi todettuja jalostusmenetelmiä (valinta puhtaissa linjoissa, risteytysjalostus jne.), ja kaloilla on myös erikoispiirteitä, joita hyödyntämällä voidaan tuottaa kasvatukseen mahdollisimman tarkoituksenmukaisia kantoja. Seuraavassa esitetään joitain erikoispiirteistä lähinnä Wilkinsin (1980) mukaan:

Monissa vesieläinten ominaisuuksissa on enemmän perinnöllistä muuntelua kuin perinteisillä kotieläimillämme. Uusia sukupolvia tuottamaan kannattaa valita vain ne yksilöt, jotka täydellisimmin vastaavat asetettua kasvatustavoitetta.

Luonnon oloissa elää viljelykelpoisia lajeja, joiden kantojen välillä on luonnonvalinnan aiheuttamaa muuntelua. Tämä mahdollistaa valinnan villikantojen välillä hankittaessa materiaalia erilaisiin kasvatulosolusuhteisiin. Soveltuvimman kannan valinnalla voidaan saavuttaa sama teho kuin tekemällä useita sukupolvia kannan sisäistä valintaa (Kinghorn, 1983 a).

Kalojen suurella lisääntymiskyvyllä on jalostajan kannalta monta etua. Se mm. mahdollistaa intensiivisen valinnan ja riittävän suurten sukulaisryhmien helpon saannin varmistamaan eläinten jalostusarvostelua. Väärin käytettynä sillä voidaan kuitenkin huomattavasti vähentää kalakantojen geneettistä muuntelua ja lisätä sukusiitoshaittoja.

Ulkoinen hedelmöitys helpottaa sukusolujen perintöaineksen keinotekoisista käsittelyä, ja etenkin kromosomistomutaatioita on tutkittu keinona kalakantojen kehittämisessä. Ulkoinen hedelmöitys on helpottanut myös lajien välisten risteytysten kokeilemistä, ja elinkykyisiä jälkeläisiä on saatu sukulaisuudeltaan etäisiäkkin lajeja risteyttämällä. Niillä ei kuitenkaan ainakaan toistaiseksi ole ollut merkitystä tuotannon kannalta.

Kaloilla on myös jalostajan kannalta ongelmallisia erikoispiirteitä:

Ominaisuuksien mittaamista varten kalat on nostettava kuiville ja yleensä nukutettava. Käsittelyt ovat stressitekijöitä, joilla voi olla negatiivinen vaikutus moneenkin ominaisuuteen (esim. tautien vastustuskyky). Jalostajan on tämän vuoksi tarkkaan punnittava mittauskertojen lisäämisen hyöty ja haitta. Käsittelyjen negatiiviset vaikutukset ovat suurimmillaan, kun laji on ensimmäisiä sukupolvia intensiivisessä viljelyssä, ja niiden voidaan sukupolvien myötä odottaa vähenevän, sillä olipa kasvatustavoite mikä tahansa, tarvittaviin käsit-

telyihin parhaiten sopeutuvilla on luonnollisesti valintaetu. Moavin (1979) mukaan on ainoastaan karppeilla ja kirjolohilla tähän mennessä tehty kasvatusoloissa valintaa niin kauan, että niitä voidaan pitää 'kotieläiminä' (domesticated races).

Purdom (1976) totesi punakampelalla kasvun muuntelun pienentyneen moninkertaisesti, kun kaloja kasvatettiin yksittäin. Tavanomaisissa kasvatusolosuhteissa kalojen keskinäinen kilpailu johtaa hierarkian muodostumiseen, ja tämä etenkin juuri kasvun muuntelun lisääntymiseen. Jos kasvun valinta kohdistuu lähinnä kilpailukykyyn, voi myöhempi hyöty tästä olla lähes olematon, sillä perinnöllinen muutos on vain nostanut keskimääräistä kilpailukykyä koko kannassa (Kingham, 1983 a). Käytännössä hierarkian vaikutusta voidaan vähentää lajittelemalla eri vaiheissa kaloja koon mukaan eri kasvatusyksiköihin. Jos hierarkiaa kasvatuskauden alussa aiheuttavat jotkut muut kuin perinnölliseen kasvukykyyn liittyvät tekijät, vaikeutuu eläinten arvostelu todellisen potentiaalisen kasvukyvyn suhteen. Pikkupoikasten kasvuun vaikuttavat mm. emon ikä (suurikokoisten emojen mätimunat ovat yleensä suuria ja johtavat hyvään alkukasvuun) ja haudontaolosuhteet. Tällaisten tekijöiden yhdenmukaistamiseen on eläinryhmiä vertailtaessa syytä kiinnittää huomiota. Erittäin tärkeitä tämä on, jos karsintaa aiotaan tehdä jo kasvukauden alussa.

Kalojen jalostusgeneettistä tutkimusta on tehty lähinnä lohikaloilla (Kanada, Norja, Ranska ja USA) ja karppeilla (Israel ja Neuvostoliitto) (Kingham, 1983 a). Kalankasvattajilla olevan aineksen parantamiseen tähtääviä, kvantitatiivisen genetiikan tarjoamia mahdollisuuksia systemaattisesti hyväksi käytettäviä jalostusohjelmia on käynnissä vain muutamia (Gjedrem, 1983). Norjassa, jossa viljellään ruokakalaa eniten Pohjoismaissa, on lohikalojen keskitetty, suunnitelmallinen jalostustyö pitkälle kehitetty. Kuten Suomessa ollaan myös Ruotsissa aloittamassa keskitettyä jalostustyötä.

Useita tutkimuksia käsittävän yhteenvedon kaloilla eri ominaisuuksissa saadusta valintatehosta ovat esittäneet mm. Gjedrem (1983) ja Kinghorn (1983 a). Norjalaiset ovat todenneet Atlantin lohen painon (kahden vuoden merikasvatuksen jälkeen) parantuneen yhden sukupolven valinnalla yli 3% vuodessa. Kirjolohella edistyminen on todettu hieman nopeammaksi (4-5%) lähinnä lyhyemmästä sukupolvien välisestä ajasta johtuen. Kasvun lisäksi on valinnalla pystytty vaikuttamaan mm. lohikalojen mädin ominaisuuksiin, kutuajankohtaan ja eri iässä sukukypsiksi tulevien osuuksiin.

Jalostusmenetelmistä on kaloilla tutkittu sekä risteytysjalostusta että kannan sisäistä valintaa. Karpin jalostusgeneettinen tutkimus näyttää painottuvan tällä hetkellä kantojen välisen risteytysten kokeilemiseen. Myös lohikaloilla eri tyyppisten risteytysten käyttökelpoisuutta tutkitaan. Käytännön jalostusohjelmat perustuvat kuitenkin kannan sisäiseen valintaan eli ns. puhdasjalostukseen.

Kuten kohdassa 7.1 esitetään, ovat esim. kirjolohella useimpien jalostettavien ominaisuuksien periytymisastearviot suhteellisen alhaisia. Tästä on seurauksena, että eläimet on pyrittävä arvostelevaan paitsi omien myös sukulaisten tuotoksien perusteella. Edullisinta kaloilla on yhdistelmä- ja/tai perhevalinta eli valinta, jossa otetaan huomioon myös täys- ja puolisisarten tuotokset.

Samanaikaista valintaa usean ominaisuuden suhteen voidaan tehdä käyttäen riippumattomia poistotasoja tai yhdistämällä ominaisuudet indeksiin. Jotta indeksistä tulisi tehokas, on selvitettävä eri ominaisuuksien taloudellinen merkitys ja saatava luotettavat arviot periytymisasteille ja ominaisuuksien välisille yhteyksille aineistossa, jossa valintaa aiotaan tehdä.

Kasvatukseen soveltuakseen vaaditaan kalalajilta mm. seuraavaa:

Viihtyy ja kasvaa alueelle ominaisissa vesissä ja lämpötiloissa.

Kasvaa nopeasti ja tulee teuraskokoon ennen sukukypsyyden saavuttamista.

Lisääntyy viljelyolosuhteissa.

Pystyy käyttämään saatavissa olevia rehuja.

Riittävän korkea hinta suhteessa kasvatuskustannuksiin.

Hyvä viihtyvyys kasvatusolosuhteissa.

Hyvä tautien vastustuskyky.

Viileissä ilmastovyöhykkeissä ovat kasvatukseen soveltuneet parhaiten lohikalat, joskin viime aikoina on tehty kokeita myös kampela- ja turskakaloilla.

Ruokakalakasvatuksessa on eri maissa kokeiltu mm. seuraavia lajeja:

lohi (*Salmo salar*)
kirjolohi (*Salmo gairdneri*)
taimen (*Salmo trutta*)

punalohi (*Onchorhynchus nerka*)
kyttyrälohi (*Onchorhynchus gorbucha*)

nieriä (*Salvelinus alpinus*)
puronieriä (*Salvelinus fontinalis*)

Eräät näistä lajeista soveltuvat kasvatukseen sekä makeassa että merivedessä kuten kirjolohi. Eräitä voidaan taas kasvattaa kannattavasti vain meressä kuten lohta.

Ylivoimaisesti tärkein ruokakalaksi kasvatettava lohikala on kirjolohi, jota tuotetaan Euroopassa noin 100 000 tonnia ja huomattavia määriä myös mm. USA:ssa ja Japanissa. Lohen kasvatusta on viime aikana lisääntynyt voimakkaasti. Nykyinen tuotanto on noin 20 000 tonnia ja tuotanto lisääntyy edelleen voimakkaasti.

Suomessa oli vuonna 1982 teuraskalaksi markkinoidusta kalasta 97% kirjolohia ja loput lohta, taimenta ja puronieriää. Lohen soveltuvuus kasvatukseen Suomen olosuhteissa selviää lähivuosina. Pohjois-Suomessa saattaa ruokakalakasvatukseen osoittautua soveliaaksi myös nieriä. Myös eräät *Oncorhynchus* lajit voivat tulla meillä kyseeseen ruokakalatuotannossa, mikäli niiden taudittoman mädin maahantuonti saadaan järjestetyksi.

Mahdollisuuksia rodunjalostukseen on ilmeisesti kaikilla ruokakalaksi kasvatettavilla lohikalalajeilla. Koska kirjolohi on meillä ylivoimaisesti tärkein kasvatuksessa oleva laji, on se otettava ensimmäiseksi jalostuksen kohteeksi. Kun kalojen rodunjalostuslaitos on valmistunut, voidaan tarvittaessa aloittaa muidenkin lajien, esim. lohen jalostaminen ruokakalakasvatukseen paremmin soveltuvaksi.

4. KALANKASVATUS SUOMESSA

4.1 Nykytila

Suomessa kasvatetaan ruokakalaksi lähes yksinomaan kirjolohta. Markkinoitava tuote on kolme kesää kasvatettu 1-2 kiloinen kala, joka myydään pääosin tuoreena, sisälmykset poistettuina.

Kalankasvatus vakiintui meillä elinkeinoksi 1960-luvulla. Tuotanto kasvoi 1970-luvulla alle tuhannesta tonnista 3 300 tonniin. Vuonna 1982 ruokakalan markkinoitu tuotanto oli valtakunnallisen kalanviljelytilaston (liite 2) mukaan 6 325 tonnia, josta noin 3 200 tonnia merenrannikon murtovesilaitoksista ja loput 3 100 tonnia sisämaasta. Merilaitokset hankkivat kirjoloheet sisämaan laitoksilta 5-500 grammaisina ja kasvatus meressä kauppakokoon kestää 0.5-2 vuotta.

Tuotannon kehitys Pohjoismaissa ilmenee kuvasta 4.1. Muista Pohjoismaista poiketen Tanska tuottaa yksinomaan 150-300 grammaista ns. annoskalaa, joka markkinoidaan Keski-Eurooppaan. Islannissa ruokakalaa ei mainittavasti tuoteta. Ruokakalatuotannon kehitys on ollut voimakkainta Norjassa, jossa pääosa tuotannosta on loh-
ta.

Ruokakalatuotannon arvo oli tuottajahintojen mukaan laskettuna vuonna 1982 noin 130 milj. mk. Tuotanto on pääosin markkinoitu kotimaassa. Viimeisen kolmen vuoden aikana kirjoloheen reaalihintana on laskenut. Nykyisellä hinnalla kirjolohta kannattaa viedä myös ulkomaille ja vientiin arvioidaan menneen vuonna 1983 kymmenisen prosenttia kokonaismäärästä.

Kalanviljelylaitoksia oli Suomessa 1982 kaikkiaan noin 400, joista 300 sisämaassa ja loput rannikolla. Kaikki merilaitokset ja noin 200 sisävesilaitosta tuottivat kirjolohta ruokakalaksi. Merilaitokset tuottivat yleensä vain ruokakalaa, kun taas suuri osa sisävesilaitoksista kasvatti lisäksi tai yksinomaan istutuspoikasia, etupäässä loh-
ta ja taimenta, luonnonvesiin. Kalanviljelyn tuotannon kokonaisarvo oli 1982 noin 160 milj. mk, josta ruokakalan osuus oli 80% .

Kalanviljely on osa kalataloutta. Kalanviljely tuottaa emokaloja, mätiä, istutuspoikasia ja ruokakalaa suoraan kulutukseen. Eri-
tyisesti ruokakalan tuotanto on taloudellisesti kohonnut merkittäväksi. Ruokakalatuotannon rahallinen arvo oli vuonna 1982 25 % koko kalastuksemme ja kalanviljelyn tuotannon arvosta (508 milj. mk). Ammattikalastuksen saaliin arvo oli 196 milj. mk. Elinkeino-
toiminnan piiriin tulleen saaliin arvosta (324 milj. mk) kirjoloheen osuus oli 40 %.

Kalanviljely ja sen laajentuminen on tuonut mukanaan uusia työ-
paikkoja ja uusia yrityksiä lisäten näin vero- ym. tuloja. Paimentamalla kalanviljely on lisännyt myös luonnonkalan pyyntiä ja kalatuotteiden jatkojalostusta. Vaikutusten merkittävyyttä lisää

se, että suurin osa kalanviljelylaitoksista sijaitsee kehitysalueilla.

Kirjolohi ja silakka muodostavat tuorekalan kaupan rungon Suomessa. Kirjolohen varma saatavuus ja hyvä menekki ovat huomattavasti kehittäneet tuoreen kalan kauppaa maassamme. Kirjolohi on siten myös edistänyt kalan käyttöä ihmisravinnoksi. Kala on todettu monessa suhteessa suositeltavaksi, terveelliseksi ravinnoksi, joten sen käytön lisääntyminen on toivottavaa myös kansanterveyden kannalta.

Kirjolohen kasvatuksen ja yleensä kalanviljelylaitosten kannattavuus on Suomessa kohtuullinen eikä valtion tukea ole tarvittu. Ruokakalatuotannon väitetään joskus perustuvan tuontiin, koska kalajauho, jota rehussa on runsaasti, on tuontitavaraa. Kalajauhon osuus kirjolohen tuotantokustannuksista on kuitenkin alle 20 %. Kalajauhon lisäksi tuontitavaraa ovat lähinnä eräät kalanviljelyn välineet ja niiden materiaali (esim. verkkoaltaiden hakset). Kirjolohituotannon kotimaisuusaste on siten suuri.

4.2 Tulevaisuus

Kalankasvatus on taloudellisesti terveellä pohjalla oleva elinkeino, joka tuottaa hyvää ja terveellistä ravintoa ja jolla on kansantalouden kannalta myönteinen vaikutus. Elinkeinoon laajeneminen on siksi varsin toivottavaa. Kalankasvatuksella onkin Suomessa hyvät mahdollisuudet kehittyä edelleen. Merialueella tuotanto voidaan moninkertaistaa nykyisestäään. Sisävesillä laajenemisen mahdollisuudet ovat pienemmät. Kotimaisen kirjolohen kanssa kilpailevasta teuraskalan maahantuonnista ei hintatason ym. vuoksi ole pelkoa. Kirjolohen hinta on nykyisellä tasollaan kohtuuttoman alhainen verrattuna lihaan ja vastaavan laatuiseen pyydetyin kalan hintoihin. Kuluttajat olisivat ilmeisesti valmiit maksamaan kirjolohesta nykyistä enemmänkin. Näin ollen kirjolohen tuotantokustannusten nousukaan ei vaikeuttaisi liiaksi markkinointia.

Kirjolohen jatkojalostus, joka on tähän asti ollut vähäistä, tulee lähivuosina ilmeisesti lisääntymään. Kirjolohituotteiden monipuolistuminen lisää menekkiä ja vientimahdollisuuksia ja myös tuotannosta saatavaa hintaa.

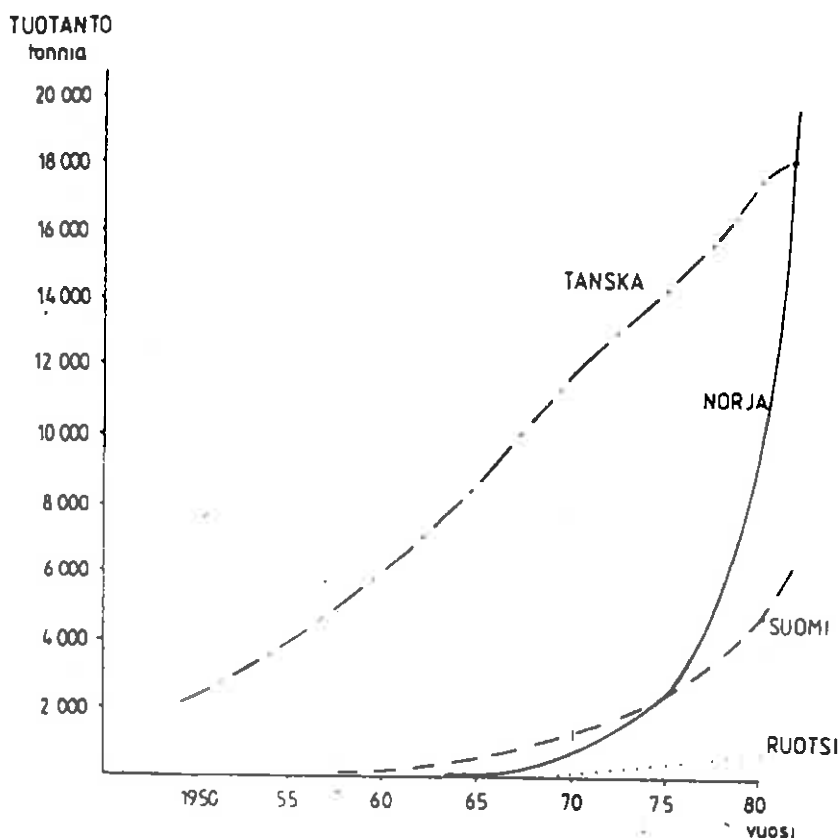
Vienti tulee lisääntymään nykyisestä ilmeisesti huomattavasti. Etenkin suuren, meressä kasvatetun kirjolohen huomattavaan vientiin on hyvät edellytykset. Tuotantokustannukset muihin vastaavia tuotteita tuottaviin maihin nähden ovat kilpailukykyiset. Ruokakalaksi tuotetaan vastaisuudessa todennäköisesti muitakin lajeja, ennen kaikkea lohta. Tämä tulee osaltaan lisäämään tuotantoa ja vientiä.

Kalanviljelyn ympäristöhaitan, ts. vesistöön joutuvien ravinteiden, ei myöskään pitäisi asettaa esteitä tuotannon kasvulle. Vesistöhaittojen vähentämisen voimaperäinen tutkimus on kehittänyt keinoja kuormituksen vähentämiseksi ja menetelmät kehittyvät

edelleenkin. Rehujen fosforimäärä, joka on kuormituksen kannalta keskeinen tekijä, tulee pieneneään nykyisestä. Pelkästään sillä, että kaikki kirjolohi tuotettaisiin markkinoiden vähiten fosforia sisältämällä rehulla, voitaisiin tuotantoa lisätä 50-60 % ilman, että vesistökuormitus lisääntyisi nykyisestä.

On myös muistettava, että kalankasvatuksen aiheuttama vesistökuormitus on vaatimaton meressä, jossa ovat suurimmat mahdollisuudet tuotannon laajenemiseen. Ruotsin tiedoneuvoston julkaisemien tietojen mukaan Suomen nykyisin meressä tuottaman kirjolohen (3 200 tonnia) osuus Itämereen vuosittain joutuvan fosforin kokonaismäärästä on vain 0.2 % (Ackefors et al. 1983). Typen osuus on vielä pienempi, 0.03 %.

Jotta kalankasvatus jatkossakin menestyisi, meidän on kuitenkin pysyttävä kehityksessä kilpailijoittemme matkassa. Tuotantotekniikkaa on jatkuvasti parannettava, tuotteita ja niiden markkinointia kehitettävä. Kalanviljelyn koulutusta ja tutkimusta on tehostettava. Rodunjalostus on eräs tärkeistä keinoista kalankasvatuksen edistämiseksi.



Kuva 4.1. Kalankasvatuksen kehitys Pohjoismaissa (Kehitysaluerahasto 1983).

5. SUOMEN KIRJOLOHIKANNAT

5.1 Suomen kirjolohikantojen alkuperä

Kirjolohi (Salmo gairdneri Richardson) on alunperin kotoisin Pohjois-Amerikan länsirannikolta. Kirjolohesta on olemassa sekä ma-keassa vedessä elävä että mereen vaeltava muoto. Mereen vaeltavaa muotoa kutsutaan nimellä steelhead eikä tätä "teräspäälöhta" ole ilmeisesti puhtaana kantana tuotu Suomeen.

Jo 1800-luvulla tuotettiin Tanskaan suuria määriä amerikkalaista kirjolohta ja kirjolohen mätiä. Suomeen tuotiin pieniä määriä kirjolohta Tanskasta jo vuosisadan vaihteessa käytettäväksi kalanistutuksiin. Vuonna 1950 perustettu Suomen Kalamiesten Keskusliitto välitti kirjolohta omistamansa Kytäjän kalanviljelylaitoksen kautta kalanistutuksiin ja harrastajille verkkoaltaissa kasvatettavaksi. Vuosisadan alusta aina 1960-luvulle asti kirjolohta käytettiin etupäässä kalanistutuksiin. 1960-luvulla kehittyi kaupallinen kirjolohen kasvatusta ruokakalaksi ja samaan aikaan kirjolohen istutus luonnonvesiin tyrehtyi.

Vuonna 1964 perustettu Suomen Lohenkasvattajain Liitto r.y. välitti vuosina 1965-1969 yhteensä n. 57 milj. kirjolohen mätimunaa Tanskasta ja tuotettu kirjolohimateriaali levisi koko maahan. Jotkut 1960-luvulla toimintansa aloittaneet yritykset ostivat oman kirjolohimateriaalinsa myös suoraan Tanskasta tai Yhdysvalloista. Yksityisten kasvattajien tuomat mätierät olivat kuitenkin paljon pienempiä kuin Suomen Lohenkasvattajain Liiton tuottamat.

Kirjolohen kasvatusta laajentui 1960-luvulla voimakkaasti ja suurin osa kirjolohen mädistä tuotiin silmäpiste-asteella Tanskasta. Vuonna 1967 joutui ulkomailta hankittu kala tai sen mäti maatalousministeriön päätöksellä no.169 tuontiluvan varaiseksi. Tuontilupia Tanskasta ei myönnetty ja mädin tuonti ulkomailta loppui miltei kokonaan. Tällöin viljelijät joutuivat kasvattamaan emokalansa itse, eikä mädin tuontiin ollut 1970-luvulla enää tarvetta.

Yksityisten kalankasvattajien maahan tuomat kannat pidettiin osaksi erillään omina kantoinaan. Myöhemmin 1970-luvun alusta lähtien niitä kuitenkin risteytettiin jo ennestään laitoksilla olleiden emokalojen kanssa. Yksityisillä kasvattajilla on todennäköisesti säilynyt eri vaiheissa tapahtuneiden risteytysten jälkeläisiä. 1970-luvun alussa saatiin USA:sta tuotettuja sekä Tanskasta peräisin olevia kantoja siirrettyä Laukaan keskuskalanviljelylaitokselle, missä kantoja tästä lähtien on ylläpidetty erillisinä. Parvien koko on vaihdellut Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella sukupolvittain 50-250 yksilöön.

