

*Päivi Eskelinen
Jorma Piironen
Craig Primmer*

Monimuotoisuuden säilyttäminen lohen
poikasviljelyssä

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Lohenpoikasia ensimmäisenä kesänään. (Kuva: Päivi Eskelinen)

ISBN 951-776-356-5

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 2002

Selviävätkö kaikki lohiperheet yhtä hyvin
alkukasvatuksen aikana?

Päivi Eskelinen¹, Jorma Piironen² ja Craig Primmer³

¹Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely,
Vilppulantie 415, 41360 Valkola

²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Joensuun riistan- ja kalantutkimus,
Kauppakatu 18-20, 80100 Joensuu

³Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian
osasto, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	2
2.1. Emokalat ja hedelmöitykset.....	2
2.2. Uusien emokalaparvien perustaminen ja kasvatus	2
2.3. Genotyypitys.....	2
3. TULOKSET	4
3.1. Kuolleisuus mätivaiheessa.....	4
3.2. Kuolleisuus ensimmäisen kesän aikana.....	4
3.3. Perustajakalojen geneettinen rakenne.....	5
3.4. Kuka kuoli?	6
4. TULOKSEN TULKINTAA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	8
KIITOKSET	9
KIRJALLISUUS	9

1. Johdanto

Istutuksiin käytettävät lohenpoikaset ovat pääosin kalanviljelylaitoksissa kasvatettujen emokalastojen jälkeläisiä. Emokalastot on yleensä perustettu luonnosta pyydyistä sukukypsistä kaloista. Emokalastojen perustamisvaihe määrää, kuinka suuri osuus perustamiseen käytettyjen kalojen geneettisistä ominaisuuksista saadaan siirtymään uuteen emokalastoon. Perustamisvaiheessa ratkaiseva merkitys on käytetyllä pariuttamistavalla ja alkuvaiheen haudontaan käytetyillä menetelmillä. Satunnaisesti valittujen naaraiden ja koiraiden pariuttaminen on suositeltavaa silloin, kun käytettävissä on runsaasti (>25 paria) emokaloja. Jälkeläismäärien tasaus siten, että kunkin perustajaparin jälkeläisiä otetaan uuteen emokalastoon yhtä paljon, tuottaa perinnöllisessä mielessä parhaan tuloksen, sillä silloin kaikkien perheiden jälkeläisillä on yhtä suuri osuus perustetun emoparven geenistöstä.

Monesti hedelmöitystulos vaihtelee, eikä perhekoon tasaaminen esimerkiksi ottamalla yhtä paljon hedelmöittämättömiä mätimunia kultakin naaraalta tuota toivottua tulosta. Käytännössä on turvallisempaa tasata perhekoko vasta silmäpistevaiheessa, jolloin kuolleisuus alkuhaudonnan aikana ei vaikuta tulokseen. Perinnöllisen monimuotoisuuden kannalta parhaaseen tulokseen päästäisiin kuitenkin, mikäli kunkin perheen jälkeläiset kyettäisiin kasvattamaan sukukypsiksi ja lisääntymisvaiheessa ottamaan kustakin perheestä yhtä monta naarasta ja koirasta jatkamaan sukua. Tämä ei ole käytännössä useinkaan mahdollista, koska se vaatisi alkuvaiheen kasvatukseen pieniä perhealtaita, joissa kunkin perheen jälkeläiset voitaisiin kasvattaa merkintäkokoisiksi (1-kesäisiksi – 2-vuotiaiksi paikasta ja lajista riippuen) ennen yhdistämistä jatkokasvatusparveksi.

Tässä työssä selvitettiin poikasten alkukasvatuksen aikaisen kuolevuuden merkitystä monimuotoisuuden säilymisen kannalta Tornionjoen lohen emoparven perustamisessa. Emoparvi tuotettiin satunnaisilla, parittaisilla hedelmöityksillä tasaten kunkin perheen jälkeläismäärä silmäpistevaiheessa. Erityisesti haluttiin selvittää, onko kuolevuus alkukasvatuksen aikana satunnaista vai kohdistuuko se valikoivasti tiettyihin lohiperheisiin.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Emokalat ja hedelmöitykset

Tornionjoelta pyydettiin vuosina 1993-1995 rysällä ja sähkökalastuksella lohismolteja, jotka siirrettiin Lautiosaaren kalanviljelylaitokseen kasvatettavaksi emokaloiksi. Syksyllä 1997 kaikki sukukypsät kalat lypsettiin. Lypsyn yhteydessä niistä otettiin verinäyte genotyypitystä varten. Jokaisen naaraan mäti hedelmöitettiin satunnaisesti valitulla koiraalla. Mätierät haudottiin hedelmöityserittäin erillään Lautiosaaren hautomossa silmäpistevaiheeseen. Mätierien kuolleisuus ennen silmäpistevaihetta määritettiin laskemalla kaikkien erien elävien ja kuolleiden mätimunien määrä.

2.2. Uusien emokalaparvien perustaminen ja kasvatus

Maaliskuussa 1998 valittiin jokaisesta 190 lohiperheestä 15 mätimunaa uudeksi emoparveksi. Näitä tehtiin kolme rinnakkaista. Näistä uusista emoparvista käytetään tässä raportissa nimeä koeryhmä (1-3) erotukseksi perustajakaloista. Jokaiseen koeryhmään tuli 2 850 yksilöä. Ne siirrettiin Taivalkosken kalanviljelylaitoksen eristysosastoon haudonnan loppuajaksi. Poikaset alkoivat kuoriutua toukokuun alussa.

Kuoriutumisesta lähtien elokuun 17. päivään asti kerättiin jokaisesta koeryhmästä kuolleet poikaset ja ne säilöttiin etanoliin genotyypitystä varten. Aluksi, kun kuolleisuus oli runsasta, kuolleita kerättiin keskimäärin kolme kertaa viikossa, myöhemmin aina kun niitä havaittiin. Kuolleita poikasia kerättiin yhteensä 106 vrk:n aikana.

Koeryhmät kasvatettiin ensimmäisen vuoden ajan Taivalkosken laitoksen eristysosastossa 3,5 m²:n muovialtaissa. Poikaset siirrettiin 1-vuotiaina kasvatushalliin samankokoisiin pyöröaltaisiin. Eristysosastossa kalat ruokittiin hihnaruokkimilla ja kasvatushallissa ITU-ruokintajärjestelmän avulla. Ensimmäisen kesän jälkeen mitattiin kalojen keskikoko.

2.3. Genotyypitys

Perustajakalojen geneettinen rakenne analysoitiin kuudella mikrosatelliitilla Primmerin *et al.* (2000) mukaan. Genotyypitystä varten kerätyistä kuolleista poikasista otettiin päivittäisen kuolleisuuden jakaantumisella painotettu otos. Kolmesta koeryhmästä otettiin 208, 278 ja 302 kuolleen poikasen näytteet analysoitaviksi. Genotyypitys tehtiin mikrosatelliittianalyysillä samalla menetelmällä kuin perustajakaloista.