Tutkimusryhmän keräämien tietojen mukaan Suomessa kasvatetaan nykyisin seuraavia kirjolohen kantoja tai linjoja:

Tanskalainen

Kaloja on alettu tuoda Tanskasta 1960-luvun alusta lähtien ja näistä tuonneista peräisin oleva aines muodostaa Suomessa kasvatettavan kirjolohimateriaalin merkittävimmän osan. Tanskalaista kanta on tuotu eri ajankohtina Tanskasta Suomen Kalamiesten Keskusliiton, Suomen Lohenkasvattajain Liiton sekä yksityisten viljelijöiden toimesta. Valtaosa mädistä on tuotu yhdeltä kasvattajalta, jonka emokalakannan alkuperä ei ole tiedossa.

Donaldson

Kanta on Packwood Lake (Mt. Rainer) ja Lake Cheland (Washington) kantojen risteytys. Risteytys tehtiin USA:ssa v. 1959, jolloin vuodesta 1932 asti laitoksessa pidetty Packwood Lake kanta risteytettiin Lake Cheland kannan kanssa. Donaldson-kannan toi maahan 1969 huhtikuussa Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto ja mätierän toimitti Seattlestä, Yhdysvalloista prof. L. R. Donaldson. Mätiiä tuotiin 85 000 kpl Pälkäneen Laitikkalaan Kissalammen koelaitokselle. Osa siirrettiin edelleen Tammihoen kalanviljelylaitokseen Luhankaan ja sieltä myöhemmin Laukaan keskuskalanviljelylaitokseen.

Amerikkalainen

Suomeen tuotettu kanta on Dr Laureen R. Donaldsonin kannan ja Lake Unionin (Washington) mereen vaeltavan kannan (Steelhead) risteytys. Tämä risteytyskanta on tuotu Suomeen mätinä samassa läheyydessä kuin edellinen, ns. Donaldson-kanta.

A13

Kanta on tuotu USA:sta 1960-luvulla. Kanta oli valinnan avulla kehitetty syksyllä kutevaksi. Kanta on Packwood Lake (Mt. Rainer) ja Lake Cheland (Washington) kantojen risteytys. Kantaa tuotiin Ähtärin Virttaalle.

Kamloops

Kamloops-kanta on alunperin peräisin Kamloops-joesta Kanadasta ja on kotimaassaan tunnettu hyvistä kasvuominaisuuksistaan. Suomen "Kamloops" kanta on tuotu Tanskasta Suomen Kalamiesten keskusliiton kautta vuonna 1965 sekä USA:sta Seattlestä Taimen Oy:lle vuonna 1966 Donaldsonin toimittamana (Viljo Orpanan henkilökohtainen tiedonanto). Kanta, jota Suomessa kutsutaan Kamloopsiksi, on todennäköisesti perimältään erilainen kuin alkuperäinen kanta, koska Suomen kanta on Tanskasta ja USA:sta tuotettujen Kamloopskantojen risteytys.

5.2 Kirjolohikantojen vertailukokeet

Projektiin liittyneiden kokeiden päätarkoitus oli selvittää, millaisia Suomessa kasvatettavat eri kirjolohikannat ja linjat ovat ominaisuuksiltaan, kuinka suuria eroja on eri kantojen ja linjojen välillä, sekä soveltuvatko meikäläiset kirjolohet pitkän tähtäyksen rodunjalostuksen lähtömateriaaliksi. Tässä tarkoituksessa selvitettiin aluksi eri kalanviljelylaitoksilla kasvatettavien kirjolohien alkuperä sekä eri kantojen tausta. Aineisto vertailukokeisiin valittiin siten, että se edustaa läpileikkausta Suomessa kasvatettavista kirjolohista. On todennäköistä, että materiaali on edustava, ja uutta aineistoa tuskin olisi löytynyt laajentamalla tutkimusta useammalle kalanviljelylaitokselle.

Tässä kappaleessa selostetaan projektin kokeissa olleen materiaalin taustaa ja saatuja rodunjalostusohjelman kannalta merkityksellisiä tuloksia. Tuloksia esitetään myös julkaisuluettelossa mainituissa kirjoituksissa (liite 1). Tulokset ovat peräisin LAUKAA 80-kokeesta. LAUKAA 81-kokeen tulokset ovat vielä suurimmaksi osaksi analysoimatta, mutta alustaviin tuloksiin viitataan mm. kohdassa 6.2 (kuva 6.1). Kappaleissa 6, 7 ja 9 esitetyt suositukset perustuvat osaksi projektissa saatuihin tuloksiin ja osaksi kirjallisuustietoihin.

5.2.1 Tutkitut kannat ja tietoja koekalojen emopopulaatioista

Kokeissa oli kymmenen eri kirjolohikantaa, joista viisi oli yksityisiltä kasvattajilta hankittua ja viisi Laukaan keskusalanviljelylaitoksen kantoja (LKKVL).

Laukaan kannat olivat

- I Donaldson
- II Kamloops
- III Tanskalainen
- IV A13
- V Amerikkalainen

ja kaupalliset kannat

- VI Saimaanlohi
- VII Siikataimen
- VIII Arvokala
- IX Hatsina
- X Saarioinen

Vertailtujen kantojen taustasta ja emokalapopulaatioista on seuraavia tietoja:

I Donaldson (LKKVL)

LAUKAA 80-kokeen emot otettiin vuonna 1975 syntyneestä parvesta eli ne olivat 5-vuotiaita. Parvessa oli kaloja 57, joista 36 oli naaraita.

Parvesta todettiin seuraavaa:

elinkelpoisuus	hyvä
kasvu	"
käsittelykelpoisuus	"
epämuodostumia	ei
mätikuolleisuus	10 %
poikaskuolleisuus	40-50 %
kutuaika	huhtikuu

II Kamloops (LKKVL)

LAUKAA 80-kokeen emot otettiin vuonna 1975 syntyneestä parvesta eli ne olivat 5-vuotiaita. Parvessa oli kaloja 87 kpl, joista 48 kpl oli naaraita.

Tietoja parven laadusta eri vaiheissa ei ole saatu.

III Tanskalainen (LKKVL)

LAUKAA 80-kokeen emot otettiin vuonna 1975 syntyneestä parvesta eli ne olivat 5-vuotiaita. Parven kalojen määrä oli 145 kpl, joista naaraita oli 76 kpl.

Vuoden 1975 parvella oli seuraavat ominaisuudet:

elinkelpoisuus	hyvä
kasvu	"
käsittelykelpoisuus	"
epämuodostumia	ei
mätikuolleisuus	24 %
poikaskuolleisuus	40-50 %
kutuaika	huhtikuu

IV A13 (LKKVL)

LAUKAA 80-kokeen emokalat olivat peräisin vuonna 1971 ja 1974 syntyneistä parvista eli ne olivat 6- tai 9-vuotiaita. Tarkkoja tietoja näiden parvien koosta vuonna 1980 ei ole saatu, mutta 1974 oli 1971 syntyneessä parvessa 115 naarasta ja 87 koirasta.

Vuoden 1974 parvesta on seuraavia tietoja:

elinkelpoisuus	hyvä
kasvu	"
käsittelykelpoisuus	"
epämuodostumia	ei
mätikuolleisuus	80 %
poikaskuolleisuus	40-50 %
kutuaika	helmi-maaliskuu

Suuret haudontatappiot ovat ilmeisesti johtuneet varhaiselle kutuajalle ominaisesta kylmästä haudontavedestä. Kirjolohella haudontaveden lämpötilan tulisi olla vähintään 4 °C.

V Amerikkalainen (LKKVL)

LAUKAA 80-kokeen emokalat otettiin vuoden 1974 parvesta eli ne olivat 6-vuotiaita. Parvessa oli kaloja 145 kpl, joista 55 kpl oli naaraita.

Tarkempia tietoja parven laadusta ei ole saatu.

VI Saimaanlohi (Hopealohi Oy)

Saimaanlohella olevan kannan emokalat on tuotu Savon Taimenesta.

LAUKAA 80-kokeen kalojen emot otettiin parvesta, jonka koko oli 737 kpl, joista 570 kpl oli naaraita. Sekä naaraat että koiraat olivat 3-vuotiaita.

VII Siikataimen (Taimen Oy, Siikakoski)

Laitoksen emokalamäärä on yleensä 1000-1500 kpl ja emokaloista uusitaan 1/3 vuosittain. Uusia sukupolvia tuotettaessa käytetään 5-6 naarasta kohti 3 urosta.

LAUKAA 80-kokeen kalojen emot otettiin parvesta, jonka koko oli 800 kpl, joista 670 kpl oli naaraita. Koekalojen emien ikä vaihteli 4-7 v., isien ikä oli 3 v.

VIII Arvokala (Huutokoski)

Huutokosken kirjolohilinja on lähtöisin Kontiolahden kalanviljelylaitokselta. Emokalapopulaatio on tuotu Huutokoskelle 1977.

LAUKAA 80-kokeen kalojen emot otettiin parvesta, jonka koko oli 108 kpl, joista 95 kpl oli naaraita. Naaraat ja koiraat olivat 3-vuotiaita.

IX Hatsina (Nilakkalohi Oy, Hollola)

Emokalapopulatio on perustettu vuonna 1977.

LAUKAA 80-kokeen kalojen emot otettiin parvesta, jossa oli kaloja 280 kpl, joista 220 kpl oli naaraita. Kalojen ikä oli 3 v.

X Saarioinen (Huutijärvi)

Linjan emokalat on tuotu Huutijärvelle Kytäjältä. Emokaloista uusitaan vuosittain n. 25 %. Uusimiseen käytetään oman laitoksen nuorempia ikäluokkia.

LAUKAA 80-kokeen kalojen emot otettiin parvesta, jonka koko oli 930 kpl, joista 830 kpl oli naaraita. Naaraiden ikä oli 4-7 v, ja koiraiden ikä 3-5 v.

5.2.2 LAUKAA 80-kokeen suoritus ja tulokset

Kunakin kannan kalat tuotettiin n. 15 koiraasta ja 15 naaraasta, jotka otettiin satunnaisesti edellä mainituista parvista. Hedelmöitykset tehtiin siten, että kantojen sisällä kaikki paritusyhdistelmät olivat mahdollisia. Haudontalämpötilaa säätelemällä yhdenmukaistettiin ruokinnan aloittamispäivä kaikille kannoille.

Elinympäristö

Kannat kasvatettiin ensimmäinen kesä ja ensimmäinen talvi toisistaan erillään 1 m²:n sisäaltaissa kaksi allasta/kanta. Tämän jälkeen kalat merkittiin Carlin-merkillä ja toinen kesä ja toinen talvi kalat kasvatettiin neljässä Laukaan maa-altaassa siten, että kussakin altaassa oli kaikkia kantoja.

Kolmantena kesänä kaikki kannat jaettiin sekä makeavesi- että merivesikasvatukseen. Makeassa vedessä kasvatettaessa kalat oli jaettu neljään maa-altaaseen siten, että kussakin altaassa oli kaikkia kantoja. Merivesikasvatuksessa kalat oli jaettu rokottamattomaan ja vibrioosia vastaan rokotettuun ryhmään ja kaikkia kantoja oli molemmissa ryhmissä.

Tilastolliset analyysit

Kvantitatiivisten ominaisuuksien mittaukset analysoitiin varianssianalyysiä käyttäen. Analyysit tehtiin Helsingin Yliopiston Kottieläinten jalostustieteen laitoksen mikrotietokoneella, jossa on käytettävissä ns. "pienimmän neliösumman"- menetelmä (Harvey, 1966). Tällä menetelmällä lasketut, tuloksissa esiintyvät LS-poikkeamat ja LS -keskiarvot on korjattu sen suhteen, että tietyn tekijän eri luokkien välisiä eroja tutkittaessa vaihtelivat tämän tekijän eri luokkiin kuuluvien havaintojen lukumäärät muiden sys-

temaattista muuntelua aiheuttavien tekijöiden eri luokissa.

Kalojen lukumäärät

Taulukossa 5.1. on esitetty kalojen lukumäärät ja koiraiden ja naaraiden prosentuaaliset osuudet eri kannoissa.

Taulukko 5.1. Kalojen lukumäärät eri kannoissa teurastettaessa.

Kantaa	kaloja kaikkiaan	koiraita %	naaraita %
I	369	42	58
II	308	30	70
III	327	39	61
IV	295	29	71
V	274	39	61
VI	366	48	52
VII	346	47	53
VIII	281	45	55
IX	351	43	57
X	297	45	55
Yhteensä	3214	41	59

Sukukypsyysikä

Kalat rekisteröitiin sukukypsiksi tai marroiksi kolmannen kesän jälkeen tehdyn teurastuksen yhteydessä (taulukot 5.2 ja 5.3). Sukukypsäksi rekisteröitiin jokainen kala, jonka sukurauhasten kehitysasteesta voitiin päätellä sen kutevan seuraavana keväänä, muuten kala rekisteröitiin marroksi (sanalla marro ei siis ole tavanomaista merkitystään). Maidin valumisesta kasvumittausten yhteydessä todettiin osa koiraista kutukypsiksi jo edellisenä keväänä. Lukuja 2-vuotiaana sukukypäksi tulleiden osuudesta, ei kuitenkaan voida raportoida, sillä mainittua rekisteröintiä ei voi pitää systemaattisena.

Taulukko 5.2. Kalojen jakautuminen sukukypsyyssluokkiin teurastettaessa.

	kaikkiaan	koiraista	naaraista
1) sukukypsät (kolmantena keväänä kutevat)	64%	96%	43%
2) marrot (ei kutua kolmantena keväänä)	35%	2%	57%
3) marrot, mutta toisena keväänä kuteneet	1%	2%	-

Analyyseissä käsiteltiin vain luokkia 1) ja 2).

Koska koiraista valtaosa oli sukukypsiä kolmannen kesän jälkeen, on taulukon 5.3 kannoittaiset luvut laskettu vain naaraista. Luvut on esitetty taulukossa myös kasvatusryhmittäin.

Taulukko 5.3. Sukukypsien naaraiden osuudet (%) naaraiden kokonaismäärästä kannoittain ja koeryhmittäin.

Kanta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Keskim.
makea vesi	91	18	42	18	41	71	48	61	79	58	53
merivesi	78	8	26	13	14	75	46	46	53	49	41
keskim.	85	13	34	16	28	73	47	54	66	54	

5.2.2.1 Kasvuominaisuudet

Analysoidut kasvuominaisuudet olivat

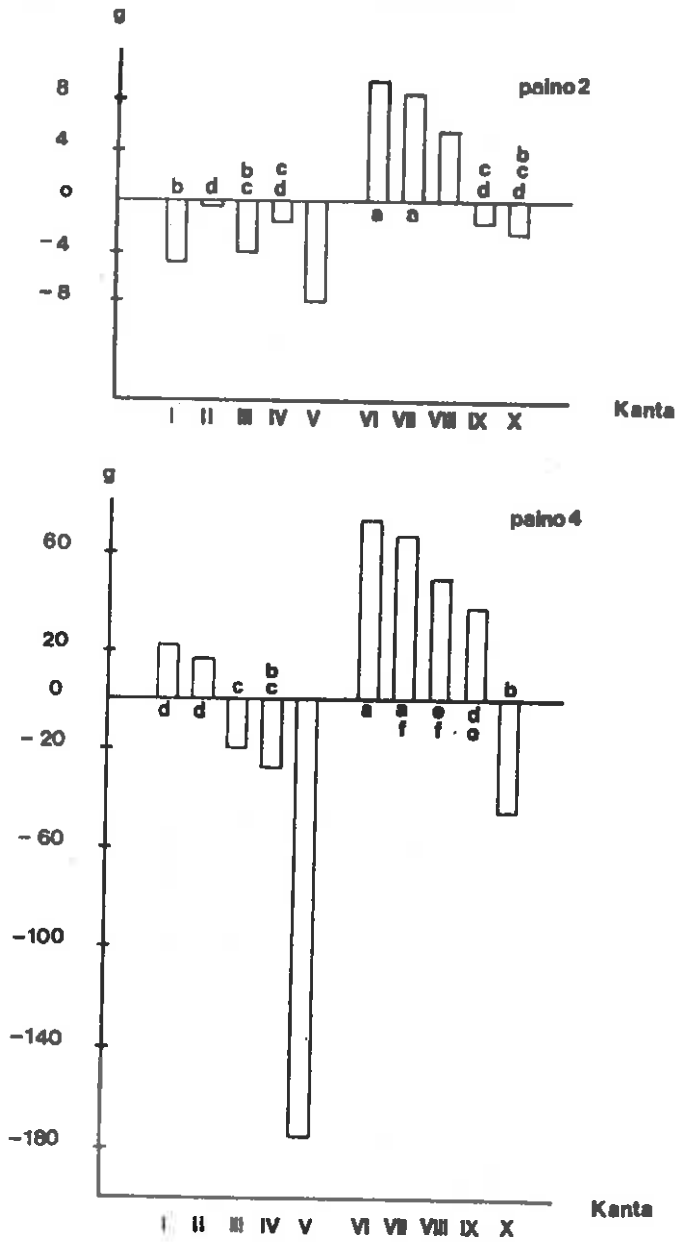
1. Paino2 eli 1-vuotiaiden kalojen paino
2. Paino4 eli 2-vuotiaiden kalojen paino
3. Paino5 eli 2.5-vuotiaiden kalojen teuraspaino (=perattu paino)
4. Kasvu24 eli absoluuttinen $(\text{paino4} - \text{paino2})$ tai suhteellinen $(100 * (\text{paino4} - \text{paino2}) / \text{paino2})$ kasvu toisena kesänä ja toisena talvena
5. Kasvu45 eli absoluuttinen $(\text{paino5} - \text{paino4})$ tai suhteellinen $(100 * (\text{paino5} - \text{paino4}) / \text{paino4})$ kasvu kolmantena kesänä

Kantojen väliset painoerot

Kantojen välillä oli painoeroja kaikissa mittausvaiheissa. Paras keskimääräinen teuraspaino oli kaupallisilla kannoilla VI-IX; muista kaupallisista kannoista poikkesi merkittävästi vain kanta X. Laukaan kantojen keskimääräisissä teuraspainoissa oli huomattavaa muuntelua. Erityisen heikosti kasvoi kanta V, jossa keskimääräinen teuraspaino oli yli 400 g pienempi kuin kokeen kaikkien kalojen keskiarvo ja n. 600 g pienempi kuin teuraspaino kannoissa VI-IX. Kantojen välisiä painoeroja kuvaavat LS-poikkeamat on esitetty kuvissa 5.1 ja 5.2.

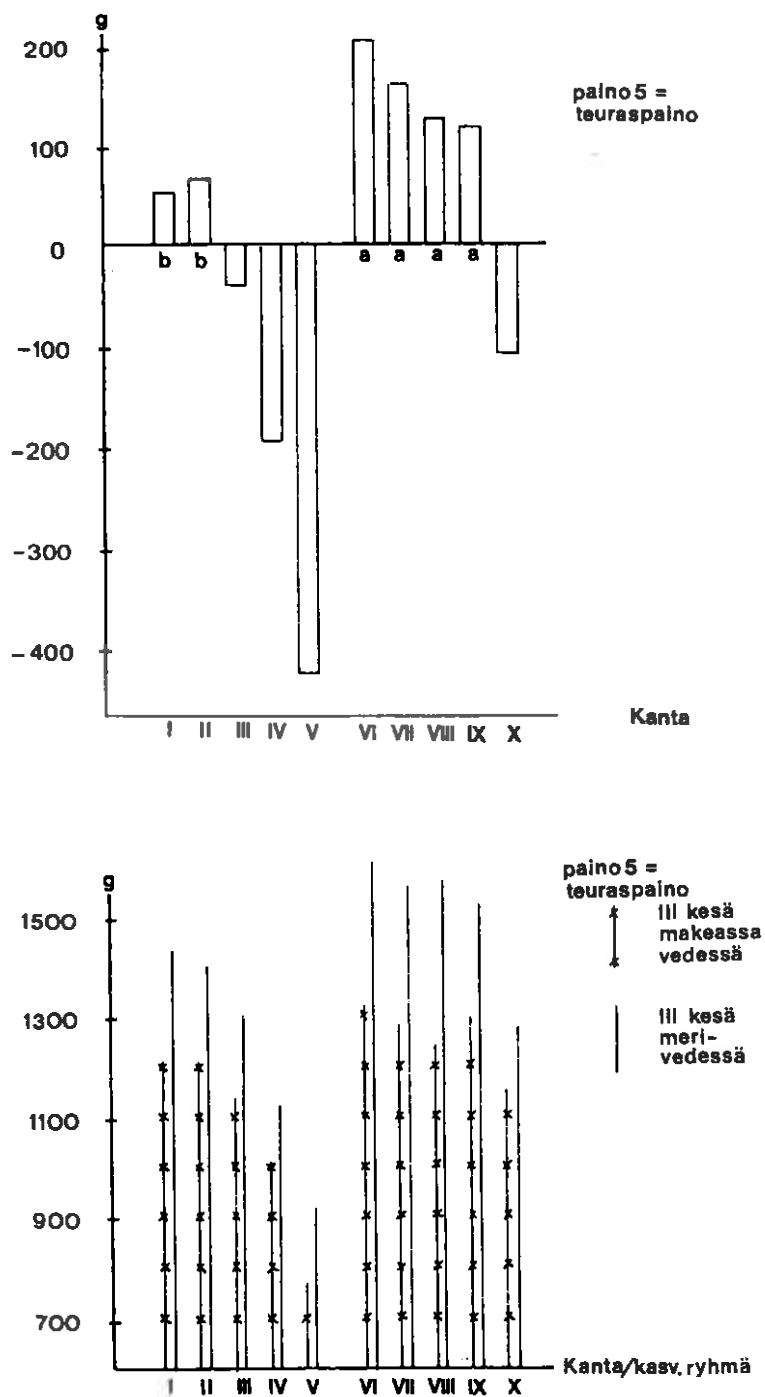
Sukupuolen vaikutus

Koiraat olivat 1-vuotiaina keskimäärin 1.3 g eli noin 3 %, 2-vuotiaina 50 g eli noin 12 % ja teurastettuina (2.5 v) 128 g eli noin 11 % painavampia kuin naarat vastaavissa vaiheissa (taulukko 5.4). Teurastettuina koiraat olivat naaraita painavampia kahdeksassa kannassa ja 2-vuotiaat koiraat vastaavan ikäisiä naaraita painavampia kaikissa kannoissa. Sen sijaan 1-vuotiailla kaloilla naaraiden keskipaino oli neljässä kannassa koiraiden keskipainoa suurempi. Kuitenkin suurin ero naaraitten hyväksi oli tällöinkin vain 1.7 g, kun se koiraitten hyväksi oli 6.7 g. Kuvassa 5.3 on esitetty kannoittain koiraiden ja naaraiden teuraspainot.



Kuva 5.1

Laukaa80: 1-vuotiaiden (paino2) ja 2-vuotiaiden (paino4) kalojen kantojen väliset painoerot. Samalla kirjaimella merkittyjen poikkeamien välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.



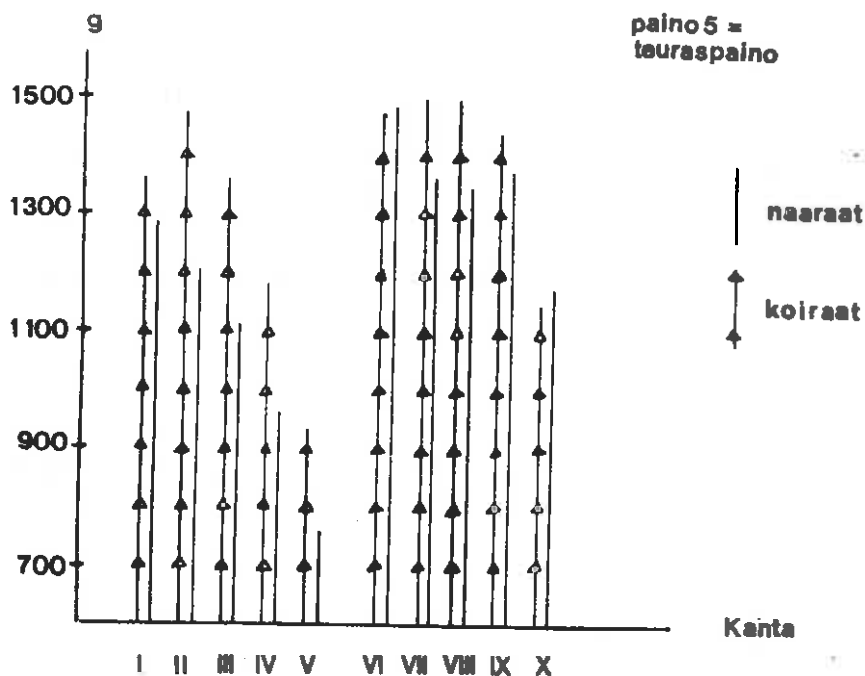
Kuva 5.2

Laukaa80: Yläkuvassa 2.5-vuotiaiden kelojen teuraspainojen kantojen väliset erot (samalla kirjaimella merkittyjen välillä ei ole tilastollisesti merkittävää eroa). Alakuvasa kantojen teuraspainojen LS-keskiarvot kasvatusryhmittäin.

Taulukko 5.4. Eri ikäisten koiraiden ja naaraiden keskipainot.

	paino2	paino4	paino5
naaraat	44.8	401.0	1202.6
koiraat	46.2	450.4	1331.5

Sukupuolittain tarkasteltuna kantojen arvojärjestys vaihteli, mutta keskipainoltaan parhaimmissa kannoissa naaraiden ja koiraiden väliset painoerot olivat pienimpiä. Kuitenkin merkittävä yhdysvaikutus on osoituksena siitä, että esim. kehitettäessä pelkkään naaraskasvatukseen tarkoitettuja populaatioita on varottava yksilöiden jalostusarvojen arvioimista liiaksi koiraspuolisten jälkeläisten perusteella. Tässä kokeessa esim. kantojen II ja VI 2-vuotiaitten koiraitten keskipainot olivat 503 g ja 502 g. Kuitenkin kannan II naaraitten keskipaino oli ainoastaan 381 g, kun se kannassa VI oli 496 g. Teuraspaino oli II kannan koirailta keskim. 1469 g ja naarailta 1194 g, VI kannan koirailta 1465 g ja naarailta 1479 g (kuva 5.3).



Kuva 5.3.

LAUKAA 80. Naaraiden ja koiraiden keskimääräinen teuraspaino (paino5) kannoittain.

Kannasta ja sukupuolesta riippumaton muuntelu

Kaikkien painomittojen (paino2-paino5) vaihtelukerroin (CV) kannasta ja sukupuolesta johtuvien erojen poistamisen jälkeen oli n. 30 %.

Yhteydet eri ikäisenä mitattujen painojen välillä

Kalojen eri ikävaiheissa mitattujen painojen väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 5.5. Diagonaalin yläpuolella ovat korrelaatiot kaloille, jotka olivat kolmannen kesän makeassa vedessä ja alapuolella kaloille, jotka olivat kolmannen kesän merivedessä.

Taulukko 5.5. Kalojen eri ikävaiheissa mitattujen painojen väliset korrelaatiot.

korrelaatio			
	paino2	paino4	paino5
paino2		0.684	0.430
paino4			0.838
paino5	0.388	0.746	

Painojen väliset korrelaatiot olivat selvästi positiivisia, joten vaiheittaiselle valinnalle on edellytykset. Kuitenkin makeassa vedessä mitatut alkupainot korreloivat huonommin kolmannen kesän meressä kasvaneiden teuraspainoihin kuin loppuun asti makeassa vedessä kasvaneiden teuraspainoihin, mitä voi pitää osoituksena jonkin asteisesta genotyypin ja ympäristön yhdysvaikutuksesta.

Ympäristön vaikutus

Kasvatusryhmät erosivat paitsi veden suolaisuuden myös kalatiheyden suhteen. Kalatiheys oli merikasvatuksessa makean veden kasvatuksessa ollutta tiheyttä alhaisempi.

Kuten kuvan 5.2 alaosassa olevasta piirroksesta selviää oli kunkin kannan kolmannen kesän merivedessä olleen ryhmän teuraspaino makeassa vedessä olleen ryhmän teuraspainoa suurempi. Keskimääräinen teuraspainojen ero viimeisen kasvukautensa meressä olleiden hyväksi oli 217 g. Kolmannen kesän kasvu oli merivesiryhmillä keskimäärin 204 g makean veden ryhmien saavuttamaa suurempi. Kan-

nan ja kasvatusryhmän yhdysvaikutus oli merkitsevä ($P < 0.001$) kasvun muuntelussa, mutta kantojen arvojärjestys eri kasvatustavoissa oli kuitenkin lähes sama. Poikkeus tässä suhteessa oli kanta VIII, jolla ero merikasvatuksen hyväksi oli kannoista suurin (333 g). Kuitenkin sekin kasvoi meressä huonommin kuin keskimäärin parhaiten kolmantena kesänä kasvanut kanta VI (taulukko 5.6). Onko tilanne sama myös eri täyssisarryhmiä verrattaessa selviää vasta jalostusohjelmaa toteutettaessa. Tilanne täyssisarryhmillä voi olla erilainen kuin kannoilla, jos kantojen sisällä täyssisarryhmien välillä on enemmän geneettistä muuntelua kuin kantojen välillä.

Kantojen kasvun keskiarvot erosivat toisistaan enemmän meressä kuin makeassa vedessä. Keskimääräisen teuraspainon vaihteluväli oli meressä kasvaneilla kannoilla 696 g ja makeassa vedessä kasvaneilla kannoilla 546 g. Keskimäärin parhaimmin ja huonoimmin kasvaneiden kantojen (VI ja V) kasvuero oli meressä 441 g ja makeassa vedessä 296 g. Merikasvatuksessa näytti siis olleen tekijöitä, jotka toista kasvuympäristöä paremmin toivat esiin kasvukyvyn eroja.

Kannat kasvoivat paremmin merivedessä kuin makeassa vedessä myös LAUKAA 81-kokeessa, jossa sisävesikasvatuksen paikkana oli Savon Taimenen kalanviljelylaitos Tyyrinvirralla.

Taulukko 5.6. Kolmannen kesän absoluuttisen kasvun (g) LS-keskiarvot kannoittain ja koeryhmittäin.

Kanta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Merivesi	987	972	903	727	664	1105	1063	1084	1061	887
Makea vesi	769	800	741	634	533	830	804	772	832	693
keskim.	878	886	822	680	599	967	933	928	946	790

Sukukypsyys ja kasvu

Kaloista painoi 2-vuotiaana yli 500 g noin 28%. Näistä tuli sukukypsiksi 85%. Yli 700 g painoi 2-vuotiaana 95 kalaa ja näistä tuli sukukypsiksi 97% (taulukko 5.7).

Taulukko 5.7. Kalojen jakautuminen painoluokkiin 2-vuotiaana eli ennen viimeistä kasvukautta.

paino (g)	sukukypsät kpl	marrot kpl	sukukypsät %
0- 99	2	42	5
100-199	56	188	23
200-299	164	240	41
300-399	454	245	65
400-499	638	215	75
500-599	502	97	84
600-699	227	49	82
700-799	67	3	96
800-899	22	-	100
900-999	3	-	100

Sukukypsyydellä ja painolla näytti siis tässä aineistossa olevan voimakas yhteys: kolmannen kesän alussa eniten painaneet kehittyivät kesän aikana sukukypsiksi. Keskimäärin painoivat sukukypsiksi kehittyneet yksilöt 2-vuotiaana 121 g marroiksi jääneitä enemmän.

Kannassa VII ja kannasa X sukukypsiksi rekisteröityjen osuudet olivat lähes yhtä suuret (71 % / 73 %), mutta kannassa X sukukypsien kalojen keskipaino ei ollut kannan VII marrojen kalojen keskipainoa suurempi (taulukko 5.8). Sukukypsyyden saavuttaminen ei siis näytä kytkeytyvän tiettyyn painoon, vaan painon ja sukukypsyyden saavuttamisen välinen yhteys on kantakohtainen. Korkeaan sukukypsyyssikään ja nopeaan kasvuun samanaikaisesti tähtäävän valinnan kannalta ei tilanne kuitenkaan välttämättä ole otollinen. Aineiston perusteella näyttää siltä, että kolmannen kesän alussa tietyn painon saavuttaneet kalat tulevat kesän aikana sukukypsiksi, mutta pienikään paino ei ole esteenä sukukypsäksi kehittymiselle.

Taulukko 5.8. Sukukypsyyssluokkien kolmannen kesän alkupainojen keskiarvot (g) ja sukukypsiksi kehittyneiden osuus (%) kannoittain.

Kanta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Sukuk.	448	508	444	437	292	516	518	521	483	406
Marrot	348	348	322	333	183	396	408	356	376	288
Erotus	100	160	122	104	109	120	110	165	107	118
Sukuk %	90	37	57	39	51	85	71	72	77	73

Koiraat näyttävät myös painosta riippumatta tulevan sukukypsiksi naaraista aikaisemmin. Teurastusvaiheessa koiraista oli sukukypsiä 96 % ja naaraista 43 %.

Kolmannen kesän jälkeen sukukypsiksi todettujen kasvu oli toisena kesänä ja toisena talvena keskimäärin 53 g (14 %) parempi ja kolmantena kesänä keskimäärin 197 g (28 %) parempi kuin marroiksi jääneillä. Sukukypsiksi rekisteröityjen teuraspaino oli noin 315 g marroiksi jääneiden teuraspainoa suurempi.

5.2.2.2 Teuraslaatu

Seuraavat kannat olivat mukana teuraslaatua tutkittaessa:

- I Donaldson
- IV A13
- VI Saimaanlohi ja
- VII Siikataimen

Teuraslaadun arviointiin otettiin satunnaisesti kunkin kannan sekä makeassa vedessä että merivedessä kasvatetuista yksilöistä noin 20 naarasta ja 20 koirasta eli kantaa kohti yhteensä noin 80 yksilöä. Kaikkiaan rasvan ja vesipitoisuuden analyysissä oli käytettävissä 294 havaintoa.

Teuraslaatua arvioitiin rasva- ja vesipitoisuudella. Mm. tuhkaa ja proteiinia ei määritetty kustannussyistä, ja koska ne vaihtelevat kirjallisuuden mukaan vain vähän.

Kantojen väliset erot

Kannan vaikutus rasvaisuuteen ja vesipitoisuuteen oli erittäin merkitsevä ($P < 0.001$), (taulukko 5.9). Suhteellisesti (painon vaikutus poistettu) olivat huonommin kasvaneet kannat nopeammin kasvaneita rasvaisempia.

Taulukko 5.9. Kantojen suhteellinen (painon vaikutus poistettu) rasva- ja vesipitoisuus.

		rasva (%)	vesi (%)
Kanta	I	13.03	66.62
	IV	13.54	66.50
	VI	12.39	67.14
	VII	12.28	66.72

Sukupuolen ja sukukypsyysasteen vaikutus

Materiaalissa, jossa laatuominaisuuksia analysoitiin, ei marvoja koiraita ollut kuin muutama, joten ne jätettiin pois analyysistä. Näin ollen eri luokkia oli ainoastaan kolme, marrot, sukukypsät naaraat sekä sukukypsät koiraat.

Sekä sukupuolen että sukukypsyysasteen vaikutus oli erittäin merkitsevä makeassa vedessä.

Sukukypsät naaraat olivat 0.84 %-yksikköä rasvattomampia kuin koiraat ja 0.78 %-yksikköä rasvattomampia kuin marrot naaraat (taulukko 5.10).

Taulukko 5.10. Rasvaisuus (%) ja vesipitoisuus (%) sukupuolittain ja sukukypsyysluokittain.

	rasva (%)		vesi (%)	
	makea vesi	merivesi	makea vesi	merivesi
sukukypsät koiraat	11.97	14.28	67.27	66.06
sukukypsät naaraat	11.50	13.25	67.76	66.82
marrot naaraat	12.26	12.09	66.60	66.47

Ympäristön vaikutus

Ympäristöllä oli erittäin merkitsevä ($P < 0.001$) vaikutus rasva- ja vesipitoisuuteen (taulukko 5.11). Merivedessä kasvatetut kalat olivat 0.64 %-yksikköä rasvaisempia kuin makeassa vedessä kasvatetut.

Taulukko 5.11. Rasvaisuus ja vesipitoisuus eri ympäristöissä.

	rasva (%)	vesi (%)
makea vesi	12.31	67.17
merivesi	13.05	66.30

Ympäristön vaikutus oli kuitenkin erilainen eri kannoissa (taulukko 5.12). Suurin havaittu ero rasvapitoisuudessa meressä ja makeassa vedessä oli linjassa VI, jonka rasvapitoisuus oli 2.4 %-

yksikköä suurempi merivedessä kuin makeassa vedessä.

Kantojen VI ja VII keskinäinen järjestys rasvaisuuden suhteen oli erilainen meressä kuin makeassa vedessä.

Taulukko 5.12. Eri kantojen rasvaisuus (%) merivedessä ja makeassa vedessä.

Kanta	merivesi	makeavesi
IV	14.02	12.83
I	13.97	12.02
VI	13.62	11.26
VII	12.99	11.63

Painon vaikutus rasvaisuuteen

Painon lisääntyessä lisääntyi kalojen rasvaisuus. Paino vaikutti rasvaisuuteen eri tavoin eri kannoissa (taulukko 5.13). Esimerkiksi kun kalan paino kasvoi 0.5 kg, lisääntyi rasva % kannassa IV 0.15 %-yksikköä, mutta kannassa VI vain 0.09 %-yksikköä.

Sen sijaan painon vaikutus ei ollut merkitsevästi erilainen eri ympäristöissä (regressiokerroin meressä kasvatetuille 0.0019 ja makeassa vedessä kasvatetuille 0.0024).

Taulukossa 5.14 on esitetty rasvaisuuden muutos lisäkasvua kohti eri sukupuoli- ja sukukypsyyssluokissa. Sukukypsien koiraiden rasvaisuuden muuttuminen painon mukaan oli kummassakin ympäristössä vähäistä. Voimakkaimmin lisääntyi rasvaisuus painon kasvaessa marroilla naarailla.

Taulukko 5.13. Rasvaisuuden muutos lisäkasvukiloa kohti eri kannoissa.

Kanta	rasvan lisäys g / kg lisäkasvu
I	2.8 g/kg
IV	3.0 g/kg
VI	1.7 g/kg
VII	2.1 g/kg

Taulukko 5.14. Rasvaisuuden muutos lisäkasvukiloa kohti eri sukukypsyyssluokissa.

	makeavesi	merivesi
sukukypsät koiraat	0.1 g/kg	1.7 g/kg
sukukypsät naaraat	2.8 "	3.0 g/kg
marrot naaraat	5.1 "	3.3 g/kg

5.2.2.3 Entsyymigeenien muuntelu

Yksilöiden kaikkien polymorfisina esiintyvien lokusten muuntelun tutkiminen on mahdotonta. Täten, etenkin arvioitaessa eroja luonnonpopulaatioiden muuntelussa, on käytetty hyväksi elektrofooresilla esiinsaataavaa entsyymimuuntelua. Kuten Ryman (1983) on asian ilmaissut on tällainen tutkimus käyttökelpoista jalostuksen kannalta:

-jos on olemassa yhteys biokemiallisissa lokuksissa olevan muuntelun tason ja fenotyypisten ominaisuuksien geneettisen muuntelun tason välillä, ja

-jos alleelieroit biokemiallisissa lokuksissa ovat suhteessa alleelieroihin fenotyypisten ominaisuuksien ilmenemistä kontrolloivissa lokuksissa.

Vaikka näitä yhteyksiä on kokeellisesti tutkittu vain vähän, tukee teoria voimakkaasti niiden olemassaoloa. Monet geneettisen muuntelun määrään vaikuttavat tekijät, kuten esim. efektiivinen populaatiokoko ja migraatio, vaikuttavat samanaikaisesti koko genomiin ja täten eri lokus-kokoonpanojen geneettisen muuntelun suhteellisten tasojen voidaan olettaa olevan yhteydessä toisiinsa (Ryman 1983). Entsyymimuuntelun tutkiminen on näin ollen keino selvittää kokonaisuuntelun määrää.

Muuntelu LAUKAA 80-kokeen kannoissa

Muuntelua havaittiin kuudessa entsyymissä ja kahdeksassa lokuksessa (taulukko 5.15).

Taulukko 5.15. Tutkitut muuntelevat entsyymisysteemit, alleelien määrät muuntelevissa lokuksissa ja kudosta näyte otettiin.

Entsyymisysteemi	alleelien lkm.	näyte (kudos)
α -glyserofosfaatti (AGP-1)	2	lihas
isositraatti dehydrogenaasi (IDH-3)	3	maksa
isositraatti dehydrogenaasi (IDH-4)	3	"
malaattientsyymi (ME-3)	2	"
malaattidehydrogenaasi (MDH-3)	2	lihas
malaattidehydrogenaasi (MDH-4)	3	"
fosfoglukomutaasi (PGM-2)	2	"
tetrazolium oksidaasi (TO-1)	3	maksa

Taulukossa 5.16. esitetyistä muuntelun mitoista on keskimääräinen heterotsygotia monipuolisin. Se on riippuvainen sekä alleelifrekvensseistä että alleelien ja polymorfisten lokusten lukumäärästä. Polymorfisten lokusten osuutta puolestaan voidaan pitää vähiten informatiivisena.

Kuten taulukon luvuista selviää, oli tässä kokeessa kantojen järjestys erilainen eri muunteluparametreilla mitattaessa. Täten arvioitaessa muuntelun määrää kannoissa on syytä tarkastella kaikkia taulukossa 5.16 esitettyjä tunnuslukuja.

Kantojen heterotsygotia-asteiden (H) keskiarvo oli koko aineistossa 10.19, Laukaan kannoilla 9.81 ja kaupallisilla kannoilla 10.57.

Selvästi alhaisin heterotsygotia-aste (6.84) oli Laukaan kannassa "Amerikkalainen". Tämä huolimatta siitä, että kaksi muuta muuntelua kuvaavaa tunnuslukua olivat tässä kannassa suhteellisen korkeat. Alhainen heterotsygotia selittyy kuitenkin sillä, että seitsemässä lokuksessa, jotka kannassa esiintyivät polymorfisina, vain kahdessa yleisimmän alleelin frekvenssi oli pienempi kuin 0.90.

Korkein heterotsygotia-aste (12.84) oli Laukaan kannassa "A13" jossa polymorfisena esiintyivät kaikki tutkitut aineistossa polymorfisena esiintyneet lokukset. Näistä kuudessa oli yleisimmin esiintyneen alleelin frekvenssi pienempi kuin 0.90.

Heterotsygotia-aste oli korkea (12.24) myös kannassa "Tanskalainen", jossa muut tunnusluvut saivat aineiston minimiarvot.

Taulukko 5.16. Geneettistä muuntelua kuvaavat tunnusluvut kannoittain.

kanta	alleeleja muuntelevissa lokuksissa yhteensä	muuntelevien lokusten lkm	Keskim. heterotsygotia (H) 1)
I Donaldson	16	5	8.44
II Kamloops	15	5	8.68
III Tanskalainen	15	5	12.24
IV A13	17	8	12.84
V Amerikkalaisen	17	7	6.84
VI Saimaanlohi	17	7	10.92
VII Siikataimen	18	7	11.56
VIII Arvokala	17	8	11.00
IX Hatsina	17	7	9.76
X Saarioinen	18	7	9.60

1) Hardy-Weinbergin mukainen heterotsygotia. Laskettu 20 tutkitusta lokuksesta, joista 12 monomorfisia.

Tarkasteltiinpa mitä tahansa taulukossa 5.16 esiintyvistä muuntelun mitoista, olivat Laukaan kantojen keskinäiset erot suurempia kuin erot kaupallisten kantojen välillä. Sama asia ilmenee myös taulukon 5.17 luvuista. Laukaan kantojen (I-V) keskinäisten parittaisten geneettisten etäisyyksien keskiarvo oli .0513 ja kaupallisten kantojen (VI-X) vain .0165, kun kaikkien parittaisten geneettisten etäisyyksien keskiarvo oli aineistossa .0339.

Parittaiset erot kertovat myös kannan "A13" selvästä erilaisuudesta. Sen ja muiden kantojen parittaisista etäisyyksistä pienin oli .064 (etäisyys Tanskalaiseen), jota suurempi ei ollut yksikään muiden kantojen parittaisista etäisyyksistä.

Kuvan 5.4 dendrogrammi esittää muiden kantojen etäisyyttä suhteessa kantoihin VI ja IX, jotka muistuttivat aineistossa eniten toisiaan.

Taulukko 5.17. LAUKAA 80-kokeen kantojen geneettistä yhtäläisyyttä (diagonaalin alapuolella) ja geneettistä etäisyyttä (diagonaalin yläpuolella) kuvaavat luvut.

BELOW DIAGONAL: NEI (1978) UNBIASED GENETIC IDENTITY
 ABOVE DIAGONAL: NEI (1978) UNBIASED GENETIC DISTANCE

POPULATION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 A 13 (L)	****	0.078	0.067	0.064	0.104	0.086	0.127	0.066	0.080	0.076
2 HATSINA	0.925	****	0.002	0.026	0.011	0.001	0.019	0.015	0.007	0.015
3 SIIKATAIMEN	0.935	0.998	****	0.018	0.007	0.008	0.025	0.027	0.008	0.026
4 TANSKALAINEN(L)	0.938	0.975	0.982	****	0.020	0.028	0.037	0.051	0.046	0.042
5 KAMLOOPS (L)	0.901	0.989	0.993	0.981	****	0.020	0.022	0.060	0.023	0.034
6 SAITMAANLOHI	0.918	0.999	0.992	0.973	0.980	****	0.006	0.013	0.010	0.023
7 ARVOKALA	0.880	0.982	0.975	0.963	0.979	0.994	****	0.050	0.028	0.041
8 SAARIOINEN	0.936	0.985	0.973	0.951	0.942	0.987	0.951	****	0.024	0.030
9 DONALDSON (L)	0.923	0.993	0.992	0.955	0.977	0.990	0.972	0.976	****	0.024
10 AMERIKKAL (L)	0.927	0.985	0.974	0.959	0.967	0.977	0.960	0.970	0.976	****

Yhteenvedona entsyymimuuntelun tuloksista voi sanoa, että Laukaan kirjolohiaineistossa, kuten odotettavissa oli, on edelleen erotettavissa toisistaan poikkeavia kantoja, kun taas kaupallisessa kasvatuksessa on pääasiallisesti yhteisen perusaineiston suhteellisen vähän toisistaan eriytyneitä linjoja.

Käsityksen meillä olevan kirjolohiaineuksen muuntelun määrästä saa vertaamalla LAUKAA 80-kokeen heterotsygotia-asteiden arvioita taulukossa 5.18 esitettyihin ulkomaisissa tutkimuksissa saatuihin lukuihin. Taulukon ovat koonneet Busack et al. (1979) ja siihen on lisätty LAUKAA 80-kokeen 10 kasvatuskannan heterotsygotia-aste-arvioiden keskiarvo ja vaihteluväli. Suomen kirjolohikantojen muuntelun määrä on samaa luokkaa kuin muissakin tutkimuksissa havaitut arvot. Siten kantamme eivät todennäköisesti ole menettäneet niin paljon geneettisestä muuntelustaan, että sillä olisi merkitystä jalostuksen kannalta.

Taulukko 5.18. Kirjolohipopulaatioiden heterotsygotia-aste-
arvioita. Vertailun helpottamiseksi kaikki luvut
on muunnettu 20 lökuksesta lasketuiksi.

Populaatioiden alkuperä	Heterots.-aste ja vaihteluväli tutkituissa populaatioissa	Tutkijat
Kasvattamo	11.4 (8.5-16.8)	Busack et al., 1979
Kasvattamo	9.92 (3.2-15.7)	Allendorf ja Utter, 1978
Villi	8.8	"
Villi	4.26 (3.9-4.5)	Utter et al., 1973
Kasvattamo	10.2 (6.2-12.8)	Koljonen et al., jul- kaisematon, LAUKAA 80

5.2.2.4 Vibrioosin vastustuskyky

Kantojen vastustuskykyä vibrioosille selvitettiin LAUKAA 80-kokeen yhteydessä. Keväällä 2-vuotiaina mereen siirrettävät kalat jaettiin kahteen ryhmään, joissa oli yhtäsuuret määrät kasvatus-

kokeessa mukana olevia kantoja. Toisen ryhmän kalat (1538 kpl) rokotettiin vibrioosia vastaan injektoimalla ne kaksi viikkoa ennen mereen siirtämistä eläinlääketieteellisessä korkeakoulussa valmistetulla rokotteella. Vertailuryhmää (1549 kpl) ei rokotettu. Kalat kasvatettiin kahdessa vierekkäisessä verkkoaltaassa kolmannen kesän ajan.