Perustajakalojen mikrosatelliittianalyysin tuloksista laskettiin heterotsygotia-aste ja d^2 -arvot, joiden avulla selvitettiin paritusten satunnaisuutta. Keskimääräinen d^2 mittaa keskimääräistä geneettistä etäisyyttä niiden sukusolujen välillä, joista uusi yksilö sai alkunsa (kts. Primmer *et al.* 2001). Yksilöt, joiden d^2 -arvot ovat pieniä, ovat todennäköisimmin läheistä sukua toisilleen olevien vanhempien jälkeläisiä. Niillä ilmenee siten todennäköisemmin myös läheisestä sukulaisuudesta johtuvasta sukusiittoisuudesta aiheutuvia haittoja elinkelpoisuuteen vaikuttavissa ominaisuuksissa.

Kuolleitten poikasten mikrosatelliittianalyysien perusteella tehtiin vanhemmuusanalyysi, jolla selvitettiin, mistä perheistä kuolleet poikaset olivat. Simulaatiolaskennan avulla selvitettiin, oliko kuolleisuus satunnaista vai oliko joistakin perheistä kuollut keskimääräistä enemmän tai vähemmän poikasia (Ranta ja Rita, henk. kohtainen tie-

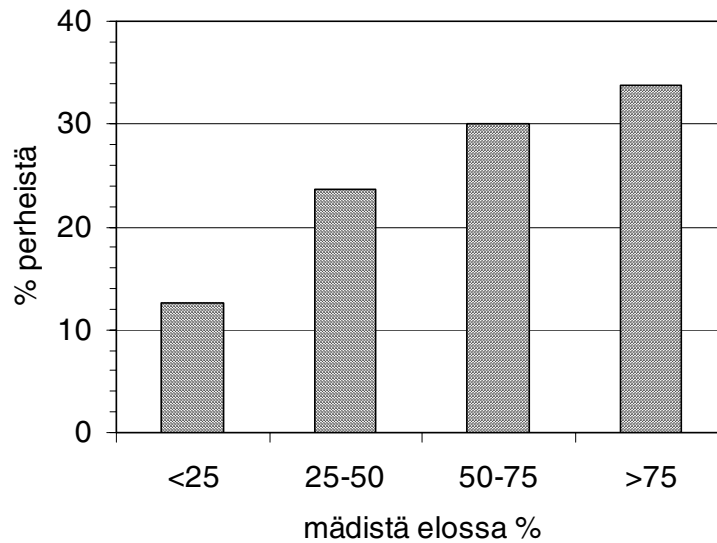
donanto). Aluksi laskettiin kokonaiskuolleisuuden todennäköisyydet näytteeksi otettujen poikasten ja kaikkien kuolleitten poikasten lukumäärillä. Tämän jälkeen laskettiin perheittäin binomitodennäköisyyksillä kuolemien odotusjakauman histogrammi (10 000 toistokoetta). Tämän jakauman 97,5 %:n persentiiliä verrattiin havaittuun kuolleisuuteen.

Heterotsygotia-asteiden eroja testattiin 1-suuntaisella varianssianalyysillä.

3. Tulokset

3.1. Kuolleisuus mäti vaiheessa

Haudonnan aikana ennen koeryhmien perustamista kuolleisuus eri mäti-erissä vaihteli välillä 2,3 – 95,6 %. Puolet mädistä oli elossa yli 60 %:lla perheistä (kuva 1). Alle 25 % mädeistä oli elossa vain 12,6 %:ssa perheistä.

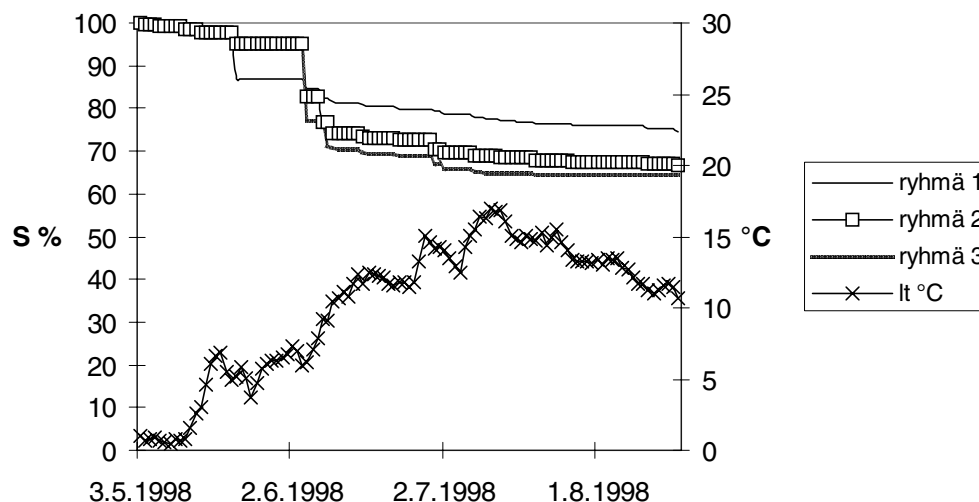


Kuva 1. Osuus perheistä, joiden mädeistä oli elossa alle 25 %, 25-50 %, 50-75 % ja yli 75 % ennen koeryhmien perustamista.

Koeryhmien muodostamisen jälkeen haudonnan loppuaikana kuolleisuus ennen kuoriutumista ryhmissä 1-3 oli 4,9 %, 5,0 % ja 4,6 %.

3.2. Kuolleisuus ensimmäisen kesän aikana

Poikaset alkoivat kuoriutua toukokuun alussa. Touko-kesäkuun vaihteessa, jolloin lämpötila nousi ja poikaset alkoivat syödä ulkoista ravintoa, kuolleisuus kaikissa ryhmissä kasvoi (kuva 2). Myöhemmin kesällä kuolleisuutta esiintyi vain vähän.



Kuva 2. Poikasten lukumäärän kehitys (S %) koeryhmissä ja veden lämpötila (°C) poikasnäytteiden keräyksen aikana ensimmäisenä kesänä.

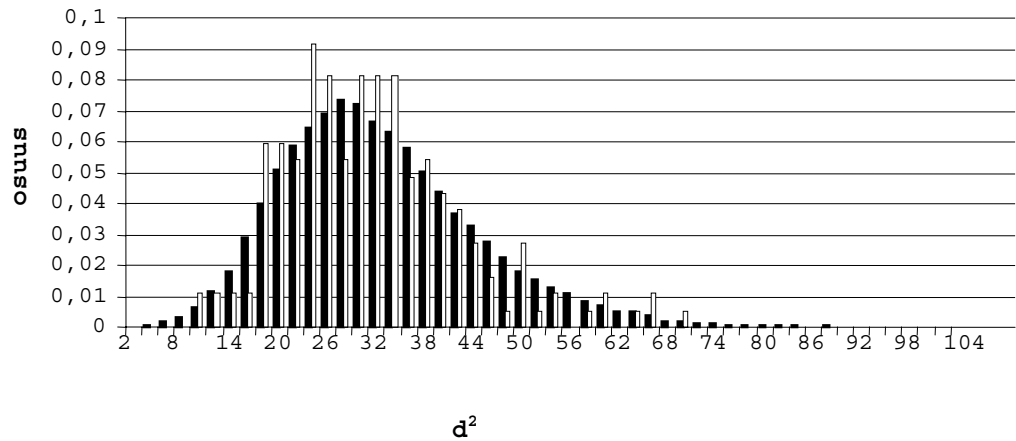
3.3. Perustajakalojen geneettinen rakenne

Kolme koeryhmää eli uutta emoparvea perustettiin 190 perheen jälkeläisistä. Perustajakalat eli perheiden vanhemmat oli pyydetty kolmena peräkkäisenä vuonna. Perustajakalojen keskimääräinen heterotsygotia-aste (taulukko 1) ei poikennut tilastollisesti eri vuosiluokkien välillä kummallakaan sukupuolella (koiraat: $F=2,167$, $p=0,118$ ja naaraat: $F=0,322$, $p=0,570$). Vuoden 1995 pyynnistä peräisin olevat kaksi naarasta eivät olleet analysissä mukana.

Taulukko 1. Koeryhmien perustajakalojen naaraitten ja koiraitten keskimääräiset heterotsygotia-asteet (He).

vuosiluokka	naaraat		koiraat	
	n	He	n	He
1993	49	0,755	32	0,786
1994	134	0,739	80	0,737
1995	2	0,500	18	0,685

Perustajanaaraat ja -koiraat oli paritettu keskenään satunnaisesti. Paritusten satunnaisuus voitiin varmistaa keskenään pariutettujen naaras- ja koirasparien d^2 -arvojen todennäköisyysjakaumalla, joka ei poikennut kaikkien mahdollisten paritusten todennäköisyysjakaumasta (kuva 3). Näin ollen jälkeläisissä ei ollut odotettavissa tavanomaista enempää esimerkiksi läheisestä sukulaisuudesta aiheutuvia varhaiskehityksen ongelmia.

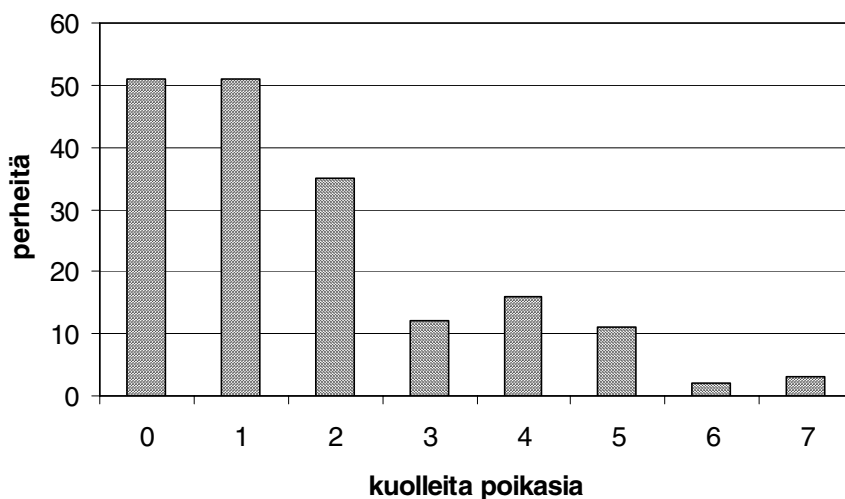


Kuva 3. Toteutettujen satunnaisten naaras- ja koirasparien paritusten (valkoiset pylväät) ja kaikkien mahdollisten paritusten (mustat pylväät) d^2 -arvojen todennäköisyysjakaumat.

3.4. Kuka kuoli?

Kolmen koeryhmän kuolleitten poikasten DNA oli 35 %:ssa näytteistä hajonnut niin pitkälle, että siitä ei voitu tehdä PCR-monistusta. 385 näytettä saatiin genotyyppitetyksi useammalla kuin neljällä mikrosatelliittilokuksella. Näitä näytteitä käytettiin vanhemmuusanalyysin tulosten laskemisessa.

Kaikkien kolmen koeryhmän kuolleitten poikasten vanhempien (perheen) tunnistuksen perusteella 51 perheessä ei ollut yhtään kuollutta poikasta (kuva 4). Enimmillään perhettä kohti voitiin tunnistaa seitsemän kuollutta poikasta. Näitä perheitä oli kolme.



Kuva 4. Kuolleitten poikasten määrä perheittäin.

Simulaatiolaskennan perusteella kuolevuus ei jakautunut tasaisesti kaikkien perheiden osalle, vaan joistakin perheistä kuoli joko odotettua vähemmän tai enemmän poikasia. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkituissa näytteissä oli odotettua enemmän perheitä, joista kuoli 1 jälkeläinen tai ei yhtään ja samoin odotettua enemmän perheitä, joissa kuolleita oli 5 tai enemmän. Ensimmäisen kasvatuskesän aikana kaloja siis kuoli valikoivasti eri perheistä. On mahdollista, että joidenkin perheiden jälkeläisten elinkyky alkuvaiheessa on heikko tai alkuvaiheen kasvatusolosuhteet sopivat huonommin joillekin perheille, jolloin nämä menestyvät keskimääräistä heikommin.

Heterotsygotia-asteet perheissä, joissa ei ollut yhtään kuollutta poikasta ensimmäisen kesän aikana, eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi perheistä, joissa oli eniten (5-7) kuolleita poikasia.

4. Tuloksen tulkintaa ja johtopäätöksiä

Varhaisten kehitysvaiheiden läpi selviää elossa vain osa mädistä ja poikasista. Selviytymisessä on suuria eroja eri perheiden välillä. Jos emoparvia perustetaan mätivaiheessa, on suositeltavaa tehdä se vasta mädin kehityttyä silmäpistevaiheeseen, jolloin mädin kuolevuuden vaihtelun vaikutus emoparven perherakenteeseen voidaan ottaa huomioon.

Kuolleisuus mätivaiheessa, ennen silmäpistevaihetta, kertoo siitä, miten hyvin hedelmöittyminen on onnistunut. Myös naaraan ominaisuuksien on todettu olevan ratkaiseva tekijä mätivaiheen menestymisessä (Nagler *et al.* 2000). Sitä voidaan pitää myös mädin laadun mittarina. Naaraan ominaisuudet vaikuttavat myös kuoriutumistulokseen. Silmäpistevaiheen ja ulkoisen ravinnonoton alun välisenä aikana esiintyvä kuolleisuus osassa perheistä kuvastaa eroja eri perheiden elinkelpoisuudessa. Nämä erot voivat johtua vanhempien perinnöllisistä ominaisuuksista, mutta myös naaraasta aiheutuvilla ns. maternaalisilla tekijöillä voi olla tähän vaikutusta.