Kalojen kuolleisuus meressä oli rokottamattomien kalojen ryhmässä 4.8 % ja rokotettujen ryhmässä 0.4 %. Kuolleisuuden ero oli tilastollisesti merkitsevä ja osoittaa rokotteen hyvän tehon. Sen sijaan rokottamattomien kalojen kuolleisuudessa ei eri kannoilla ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, mikä saattoi johtua myös siitä, että kaikkiaan kuolleisuus oli kokeen aikana vähäinen.

Myös kantojen eroja kyvyssä muodostaa vasta-ainetta vibrioosia vastaan selvitettiin LAUKAA 80-kokeen merikasvatusjakson yhteydessä. Rokotetuista ja rokottamattomista kaloista otettiin kaikista kannoista verinäytteitä neljä kertaa kesän aikana vasta-aineiden tason selvittämiseksi. Tämän kokeen aineiston käsittely on kesken.

LAUKAA 81-kokeen kantojen ja niiden risteytysten eroja vibrioosin vastustuskyvyssä tutkittiin altistamalla 1-vuotiaita rokotettuja ja rokottamattomia kaloja vibrioosille käyttäen koealtaissa kahta eri bakteeritiheyttä. Kokeen tulokset ovat taulukossa 5.19.

Taulukko 5.19. Eri kantojen kuolleisuus vibrioosia vastaan rokottamattomina ja 1 kk ennen altistusta rokotettuina. Koeryhmät: Siikataimen (VII), Donaldson (I), Saimaanlohi (VI) sekä niiden risteytykset.

altistuspitoisuus solua/ml	kaloja kpl/ koeryhmä	kuolleisuus kpl /koeryhmä						
		VII	I	VI	VI*I	I*VI	I*VII	VII*I
Rokottamattomat								
10^6	10	1	1	2	4	7	1	3
10^7	10	4	3	5	3	6	2	2
Rokotetut								
10^6	10	0	0	0	0	0	0	0
10^7	10	0	0	0	0	0	0	0

Myös tässä kokeessa todettiin rokotuksen hyvä teho. Siikataiminen ja Donaldsonin risteytysten kalojen vastustuskyky näyttää olevan suurempi kuin Saimaanlohen ja vastaavien risteytysten. Erot rokkottamattomien kantojen kuolleisuudessa eivät kuitenkaan ole merkitseviä.

6. JALOSTUSAINES

Kirjolojikantojemme kvantitatiivisten ominaisuuksien tasoa muissa maisa olevaan ainekseen verrattuna on mahdoton määrittellä ilman meidän olosuhteissamme tehtyjä vertailukokeita. Jalostusohjelmassa päätettiin kuitenkin lähteä liikkeelle meillä olevasta materiaalista, mikäli se on mahdollista. Tämä ennen kaikkea siksi, että useimmissa muissa maissa esiintyy kalatauteja, joista Suomi on vielä vapaa, ja tämä on jo huomattava rajoitus muuten mahdolliselle materiaalin hankinnalle. Lisäksi tiedettiin kotimaisten kalanviljelylaitosten jo suorittaneen emokalakannoissaan valintaa meikäläisissä olosuhteissa soveliaaseen suuntaan, mikä arvioitiin eduksi ulkomaiseen ainekseen verraten. Mainittakoon kuitenkin, että Ruotsissa on suunnitteilla useammista maista hankitun materiaalin vertailu, johon myös Suomesta on pyydetty aineistoa. Mikäli tuloksia tästä kokeesta saadaan ennen kuin keskitetty jalostustyö meillä alkaa, on niiden valossa aineiston valintaa luonnollisesti harkittava uudestaan.

Merenrannikon kasvattajat ovat muutaman vuoden ajan hankkineet kirjolohen poikasia Ruotsista kasvatustaan varten. Näiden kalojen kasvu on eräissä tapauksissa ollut erittäin nopeaa. Ruotsista tuotujen kirjolohien käyttökelpoisuutta suomalaisiin verrattuna tulisikin selvittää ennen rodunjalostuksen aloittamista. Jalostuksen aloittaminen kotimaisesta materiaalista ei sulje pois sitä, että myöhemmin, mikäli osoittautuu tarpeelliseksi ja mahdolliseksi, geeniaineesta tuodaan myös ulkomailta. Erityisen mielekästä tuonti voisi olla, jos ryhdytään tutkimaan kantojen välisen risteytysjalostuksen mahdollisuuksia.

Kun jalostusohjelmassa on periaatteena kannan sisäinen valinta eli ns. additiivisten geenivaikutusten hyväksikäyttö (kts. kappale 9), on sopivin lähtömateriaali jalostusvalinnalle joko yksi jo kauemmin omana lisääntymisyksikkönään toiminut aines tai useista kannoista syntetisoitava uusi populaatio. Jälkimmäisen vaihtoehdon etuna on se, että yhdistämällä monia tai voimakkaasti eriytyneitä kantoja saadaan mahdollisimman muunteleva jalostusaineisto. Haittana on kuitenkin se, että uuden populaation syntetisoiminen on suhteellisen aikaa vievää. Mikäli yhdistettävät kannat ovat siten eriytyneitä, että kasvatuksen kannalta merkittävässä ominaisuuksissa on odotettavissa risteytysvaikutuksia, ei valintaa voida aloittaa ensimmäisestä risteytyspolvesta (F_1), jossa geenien ns. dominanssivaikutuksista johtuva muuntelu on suurimmillaan. Jotta useamman, perimältään eriytyneen kannan yhdistämisestä saataisiin maksimaalinen hyöty, olisi uuden populaation saavutettava ennen valinnan aloittamista mahdollisimman hyvä geneettinen tasapaino. Tähän päästään useilla satunnaispariteisilla sukupolvilla, mutta jo 3-4 sukupolvea merkitsisi kirjolohella 9-12 vuotta. Lisäksi tällaisen syntetisoidun populaation tuotostaso on todennäköisesti huonompi kuin parhaissa syntetisointiin käytetyissä kannoissa.

Täten nopeimmin edistytään, jos liikkeelle lähdetään yhdestä tai parista geneettisesti toisiaan muistuttavasta ja kvantitatiivisilta ominaisuuksiltaan hyväksi todetusta kannasta. Lisäksi kantojen on osoitettava "riittävää" geneettistä muuntelua.

Tällaista liikkeellelähdön mahdollisuutta tutkittiin (kvantitatiivisena ominaisuutena lähinnä kasvu) ja oikea lähtöaines pyrittiin löytämään projektiin liittyneillä vertailukokeilla. Koetulosten perusteella arvioitiin myös aktiivisen jalostustyön ulkopuolelle jäävän materiaalin säilyttämistä.

6.1 Jalotusaineuksen valinta

Jalostusvalinnan lähtömateriaalina on edullisinta käyttää 2-3 vertailukokeissa parhaiten kasvanutta kaupallista kantaa.

Kuten kappaleessa 5 esitetystä tuloksista selviää, saatiin LAUKAA 80- kokeessa kaupallisille kannoille huomattavasti Laukaan kantoja parempi keskimääräinen kasvutulos (kuva 5.2). Alustavien tulosten mukaan oli kaupallinen kanta nopeakasvuinen myös LAUKAA 80-kokeelle toistona järjestetyssä LAUKAA 81-kokeessa. Kaikkien kantojen sisällä kasvun fenotyypinen muuntelu oli huomattavaa.

Entsyymimuuntelun suhteen olivat kaupalliset kannat hyvin toisensa kaltaisia (taulukko 5.16). Polymorfisten lokusten ja niissä esiintyneiden alleelien lukumäärällä mitattu muuntelu ei myöskään poikennut oleellisesti näin mitatusta muuntelusta Laukaan kannassa "A13", joka keskimääräiseltä heterotsygotialtaan osoittautui kannoista muuntelevimmaksi. Koska entsyymimuuntelun on katsottava edustavan tässä yhteydessä ns. neutraaligeenien muuntelua, ei tällaisen muuntelun samankaltaisuus eri kannoissa välttämättä ole osoitus siitä, etteivät kannat eroaisi jonkinasteisen valinnan kohteena olleita ominaisuuksia määrävissä lokuksissa. Kuitenkin kasvattajat ovat meillä tehneet kannoissaan hyvin samantyyppistä valintaa, joten ei ole todennäköistä, että keinollinen valinta olisi vahvasti eriyttänyt kantoja.

Edellä olevan perusteella näyttää siltä, että valintajalostukselle on hyvät mahdollisuudet, kun lähtöaineistoksi otetaan muutama kaupallisista kannoista. Edelleen näyttää siltä, että kannat eivät ole toisistaan niin eriytyneitä, että risteytysvaikutukset hankaloittaisivat ensimmäisten sukupolvien jalostusarvostelua.

Se, että jalostusaineistoksi valittujen kantojen muuntelusta tulee mukaan maksimaalinen osa varmistetaan ottamalla:

1) mahdollisimman suuri otos

Maksimaalinen heterotsygotia-aste olisi LAUKAA 80-kokeen aineistossa ollut 23 % (2 alleelia/lokus, molempien alleelien frekvenssi 0.5 ja 3 alleelia/lokus, kunkin alleelin frekvenssi 0.33). Korkeintaan puolet tästä arvosta ovat heterotsygotia-asteet

kertovat, että osa alleeleista esiintyi suhteellisen alhaisilla frekvensseillä ja mahdollisimman suuri otoskoko on edellytys tällaistenkin alleelien mukaantulolle. Tästä syystä ja rodunjalostuksen kulkua silmällä pitäen suositellaan otettavaksi 200 naaraa ja 200 koirasta.

2) kaloja useasta ikäluokasta

Mikäli mukaan otettavia kantoja on viimeisinä sukupolvina lisätty sellaisia kalamääriä käyttäen, että LAUKAA 80-kokeessa todettujen muuntelun mittojen voidaan odottaa pitävän edelleen paikkansa, ei emokalojen ottaminen useasta sukupolvesta ole välttämätöntä. Sen sijaan, jos lisäämisessä todetaan olleen ns. pullonkauloja, useamman sukupolven mukaan otto on aiheellista. Edullisinta olisi ottaa useammasta ikäluokasta nimenomaan koiraita, sillä emon ikä vaikuttaa pikkupoikasten kasvuun ja eri ikäisten emojen mukaantulo vaikeuttaisi näin ollen jälkeläisryhmien jalostusarvostelua.

6.2 Jalostuksen ulkopuolelle jäävä aines

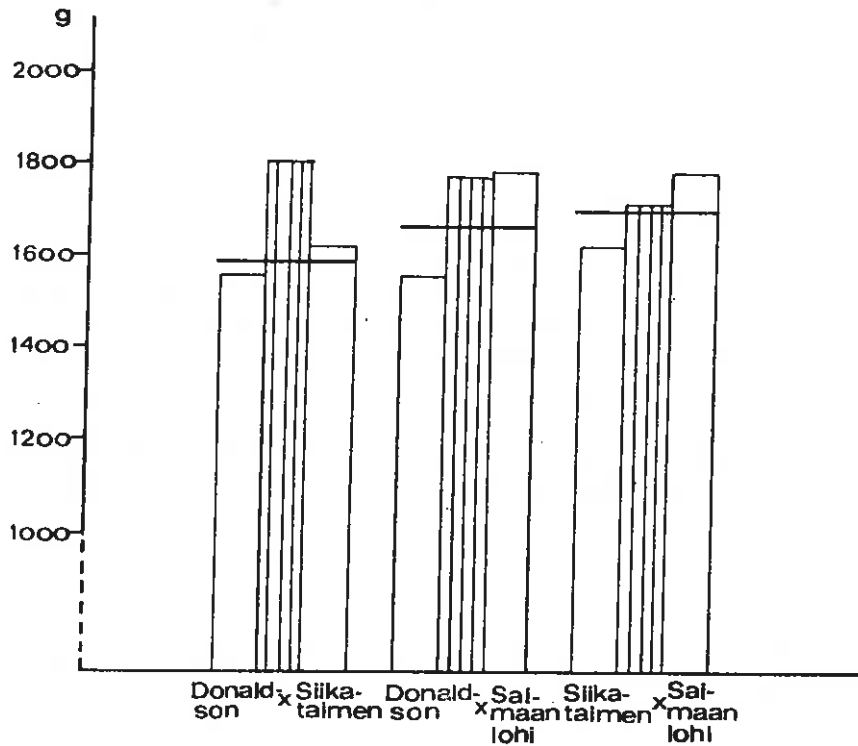
Vaikka varsinainen jalostusvalinta suositeltiin aloitettavaksi vain muutamasta kannasta, on tärkeää ja oikeastaan myös ehto tälle, että muissa kannoissa olevasta geneettisestä muuntelusta säilytetään niin paljon kuin mahdollista.

Suosittelut säilyttämisen muoto on useista kannoista muodostettava populaatio. Sen muodostamiseen tulisi käyttää kahta tai useampaakin kaupallista kantaa, joita tähän asti on lisätty mahdollisimman paljon toisistaan poikkeavissa ympäristöoloissa. Vaikka kaupalliset kannat osoittautuivatkin entsyymimuuntelultaan toistensa kaltaisiksi, voidaan mainitulla tavalla valitun, useamman kannan mukaanotolla varmistaa luonnonvalinnan eriyttävästä vaikutuksesta mahdollisesti syntyneen muuntelun mukaantulo. Lisäksi syntetisoitavaan kantaan tulisi yhdistää mieluiten kaikki Laukaan kannat, joita voidaan entsyymimuuntelusta arvioitujen geneettisten etäisyyksien (taulukko 5.19) perusteella pitää kaupallisia kantoja eriytyneimpinä.

Muun muassa LAUKAA 81-kokeen tulokset osoittivat (kuva 6.1), että pyrittäessä kirjolohen nopeaan kasvuun, on syytä tutkia myös risteytysjalostuksen mahdollisuuksia. Tämä puoltaisi joidenkin kantojen säilyttämistä erillisinä. LAUKAA 81-kokeen perusteella tällainen kanta voisi olla "Donaldson" ja lähinnä muista kannoista selvästi poikkeavan ulkomuotonsa vuoksi myös Laukaan kanta "Amerikkalainen". Kanta A13 olisi myös syytä säilyttää erillisenä, koska se on muita kantoja aikaisemmin kuteva.

Edellä mainittua geenipoolia voitaisiin käyttää paitsi perinnöllisen aineksen varastona myös kontrollipopulaationa jalostusohjelmalla saatua edistymistä arvioitaessa. Molempiin tarkoituksiin sopivat samat uusien sukupolvien tuottamisperiaatteet. Näitä ja

yleensä perinnöllisen edistymisen arvioimista ovat käsitelleet mm. Gowe et al. (1959 a,b) ja Hill (1972 a,b).



KUVA 6.1. Risteytysten ja vastaavien puhtaiden kantojen keskimääräiset teuraspainot 2.5-vuotiaina LAUKAA 81-kokeessa (— vanhempienkantojen keskiarvo). Huom. Tulos alustava, analyysissä ei mukana koko aineisto.

7. JALOSTETTAVAT OMINAISUUDET

Perinnöllinen edistyminen on suoraan verrannollinen valittujen yksilöiden paremmuuteen ja ominaisuuden periytyvyyteen. Sen sijaan se on kääntäen verrannollinen sukupolvien väliseen aikaan. Mitä pitempi sukupolvien välinen aika on sitä heikompi on valintateho aikayksikköä kohti.

Jalostusohjelmissa valinnan kohteena on harvoin vain yksi ominaisuus. Yleensä pyritään samanaikaiseen muutokseen useammassa ominaisuudessa. Tällöin käytettäessä tiettyä valittavien lukumäärää saadaan yksittäiselle ominaisuudelle yleensä pienempi valintaero kuin valinnan kohdistuessa vain tähän yhteen ominaisuuteen. Valintaeron heikkeneminen yksittäisten ominaisuuksien suhteen riippuu mukaan otettavien ominaisuuksien lukumäärästä ja ominaisuuksien keskinäisistä yhteyksistä.

Kokonaisgenotyypin muodostavien ominaisuuksien keskinäisten yhteyksien vaikutusta kokonaistuotoksen (t) valintatehoon voidaan kuvata kaavalla

$$h_t^2 = \frac{1 + (n-1)r_{gij}}{1 + (n-1)r_{pij}} h_i^2 \quad (\text{Kaava 7.1., Dickerson, 1955}).$$

Tällöin oletetaan, että kokonaistuotoksen muodostaa n ominaisuutta, joilla kaikilla on sama muuntelu ja yhtä suuri heritabiliteetti (h_i^2). Ja edelleen, että sekä fenotyypiset korrelaatiot (r_{pij}) keskenään että geneettiset korrelaatiot (r_{gij}) keskenään ovat yhtä suuret minkä tahansa ominaisuusparin ij välillä.

Kaavasta nähdään, että kokonaistuotoksen heritabiliteetti (h_t^2), mihin geneettinen edistyminen on suoraan verrannollinen, lähenee nollaa, kun ominaisuusparin geneettinen korrelaatio on negatiivinen ja lähenee arvoa $-1/(n-1)$.

Taulukossa 7.1 on lueteltu ominaisuudet, joiden huomioonottaminen on tärkeää useimpien viljeltävien lajien jalostusohjelmissa. Lisäksi taulukkoon on merkitty ominaisuuksien suhteellinen taloudellinen merkitys lohikaloilla.

Rehunkäyttökyky (syöty rehumäärä/lisäkasvu), joka keinorehulla ruokittaessa ja etenkin runsaasti eläinvalkuaista tarvitsevilla lohikaloilla on tuotannon taloudellisuuden kannalta ensiarvoisen tärkeä, puuttuu listasta. Tämä johtuu siitä, että rehunkulutuksen yksilökohtainen mittaaminen käytännön jalostustarkkailussa on mahdotonta, eikä myöskään kyllin yksinkertaista epäsuoraa menetelmää ole kehitetty. Muilla kotieläimillä tehtyjen tutkimusten pohjalta voidaan rehunkäyttökyvyllä kuitenkin olettaa olevan suo-

tuisa yhteys kasvuun. Hyvin kasvavat yksilöt ovat myös edullisesti rehuja käyttäviä eli hyvään kasvukykyyn kohdistuvan valinnan voidaan odottaa johtavan myös rehunkäyttökyvyn parantumiseen. Tutkimuksessaan Kinghorn (1983 b) totesi nuorten kirjolohien täyssisarryhmien rehunkäyttökyvyssä vain vähäistä muuntelua ja voimakkaan yhteyden kasvun ja rehunkäyttökyvyn välillä, joten ainakin poikaskaudella hyvän rehunkäyttökyvyn valinta kasvun kautta näyttäisi jopa suoraa valintaa edullisemmalta (ks. tarkemmin kappale 7.2.1).

Taulukko 7.1. Eri ominaisuuksien suhteellinen taloudellinen merkitys lohikalojen jalostuksessa Gjedrem (1983) mukaan.

Kasvu	+++
Lihan laatu	++
Kuolleisuus, poikaset	+
Kuolleisuus, aikuiset	++
Sukukypsyyssikä *	++
Hedelmällisyys	0

*Suuria kaloja tuotettaessa

Taulukossa 7.2 on esitetty yhteenvedo kirjolohen ja vertailun vuoksi myös lohen eri ominaisuuksien vaihtelukertoimista ja heritabiliteetti-arvioista.

Taulukko 7.2. Kirjolohen ja lohen eri ominaisuuksien vaihtelukertoimia (CV) ja periytymisasteiden (h^2) arvioita. Yläviitteenä tutkimusten lukumäärä. Taulukon on koonnut Gjedrem (1983).

Ominaisuus	Kirjolohi		Lohi	
	CV	h^2	CV	h^2
Paino, aikuiset	22 ³	0.17 ²	27 ²	0.36 ³
Pituus, aikuiset	9 ²	0.17 ²	8 ²	0.41 ⁴
Kuolleisuus/resistenssi		0.14 ¹		0.11 ⁴
Lihan väri	23 ¹	0.06 ¹	16 ¹	0.01 ¹
Rasva-%	10 ¹	0.47 ¹		
Teuras-%	6 ¹	0.01 ¹	4 ¹	0.03 ¹
Sukukypsyyssikä		0.18 ¹		0.71 ²

7.1 Ominaisuuksien muuntelu

7.1.1 Kasvuominaisuudet

Kysyntä määrää teuraskoon, johon kaloja kasvatetaan. Edullisin kasvatettava on luonnollisesti kalakanta, jonka yksilöistä valtaosa kasvaa haluttuun teuraskokoon mahdollisimman nopeasti. LAUKAA 80-kokeen tulokset osoittivat, että eri kantojen kasvurytmit olivat hyvin samantapaiset, eli kannat, jotka saavuttivat suurimman keskimääräisen teuraspainon 2.5-vuotiaana, painoivat myös aiemmissa mittausvaiheissa muita kantoja enemmän. Tämän mukaan samassa jalostuspopulaatiossa voidaan pyrkiä keskimääräisen teuraspainon kasvattamiseen kaikissa ikävaiheissa eikä ole tarvetta eri jalostusainekseen riippuen siitä onko lopullinen jalostustavoite esim. annoskokoinen vai 1-2 kg:n kirjolohi.

Taulukossa 5.5 esitettiin LAUKAA 80-kokeesta lasketut eri ikävaiheissa mitattujen painojen väliset keskimääräiset fenotyyppiset korrelaatiot yksittäisillä kaloilla. Niiden mukaan selittävät (r^2) 1-vuotiaana mitatut painot 2.5-vuotiaana mitattuja teuraspainoja vain n. 15% varmuudella ja 2-vuotiaana mitatut painot n. 60% varmuudella. Olettaen, että geneettiset korrelaatiot eivät ole ratkaisevasti fenotyyppisiä suuremmat, ei yksittäisten kalojen karsinta vielä 1-vuotiaana eikä edes 2-vuotiaana voi olla kovin ankaraa pyrittäessä mahdollisimman suureen 2.5-vuotiaiden teuraspainoon.

Aikaisemmassa vaiheessa (y) tapahtuvan valinnan teuraspainoon kohdistuva hyöty suhteessa hyötyyn, joka saataisiin tehtäessä samalla intensiteetillä valinta vasta teurastusvaiheessa (x) selviää kaavasta 7.2:

$$\frac{CR_x}{R_x} = r_g \frac{h_y}{h_x}, \text{ missä } \quad (\text{Kaava 7.2})$$

CR_x = teuraspainossa saatava hyöty, kun valinta kohdistuu painoon vaiheessa y

R_x = teuraspainossa saatava hyöty, kun valinta kohdistuu suoraan siihen

r_g = geneettinen korrelaatio mainittujen painojen välillä.

h_i = heritabiliteetin neliöjuuri vaiheessa x tai vaiheessa y ($i=x,y$).

Sukupuolella on merkitsevä vaikutus kasvuun. LAUKAA 80-kokeessa koiraat olivat 1-vuotiaina keskimäärin 1.3 g eli noin 3%, 2-vuotiaina 50 g eli noin 12% ja teurastettuina (2.5v) 128 g eli noin 11% painavampia kuin naaraat vastaavissa vaiheissa (taulukko 5.4). Teurastettuina koiraat olivat naaraita painavampia kahdeksassa kannassa ja 2-vuotiaat koiraat vastaavan ikäisiä naaraita painavampia kaikissa kannoissa. Sen sijaan 1-vuotiailla kaloilla naaraiden keskipaino oli neljässä kannassa koiraiden keskipainoa suurempi; kuitenkin suurin ero naaraitten hyväksi oli tällöinkin vain 1.7 g, kun se koiraitten hyväksi oli 6.7 g.

Vaikka lopullinen jalostustavoite on yleensä tietty paino mahdollisimman edullisessa kasvatusajassa, voidaan tähän pyrkiä suoraan painoon tai myös pituuteen kohdistuvalla valinnalla. Paino lienee valintakriteerinä useimmissa jalostusohjelmissä ilmeisesti pituutta helpomman mitattavuutensa vuoksi (ryhmäpunnitukset mahdollisia tehtäessä valintaa esim. täyssisarryhmien välillä). Lisäksi paino vaihtelee pituutta enemmän. Kuitenkin pituudelle on saatu yleensä tutkimuksissa painoa korkeampia heritabiliteetti-arvioita. Koska sekä fenotyyppinen että geneettinen yhteys pituuden ja painon välillä on lähes 1.0, voisi painon valinta pituuden kautta olla suoraa painoon kohdistuvaa valintaa tehokkaampaa (vrt. kaava 7.2), mikäli suurten kalamäärien pituuden nykyistä helpompaan mittaamiseen löytyisi keino.