Kuolleitten poikasten vanhemmuusanalyysi osoittautui arveltua vaikeammaksi toteuttaa, koska emopareja oli paljon ja osa kuolleista poikasista oli ehtinyt ennen säilöntää hajota tai homehtua niin, että niistä ei enää voitu eristää DNA:ta eikä tehdä PCR-monistusta. Vanhemmuusanalyysiä tukemaan tarvittiin näin ollen simulaatiolaskentaa, jolla kuolevuuden jakautumista eri perheisiin voitiin testata.

Simulaatiotuloksen mukaan kuolleisuus ensimmäisen kesän aikana ei ollut satunnaisista, tasaisesti kaikkiin perheisiin kohdentuvaa, vaan joistakin perheistä kuoli poikasista muita enemmän ja joistakin taas muita vähemmän. On siis mahdollista, että tilanteessa, jossa uudet emoparvet muodostetaan silmäpistemädistä, jo ensimmäisen kesän aikana menetetään joidenkin perustajakalojen jälkeläiset kokonaan. Jos pareja perustamisvaiheessa on vähänlaisesti, efektiivinen populaatiokoko uudessa emoparvessa voi laskea paljonkin pienemmäksi kuin kuvitellaan, vaikka emoparvi olisi perustettu ottamalla kaikkien perustajakalojen silmäpistemätiä yhtä paljon.

Jos perustajakalojen pareja on vähän, pitäisi pyrkiä kasvattamaan perheet ainakin ensimmäisen kesän yli erillään ja muodostamaan uudet emoparvet vasta kesänvanhoista poikasista. Silloin ne voidaan Etelä- ja Keski-Suomen oloissa jo myös yksilö- tai ryhmämerkitä, mikäli halutaan myöhemmin käyttää lisäämismenetelmiä, jotka perustuvat emojen taustan tuntemisen hyväksikäyttöön. Useamman rinnakkaisparven alkukasvatuksella voidaan pienentää satunnaisista tekijöistä aiheutuvia riskejä. Emoparveksi voidaan sitten valita se, jossa on eniten yksilöitä.

Kiitokset

Kiitämme prof. Esa Rantaa ja FT Hannu Ritaa kuolleisuuden simulaatiolaskennoista sekä dos. Nina Peuhkuria ja tuotantopäällikkö Vesa Määttää käsikirjoituksen kommentoinnista. Kiitokset Max Ingmanille laboratoriotöistä, Lautiosaaren kalanviljelylaitoksen väelle tutkimuskalojen hoidosta haudonnan aikana sekä kalastusmestari Erkki Säkkielle ja muulle Taivalkosken riistan- ja kalantutkimuksen viljelyhenkilöstölle näytteiden keruusta poikasvaiheessa.

Kirjallisuus

Nagler, J.J., Parsons, J.E. & Cloud, J.G. 2000. Single pair mating indicates maternal effects on embryo survival in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 184: 177-183.

Primmer, C.R., Koskinen, M.T. & Piironen, J. 2000. The one that did not get away: individual assignment using microsatellite data detects a case of fishing competition fraud. *Proc. R. Soc. Lond. B* (2000) 267: 1699-1704.

Primmer, C.R., Ranta, E., Piironen, J., Lahti, K., Peuhkuri, N., Pakkasmaa, S. & Eskelinen, P. 2001. Prediction of offspring fitness based on parental genetic diversity in endangered salmonid populations. *Cons. Genet.* (submitted).

Kasvun ja kokojakauman vaihtelu lohiperheissä

Jorma Piironen¹ ja Päivi Eskelinen²

¹Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Joensuun riistan- ja kalantutkimus, Kauppakatu 18-20, 80100 Joensuu

²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely, Vilppulantie 415, 41360 Valkola

Sisällys

1. JOHDANTO.....	15
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	16
2.1. Lohiperheet.....	16
2.2. Koejärjestelyt.....	17
2.3. Tulosten tilastollinen käsittely.....	18
3. TULOKSET	20
3.1. Kasvu eri lohiperheissä.....	20
3.1.1. Keskikoko.....	20
3.1.2. Biomassa.....	21
3.1.3. Kunto	22
3.1.4. Kasvunopeus.....	23
3.2. Lohiperheiden pituus- ja painojakaumat	24
3.3. Kokojakaumat lohiperheiden sisällä.....	26
3.4. Monimuotoisuus, viljelykäytännöt ja kasvu	28
4. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
KIITOKSET	32
KIRJALLISUUS ..	32
LIITTEET	33

1. Johdanto

Viljelyllä hoidettavien ja ylläpidettävien kalakantojen monimuotoisuuden säilyminen emoviljelyssä ja luonnonympäristöön istutettavien poikasten tuotannossa riippuu oleellisesti siitä, miten hyvin viljelyssä pystytään säilyttämään sekä perustajakalojen monimuotoisuus että kasvatettavaan ryhmään sen perustamisvaiheessa tallennettu monimuotoisuus. Koon vaihtelu kalaryhmän sisällä vaikuttaa monien viljelyprosessin osien järjestämiseen. Esimerkiksi ruokinta ja kalojen rehu on valittava kalojen koon mukaan, ja koon suuri vaihtelu kalaryhmän sisällä johtaa kasvun kannalta ongelmallisiin sosiaalisiin hierarkioihin ja siten lajittelutarpeeseen tai muuhun valikointiin. Koska monimuotoisuuden säilymistulosta voidaan mitata vasta seuraavan sukupolven monimuotoisuutena, kun kasvatettavat yksilöt ovat saavuttaneet sukukypsyyden ja lisääntyneet, tulisi viljelymenetelmät koko kalan elinkierron aikana suunnitella siten, että mitään yksilöitä ei karsittaisi.

Tässä raportoitu koe on osa tutkimushanketta, jossa selvitetään viljelymenetelmien vaikutuksia viljelyn avulla hoidettavien kalakantojen monimuotoisuuteen. Tornionjoesta pyydettiin vuosina 1993, 1994 ja 1995 lohismoltteja, joista kasvatettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Lautiosaaren kalanviljelylaitoksessa emokalasto. Nämä emokalat lypsettiin syksyllä 1997 ja hedelmöitettiin satunnaisesti pareittain. Perheistä muodostettiin uudet emokalaparvet (3 parvea RKTL:n Taivalkosken ja 1 parvi Tornionjoen laitoksille), joissa on mukana 190 perhettä sekä erotettiin 30 perhettä erilliskasvatukseen tutkimuskäyttöä varten.

Tässä kokeessa on käytetty erilliskasvatukseen jätetyistä 30 perheestä valittuja perheitä. Toisen kesän kasvatuksen aikana tehdyn kasvatuskokeen tarkoituksena oli tutkia, miten perheen kokojakauma kehittyi poikasvaiheen nopean kasvun aikana, kun kokojakaumaa on alkutilanteessa tarkoituksellisesti kavennettu. Kokojakauman voidaan ajatella kuvaavan kalojen muuntelevuutta samoissa oloissa eri perheiden välillä. Samankokoisten yksilöiden parvien on useilla lohikaloilla havaittu kasvavan paremmin kuin ryhmien, joissa on kokoeroja ja siitä johtuvaa aggressiivista käyttäytymistä.

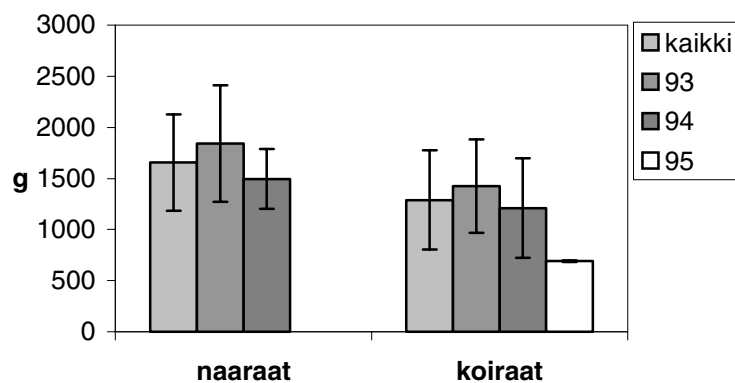
2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Lohiperheet

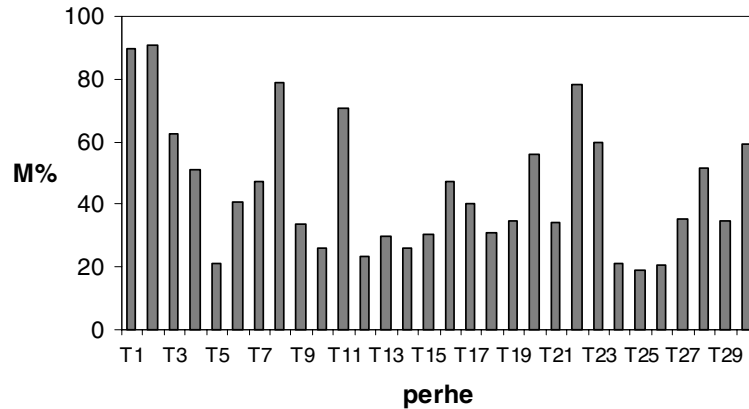
Kaikkien kokeen lohiperheiden mädit haudottiin perheittäin erillisinä silmäpistevaiheeseen Lautiosaaren kalanviljelylaitoksessa ja siirrettiin sitten Taivalkoskelle jatkokasvatukseen.

Perheryhmien emokalojen (kuva 1) naaraitten keskipaino oli 1 657 g (vaihteluväli 879-3 370 g). Niistä oli vuoden 1993 smolttipyynnissä saatuja 14 kpl ja vuonna 1994 saatuja 16 kpl. Koiraista (keskipaino 1 290 g, vaihteluväli 490-2 597 g) kaksi oli vuoden 1995 saalista, 12 vuoden 1994 pyynnistä ja loput vuoden 1993 saalista. Emokalojen smoltti-ikä määritettiin suomuista. Emokalat olivat 5-8 -vuotiaita (liite 1).

Taivalkosken laitoksessa kaikki ryhmät kuoriutuivat eristyshautomossa, jossa erillisperheet myös kasvatettiin ensimmäisen vuoden ajan halkaisijaltaan 600 mm:n altaissa. Vuoden vanhana perheet siirrettiin isompiin, halkaisijaltaan 800 mm:n altaisiin poikaskasvatushalliin. Kuolleisuus perheryhmissä hedelmöityksestä 1-vuotiaaksi vaihteli eri perheiden välillä 20-90 %:iin (kuva 2). Liitteenä 2 on perheryhmien kalojen keskipaino 1-vuotiaana.



Kuva 1. Lohiperheryhmien emokalojen keskipaino (\pm keskihajonta) perustamisvuosittain.



Kuva 2. Perheittäinen kuolevuus (%) hedelmöityksestä 1-vuotiaaksi.

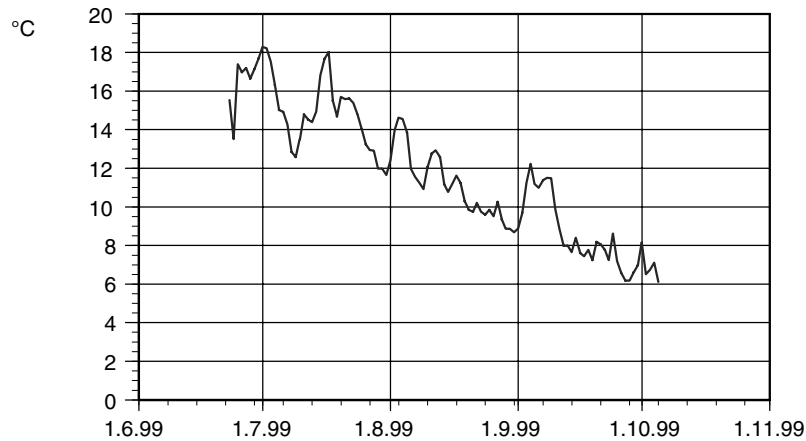
2.2. Koejärjestelyt

Koska poikaset olivat 1-vuotiaina liian pieniä (alle 2 g) yksilölliseen merkintään, päädyttiin lohiperheet erillään pitävään koejärjestelyyn. Jakaumakoetta varten valittiin satunnaisesti 10 perhettä niistä perheistä, joissa oli jäljellä yli 250 kalaa (28/30). Valituiksi tulivat perheet T5, T9, T10, T12, T14, T15, T16, T17, T21 ja T22. Näistä perheistä mitattiin kesäkuussa keskikoko (tarkkuus 1 mm ja 0,1 g) 60 kalan otoksesta. Kokeeseen valittiin kaloja, joiden pituus oli enintään yhden keskihajonnan verran pituuden keskiarvoa pienempi tai suurempi, 180 kalaa joka perheestä. Kalat jaettiin perheittäin kolmeen rinnakkaiseen koealtaaseen, 60 kalaa koeallasta kohti. Rinnakkaisryhmät sijoitettiin koealtaisiin satunnaisesti.

Koe aloitettiin 23.6.1999. Kaloille tehtiin välimittaus 25.8.1999 (64 vrk) ja koe lopetettiin 5.10.1999. Koe kesti siten yhteensä 104 vrk. Välimittauksessa ja lopussa kaikkien koekalojen pituus ja paino mitattiin.

Koekaloille järjestettiin tavanomainen hoito halkaisijaltaan 600 mm:n altaissa. Kalat ruokittiin lievänä ylikuokintana hihnuokkimilla, joille rehu levitettiin päivittäin.