7.1.2 Teurasominaisuudet

Meillä ainoa kalan hintaan vaikuttava teurasominaisuus on tällä hetkellä teurasprosentti. Kalat myydään yleensä suolistettuina, joten myyntikelvottoman sisälmyksen kasvattaminen on kannattamatonta. Tuotannon lisääntyessä ja markkinoiden kiristyyessä voi myös lihan laatuominaisuuksien huomioon ottaminen tulla ajankohtaiseksi. Ensimmäisenä tulee kyseeseen rasvaisuus; paitsi rasvan määrä (vähärasvaisuus edullista) myös mahdollisesti rasvahappojen laatu. Muita, jossain määrin tutkittuja laatuominaisuuksia ovat valkuaisen määrä, fileen paksuus ja lihan väri.

Tutkimuksissaan Linder et al. (1983) ja Ayles et al. (1979) ovat osoittaneet merkitseviä eroja eri kantojen rasvaisuudessa ja Gjerdem (1976) eri täyssisarryhmien lihan värissä.

Myös LAUKAA 80-kokeen kantojen väliset erot rasva- ja vesipitoisuudessa osoittavat, että niissä esiintyy perinnöllistä muuntelua. Lisäksi LAUKAA 80 -kokeen tulokset osoittivat, että rasva- ja vesipitoisuus ovat voimakkaasti toisiinsa yhteydessä, joten rasvaisuuden määrittäminen voidaan korvata yksinkertaisemmalla vesipitoisuusanalyysillä.

Ympäristöllä on vaikutusta rasvoittumiseen, mutta ympäristön vaikutus on jossain määrin riippuvainen genotyypistä. LAUKAA 80-kokeessa ei yhdysvaikutus ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta

kuitenkin kantojen arvojärjestys rasvaisuuden suhteen oli osittain erilainen makeassa vedessä ja merivedessä kasvatettaessa, joten jalostusohjelmaa toteutettaessa on rasvaisuutta mitattava kummassakin ympäristössä.

Kirjallisuudesta löytyy vain niukasti heritabiliteettiarvioita teurasominaisuuksille (taulukko 7.2). Tutkimusten vähäisyys johdunee osaltaan ominaisuuksien mittaamisen kalleudesta (rasva, proteiini) tai teknisestä vaikeudesta (lihan väri) Entistä helpompia mittaustapojen löytyminen lieneekin yksi edellytys näiden ominaisuuksien laajamittaiseen huomioon ottamiseen jalostusohjelmissa.

7.1.3 Sukukypsyysikä

Sukukypsyysikä on kalojen jalostuksessa kaksitahoinen merkitys. Alhainen sukukypsyysikä on edullinen lyhentäessään sukupolvien välistä aikaa (vrt. kaava 8.1.), mutta sukukypsyyden saavuttamisen on toisaalta todettu hidastavan kasvua, sanottu lisäävän kuolleisuutta ja heikentävän lihan laatua ja etenkin koirailta huonontavan muutenkin teuraslaatua. Täten sukukypsyyden saavuttaminen ennen aiottua teurastusikää ei ole toivottavaa.

Sukukypsyysikä on siihen yksipuolisesti kohdistetun valinnan avulla suhteellisen helppo vaikuttaa.

Gjerde ja Gjedrem (1983) saivat aineistossaan kolmantena vuotena sukukypsiksi tulevien osuudelle heritabiliteettiarviot

$$h_s^2 = 0.18 \pm 0.07 \quad \text{ja} \quad h_d^2 = 0.09 \pm 0.05.$$

(h_s isäkomponentista laskettu, h_d emäkomponentista laskettu)

Naevdal et al. (1979) totesivat, että toisena vuonna sukukypsiksi tulevien osuudessa muuntelua aiheuttavat mahdollisesti myös ei-additiiviset geenivaikutukset. Tähän viittaa se, että he saivat emäkomponentista laskien huomattavasti suurempia heritabiliteettiarvioita kuin isäkomponentista laskien. Arviot vaihtelivat välillä:

$$h_s^2 = 0.0 - 0.015 \quad h_d^2 = 0.4 - 0.5.$$

Kolmantena vuonna sukukypsiksi tulevien osuudelle molemmat estimointitavat antoivat saman suuruisia arvioita, jotka vaihtelivat välillä:

$$h^2 = 0.2 - 0.4.$$

Naevdal(1983) raportoi huomattavista eroista sisarusryhmien välillä sukukypsyyden saavuttamisiässä ja merkitsevää positiivisesta korrelaatiosta sukukypsien yksilöiden osuudessa vanhempien sisarus- ja jälkeläisryhmissä.

Vaikka sukukypsyyksiän muuntelulle on pystytty osoittamaan selvä geneettinen perusta, näyttää siltä, että muuntelua aiheuttavat myös ulkoiset tekijät. LAUKAA 80-kokeessa oli kolmantena vuonna sukukypsiksi tulleiden naaraiden osuudessa selvä ero eri kasvatusympäristöissä (taulukko 5.3). Tämä ero näytti myös nopeasta kasvusta riippumattomalta, sillä keskimääräinen kasvu oli makeassa vedessä selvästi pienempi kuin kasvu merivedessä, missä sukukypsien osuudet yleisesti olivat makeassa vedessä olleita alhaisemmat.

Sukupuolella on selvä vaikutus sukukypsyyksiin. Naaraat tulevat myös painosta riippumatta keskimäärin koiraita myöhemmin sukukypsiksi.

7.1.4 Sairauksien vastustuskyky

Kalankasvatuksen lisääntyessä on todennäköistä, että sairaudet tulevat tuottamaan lisääntyviä ongelmia. Viruksista, bakteereista ja loisista aiheutuvat kalasairaudet ovat kalankasvatuksen suurimpia epävarmuustekijöitä. Yhdessä ne voivat tuottaa merkittäviä taloudellisia tappioita kalankasvatuksessa. Lääkehoito on sekä kallista että monessakin mielessä haitallista. Kalojen tautiresistenssin parantaminen on usein pitkällä tähtäimellä kannattavin keino sairauksista johtuvien taloudellisten tappioiden ehkäisyyn.

Norjassa on tutkittu eri kantojen kestävyttä merikasvatuksessa huomattavia tappioita aiheuttavaa vibrioosia (*Vibrio anguillarum*) vastaan. Kantojen välisiä eroja on todettu sekä lohella (Gjedrem ja Aulstad, 1974) että kirjolohella (Refstie, 1982). Ensin mainitussa tutkimuksessa arvioitiin heritabiliteetiksi vibrioosi-infektioon kuolleisuudelle 0.12 isäkomponentista laskettuna ja 0.07 emokomponentista laskettuna. Jälkimmäisessä tutkimuksessa todetaan, että sairauksien vastustuskyvyllä ja stressinsietokyvyllä on todennäköisesti positiivinen yhteys. Kokeissa todettiin, että kannoilla on selvästi erilainen kyky vasta-aineiden muodostamiseen.

LAUKAA 80-kokeen tulokset osoittivat, että myös Suomen kirjolohikantojen kyvyssä muodostaa vasta-aineita vibrioosia vastaan on geneettisiä eroja. Näin ollen näyttää olevan perusteita yhdistää jalostusohjelmaan valinta vibrioosiresistenssin parantamiseksi.

7.2 Ominaisuuksien väliset yhteydet

Jalostusohjelmien suunnittelun ja toteuttamisen kannalta informatiivisin tapa kuvata kahden ominaisuuden yhteyttä on ominaisuuksien välinen geneettinen korrelaatio (r_g) (vrt. kaava 7.1).

Koska periytymisaste arvioita on niukasti kalojen useimmista tuotanto-ominaisuuksista, on luonnollista, että niukkuus pätee myös lukumäärään geneettisten korrelaatioiden arvioista. Lisänä on kuitenkin tutkimuksia, jotka antavat viitteitä ominaisuuksien geneettisten yhteyksien suunnasta ja myös todennäköisestä suuruusluokasta.

7.2.1 Kasvu ja rehunkäyttökyky

Kinghorn (1983 b) on tutkinut rehunkäyttökyvyn muuntelua nuorilla (1-vuotiaaksi) kirjolohilla. Tutkimuksen mukaan oli rehunkäyttökyvyn heritabiliteetti tässä vaiheessa alhainen

$$h^2 = 0.03 \pm 0.10$$

ja muuntelu vähäistä

$$CV = 8.3\%$$

Lisäksi rehunkäyttökyvyn ja kasvun välinen sekä fenotyyppinen (r_p) että geneettinen (r_g) korrelaatio olivat voimakkaasti positiivisia

$$r_p = 0.72 \pm 0.03 \quad r_g = 0.80 \pm 0.26$$

Tulosten mukaan ei suoraan rehunkäyttökykyyn kohdistuvan valinnan voida olettaa olevan tässä ikävaiheessa kovinkaan tehokasta, mutta nopeaan kasvuun tähtäävän valinnan voidaan odottaa parantavan myös rehunkäyttökykyä.

Simulointitutkimuksessaan Sirkkomaa ja Lindström (1981) olettivat painon ja rehukertoimen (kg rehua/ kg lisäkasvua) geneettiseksi yhteydeksi -0.88 . Simulointien antaman tuloksen mukaan parani rehukerros 20 sukupolvessa pelkkään kalanpainoon kohdistunutta valintaa käyttäen 1.75:stä 0.96–0.90:een käytetystä valintamenetelmästä riippuen. Viidessä sukupolvessa kasvoi keskimääräinen kalanpaino 1.0 kg:sta 1.34 kg:aan ja rehuhyötysuhde pieneni 1.75:stä 1.34:ään (yhdistelmävalinta, 20 ♂ + 40 ♀/ 1500). Lähtöarvo rehunkäyttökyvyn heritabiliteetille oli 0.25.

Jotta yksilöiden rehunkulutusta voitaisiin arvioida, olisi mittaamista helpottavien suorien ja epäsuorien menetelmien kehittäminen ensiarvoisen tärkeää. Entistä helpomprien menetelmien löytäminen mahdollistaisi rehunkäyttökyvyn muuntelun laajemman tut-

kimisen ja tämän pohjalta voitaisiin arvioida sen huomioonottamisen merkitys eri jalostusvaiheissa.

7.2.2 Kasvu ja sukukypsyys

Kutuvalmiilla kaloilla gonadien paino edustaa huomattavaa osaa kalojen kokonaispainosta. Gonadit kasvavat voimakkaasti keväällä olevaa kutua edeltävänä talvena, jolloin syöntihalu on vähäinen. Näin ollen on luonnollista, että mädin ja maidin tuottamiseen tarvittavia ravinteita otetaan paitsi ruoasta myös lihaksista ja vararasvasta. Lisäksi energiaa vaativaa ja myös muuten kalojen ulkonäköä rasittavaa on kutuajalle tyypillinen koiraiden tappelu.

Kutuvaiheen läpikäyneitä kaloja kasvattajat kutsuvat "raakeiksi". Kalojen liha on kutuvaiheen jälkeen heikkolaatuista ja kauppatavarana huonoa. Kasvukausi sukukypsillä pääsee alkamaan myöhästyneenä vasta kutuvaiheen jälkeen. Etenkin koiraiden kuolleisuus lisääntyy kudun yhteydessä.

Kudulla on niin selvä epäedullinen yhteys kasvuun ja lihan laatuun, ettei sitä voi valinnalla murtaa. Jalostusohjelmalla on sen vuoksi pyrittävä pitämään ennen teurastusikää sukukypsiksi tulevien kalojen määrä mahdollisimman pienenä. Ongelmana on epäedullinen yhteys kasvun ja sukukypsyyden saavuttamisen välillä. Nopeakasvuiset tulevat yleensä sukukypsiksi hitaammin kasvavia aikaisemmin.

Sukukypsyyden ja kasvun välistä yhteyttä on ilmeisesti tutkittu enemmän muilla lohikaloilla kuin kirjolohella. Kirjolohitutkimuksia on tehty Norjassa ja niitä on raportoitu useammassakin yhteydessä (mm. Moller et al., 1979; Naevdal, 1983). Tuloksista tutkijat ovat esittäneet seuraavia yhteenvedoja:

Sukukypsyyden saavuttaminen toisena ikävuotena (ensimmäisenä kesänä meressä) näytti olevan riippumaton kasvusta.

Sukukypsäksi kehittyminen kolmantena ikävuotena näytti olevan osittain riippuvainen yksilöiden kasvusta sisarusryhmien sisällä, mutta sisarusryhmän keskipituudella oli vain vähän vaikutusta sisarusryhmien välisen sukukypsien osuuden muunteluun.

Sukukypsyyden saavuttamisella ei ollut vaikutusta kasvuun aiemmin kuin 2-3 kk ennen normaalia kutuaikaa. Keväällä kutuajan läheisyydessä ja normaalina kutuaikana olivat kuitenkin jo ei-sukukypsät keskimäärin sukukypsiä pitempiä.

Norjalaisten tulosten yhtäpitävyyttä meidän kirjolohiainekseemme pystyttiin jossain määrin arvioimaan LAUKAA 80-kokeen aineistosta ja tulokset olivat vastaavia:

Sukukypsyyden saavuttaminen kolmantena ikä-vuotena oli vahvasti riippuvainen yksilöittäin kasvusta (taulukko 5.7) ja painoero sukukypsien hyväksi näytti ulottuvan yksivuotiailla tehtyihin

mittauksiin asti. Sen sijaan järjestyskorrelaatio (0.50) kantojen keskimääräisen kolmannen kesän alkupainon ja sukukypsien osuuden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kolmantena keväänä kudulle tuleviksi arvioitujen teuraspaino oli edellisenä syksynä keskimäärin 315 g suurempi kuin vielä kolmantena keväänään marroiksi jäävien teuraspaino eli sukukypsyyden saavuttaminen ei ollut heikentänyt merkitsevästi kasvua vielä syksyn teurastusvaiheessa.

7.3 Ominaisuuksien jalostustavoitteet

7.3.1 Kasvu

Eri ominaisuuksien jalostustavoitteista nopean kasvun taloudellinen merkitys on yksiselitteisin. Valinnalla tulee pyrkiä kasvunopeuden parantumiseen kaikissa kasvatusvaiheissa. Jalostustavoitteena on kanta, joka kasvaa hyvin erilaisissa kasvatusympäristöissä, sekä makeassa että merivedessä.

Kasvunopeuden lisääminen vaikuttaa suoraan tuotannon taloudellisuuteen lisäämällä kilomääräistä tuotosta aikayksikköä kohti.

Nopeasti kasvavien yksilöiden voidaan myös olettaa olevan hitaasti kasvavia edullisempia rehunkäyttäjiä. Näin ollen suoran vaikutuksensa lisäksi kasvunopeuden lisääntyminen vaikuttaa epäsuorasti tuotannon taloudellisuuteen vähentämällä rehukustannuksia.

Yksiselitteinen laadultaan, joskaan ei taloudelliselta määrältään, on myös tuotettua kalakiloa kohti tarvittavan rehumäärän pienenemisen vaikutus kalankasvatuksen aiheuttamaan vesistökuormitukseen.

Laukaan keskuskalanviljelylaitoksella tehdyissä laskelmissa (Mäkinen, 1983) todettiin rehukertoimen parantumisen 1.5:stä 1.0:aan (kg rehua / kg kalaa) pienentävän tuotettua kalakiloa kohti laskettua vesistöön joutuvaa fosforikuormitusta n. 45 %. Kyseisellä rehukertoimen parantumisella saavutetaan sama vaikutus kuin rehun fosforipitoisuuden alentamisella 1.5 prosentista 1 prosenttiin.

Nopea kasvu on edullinen kaikissa kasvatusvaiheissa. Vaikkakin ensimmäisen vuoden kasvu ennustaa suhteellisen huonosti painoa meillä yleisimmässä kalojen teurastusiässä eli 2.5- vuotiaana, vaatii mahdollisimman nopea kasvu teuraskokoon, että kala kasvaa hyvin kaikissa vaiheissa.

Nopeaan kasvuun tähtäävän valinnan taloudellisuuden yksiselitteisyyttä voisivat lähinnä heikentää epäedulliset yhteydet kasvun ja haluttujen teurasominaisuuksien tai kasvun ja sairauksien vastustuskyvyn välillä. Tällaisia yhteyksiä ei kuitenkaan tässä vaiheessa riittävästi tunneta.

7.3.2 Rehunkäyttökyky

Niin kauan kuin helppoa mittausmenetelmää yksilölliselle rehunkulutukselle ei ole löydetty, on tyydyttävä rehunkäyttökyvyn valintaan kasvunopeuden kautta.

7.3.3 Sukukypsyysikä

Sukukypsyysikä pidetään valinnan avulla kolmena vuotena.

Missä määrin sukukypsyysikä on otettava huomioon jalostusohjelmissa riippuu siitä, mihin teuraspainoon kaloja kasvatetaan ja siitä, missä määrin ulkoiset tekijät (ks. myöhemmin), joilla sukukypsyyskehitykseen on pyritty vaikuttamaan, tulevat käyttöön.

Kuten edellä todettiin, oli meillä tehdyssä kantavertailukokeessa kaikissa kannoissa osa yksilöistä sukukypsiä jo toisena ikävuotena, ja valtaosa kokeen kaloista saavutti sukukypsyyden kolmantena ikävuotena. Koska sukukypsyyden saavuttaminen on ainakin osaksi riippuvainen kalojen kasvusta, voidaan nopeaan kasvuun tähtäävän valinnan ja kasvatustekniikan parantumisen odottaa pyrkivän alentamaan keskimääräistä sukukypsyysikää. Mikäli, kuten tällä hetkellä näyttää, meillä jatkossakin on yleisin kasvatustavoite "suuri" kirjolohi, on jalostusohjelmassa aiheellista vastustaa sukukypsyysiän alenemistä. Kasvusta riippumatta tulee karsia sisarusryhmiä, joissa toisena ikävuotena sukukypsiksi tulevien osuus on suuri ja täten pitää sukupolvien välinen aika kolmena vuotena. Koska tutkimustulokset osoittavat, että sukukypsyydellä on negatiivinen vaikutus muihin tärkeisiin tuotanto-ominaisuuksiin vasta 2-3 kk ennen kutuaikaa, jää sen vaikutus melko vähäiseksi, kun sukukypsyysikä pidetään kolmena vuotena.

Haudonnan ja poikaskasvatuksen aikaisella veden lämmityksellä on kirjolohen kasvatuksessa jo osittain siirrytty kahden vuoden tuotantokiertoon. Kaksivuotiaana teuraskoon saavuttavan kalan osuus tulee todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa. Sukukypsyys ei kahden vuoden kierrossa aiheuttane ongelmia, koska valinnan avulla voidaan kaksivuotiaana sukukypsiksi tulevien osuus pitää merkityksettömänä.

Mikäli jalostusohjelmaa toteutettaessa osoittautuu, että sukukypsyysiän alenemisen rajoittaminen hidastaa ratkaisevasti muuten mahdollista kasvunopeuden geneettistä edistymistä, kannattaa sukukypsyyden saavuttamisen kasvatukselle aiheuttamaa ongelmaa pyrkä ratkaisemaan muuten kuin valinnan avulla. Tutkittuja muita mahdollisuuksia ovat pelkistä naaraista koostuvat kalakannat, joita tuotetaan hormonikäsittelyin, tai kromosomistomanipulaatioin tuotetut steriilit kalakannat.

Suomessakin käytössä oleva hormonikäsittely on menetelmänä jo käytäntöönkin sovellettu, eikä käsittelyn kohteena tarvitse olla edes itse tuotantoeläinten (mm. Bye ja Lincoln, 1981). Naaraspopulaatioiden kasvattamisen todellisesta hyödystä ei ole laskelmia. Haittana on naaraiden koiraita heikompi kasvu. Etuna on mätimäärän kaksinkertaistuminen, naaraiden parempi teuraslaatu kudun läheisyydessä sekä se, että naaraat eivät tappele kutuaikana ja vahingoita toisiaan kuten koiraat.

Sen sijaan steriilien triploidien kalakantojen tuottaminen ei menetelmänä ole loppuun kehitetty, eikä sen antamasta hyödystä ole laajamittaisia kokeellisia todisteita. Lincoln (1981 a,b) on kampeloilla tehdyissä tutkimuksissaan jopa todennut, että triploidien koiraiden alentunut testosteronin tuotanto oli riittävä sukupuoliominaisuuksien lähes täydelliseen ilmenemiseen. Vaikka triploidit yksilöt olivat steriilejä oli gonadien koko täysin normaali. Naarailta tilanne oli jossain määrin edullisempi. Oli koeryhmiä, joissa triploidia johti gonadien koon huomattavaan pienenemiseen, mikä merkitsee energian käytön säästöä sukukypsyyden kehittyessä.

Steriilien kantojen kannattavuus ei ole yksiselitteistä myöskään siksi, että lisääntymisominaisuuksilla ja kasvulla on osoitettu olevan myös positiivista yhteyttä (Purdom, 1979). Normaalit diploidit kampelat kasvoivat voimakkaasti heti kutuvaiheen ohitettuaan ja olivat pian kooltaan suurempia kuin steriilit triploidit, jotka olivat jatkaneet syömistä ja kasvua koko diploidien läpikäymän kutuvaiheen. Purdomin mukaan sukupuolihormonit voivat siis myös lisätä kasvua joissain lisääntymiskierron vaiheissa.

7.3.4 Laatuominaisuudet

Alkuvaiheessa on syytä kiinnittää huomiota lähinnä siihen, ettei kalojen rasvaisuus nouse nopeaa kasvua valittaessa. Muiden laatuominaisuuksien muuntelua jalostuspopulaatiossa on syytä tutkia ja niiden mukaanoton tarpeellisuuden määräävät lähinnä kuluttajilta tulevat vaatimukset.

7.3.5 Sairauksien vastustuskyky

Sairauksien vastustuskyky tulee ottaa huomioon valintaohjelmassa kahdella eri tavalla. Yleinen vastustuskyky otetaan huomioon karzimalla eri valintavaiheissa ne perheet, joissa kuolleisuus on erityisen suurta. Merikasvatuksessa kuolleisuus aiheutuu ainakin kolmantena kesänä pääasiallisesti vibriosisista ja se voidaan ottaa huomioon valintaohjelmassa.

8. PERINNÖLLISEEN EDISTYMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Valinnalla saatavaa perinnöllistä edistymistä (ΔG) tietyssä ominaisuudessa kuvaa kaava

$$\Delta G = \frac{i s h^2}{L}, \quad (\text{Kaava 8.1})$$

missä

i on valintaintensiteetti ilmaistuna hajonnan yksiköissä

s on ominaisuuden hajonta populaatiossa, josta valinta tehdään

$(i*s)$ on tällöin valintaero absoluuttisissa yksiköissä

h^2 on ominaisuudelle arvioitu periytymisaste ja

L on sukupolvien välinen aika.

Kaavan mukaisesti geneettistä edistymistä voidaan nopeuttaa kasvattamalla osoittajan tekijöitä ja/tai lyhentämällä sukupolvien välistä aikaa. Kirjoloihen sukupolvien välinen aika Suomessa kolme vuotta. Pääasiallisen kasvatustavoitteen ollessa 1-2kg:n kirjolohi tätä sukupolviväliä voidaan toistaiseksi pitää edullisimpana (kts. 7.3.2). Sen sijaan osoittajan tekijät ovat niitä, joiden optimointiin keskitytty, systemaattinen valintajalostus antaa mahdollisuudet.

8.1 Valinnan voimakkuus

Kaavan 8.1 mukaan perinnöllinen muutos on sitä suurempi mitä intensiivisempää valinta on. Valintaintensiteettiä voidaan kasvattaa joko pienentämällä valittavien osuutta tai suurentamalla arvosteltavien eläinten lukumäärää. Vaikka kaloilla on niin suuri lisääntymiskyky, ettei se juuri anna alarajaa emokalojen lukumäärälle, ei äärimmäinen valittavien eläinten lukumäärän rajoittaminen ole pitkälle tähtäävän jalostusohjelman kannalta edullista.

Paitsi valinta, vaikuttavat äärellisessä jalostuspopulaatiossa geenifrekvensseihin aina myös sattuma (random drift) ja sukusiitos. Sattumalla on sitä suurempi vaikutus populaation uuden sukupolven geenifrekvensseihin mitä pienempi otos valitaan tuottamaan seuraava sukupolvi. Käytettäessä mahdollisimman useita vanhempaispareja uusien sukupolvien tuottamiseen voidaan vähentää sattuman vaikutusta lähinnä sellaisten ominaisuuksien muunteluun, joilla ei ole yhteyttä valinnan kohteena oleviin ominaisuuksiin. Täten saadaan todennäköiseksi esim. sellaisten geenien useampien alleelien säilyminen populaatiossa, joilla ei tällä hetkellä ole

merkitystä jalostustyön kannalta, mutta jotka voivat myöhemmin tulla kuluttajan ja jalostajan kiinnostuksen kohteiksi.