Veden lämpötilatietona käytettiin tuloveden seurantajärjestelmän tuottamia lämpötilatietoja. Kokeen alussa veden lämpötila oli 15,5 °C ja lopussa 6,1 °C. Lämpötila vaihteli välillä 6,1–18,2 °C (kuva 3). Lämpötilan vuorokausikeskiarvo alitti +10 °C 20. elokuuta, joskin syyskuun alussa oli viikon jakso, jolloin lämpötilat nousivat yli 10 °C:seen.



Kuva 3. Veden lämpötila Taivalkosken laitoksella kokeen aikana.

Muiden perheryhmien kasvatusta jatkettiin tavanomaiseen tapaan. Niiden koko mitattiin 200 kalan otoksista syyskuun lopussa.

2.3. Tulosten tilastollinen käsittely

Alkutilanteessa mitattiin kustakin lohiperheestä kaikkien koeyksilöiden pituus, mutta käsittelyrasituksen minimoimiseksi vain perheen yhden koealtaan kalojen paino (60 kpl). Muiden koekalojen alkupainot laskettiin kunkin perheen pituus-painoregression avulla. Perheitten kokoerojen testaamisessa käytettiin keskiarvojen sijasta pituuden ja painon mediaaneja, koska jakaumia kavennettiin jo alkutilanteesta lähtien.

Koska mittauskertojen havainnot eivät ole toisistaan riippumattomia, käytettiin perheiden välisten koko- (pituus ja paino) sekä kasvuerojen (SGL eli pituuskasvu % päivässä ja SGR eli painonlisäys % päivässä) testaamiseen allaskohtaisia keskiarvoja toistuvien mittausten varianssianalyyseissä (univariate repeated measures ANOVA). SGL- ja SGR-arvot muunnettiin arcsineliöjuuri-muunnoksella ennen tilastollisia testejä jakaumien normalisoimiseksi. Koska perheitten biomassat poikkesivat merkittävästi jo kokeen alussa, testattiin biomassojen muutoksia kokeen aikana toistuvien mittausten kovarianssianalyyseillä (repeated measures ANCOVA) käyttäen lähtötilanteen biomassaa kovariaattina.

Poikasten kunnan mittarina käytettiin perinteisten kuntokertoimien sijaan residuaaliindeksiä, eri mittauskertojen logaritmuunnettujen pituus- ja painomittojen regressioiden allaskohtaisia residuaaleja, koska tällä menettelyllä voidaan hyvin hallita kalojen alkukoon vaikutus (Jacob *et al.* 1996). Poikasten kunnan eroja perheitten välillä testattiin residuaalien allaskohtaisilla keskiarvoilla toistuvien mittausten varianssianalyyseillä (univariate repeated measures ANOVA).

Perheitten yksilökoon vaihtelua kokeen kestäessä tutkittiin laskemalla pituuden ja painon vaihtelukertoimet (CV) altaittain kullekin perheelle eri mittauskerroilla. Perheitten eroja testattiin vaihtelukerrointen allaskohtaisilla keskiarvoilla toistuvien mittausten varianssianalyyseillä (univariate repeated measures ANOVA).

Kalojen koon (pituus ja paino) frekvenssijakaumien muotoa kuvattiin edelleen kvartiilivälillä ($Q_{25,75}$) eli ensimmäisen ja kolmannen kvartiilin etäisyydellä. Tätä mittaa kutsuttiin keskittyneisyydeksi, ja se kuvaa sitä, kuinka suurelle alueelle mediaanin ympärille 50 % havainnoista on keskittynyt. Keskittyneisyyden eroja perheitten välillä testattiin niinkään toistuvien mittausten varianssianalyyseillä.

Perheiden sisäistä koon vaihtelua tutkittiin lisäksi testaamalla rinnakkaisten altaiden kalojen pituus- (kaikki mittauskerrat) ja painojakaumien (väli- ja loppumittaukset) eroja eri mittauskerroilla Kolmogorov-Smirnovin testillä.

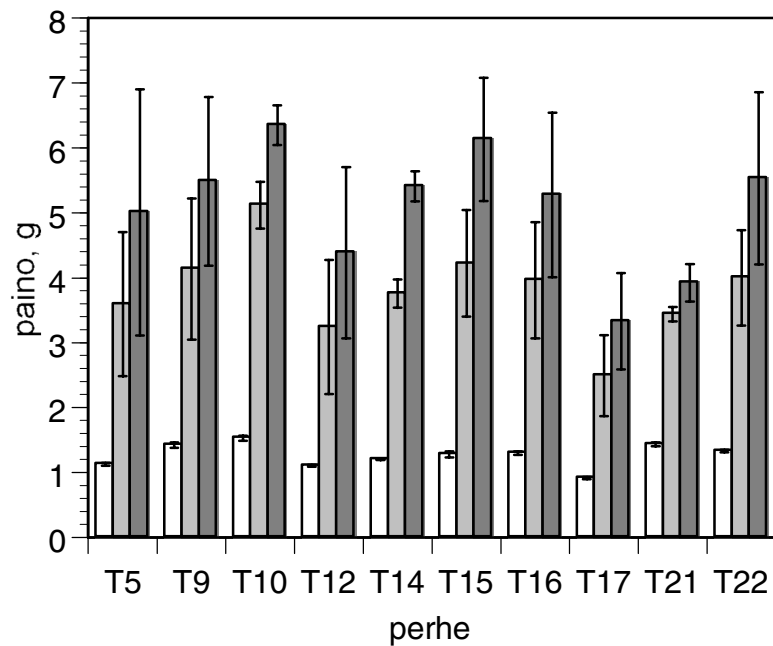
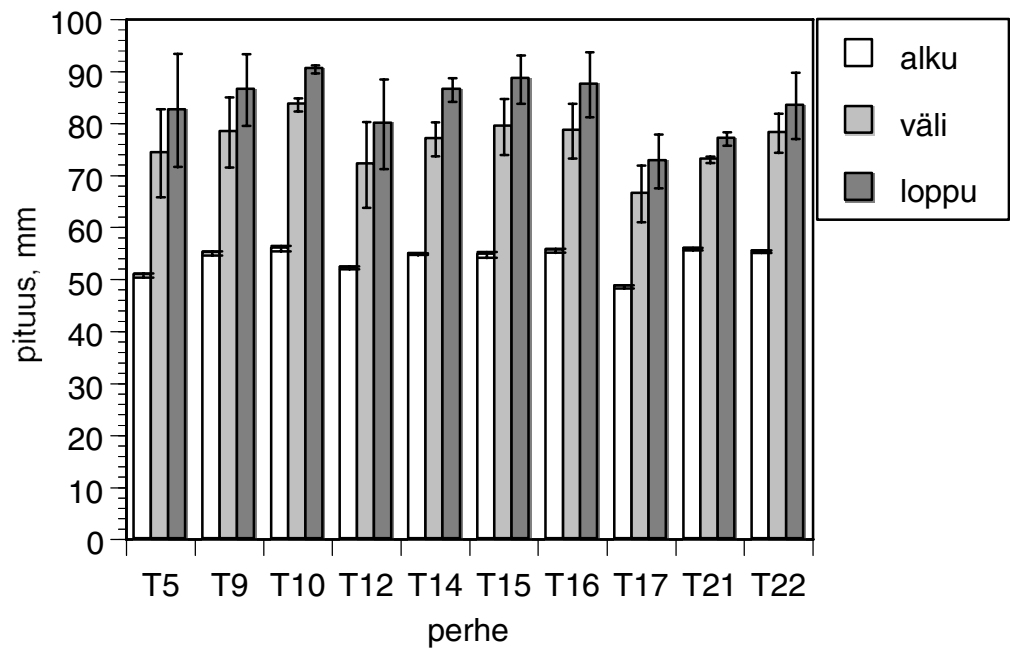
3. Tulokset

3.1. Kasvu eri lohiperheissä

3.1.1. Keskikoko

Lohiperheitten keskipituudet ja -painot on esitetty kuvassa 4. Pituuksien ja painojen mediaanien keskiarvoissa oli merkitseviä perheiden välisiä eroja koejakson aikana (toistettujen mittausten ANOVA; pituus: $F_{9,20} = 3,298$, $P=0,013$; paino: $F_{9,20} = 2,512$, $P=0,041$). Kokeen aikana mediaanipituuden erot olivat perheitten välillä selvimmät jo alkuvaiheessa ($F_{9,20} = 61,215$, $P=0,000$). Välimittauksessa pituuserot olivat ainoastaan suuntaa antavia ($F_{9,20} = 2,246$, $P=0,063$), mutta tilastollisesti merkitseviä taas loppumittauksessa ($F_{9,20} = 2,576$, $P=0,037$). Vastaavasti perheitten mediaanipainot poikkesivat heti alussa ($F_{9,20} = 52,175$, $P=0,000$), mutta myöhemmissä mittauksissa ainoastaan suuntaa antavasti (välimittaus $F_{9,20} = 2,247$, $P=0,063$ ja loppumittaus $F_{9,20} = 2,244$, $P=0,063$).

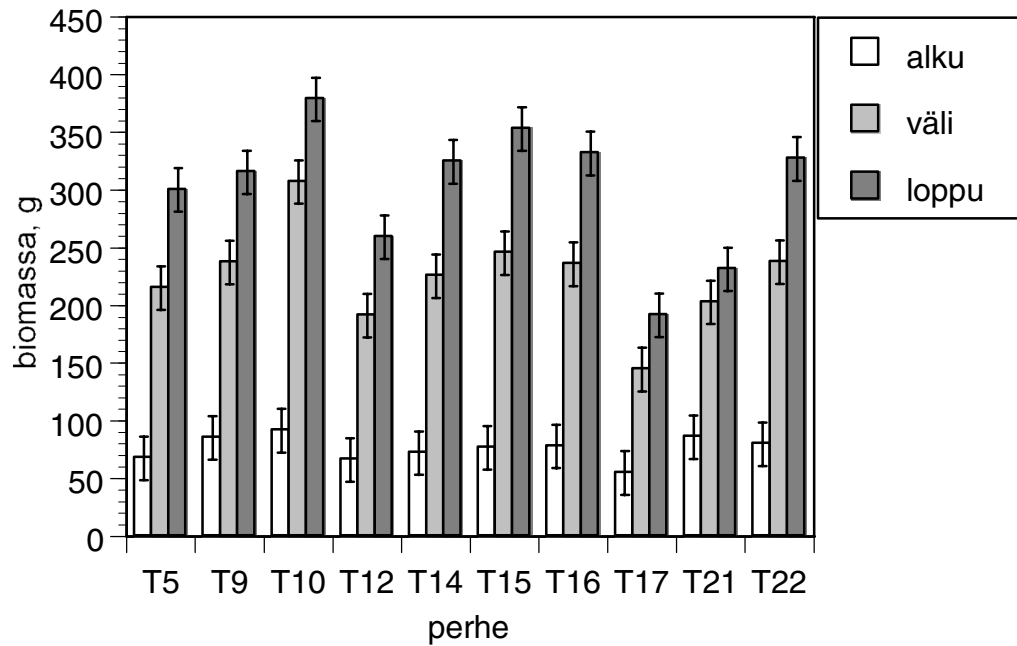
Perheellä oli merkitsevä vaikutus pituuden (vaihtelukertoimen toistettujen mittausten ANOVA; CV pituus: $F_{9,20} = 2,894$, $P=0,023$); mutta ei painon vaihteluun koejakson kestäessä (CV paino: $F_{9,20} = 1,512$, $P=0,210$) koejakson aikana. Molempien vaihtelussa oli kuitenkin perheestä riippuvia vaihteluja eri mittauskerroilla (perheen ja pituuden vaihtelukertoimen interaktio: $F_{18,40} = 2,617$, $P=0,006$ ja perheen ja painon vaihtelukertoimen interaktio: $F_{18,40} = 2,644$, $P=0,005$). Sekä pituuden että painon vaihtelu kasvoi merkitsevästi koejakson aikana (pituus: $F_{2,40} = 117,699$, $P=0,000$ ja paino: $F_{2,40} = 1115,574$, $P=0,000$). Perheiden välillä oli pituuden vaihtelussa (CV) merkitseviä eroja kaikilla mittauskerroilla (alkumittaus: $F_{9,20} = 13,037$, $P=0,000$, välimittaus: $F_{9,20} = 2,601$, $P=0,036$ ja loppumittaus: $F_{9,20} = 2,525$, $P=0,041$), mutta painon vaihtelu poikkesi perheitten välillä ainoastaan alkumittauksessa ($F_{9,20} = 3,792$, $P=0,006$).



Kuva 4. Lohiperheiden keskipituus ja -paino (\pm keskihajonta) alku-, väli- ja loppumittauksissa.