Sukusiitosasteen kasvaminen heikentää yleensä aina eläinten elin-
kykyä eli vaikuttaa ns. fitness-ominaisuuksiin. Jos kannan si-
säiseen valintaan perustuvassa jalostusohjelmassa ei sukusiitok-
sen kasvua pyritä minimoimaan, voivat sukusiitoshaitat heikentää
huomattavasti arvioitua valintatehoa. Vaikka eläimen tärkeä tuo-
tanto-ominaisuus ei olisikaan suoranaisesti elinvoimaan liittyvä,
saattavat sukusiitoksen seurauksena esim. lisääntymishäiriöt vai-
keuttaa optimaalisen jalostusohjelman toteuttamista. Sukusiitok-
sen kasvulle (ΔF) sukupolvea kohden voidaan laskea likiarvo kaa-
vasta

$$\Delta F = \frac{1}{2N} , \text{ (Kaava 8.2)}$$

missä N on ns. efektiivinen populaatiokoko.

Tietyn sukupolven efektiivinen populaatiokoko puolestaan on riip-
puvainen tähän sukupolveen jälkeläisiä jättäneiden vanhempien lu-
kumäärästä. Hedelmöitysten ollessa satunnaisia ja kun naaraiden
ja koiraiden lukumäärät eivät ole aivan pieniä, voidaan efek-
tiivinen populaatiokoko laskea kaavasta

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{4N_m} + \frac{1}{4N_f} , \text{ (Kaava 8.3)}$$

missä

N_m on jälkeläisiä jättäneiden koiraiden lkm

N_f on jälkeläisiä jättäneiden naaraiden lkm.

Kuvassa 8.1 on esitetty sukusiitosasteen muutos efektiivisen van-
hempaislukumäärän funktiona. Siitä näkyy, että sukusiitosasteen
nousu on suhteellisen vähäistä, kun efektiivinen populaatiokoko
alkaa kasvaa 50:stä. Kohdassa 9 suositellaan kirjolohen jalos-
tusohjelmassa käytettäväksi kunkin uuden sukupolven tuottamiseen
noin 100 koirasta ja 400 naarasta. Kaavan 8.3 mukaan olisi efek-
tiivinen populaatiokoko tällöin 320, mikä merkitsisi vain vähäis-
tä sukusiitosasteen kasvua sukupolvea kohti. Kuitenkaan valin-
taohjelmaa toteutettaessa ei kaikilla vanhemmilla ole samaa to-
dennäköisyyttä vaikuttaa jälkeläistensä kautta näitä seuraavaan
sukupolveen, vaan jälkeläisten tuotos valinnan kohteena olevissa
ominaisuuksissa on tässä suhteessa määräävä. Jos valinta kohdis-
tuu esim. vain harvojen täyssisarryhmien yksilöihin, on efek-
tiivinen populaatiokoko huomattavasti pienempi kuin hedelmöityk-
siin käytettyjen vanhempien lukumäärästä suoraan laskettu arvio
(kts. esim. Robertson, 1961). Valintaohjelmaa toteutettaessa ei
efektiivistä populaatiokokoa voi etukäteen arvioida yksinomaan

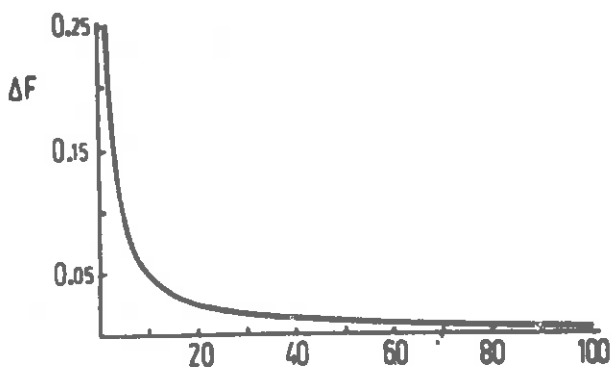
hedelmöityksiin käytettäväksi suunnitellusta vanhempien lukumäärästä, vaan arvioinneissa on otettava huomioon myös valinnan kohteena olevien eläinryhmien valintaetujen vaihtelu. Valintaetujen vaihtelun merkitys riippuu jalostusarvojen määrittämistavasta, siitä mitä eläinryhmiä jalostusarvojen arvioinneissa käytetään. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että efektiivinen populaatiokoko pienenee, kun valinnan kohteena olevan ominaisuuden (ominaisuusyhdistelmän) heritabiliteetti kasvaa. Jotta välttäisiin valinnan aiheuttamasta sukusiitosasteen noususta, on edullista arvostella mahdollisimman monia sukulaisryhmiä ja lisäksi valintatilanteessa on tarkkailtava valittavien yksilöiden jakautumista eri sukulaisryhmiin.

8.2 Arvostelun varmuus

Tietyssä ominaisuudessa olevan perinnöllisen muuntelun määrä riippuu mm. kalakannasta, joten ominaisuuden periytymisasteella (h^2) on kullekin kalakannalle ominainen arvonsa. Tämä arvo luonnollisesti asettaa rajan sille, kuinka paljon ominaisuutta voidaan valinnan avulla muuttaa. Kuitenkin se, kuinka pitkälle jalostusohjelmassa kyetään periytyvyyden antamaa mahdollisuutta hyödyntämään, riippuu siitä, miten hyvin eläimet pystytään arvostelemaan niiden todellisen perinnöllisen arvon mukaan. Eläimen oikean perinnöllisen arvon määrittäminen on sitä vaativampaa, mitä useampiin ominaisuuksiin valinta kohdistuu.

Jalostusarvojen laskeminen edellyttää, että sukulaisryhmät kyetään tunnistamaan eri valintavaiheissa, ja että jalostuspopulaatiosta määritetään ominaisuuksien muuntelua ja niiden keskinäisiä yhteyksiä kuvaavat tunnusluvut.

Arvostelumenetelmien kehittäminen on ollut ja on yksi jalostusgenetiikan tutkimuksen keskeisin tehtävä ja menetelmien soveltamisella käytännön valintatyöhön on ratkaiseva merkitys saata-
vaan tehoon.



EFEKTIIVINEN VANHEMPIEN LUKUMÄÄRÄ

Kuva 8.1. Sukusiitosasteen nousu sukupolvea kohti (ΔF) efektiivisen vanhempien lukumäärän funktiona.

(Ryman ja Ståhl, 1980).

9. RODUNJALOSTUKSEN KULKU

9.1 Keskitetyn rodunjalostuksen edut

Valinnalla saatava edistyminen on sitä tehokkaampaa mitä enemmän eläimiä / eläinryhmiä pystytään arvostelemaan.

Tehokas valintatyö edellyttää, että sukulaisryhmät (täys- ja puolisisaret) ja alkukasvatuksen jälkeen myös yksilöt kyetään tunnistamaan läpi eri valintavaiheiden. Koska kaloja voidaan merkitä vasta niiden ollessa noin yksivuotiaita, on systemaattista valintajalostusta tekevällä laitoksella oltava perheiden erillistä alkukasvatusta varten mahdollisimman monia poikasaltaita.

Täsmällisten jalostusarvojen määrittäminen edellyttää useiden jalostuspopulaation perinnöllistä muuntelua kuvaavien tunnuslukujen arvioimista ja tietokonetta vaativaa suhteellisen monimutkaista laskentaa. Populaation tunnuslukujen muuttumista valinnan seurauksena on myös kyettävä seuraamaan sekä tekemään muutosten vaatimat korjaukset toteutettavaan jalostusohjelmaan.

Kaloilla ympäristötekijät vaikuttavat voimakkaasti tuotanto-ominaisuuksiin, joten arvostelu on varmintaa, kun valinnan kohteena oleva populaatio on kokonaisuudessaan samoissa kasvatusolosuhteissa. Tarvittavaa allasmäärää ei ole käytettävissä rodunjalostukseen millään nykyisellä kalanviljelylaitoksella, joten rodunjalostusta varten on rakennettava tarkoitukseen soveltuvat kasvatustilat.

Uusia koetoiminnan antamia tuloksia voidaan hyödyntää nopeimmin, kun jalostustoiminta on keskitettyä ja rodunjalostuslaitos voi myös itse osallistua tarpeellisiksi osoittautuvien kokeiden suunnitteluun ja toteuttamiseen.

Nykyaikaiseen tietoon pohjautuvien jalostusohjelmien toteuttaminen vaatii soveltuvaa organisaatiota, tarkoituksenmukaisia tiloja ja välineitä sekä jalostusgenetiikan asiantuntijoita. Rodunjalostuksesta saatava taloudellinen hyöty on voitu todeta kaikilla kotieläimillä. Kirjolohen rodunjalostuksesta saatavaa hyötyä arvioidaan kappaleessa 10.

9.2 Jalostusohjelman lähtökohdat ja keskeiset periaatteet

Lähtökohdat

1. Jalostuspopulaatio kasvatetaan ja valinta tapahtuu keskitetysti sitä varten rakennettavalla rodunjalostuslaitoksella.

2. Ohjelma on laadittu siten, että se soveltuu toteutettavaksi valtion kalanviljelyn toimesta Nilsiään suunnitteilla olevassa kalojen rodunjalostuslaitoksessa. Ohjelman mukainen laitoksessa kerrallaan pidettävien kalojen määrä on niin suuri kuin käytettävissä oleva vesimäärää sallii.
3. Perheittäin tapahtuvaa alkukasvatusta varten on käytössä 400 poikasallasta.
4. Varsinaisen jalostuslaitoksen lisäksi ohjelmassa tarvitaan vähintään 2-3 ns. testiasemaa, joista osa on makeaa vettä ja osa merivettä käytettäviä kirjalohilaitoksia.

Esitettävä suunnitelma ei ole eikä voikaan olla lopullinen. Se on laadittu siten, että se mainittuihin lähtökohtiin sovitettuna käyttää hyvin hyödyksi kalapopulaatioiden rodunjalostukselle tarjoamia mahdollisuuksia. Lopullinen se ei voi olla, koska sitä laadittaessa eivät kaikki tarvittavat jalostuspopulaation perinnölliset tunnusluvut olleet tiedossa. Jalostuspopulaatiosta määritettävien tunnuslukujen perusteella on tarkistettava ennen kaikkea karsinnan voimakkuutta eri ikävaiheissa ja täyssisarryhmien välisen ja sisäisen karsinnan suhdetta.

Keskeiset periaatteet

Valinnan kohteena on yksi jalostuspopulaatio, joka jakaantuu kolmeen alapopulaatioon eli kolmeen ikäryhmään.

Sukukypsyysikä pidetään ohjelman mukaisesti kolmena vuotena.

Kantavertailukokeen tulosten mukaan näytti siltä, että nopeimmin kasvavat kannat ovat nopeimmin kasvavia ympäristöstä riippumatta. Onko tilanne vastaava myös täyssisarryhmiä verrattaessa, selviää vasta jalostusohjelmaa toteutettaessa. Mikäli makeassa ja merivedessä kasvavat parhaiten eri perheet, voidaan makean ja murtoveden kasvatukseen eriyttää eri linjat.

Paitsi varsinaista jalostuslaitosta, vaatii jalostusohjelman toteuttaminen myös vähintään 2-3 ns. testiasemaa, joista osan tulee olla makeavesi- ja osan merivesikasvattamoja.

Testiasemille siirretään kaloja merkinnän jälkeen eli noin yksivuotiaana otos kustakin tässä vaiheessa jatkuon valitusta täyssisarryhmästä. Tämän jälkeen nämä siirretyt yksilöt eivät enää kuulu varsinaiseen jalostuspopulaatioon (valinnan kohteena olevaan populaatioon), vaan näitä testiasemille siirrettyjä otoksia käytetään varsinaiseen jalostuspopulaatioon jätettyjen, vastavien täyssisarperheiden jalostusarvojen määrittämiseen lopullista yksilövalintaa edeltävässä perhevalinnassa.

Vaikka varsinainen jalostuspopulaatio on jalostusarvostelun yksinkertaistamiseksi kokonaisuudessaan yhdessä ympäristössä, mahdollistavat testiasemille vietävät otokset tietynasteisen jalostusarvostelun saamisen sekä makeavesi- että murtovesiolosuhteissa ja lisäksi testiasemilla olevasta aineistosta voidaan rekisteröidä ominaisuuksia, joiden mittaaminen edellyttää kalojen teurastusta.

Jalostusohjelma perustuu kannan sisäiseen valintaan eli ns. additiivisten geenivaikutusten hyväksi käyttöön.

Kasvuominaisuuksien kohtuulliset heritabiliteetti-arviot ja kaloilla mahdollinen voimakas karsinta mahdollistavat nopean edistymisen tämän tyyppisellä valinnalla. Kuitenkin LAUKAA 81 kokeen tulokset osoittavat (kuva 6.1) ,että myös risteytysjalostuksen käyttökelpoisuutta on syytä tutkia edelleen ja on turvattava mahdollisuudet ottaa se käyttöön myöhemmin.

Sukupolvet ovat erillisiä eli kaikki vanhemmat valitaan kulloinkin viimeksi arvostellusta ikäluokasta.

Tällä periaatteella päästään lyhimpään sukupolvien väliseen aikaan eli kolmeen vuoteen.

Valinta on monivaiheista siten, että kunkin kasvukauden jälkeen karsitaan osa yksilöistä.

Valintaa tehdään sekä täyssisarryhmien välillä että täyssisarryhmien sisällä.

Valinta on ns. yhdistelmävalintaa eli täyssisarryhmien jalostusarvon määräävät myös puolisisarten tuotokset ja yksilön jalostusarvon myös sen sisarusten tuotokset eli valinnassa käytetään ns. sukulaisindeksiä.

Yhdistelmävalintaa kannattaa käyttää, kun valinnan kohteena on ominaisuus, jonka muuntelusta additiivisen muuntelun osuus on suhteellisen vähäistä. Tällainen on tilanne kirjolohen tärkeimmän jalostettavan ominaisuuden, kasvun suhteen.

Useista ominaisuuksista riippuvia jalostusarvoja ei aluksi käytetä, vaan valinta perustuu ns. riippumattomiin poistotasoihin.

Vaikka eri ominaisuuksia valittaessa aluksi käytetään riippumattomia poistotasoja, kehitetään jalostusohjelmaa toteutettaessa ominaisuuksia yhdistävää kokonaistuotantoindeksiä. Tämä edellyttää eri ominaisuuksien periytymisastearvioiden ja ominaisuuksien välisten geneettisten yhteyksien arvioimista valinnan kohteena olevassa aineistossa.

9.3 Sukupolvikierto ja valintavaiheet

Rodunjalostuksen sukupolvikierto esitetään kuvassa 9.1.

Jalostuksen alkaessa ensimmäiset täyssisarryhmät tuotetaan kolmena peräkkäisenä vuotena lähtöpopulaatioon kuuluvista 200:sta koiraasta ja 200:sta naaraasta (ks. 6.1). Hedelmöitykset tehdään siten, että kukin naaras tulee paritettua kahdella koiraalla ja kukin koiras kahdella naaraalla. Tällöin saadaan 400 täyssisarryhmää, joilla on sekä emän että isän puolelta myös puolisisarryhmät, mikä on edullinen tilanne populaation genettisten tunnuslukujen arvioimiselle. Seuraavien sukupolvien tuottamiseen käytetään aina n. 400 naarasta ja 100 koirasta, jotka kaikki valitaan viimeksi arvostellusta ikäluokasta.

Kunkin hedelmöitysyhdistelmän kaikki mäti pannaan omalle asettille ja silmäpisteasteella mäti tasataan 2500 kpl/asetin. Ennen ruokinnan aloittamista kukin hedelmöitysyhdistelmä eli kukin täyssisarryhmä siirretään erilliseen 2 m:n altaaseen. Ryhmät tasataan punnitsemalla, kun kalojen keskipaino on noin 1 g, siten että kuhunkin altaaseen jää noin 1000 yksilöä. Tällöin voidaan samalla määrittää kasvatukseen jätettävien kalojen keskipaino ja lähtemällä siitä ensimmäisen kesän kasvua tutkittaessa voidaan eliminoida mahdolliset mädin koon ja eriaikaisen kuoriutumisen vaikutukset kasvutuloksiin.

I Kasvukauden jälkeinen valinta

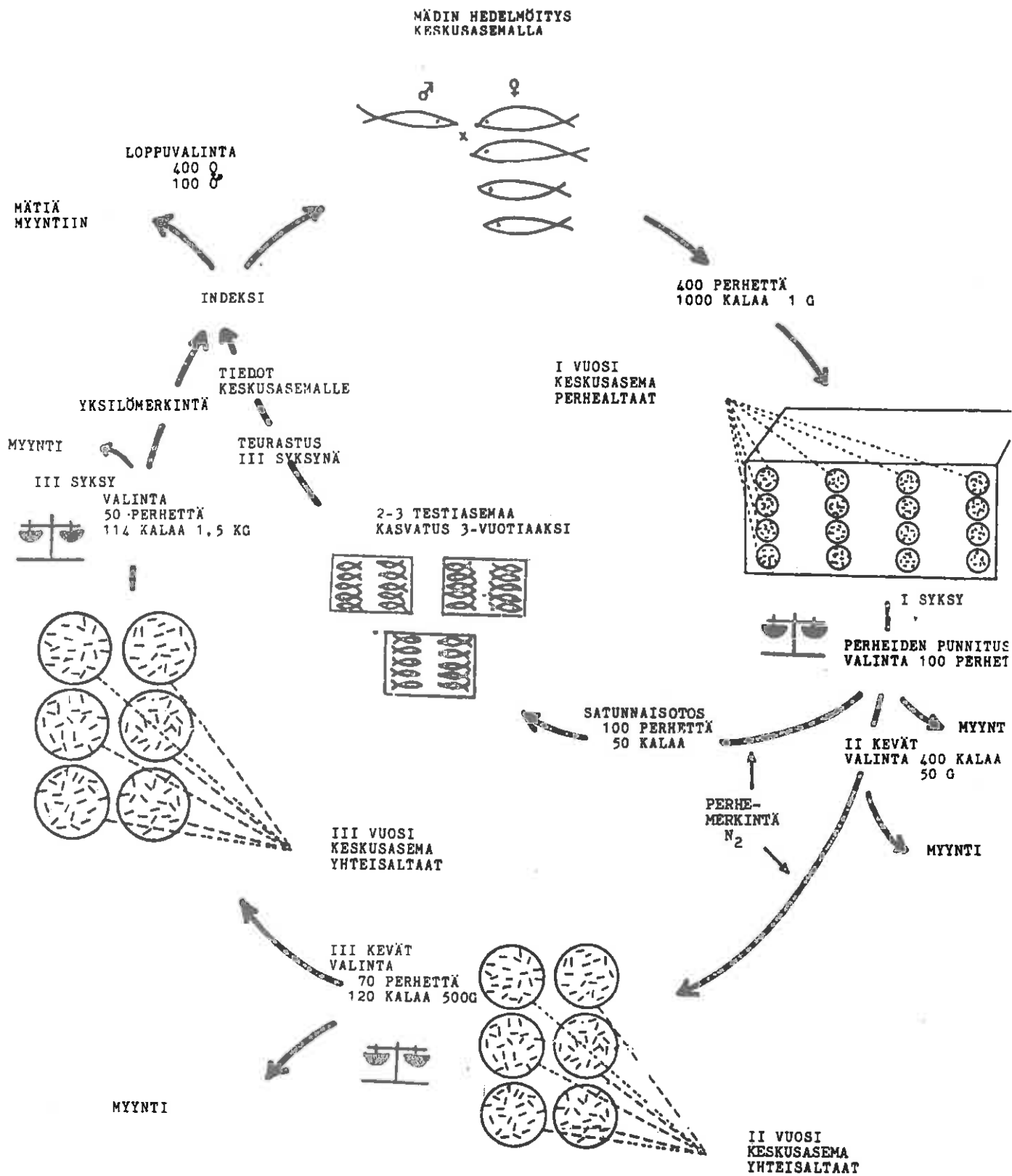
Kun oletetaan ensimmäisen kasvatusvuoden kuolleisuudeksi alkupunituksen jälkeen 15%, on kussakin perheessä kasvukauden jälkeen n. 850 yksilöä eli kaloja on kaikkiaan n. 340 000 kpl. Yksivuotiaiden kalojen keskipainon arvioidaan olevan noin 50 g.

Täyssisarperheistä karsitaan 300 keskipainon ja kuolleisuuden perusteella.

Valituista 100 perheestä otetaan kullekin testiasemalle vietäväksi 50 kalan satunnaisotos ja sen jälkeen kustakin valitusta perheestä valitaan seulomalla jalostusasemalle jatkoon 400 painavinta kalaa. Sekä satunnaisotokset että valitut kalat merkitään perheen osoittavalla ryhmämerkillä, jonka jälkeen eri perheiden kalat siirretään kasvatettaviksi yhteisissä altaissa jalostus- ja testilaitoksissa.

II Kasvukauden jälkeinen valinta

Kun II kasvatusvuoden kuolleisuudeksi oletetaan 10%, on kussakin perheessä tämän kasvukauden jälkeen keskimäärin 360 yksilöä ja kaloja on yhteensä n. 36000. Kaksivuotiaiden kalojen keskipainoksi arvioidaan 0.5 kg.



Kuva 9.1. Kirjolohen rodunjalostuksen sukupolvierto

Kaksivuotiaana sukukypsiksi tulevien määrä rekisteröidään täyssisarperheittäin sekä testiasemilla että jalostusasemalla ja sukukypsät yksilöt poistetaan varsinaisesta jalostuspopulaatiosta. Olettaen, että koiraista tulee sukukypsiksi kaksivuotiaana noin 15%, ja että koko aineistosta on koiraita 45%, jää kuhunkin perheeseen noin 138 koirasta. Jos oletetaan, että sukukypsiä naaraita ei tässä vaiheessa ole, on kussakin perheessä noin 198 naarasta.

Perheistä karsitaan keskipainon, kuolleisuuden ja sukukypsien lukumäärän perusteella 30 % eli 30 täyssisarperhettä ja valituista 70 perheestä otetaan jatkoon 60 painavinta koirasta ja 60 painavinta naarasta eli perheiden kaloista karsitaan noin 60%.

III Kasvukauden jälkeinen valinta

Kun III kasvatusvuoden kuolleisuudeksi oletetaan noin 5% on kussakin perheessä tämän kasvukauden jälkeen noin 114 yksilöä ja kaloja on yhteensä 7980 kpl. Kolmevuotiaiden kalojen keskipainoksi arvioidaan 1.5 kg.

Kalat teurastetaan testiasemilla hyvissä ajoin ennen varsinaisten emokalojen valintaa. Täyssisarperheet asetetaan kullakin testiasemalla paremmuusjärjestykseen painon mukaan. Nämä tiedot sekä tiedot teuraslaadusta ja sukukypsien (2. ikävuotena ja 3. ikävuotena) osuuksista toimitetaan rodunjalostuslaitokselle.

Eri testiasemilta tulleiden tietojen perusteella asetetaan rodunjalostusasemalla olevan varsinaisen jalostuspopulaation perheet paremmuusjärjestykseen. Järjestyksen määräävät perheen teurasominaisuudet, vibriosisin vastustuskyky, kuolleisuus ja kasvu, sekä liian varhain sukukypsäksi tulevien osuus perheessä. 50 parhaan perheen kalat punnitaan yksilöittäin ja merkitään yksilömerkillä. Yksilömerkittäviä kaloja on yhteensä 5000-6000.

Yksilömerkityistä kaloista valitaan seuraavan sukupolven emokaloiksi 400 naarasta ja 100 koirasta. Emokalojen valintaa varten kullekin yksilölle lasketaan sukulaisindeksi, jonka tekijöinä ovat

- Yksilön oma loppupaino
- Perheen loppupaino murtovedessä ja makeassa vedessä
- Perheen paino poikasvaiheen jälkeen

Näiden eri indeksitekijöiden painotus riippuu kasvulle arvioitavista geneettisistä tunnusluvuista, joiden arviointi voi tapahtua vasta ensimmäisen jalostusasemalla kasvatettavan sukupolven kasvutietojen pohjalta. Tämänkään jälkeen indeksi ei voi olla pysyvästi sama, vaan painokertoimia on muutettava jalostuspopulaation tunnuslukujen muuttuessa valinnan seurauksena.

Jotta jalostusohjelmaa toteutettaessa voitaisiin mahdollisimman pitkälle estää sukusiitoshaittojen syntyminen, olisi kunkin uuden sukupolven emot valittava vähintään 30-40 täyssisarryhmästä ja

vältettävä täys- ja puolisisarparituksia.

9.3 Kalojen määrä rodunjalostuslaitoksessa

Kasvatuksen ja rodunjalostuslaitoksen mitoittamiseksi ja toiminnan kustannusten ja tulojen laskemista varten esitetään seuraavassa kalamäärät, joiden tuottamiseen suunniteltu rodunjalostusohjelma johtaa.

Veden käytön kannalta on tärkeintä tietää laitoksen kalamäärä loppukesällä ja -talvella, jolloin vesistöjen virtaama on yleensä pienimmillään. Loppukesällä vesi on lisäksi lämmintä, mikä lisää tarvittavaa virtaamaa. Rodunjalostuslaitoksessa elokuun lopussa ja lopputalvella oleva kalamäärä on taulukossa 9.1. Jalostusohjelmasta karsittujen kalojen määrät esitetään taulukossa 10.1.

Taulukko 9.1. Kalamäärä rodunjalostuslaitoksella loppukesällä ja lopputalvella.

	perheitä kpl	kaloja kpl	paino g	kalamäärä laitoksessa	
				loppukesä kg	lopputalvi kg
1. vuosi	400	900	20	7 200	
poisto syksyllä	100	400	50		2 000
2. vuosi	100	380	300	11 400	
poisto keväällä	100	360	500		18 000
3. vuosi	70	116	1 200	9 740	
teurastus lopputal- vella	50	114	1 500		8 550
teurastus alkukesällä					
Yhteensä kg				28 340 =====	28 550 =====

Rodunjalostuslaitoksessa on joka vuosi kaikkia ikäluokkia esitetyt määrät, sillä vuosittain aloitetaan uuden valintapopulaation kasvatus.

Rodunjalostusohjelma edellyttää, että laitoksessa voidaan kesällä ja talvella pitää kasvatuksessa noin 30 000 kg kalaa. Veden tarve on kesällä 15 l/s kalatonna kohden eli kesällä laitoksen kalamäärää vastaava tarve on yhteensä 450 l/s. Talvella vettä tarvitaan 10 l/s kalatonna kohden eli laitoksella yhteensä 300 l/s.

10. RODUNJALOSTUKSESTA SAATAVA HYÖTY

10.1 Rodunjalostuslaitoksen tuotot ja kustannukset

10.1.1 Tuotot

Jalostuksen yhteydessä karsittavat kalat poistetaan myymällä ne joko jatkokasvatukseen tai teuraskalaksi. Samoin myydään se emokaloista saatava mäti, jota ei kelpuuteta seuraavan sukupolven lähtömateriaaliksi. Vuosittain poistettavat kala- ja mätimäärät ja niistä saatavat tulot ovat vuoden 1983 tuottajahintojen perusteella seuraavat. Laskelmassa on arvioitu kalojen lukumäärät ja keskipainot myyntiajankohtana.

Taulukko 10.1. Rodunjalostuksesta vuosittain poistettavat kalamäärät ja niiden myyntiarvot.

myyntiaika	per- heitä kpl	kaloja/ perhe kpl	paino g	yht. kg	mk/ kg	mk	käyttö
1.vuosi, syksy	300	900	25	6750	35	236250	jatkok.
"	100	500	25	1250	35	43750	"
2.vuosi, talvi	30	360	450	4860	22	106920	"
	70	240	450	7560	22	166320	"
3.vuosi, talvi	20	114	1400	2820	20	56400	teuras-
kesä	50	100	1600	6800	20	136000	kala
Yhteensä				30000		745600	

Mätiä tulee myyntiin 2400 naaraasta, joiden keskipaino on 1500 g. Mätiä on noin 1300 kpl/kg, eli yhteensä 4 680 000 kpl. Mädin hinnaksi voidaan arvioida 5p/kpl, jolloin vuodessa myytävän mädin arvoksi tulee 234 000 mk. Rodunjalostuslaitoksen myymistä kirjo-lohista ja niiden mädistä koituisi vuosittain tuloa noin 1 milj. mk.

Testiasemille siirrettävistä kaloista koituvat tulot sisältyvät laskelmaan 1-kesäisten kalojen myynnin tuloina. Teuraaksi myytävien kalojen painosta on vähennetty teurasjätteen osuus 15-20 % riippuen siitä, teurastetaanko kalat kudun jälkeen vai sitä ennen.

10.1.2 Kustannukset

Investoinnin pääomakustannukset

Rodunjalostuslaitoksen rakentamiskustannuksiksi on Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos alustavasti arvioinut 17 milj. mk. Tästä koituvat kustannukset olisivat 20 vuoden kuoletusajalla ja 6 % korolla 1.479 milj. mk vuodessa. Kustannusarvio saattaa tarkemmissa laskelmissa osoittautua liian pieneksi. Toisaalta kalojen rodunjalostuslaitoksen tiloista osa on suunniteltu muuta toimintaa, lähinnä siian emokalaviljelyä ja mädintuotantoa varten.

Käyttökustannukset

Rodunjalostuslaitoksen vuotuisten käyttökustannusten voidaan laaditun yleissuunnitelman perusteella arvioida olevan rodunjalostuksen osalta samaa luokkaa kuin Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen kustannukset. Tärkeimmät kustannuserät, kuten kiinteät palkat, rehut ja energia ovat samalla tasolla kuin Laukaassa. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen käyttökustannukset olivat vuonna 1983 noin 1.7 Mmk.

Rodunjalostuslaitoksen rodunjalostusohjelmaan sisältyvien tutkimusprojektien hoitoon arvioidaan ilman kiinteitä palkkamenoja tarvittavan vuosittain noin 300 000 mk.

Rodunjalostuslaitoksen ja sen hoitaman kirjolohen rodunjalostusohjelman vuotuiset käyttökustannukset ovat edellisen perusteella 2 milj. mk.

10.1.3 Rodunjalostuksen vuotuinen rahoitustarve

Rodunjalostuslaitoksen ja sen hoitaman kirjolohen rodunjalostusohjelman vuotuinen rahoitustarve on seuraava:

vuotuiset käyttökustannukset	2 milj. mk
vuotuiset tuotot	1 milj. mk
vuotuinen rahoitustarve	1 milj. mk

10.2 Rodunjalostuksen taloudellinen tuotto

Jalostuksen aiheuttamalla tuotanto-ominaisuuksien paranemisella on ainakin seuraavia kustannuksia pienentäviä vaikutuksia:

Ominaisuus	Vaikutus	Vaikutus eri kustannus lajeihin
Nopeampi kasvu	Nopeampi tuotanto-kierto	Kaikki kustannukset pienenevät
Pienempi kuolleisuus	Enemmän kalaa kauppakokoon	Kaikki kustannukset pienenevät
Parempi rehun hyväksikäytön hyötysuhde	Rehunkulutus kiloa kohti pienenee	Muuttuvat kustannukset pienenevät
"	Vesistöhaitat vähenevät	Muuttuvat kustannukset pienenevät
Parempi vibriosin vastustuskyky	Enemmän kalaa kauppakokoon	Kaikki kustannukset pienenevät
"	Työ-, rokotus- ja lääkitystarve vähenee	Muuttuvat kustannukset pienenevät

Lisäksi rodunjalostusohjelmalla parannetaan teuraslaatua, mikä ei pienennä tuotantokustannuksia, mutta parantaa tuotteen hintaa ja kilpailukykyä, mikä on tärkeää etenkin vientiä ajatellen.

Lohikaloilla, kuten kaloilla yleensäkin, sukukypsyysikä ja kasvunopeus kytkeytyvät melko voimakkaasti toisiinsa: Mitä nopeampi kasvu, sitä aikaisempi sukukypsyys. Viljelytekniikan kehittyessä myös kalojen kasvu nopeutuu jatkuvasti. Siitä syystä kirjolohen sukukypsyysikä tulee myös alenemaan ellei vastatoimiin ryhdytä. Rodunjalostusohjelmalla voidaan kasvatustekniikan parantumisesta johtuvaa sukukypsyysiän alenemista vastustaa tehokkaasti.

Jalostus parantaa rehun käytön hyötysuhdetta, mikä vähentää vesistöön joutuvien ravinteiden ja happea kuluttavien aineiden aiheuttamaa kalanviljelyn vesistökuormitusta. Tällä on paitsi viljelykustannuksia vähentävä, myös tärkeä ympäristönsuojelullinen merkitys. Vaikutuksen suuruutta ei kuitenkaan voida arvioida riittävien tietojen puutteessa.

Rodunjalostuksesta koituvaa taloudellista hyötyä on varsin vaikea arvioida rahana. Olisi tiedettävä, miten kirjolohikilon tuotantokustannukset Suomessa keskimäärin muodostuvat. Lisäksi olisi tiedettävä, paljonko jalostuksen aiheuttamat parannukset vaikuttavat eri kustannuseriin. Koska näitä ei tunneta riittävästi, voidaan rodunjalostuksen taloudellisesta tuotosta esittää vain karkeita arvioita.

Kirjolohen tuottajahinta oli vuonna 1982 valtakunnallisen kalanviljelytilaston mukaan noin 20 mk/kg. Kirjolohen tuotannon muuttuvien ja kiinteiden kustannusten voidaan arvioida olleen noin 17 mk/kg. Arvion perustana on Keran vuonna 1982 lainoittamien kalanviljely-yritysten (57 kpl) tuotannon keskimääräinen käyttökatteprosentti, joka oli 14.7 (Pekka Vuorinen, Kera, henkilökohtainen tiedonanto). Arvioon sisältyy virhetekijöitä, mutta se lienee kuitenkin melko lähellä todellista lukua.

Työryhmän arvion mukaan kirjolohikilon tuottamisessa saadaan kymmenen vuoden jalostuksella muuttuvia ja kiinteitä kustannuksia pienennettyä 10-20 % nykyisistä. Jalostuksesta koitua muuttuvien ja kiinteiden kustannusten vuotuinen säästö olisi nykyisellä kustannustasolla ja kahdella erilaisella vuotuisen tuotannon määrällä seuraava:

Vuotuinen tuotanto	tonnia	10 000	20 000
Kustannukset kirjolohituotannossa	mk/kg	17	17
Kustannusten säästö	%	10	20
Kustannusten vuotuisen säästö	milj. mk	17	68

Kustannusten säästö olisi siis kymmenen vuoden kuluttua jalostuksen alkamisesta 17-68 milj. mk. Vuotuinen säästö muodostuu sitä suuremmaksi mitä kauemmin jalostusta on harjoitettu ja mitä suurempi on kokonaistuotanto. Myös investointikustannukset tulevat ilmeisesti jonkin verran pieneneväksi.

Rodunjalostuksen kustannukset ovat vähäiset jalostuksella saatavaan hyötyyn verrattuna ja hyöty lisääntyy vuosittain jatkuvasti. Hyödyistä pääsevät osalliseksi kaikki kasvattajat, koska kaikki voivat siirtyä ilman suuria lisäkustannuksia jalostetun viljelysmateriaalin käyttöön ostamalla jalostettua mätiä ja/tai kasvattamalla siitä itselleen emokalakannan.

Jalostus olisi saatava käyntiin mahdollisimman nopeasti sillä jalostettua mätiä saadaan viljelijöille vasta kolmen vuoden kuluttua jalostuksen alkamisesta. Kun kasvatuskustannukset suurenevat kalan kasvun mukana ja kasvatus teuraskokoon kestää 2-3 vuotta, jalostus alkaa vaikuttaa tuotantokustannuksiin vasta 5-6 vuoden kuluttua sen aloittamisesta.

Järjestelmällistä kirjolohen rodunjalostusta harrastetaan nykyisin vain Norjassa, missä se alkoi vuonna 1971 (ja lohella vuonna 1975). Kirjolohen rodunjalostus käynnistyy Ruotsissa vuonna 1984. Kun nämä maat tulevat olemaan Suomen tärkeitä kilpailijoita suuren lohikalan tuotannossa on tärkeää, että rodunjalostus alkaa meilläkin mahdollisimman pian.

11. RODUNJALOSTUSTUTKIMUS

Kirjoloheen rodunjalostus vaatii tuekseen jatkuvaa tutkimusta, joka voidaan tässä yhteydessä jakaa karkeasti kahteen osaan. Käytettävän jalostusohjelman edelleen kehittämiseen tarvitaan pääasiassa soveltavaa tutkimusta. Sen sijaan uusien, entistä edullisempien jalostusmenetelmien löytyminen edellyttää soveltavan tutkimuksen lisäksi myös perustutkimusta. Panostetaanko meillä myös perustutkimukseen vai pyritäänkö uusia jalostusmenetelmiä kehittämään vain muissa maissa tehtyä perustutkimusta soveltamalla, riippuu tutkimukseen tarjoutuvista resursseista. Rodunjalostuslaitoksen tehtäväksi katsotaan lähinnä soveltava tutkimus, mutta mahdollisuuksien mukaan voidaan tehdä myös yhteistyötä perustutkimukseen suuntautuneiden laitosten kanssa.

11.1 Jalostusohjelman kehittäminen

Valinnan optimoinnin ja kokonaistuotantoindeksin kehittämisen sekä näiden edellyttämien jalostuspopulaation tunnuslukujen arvioimisen tulee olla alkuvaiheessa rodunjalostuslaitoksen keskeisimmät tutkimuskohteet.

Jalostuspopulaatiosta määritettävien tunnuslukujen perusteella on tarkistettava ennen kaikkea karsinnan voimakkuutta eri ikävaiheissa ja täyssisarryhmien välisen ja sisäisen karsinnan suhdetta.

Indeksivalintaan luonteeltaan soveltuvia kirjoloheen ominaisuuksia ovat lähinnä kasvu eri ikävaiheissa, teuraslaatu ja mahdollisesti myös rehunkäyttökyky. Näiden ominaisuuksien taloudelliset arvot on mahdollista määrittää ja painottaa ominaisuuksia indeksissä paitsi jalostuksellisen merkityksen, myös niiden taloudellisten arvojen mukaan. Ominaisuuden suhteellinen jalostuksellinen merkitys riippuu sen muuntelusta jalostuspopulaatiossa. Oleellisia muuntelua kuvaavia tunnuslukuja ovat indeksiin liitettävien ominaisuuksien periytymisastearviot, arviot näiden ominaisuuksien keskinäisistä fenotyypisistä ja geneettisistä yhteyksistä sekä vastaavista yhteyksistä muihin kasvatuksen kannalta merkittäviin ominaisuuksiin.

Jalostusarvostelua varten laadittu indeksi ei voi olla koskaan pysyvä, koska populaation tunnusluvut muuttuvat mm. valinnan seurauksena. Täten indeksin tehon säilyminen vaatii tunnuslukujen ajoittaista uudelleen arviointia. Populaation tunnusluvut muuttuvat valinnan seurauksena sitä nopeammin mitä ankarampaa valintaa tehdään, mitä voimakkaammin periytyviin ominaisuuksiin valinta kohdistuu ja mitä vähemmän ominaisuuksia indeksiin on yhdistetty. Lisäksi tunnuslukujen muuttumisen nopeuteen vaikuttaa ominaisuuksien geneettisten yhteyksien laatu. Myöskään ominaisuuksille asetettavat taloudelliset painot eivät ole muuttumattomia, sillä niihin vaikuttavat kysynnän asettamat laatuvaatimukset ja

tuotantokustannuksiin vaikuttavat tekijät, jotka puolestaan vaihtelevat.

Pyrittäessä jalostusohjelman parantamiseen on oleellista kehittää valmiuksia tietokonesimulaatioiden käyttöön. Ne tarjoavat nopean ja suhteellisen luotettavan tavan eri indeksityyppien tehokkuuden vertailuun ja esimerkiksi sen arvioimiseen, mikä vaikutus indeksin muodostamiseen tarvittavien eri tunnuslukujen tarkkuudella on indeksin tehoon.

Ominaisuuksien mittaaminen

Kaloilla ovat muun muassa yksilöiden rehunkäyttökyky ja elinvoimaominaisuudet hankalasti mitattavia. Useiden teurasominaisuuksien mittaamiseen liittyvät analyysit ovat puolestaan kalliita. Mainittujen ominaisuuksien laajamittainen mukaanotto jalostusohjelmiin edellyttääkin uusien suorien tai epäsuorien mittaamismenetelmien kehittämistä. Ominaisuuksien riittävän nopea ja huokea mitattavuus on välttämätöntä niiden muuntelun ja keskinäisten yhteyksien luotettavalle selvittämislle ja näiden seikkojen tunteminen on edellytys ominaisuuksien jalostuksellisen merkityksen arvioimiselle.

Tuotanto-ominaisuuksien ja elinvoimaominaisuuksien epäsuoria biokemiallisia mittaamenetelmiä on eri kotieläimillä tutkittu viime aikoina paljon. Esimerkiksi tietyillä veriarvoilla on todettu olevan niin selviä yhteyksiä sairastumisalttiuteen ja tiettyihin stressi- ja hedelmällisyysominaisuuksiin, että niitä olisi syytä edelleen tutkia ja joissain tapauksissa jo nyt käytännössä hyödyntää (Lindström, 1979; 1983).

Kaloilla ensiarvoisen tärkeä tutkimusalue olisi sairauksien vastustuskykyyn yhteydessä olevien biokemiallisten parametrien etsiminen. Sairauksien vastustuskyvystä puhuttaessa voidaan puhua ns. spesifisestä vastustuskyvystä eli kyvystä sietää tiettyä taudinaiheuttajaa ja yleisestä vastustuskyvystä eli kyvystä sietää tuotannon häiriintymättä erilaisia ulkonaisten tekijöiden aiheuttamia kehon muutoksia. Pyrittäessä jalostuksen keinoin sairauksien vastustuskyvyn parantamiseen on yleisen resistenssin mittaamiseen soveltuvien menetelmien löytäminen vaikeinta, mutta käytännön kannalta hyödyllisintä (ks. mm. Gavora ja Spencer, 1978).

Rodunjalostusohjelmaa toteutettaessa voidaan osaa täyssisarryhmien jälkeläisistä käyttää sairausresistenssitutkimuksiin esimerkiksi altistamalla niitä erilaisille taudinaiheuttajille tai muille stressitekijöille ja vertaamalla kuolleiden ja sairastuneiden yksilöiden lukumäärän muuntelua sekä mahdollisesti vastaaineiden kehittymistä erilaisten biokemiallisten tunnuslukujen muunteluun. Kalojen suuri lisääntymiskyky mahdollistaa sen, että jalostuspopulaation yksilöitä riittää käytettäväksi tällaisiin erillistutkimuksiin. Altistamiseen liittyy kuitenkin aina riski, joten tällainen tutkimus edellyttää lähinnä laboratorio-olosuhteita erillään muusta kalankasvatuksesta.

11.2 Vaihtoehtoiset ja uudet jalostusmenetelmät.

Risteytysjalostus

Vaikka tutkimusryhmän esittämä jalostusohjelma perustuu ns. puhdasjalostukseen eli kannan sisäiseen valintaan, olisi myös risteytysjalostuksen mahdollisuuksia tutkittava ja mahdollisuudet risteytysjalostukseen säilytettävä. Teoriassa jonkinasteinen risteytysjalostus tuntuisi jopa luontevimmalta juuri kaloilla, koska niillä keskeisimmän jalostuksen kohteena olevan ominaisuuden, kasvun muuntelussa additiivisen muuntelun osuus on yleensä todettu suhteellisen vähäiseksi. Lisäksi jo kasvatustavasta johtuen varsin tärkeänä ominaisuutena pidettävä sairauksien vastustuskyky on tyypillinen elinvoima-ominaisuus. Toisaalta kalojen eri ominaisuuksien suhteellisen alhaisia heritabiliteetti-arvioita kompensoi mahdollisuus erittäin ankaraan valintaan ja näin ollen nopeaan edistymiseen voidaan odottaa päästävän myös kannan sisäisellä valinnalla.

Projektin yhteydessä tehdyn LAUKAA 81-kokeen tulokset osoittivat, että meillä kannattaa edelleen tutkia joidenkin olemassa olevien kirjolohikantojen risteytysominaisuuksia (kappale 6.2). Lisäksi olisi sekä käytännön että teorian kannalta mielenkiintoista tutkia tarkoituksellisesti sukusiitetyjen linjojen käyttöä risteytysjalostukseen. Sukusiitetyjen linjojen tuottamiseen voidaan kaloilla käyttää paitsi sukulaisparituksia myös gynogeneesiä (ks. Biotekniikka).

Biotekniikka

Perintöaineksen keinotekoisien käsittelyn mahdollisuuksia ja tekniikkaa tutkitaan tällä hetkellä voimakkaasti eri sovellutusalueilla. Myös eläinkantojen kehittämisessä sen voidaan odottaa tarjoavan perinteistä valintajalostusta nopeampia ratkaisuja ainakin joissain ominaisuuksissa. Kehon ulkoisesta hedelmöityksestä ja alkionkehityksestä johtuen ovat perintöaineeseen kohdistettavat manipulaatiot helpommin toteutettavissa kaloilla kuin yleensä kotieläimillä.

Kromosomistomanipulaatiota on kaloilla tutkittu useammassakin tarkoituksessa. Triploideja kaloja tuottamalla on pyritty steriileihin kantoihin, joita kasvatukseen käytettäessä vältyttäisiin sukukypsyyden saavuttamisen aiheuttamista ongelmista. Gynogeneettiset yksilöt puolestaan saavat kromosomistonsa pelkästään emolta ja ovat näin ollen huomattavan homotsygoottisia.

Biotekniikan alueelta hormonikäsittelyt ovat jo nyt käytännön kalankasvatuksen apuvälineenä. Meilläkin on jo saatavilla hormonikäsittelyllä tuotettua pelkästään naaraista koostuvaa kirjolohen kasvatusainesta. Naaraskasvatuksen etuna pidetään lähinnä naaraiden koiraita myöhäisempää sukukypsyyssikää ja korkeampaa kundan aikaista kauppa-arvoa.

Geenitekniikka on tällä hetkellä puhutuin biotekniikan alue. Geenitekniikalla tarkoitetaan, vieraan perintöaineksen siirtämistä vastaanottajaeliöön. Useimmissa tähänastisissa tutkimuksissa vastaanottajaeliö on ollut jokin bakteeri, mutta onnistuneita kokeiluja on tehty myös perintöaineksen siirrosta korkeampiin eläimiin, esim. hiireen. Tämän tekniikan odotetaan tarjoavan uusia mahdollisuuksia myös kotieläinjalostukseen. Norjassa oli vuonna 1983 koolla työryhmä, jonka tehtävänä oli arvioida geenitekniikan mahdollisuuksia kotieläintuotannossa. Loppuraportissaan työryhmä toteaa, että geenitekniikkaa kotieläinjalostukseen soveltava tutkimus on vasta aluillaan, mutta näköalat ovat lupaavat. Geenitekniikan odotetaan tarjoavan keinon vähentää perinnöllisiä sairauksia ja lisätä eläinten sairauksien vastustuskykyä. Se voi antaa myös mahdollisuuksia tuotannon lisäämiseen ja tuotteiden ravintoainesisällön muuttamiseen. Kuitenkin näyttää ilmeiseltä, että geenitekniikan nopeimmat käytännön sovellutukset tulevat liittymään ominaisuuksiin, joita kontrolloi vain yksi geeni tai harvalukuinen määrä geneejiä.

11.3 Muiden lajien tutkimukset

Kirjoloheen rodunjalostukseen tarvittavat kasvatustilat ja muut resurssit soveltuvat hyvin muidenkin lajien ja lajiristeytymien tutkimukseen ruokakalatuotannon edistämiseksi. Muiden lajien ja lajiristeytysten käyttökelpoisuutta ruokakalatuotantoon tulisi verrata kirjoloheen. Kysymykseen voivat lähinnä tulla kotimaiset ja ulkomaiset lohikalat, ennen muita lohi. Mikäli riittävän lupauksia kohteita löytyy, tulisi aloittaa muiden lajien jalostus. Kirjoloheen rodunjalostusohjelmassa voidaan kolmen jalostettavan alapopulaation asemasta rajoittua kahteen tai vain yhteen populaatioon, jossa uusi mätisukupolvi haudottaisiin vain joka kolmas vuosi. Tämä ei pienentäisi jalostusohjelman tehoa, joskin se johtaisi runsaudenvaihteluihin laitoksen vuotuisessa kirjoloheen mädin ja poikasten tuotannossa. Väli vuosina tiloja voitaisiin käyttää muiden lajien jalostusohjelmiin. Meressä ruokakalaksi kasvatettavien lajien jalostuspopulaatiot siirrettäisiin 1-2 vuoden iässä rodunjalostuslaitoksesta merikasvatukseen.

Uusien lajien tuonneissa ulkomailta sekä jalostettavan aineksen siirrosta rodunjalostuslaitokseen on kalatautivaaran vuoksi oltava erityisen varovainen. Rodunjalostuslaitokseen pitäisi siirtää vain huolellisesti desinfektoitua mätää. Ulkomailta mahdollisesti tuotavien mätierien alkuperälaitoksen taudittomuus tulisi varmistaa. Tuodut mätierät pitäisi hautoa ja kasvattaa eristettyinä ja siirtää vasta perusteellisen tutkimuksen jälkeen muihin tiloihin.

11.4 Yhteistyö

Mainituista tutkimuskohteista voidaan rodunjalostuslaitoksen odottaa vastaavan vain käytännön jalostuksen kannalta keskeisimmistä. Muiden osalta on pyrittävä yhteistyöhön tarkoituksenmukaisten tutkimuslaitosten kanssa, joista tässä yhteydessä mainittakoon mm.

Helsingin yliopiston kotieläinten jalostustieteen laitos
Maatalouden tutkimuskeskuksen kotieläinjalostusosasto
Yliopistojen perinnöllisyystieteen laitokset
Kuopion korkeakoulun biologian laitos
Helsingin yliopiston geeniteknologian laitos
Valtion eläinlääketieteellinen laitos ja sen Kuopion
aluelaboratorio.

Ulkomaisista yhteistyökumppaneista mainittakoon kalojen rodunjalostustyötä tekevät laitokset Norjassa ja Ruotsissa:

Norjan maatalouskorkeakoulun kotieläinjalostuslaitos

Norjan merentutkimuslaitoksen vedenviljelyosasto

Ruotsin maatalousyliopiston kotieläinjalostuslaitos

Viimeksi mainitun kanssa yhteistyö käynnistyi vuonna 1984, kun Ruotsissa suoritettaviin pohjoismaissa kasvatettavien kirjolohikantojen vertailukokeisiin toimitettiin Suomesta A13-kanta.

12. TIIVISTELMÄ

Suomen Akatemian rahoittaman kolmevuotisen tutkimuksen tarkoituksena oli:

1. Kartoittaa Suomessa viljeltyjen kirjolohien soveltuvuus jalostuksen lähtöaineeksi selvittämällä meikäläisten kirjolohien tärkeimpien tuotanto-ominaisuuksien perinnöllisen muuntelun laajuus.
2. Laatia jalostusohjelma kirjolohen jalostukseen soveltuvien ja tuotannon kannalta merkittävimpien ominaisuuksien kehittämiseksi.

Kirjolohikantojen ominaisuuksia tutkittiin kahdessa haudonnasta teurastukseen ulottuneessa kasvatuskokeessa. Niissä selvitettiin kymmenen alkuperältään erilaisen kirjolohikannan ja -linjan sekä kolmen kannan risteytysten eroja kasvussa, kuolleisuudessa, sukukypsyysissä, vibrioosin vastustuskyvyssä ja teuraslaadussa. Kantojen eroja selvitettiin myös tutkimalla entsyymigeenien muuntelua elektroforeesimenetelmällä. Kolmannen kesän kasvatuksessa tuloksia verrattiin sekä makeassa että merivedessä.

Suomen kirjolohiainees saatiin rodunjalostuksen kannalta riittävästi selvitettyksi. Kirjolohikantojen välillä ja sisällä todettiin runsaasti muuntelua kasvatuksen kannalta tärkeissä ominaisuuksissa. Edistyminen kannan sisäiseen valintaan perustuvan jalostusohjelman avulla on siten mahdollista. Meikäläisten kirjolohien paremmuutta tai huonommuutta muiden maiden kirjolohiaineistoon verraten ei voitu tutkia. Kuitenkin tutkimustulosten perusteella Suomen nykyistä kirjolohiainesta voidaan käyttää rodunjalostuksen lähtöaineena.

Laadittu kirjolohen rodunjalostusohjelma perustuu useassa kasvatusvaiheessa tehtävään valintaan. Jalostukseen otetaan aines, jolla on hyvät kasvatulokset sekä makeassa vedessä että merivedessä. Ehtona tällaiselle aloitukselle on, että myös ulkopuolelle jäävästä perintöaineksestä säilytetään mahdollisimman paljon. Tämä voi tapahtua useista kannoista muodostetussa geenipoolissa. Lisäksi joidenkin kantojen säilyttäminen erillisinä on tarpeen.

Kirjolohen rodunjalostus kuuluu valtion kalanviljelyn tehtäviin. Yksityisiä kalanviljelylaitoksia tarvitaan apuna jalostusohjelmassa. Rodunjalostusta varten on välttämätöntä rakentaa kalanviljelylaitos, sillä poikasten ensimmäisen vuoden kasvatukseen tarvittavaa 400 allasta ei ole käytettävissä millään nykyisellä laitoksella.

Jalostuslaitoksen lisäksi tarvitaan vähintään 2-3 testiasemaa, joista osan tulee olla makeassa, osan merivedessä. Näistä saadaan lisätietoja valintaa varten. Kaupalliset kirjolohilaitokset soveltuvat testiasemiksi.

Jalostustavoitteet ovat seuraavat:

1. Mahdollisimman nopea kasvu kaikissa ikävaiheissa ja erilaisissa kasvuympäristöissä sekä makeassa että merivedessä.
2. Mahdollisimman suuren osuuden kaloista on tultava sukukypsäksi kolmevuotiaana.
3. Pieni kuolleisuus hyvän tautien vastustuskyvyn ja stressinsietokyvyn seurauksena. Erityisesti hyvä vastustuskyky vibrioosia kohtaan
4. Sopiva, ei liian suuri rasvapitoisuus ja myöhemmin mahdollisesti muitakin teuraslaatuun liittyviä ominaisuuksia.
5. Hyvä ravinnonkäyttökyky. Tätä ei suoranaisesti valita, vaan edistymistä saavutetaan, koska hyvä ravinnonkäyttökyky liittyy valinnan kohteena olevaan nopeaan kasvuun.

Valintaohjelmassa noudatetaan seuraavia periaatteita:

1. Jalostuspopulaatio kasvatetaan ja valinta tapahtuu keskitetysti rodunjalostuslaitoksessa.
2. Valinnan kohteena on yksi jalostuspopulaatio, joka jakautuu kolmeen alapopulaatioon eli kolmeen ikäryhmään.
3. Jalostusohjelma perustuu kannan sisäiseen valintaan, additiivisten geenivaikutusten hyväksikäyttöön.
4. Sukupolvet ovat erillisiä eli kaikki vanhemmat valitaan kulloinkin viimeksi arvostellusta ikäluokasta.
5. Valinta on kolmivaiheista siten, että kunkin kasvukauden jälkeen karsitaan osa yksilöistä. Valintaa tehdään sekä täyssidaryhmien välillä että täyssidaryhmien sisällä.
6. Valinta perustuu aluksi riippumattomiin poistotasoihin. Jalostusohjelmaa toteutettaessa kehitetään ominaisuuksia yhdistävä indeksi ja emokalojen valinnassa siirrytään valintaindeksien käyttöön.

Rodunjalostuksen sukupolvikierto esitetään kuvassa 9.1. Kasvatus alkaa neljästä sadasta täyssidaryhmästä, tuhat kalaa/ perhe. Ensimmäinen kesä kukin perhe kasvatetaan omassa altaassaan. Tämän jälkeen perheet merkitään, jolloin eri perheiden kaloja voidaan kasvattaa yhdessä. Ensimmäisen kesän jälkeen osa valittujen perheiden kaloista siirretään testiasemille, pääosa kasvatetaan edelleen jalostuslaitoksessa. Perheitä ja niiden kaloja karsitaan

jalostuslaitoksessa kunkin kasvukauden jälkeen. Kolmantena syksynä jatkoon kelpuutetut kalat merkitään yksilömerkillä. Jalostuslaitoksen ja testiasemien tiedot yhdistetään indeksiksi ja valitaan sen perusteella seuraavan polven emoiksi 100 koirasta ja 400 naarasta. Alun 400 000 kalasta kelpuutetaan emokaloiksi 500, joten valinta on erittäin voimakasta. Karsitut kalat ja ylimääräinen mäti myydään. Kasvattajat voivat ostaa rodunjalostuslaitoksesta jalostettua kasvatusmateriaalia ja halutessaan kasvattaa siitä itselleen emokalakannan.

Rodunjalostusohjelman vuotuinen rahoitustarve, kun myyntitulot on otettu huomioon, on noin 1 milj. mk. Rodunjalostuksella saavutettavaksi kustannussäästöksi arvioidaan muuttuvien ja kiinteiden kustannusten osalta kymmenen vuoden jalostuksen jälkeen 17-68 milj. mk vuodessa. Myös investointikustannukset pienenevät. Hyöty riippuu säästöjen suuruudesta ja kirjolohen vuotuisesta tuotannosta Suomessa.

Rinnan rodunjalostuksen kanssa on jatkuvasti harjoitettava rodunjalostuksen tutkimusta. Rodunjalostusohjelma ei voi olla lopullinen ja muuttumaton, vaan sitä on jatkuvasti kehitettävä jalostuksessa saatavien tietojen perusteella. Kokonaistuotantoindeksin kehittäminen ja tarvittavien jalostuspopulaation tunnuslukujen arviointi on tärkein tutkimustavoite. Tutkimusta on köhdistettävä myös vaihtoehtoihin ja uusiin jalostusmenetelmiin. Keskeisiä tutkimusalueita ovat risteytysjalostus, biotekniikka, kromosomistomanipulaatiot ja geenitekniikka.

Kirjolohen kasvatus on taloudellisesti terveellä pohjalla oleva elinkeino, joka tuottaa hyvää ja terveellistä ravintoa ja jolla on kansantalouden kannalta myönteisiä vaikutuksia. Elinkeinoon laajeneminen on toivottavaa ja myös todennäköistä. Kilpailun kiristytessä on jatkuvasti kehitettävä tuotantotekniikkaa ja parannettava tuotteita ja niiden markkinointia. Rodunjalostus on eräs tärkeimmistä keinoista kalankasvatuksen edistämiseksi.

KIRJALLISUUS

- ACKEFORS, H., GRIP, K. & HOLMSTRÖM-DHEJNE, N., 1983. Vattenbruk för Sverige. Förslag till åtgärder. Forskningsrådsnämnden, Stockholm, ss. 112.
- AYLES, G.B., BERNARD, D. & HENDZEL, M., 1979. Genetic differences in lipid and dry matter content between strains of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and their hybrids. *Aquaculture*, 18:253-262.
- BUSACK, C.A., HALLIBURTON, R. & GALL, G.A.E., 1979. Electrophoretic variation and differentiation in four strains of domesticated rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Genet. Cytol.*, 21:81-94.
- BYE, V. & LINCOLN, R., 1981. Get rid of the males and let the females prosper. *Fish Farmer*, 4:22-24.
- DICKERSON, G.E., 1955. Genetic slippage in response to selection for multiple objectives. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 20:213-224.
- GAVORA, J.S. & SPENCER, J.L., 1978. Breeding for genetic resistance to disease: specific or general? *World's Poultry Science Journal*, 34:137-148.
- GJEDREM, T., 1976. Possibilities for genetic improvement in salmonids. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33:1094-1099.
- GJEDREM, T., 1983. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture*, 33:51-72.
- GJEDREM, T. & AULSTAD, D., 1974. Selection experiments with salmon. I Differences in resistance to vibrio disease of salmon parr (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 3:51-59.
- GOWE, R.S., JOHNSON, A.S., DOWNS, J.H., GIBSON, R., MOUNTAIN, W.F., STRAIN, J.H. & TINNEY, B.F., 1959a. Environmental and poultry breeding problems. 4. The value of a random-bred control strain in a selection study. *Poultry Sci.*, 38:443-462.
- GOWE, R.S., ROBERTSON, A. & LATTER, B.D.H., 1959b. Environmental and poultry breeding problems. 5. The design of poultry control strains. *Poultry Sci.*, 38:462-471.
- HARVEY, W.R., 1966. Least squares analysis of data with unequal subclass number. ARS 20-8. Agr. Res. Service. Us Dep. of agr., ss. 157.
- HILL, W.G., 1972a. Estimation of genetic change. I. General theory and design of control populations. *Anim. Breed. Abstr.*, 40:1-15.

- HILL, W.G., 1972b. Estimation of genetic change. II. Experimental evaluation of control populations. *Anim. Breed. Abstr.*, 40:193-213.
- KINGHORN, B.P., 1983a. A review of quantitative genetics in fish breeding. *Aquaculture*, 31:283-304.
- KINGHORN, B.P., 1983b. Genetic variation in food conversion efficiency and growth in rainbow trout. *Aquaculture*, 32:141-155.
- LINCOLN, R.F., 1981a. Sexual maturation in triploid male plaice and plaice*flounder hybrids. *Journal of Fish Biology*, 19:415-426.
- LINCOLN, R.F., 1981b. Sexual maturation in female triploid plaice and plaice*flounder hybrids. *Journal of Fish Biology*, 19:499-507.
- LINDER, D., SUMARI, O., NYHOLM, K. & SIRKKOMAA, S., 1983. Genetic and phenotypic variation in production traits in rainbow trout strains and strain crosses in Finland. *Aquaculture*, 33:129-134.
- LINDSTRÖM, U.B., 1979. Fundamentala förutsättningar för användning av marköregenskaper i husdjursaveln. Symp. Biokemisk genetik i husdyraveln. Det kgl. danske landhusholdnings-selsk., ss. 9-15.
- LINDSTRÖM, U.B., 1983. Mihin kotieläinjalostus on menossa. Eri-painos Maaseudun tulevaisuus -lehdestä n:ot 5 ja 7/83.
- MOLLER, D., NAEVDAL, G., HOLM, M. & LEROY, R., 1979. Genetic improvement in aquaculture industry. In: T.W.R. Pillay and W.A. Dill (Editors), *Advances in Aquaculture*. Fishing News Books Ltd, Farnham, Surrey, ss. 622-626.
- MOAV, R., 1979. Genetic improvement in aquaculture industry. In: T.W.R. Pillay and W.A. Dill (Editors), *Advances in Aquaculture*. Fishing News Books Ltd, Farnham, Surrey, ss. 610-622.
- MÄKINEN, T., 1983. Vesiensuojelu kalankasvatuksessa. Suomen Kalankasvattaja 1/1983:22-27.
- NAEVDAL, G., 1983. Genetic factors in connection with age at maturation. *Aquaculture*, 33:97-106.
- NAEVDAL, G., LEROY, R. & MOLLER, D., 1981. Variation in growth rate and age at first maturation in rainbow trout. *Fisk-Dir. Skr. Ser. HavUnders.*, 17:71-78.
- PURDOM, C.E., 1976. Genetic techniques in flat fish culture. *J. Fish Res. Board Can.*, 33:1088-1096.
- PURDOM, C.E., 1979. Genetics of growth and reproduction in teleosts. *Symp. zool. Soc. Lond.* No.44:207-217.

- REFSTIE, T., 1982. Preliminary results: Differences between rainbow trout families in resistance against vibriosis and stress. *Developmental and comparative immunology*, Suppl. 2:205-209.
- ROBERTSON, A., 1961. Inbreeding in artificial selection programmes. *Genet. Res., Camb.*, 2:189-194.
- RYMAN, N., 1983. Patterns of distribution of biochemical genetic variation in salmonids: differences between species. *Aquaculture*, 33:1-21.
- RYMAN, N. & STÅHL, G., 1980. Genetic changes in hatchery stocks of brown trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 37:82-87.
- SIRKKOMAA, S. & LINDSTRÖM, U.B., 1981. Simulation of response to selection for body weight in rainbow trout. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 31:426-432.
- WILKINS, N.P., 1981. The rationale and relevance of genetics in aquaculture: an overview. *Aquaculture*, 22:209-228.

LIITE 1

Tutkimusprojektin puitteissa laaditut julkaisut:

LINDER, D. & U.B. LINDSTRÖM, 1982. 'Jalostustyö kalanviljelytoiminnassa' symposiumi Galwayssa Irlannissa. Suomen Kalankasvattaja 3:25-26.

LINDER, D., SUMARI, O., NYHOLM, K. & S. SIRKKOMAA, 1983. Genetic and phenotypic variation in production traits in rainbow trout strains and strain crosses in Finland. Aquaculture 33:129-134.

SIITONEN, L., 1982. Kymmenen kirjolohikannan kasvuominaisuuksien vertailu. Suomen Kalankasvattaja 2:40-43.

SIITONEN, L., 1983. Kirjolohikantojen kasvuominaisuuksien vertailu. Suomen Kalankasvattaja 3:28-30.

SIITONEN, L., 1983. Kalanviljelyyn perimältään tarkoituksenmukainen aines. Turun Sanomat 10.7.

SUMARI, O., 1983. Kirjolohta kannattaa jalostaa. Tiede 2000 7:39-40

LIITE 2

KALANVILJELY VUONNA 1982 — FISKODLING ÅR 1982 — FISH CULTURE IN 1982

KALANVILJELYLAITOSTEN LUKUMÄÄRÄ ANTAL FISKODLINGS-ANSTALTER NUMBER OF FISH FARMS AND HATCHERIES	Merilaitokset ¹⁾ Anläggningar i havet Brackish water cage farms	Sisävesilaitokset ¹⁾ Anläggningar i sött vatten Fresh water farms and hatcheries	Luonnonravinto-lammikkoyritykset Naturdammsföretag Natural rearing pond breeders	Yhteensä Inalles Total
	98	296	203	597

KALANVILJELYLAITOSTEN TUOTANTOTILAT FISKODLINGSANSTALTERNAS PRODUKTIONSUTRYMME PRODUCTION CAPACITY OF FARMS AND HATCHERIES	Haudontakapasiteetti Kläckningskapacitet Incubation capacity		Kasvatustilat Uppfödningsutrymme Rearing space				
	Suppiloaudonta Kläckning i glas Glass incubation Mättilitraa Liter rom Egg liters	Asettihaudonta Backkläckning Tray incubation	Keinoaltaita Konstjorda bassänger Artificial tanks	Maa-aitaita Jorddammar Earth ponds	merialue havsområde sea area	sisävesi- alue sötvattens- område freshwater area	Verkkoaltaita ja -aitauksia Nätkassar och -inhägnader Net cages and enclosures
	12 892	13 593	kpl 2 319 1 000 m ² 25	1 915 959	813 268	173 112	680 ha 5 527
Laitoksia — Anstalter — Farms and hatcheries	58	62	68	247	98	26	203

KALANVILJELYLAITOSTEN ²⁾ RUOKAKALANTUOTANTO FISKODLINGSANSTALTERNAS MATFISKPRODUKTION FOOD FISH PRODUCTION OF FISH FARMS	Merilaitokset Anläggningar i havet Brackish water cage farms	Sisävesilaitokset Anläggningar i sött vatten Fresh water farms	Yhteensä Inalles Total	Tuotannon arvo Mmk Produktionens värde M Fmk Value of production M Fmk
	Tuotanto — Produktion — Production 1000 kg ³⁾			
	3 226	3 099	6 325	128,4
Laitoksia — Anstalter — Farms	98	195	293	

¹⁾ Saman omistajan eri laitokset laskettu omiksi yksiköikseen — Samma Ägares olika anläggningar räknade som olika enheter — Same owner's separate farms counted as separate entities.

²⁾ Tuotanto kirjolohta paitsi 23 tonnia lohta, taimenta ja puronierää. — Produktion regnbågsforell utom 23 ton av lax, öring och bäckröding. — The production rainbow trout except of 23 tons salmon, brown trout and brook trout.

³⁾ Tuotantoluvut perkaamatonta painoa. — Produktionssiffrorna som orensad fisk. — Productionin kg of ungutted fish.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUJA JULKAISUJA

- No 13. Saaristomeren pohjoisosan kalatalouden kehittämissuunnitelma. Helsinki 1983. 48 s.
- No 14. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn IV neuvottelupäivät 9.—10.4.1980 Lammin biologisella asemalla. Helsinki 1983. 70 s.
- No 15. TOIVONEN, J., IKONEN, E., LINDSTRÖM, A., ALAPASSI, T. ja KOKKO, U.: Järvitaimenen merkittyjen poikasten istutukset Suomessa vuosina 1959—1969. Helsinki 1983. 226 s.
- No 16. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1983. Helsinki 1983. 143 s.
- No 17. VIHERVUORI, A. (toim.): Valtion kalanviljelyn V neuvottelupäivät 2.—3.4.1981 Laukaan Pitkäniemessä. Helsinki 1984. 67 s.
- No 18. KOLJONEN, M—L.: Ihmisen toiminnan vaikutus lohen perinnölliseen rakenteeseen. Helsinki 1984. 39 s.
- No 19. KEINÄNEN, A.; Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. Helsinki 1984. 55 s.
- No 20. PRUUKI, V.; Peledsiian (*Coregonus peled* (Gmelin)) ja planktonsiian (*Coregonus muksun* (Pallas)) kantojen arviointi ja istutusten kannattavuus kahdessa eteläsuomalaisessa pienjärvessä. Helsinki 1984. 55 s.
- No 21. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1984. Helsinki 1984. 150 s.
- No 22. NIEMELÄ, E. ja NIEMELÄ, M.: Ulkopaikkakuntalaisten virkistyskalastus Tenojoen kalastusalueella Suomen puolella vuosina 1981 ja 1982. Helsinki 1984. 70 s.
- No 23. VUORINEN, P.J., VUORINEN, M., NYHOLM, K., SOIVIO, A. ja OIKARI, A.: Fysiologisten menetelmien soveltaminen kalataloudellisten vahinkojen ja haittojen määrittämiseen. 1—34.
VUORINEN, P.J., VUORINEN, M. ja NYHOLM, K.: Vesistöihin joutuvien aineiden haitallisista vaikutuksista kaloihin ja vaikutusten tutkimusmenetelmistä. 35—118.
OIKARI, A., SOIVIO, A., VUORINEN, M., VUORINEN, P.J. ja NYHOLM, K.: Metsäteollisuuden jätevesistä ja jätevesikomponenteista sekä niiden vaikutuksista kaloihin. 119—192.
VUORINEN, P.J.: Rautaruukki Oy:n Rautavaaran kaivoksen jätevesien vaikutuksesta taimenen alkionkehitykseen ja poikasiin. 193—206. Helsinki 1984.
- No 24. MUTENIA, A.: Kaamasjoen kalatalousselvitys kalastuksen ja kalakantojen hoidon suunnittelua varten. Helsinki 1984. 62 s.
- No 25. TUUNAINEN, P., NYLANDER, E., ALAPASSI, T. ja AIKIO, V.: Kalastus ja kalakannat Tornionjoen vesistöissä. Helsinki 1984. 86 s.
- No 26. PARTANEN, H.: Kotitalouksien kalankäyttö Kainuussa. 1—94.
PARTANEN, H.: Suurtaloudet kalanmarkkinointijärjestelmässä. 95—151. Helsinki 1984.
- No 27. TUUNAINEN, P., NYLANDER, E., KITTI, J. ja VALKEAPÄÄ, L.: Kalastus Inarissa, Utsjoella ja Enontekiöllä. 1—101.
SIPPONEN, M.: Sevettijärven kolttien kalastusolot vuonna 1974. 103—184.
MUTENIA, A. ja TUUNAINEN, P.: Virkistyskalastusselvitys metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunnassa vuonna 1979. 185—220.
SARJAMO, H.: Enontekiön vesien kalastus ja kalakannat. 221—256. Helsinki 1984.
- No 28. HEIKINHEIMO-SCHMID, O., PURSIANEN, M., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country Report of Finland for the Intersessional Period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1982—1984. Helsinki 1984. 51 pp.
- No 29. VIITANEN, M., NIEMINEN, M. ja ROSBERG, T.: Ammattimaisesti kalastetun kalan käyttö teollisuudessa. Helsinki 1984. 90 s.

SISÄLTÖ

SUMARI, O., SIITONEN, L. ja LINDER, D.: Valtakunnallinen kirjolohen rodunjalostusohjelma. 82 s.

ISBN 951-9092-50-1
ISSN 0358-4623