3.1.2. Biomassa

Lohiperheiden keskipikokojen erot näkyivät luonnollisesti keskimääräisissä allaskohtaisissa biomassoissa, jotka myös poikkesivat perheiden välillä merkitsevästi jo alkutilanteessa (ANOVA: $F_{9,20} = 117,025$, $P=0,000$). Kun perheiden alkuvaiheen kokoerot huomioitiin käyttämällä alkubiomassoja kovariaattina toistettujen mittausten varianssianalyyseissä (ANCOVA; Wilks' $\lambda=0,349$, $F_{18,36}=1,388$, $P=0,197$), ei väli- eikä

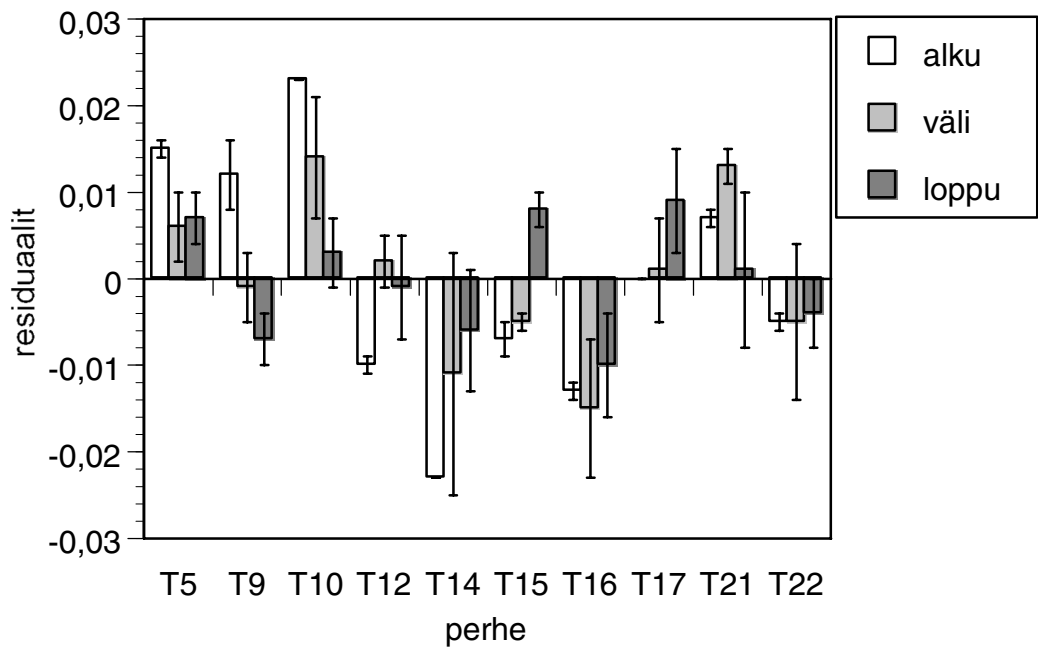


Kuva 5. Kalojen biomassan kehitys (keskiarvo \pm keskihajonta) alku-, väli- ja loppupunnituksessa perheittäin.

lopputilanteen biomassoissa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja perheiden välillä (BIO2: $F_{9,19}=0,777$, $P=0,642$ ja BIO3: $F_{9,19}= 1,337$, $P=0,283$; kuva 5). Eri mittauskerrojen biomassojen ja perheiden välinen interaktio oli kuitenkin merkitsevä ($F_{9,19}= 2,480$, $P=0,046$), eli eri perheissä biomassat muuttuivat eri tavoin koejakson aikana.

3.1.3. Kunto

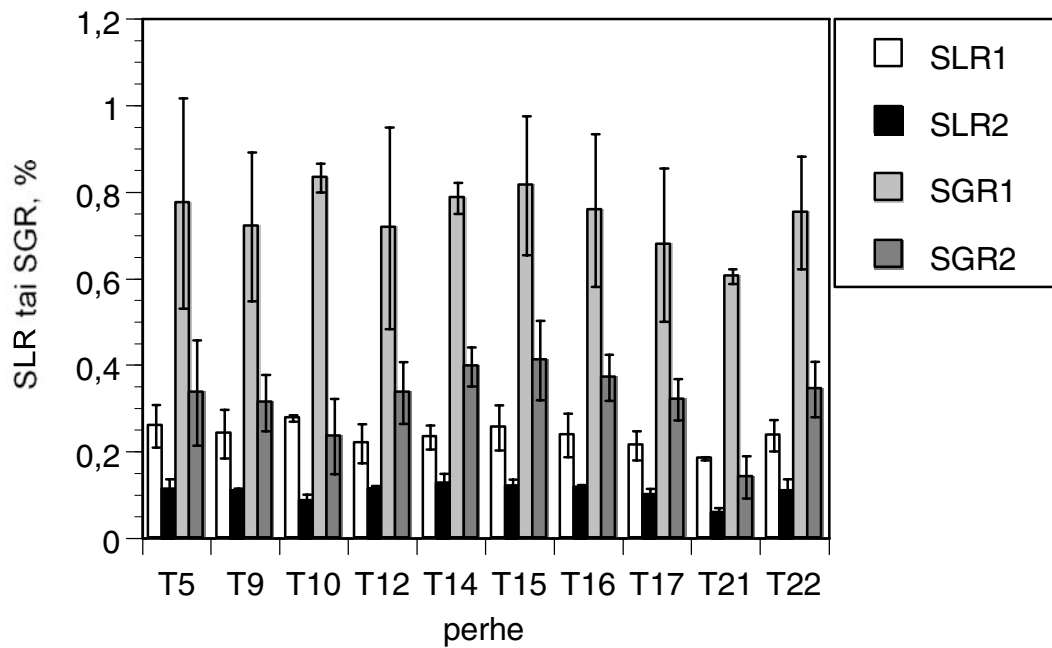
Kalojen kuntoa (pituuden ja painon välisiä suhteita) kuvaavissa regressiomallin keskimääräisissä residuaaleissa oli perheiden välillä koejakson aikana merkitseviä eroja (toistettujen mittausten ANOVA: $F_{9,20}=5,814$, $P=0,000$). Perheiden ja eri mittauskerrojen residuaalien interaktio oli myös merkitsevä ($F_{18,40}=2,690$, $P=0,005$), mikä osoittaa eri perheiden pituus-painosuhteiden muuttuneen eri tahtia koejakson aikana. Perheiden väliset residuaalien erot olivat merkitseviä heti kokeen alussa ($F_{9,20}=194,512$, $P=0,000$), mutta ne tasoittuivat koejakson aikana eivätkä olleet merkitseviä väli- tai loppumittauksissa ($F_{9,20}=1,908$, $P=0,110$ ja $F_{9,20}=1,561$, $P=0,194$, vastaavasti, kuva 6).



**Kuva 6. Pituus-painoregression residuaalit (keskiarvo ± keskivirhe) perheit-
tän koejakson alku-, väli- ja loppumittauksissa.**

3.1.4. Kasvunopeus

Kalojen pituuden (SLR) ja painon (SGR) kasvunopeus määritettiin erikseen kummallekin mittausjaksolle (kuva 7). Molemmat olivat ennen välimittausta selvästi suuremmat kuin loppuvaiheessa (SLR: $F_{1,20}=190,202$, $P=0,000$ ja SGR: $F_{1,20}=197,484$, $P=0,000$). Pituuskasvun nopeus oli lohiperheitten välillä samanlaista kokeen alkujaksolla ($F_{9,20}=0,719$, $P=0,686$), mutta poikkesi merkitsevästi jälkimmäisellä puoliskolla ($F_{9,20}=3,594$, $P=0,008$). Painon kasvunopeus poikkesi samoin perheitten välillä merkitsevästi kokeen jälkimmäisellä jaksolla ($F_{9,20}=0,532$, $P=0,834$ ja $F_{9,20}=4,233$, $P=0,003$, vastaavasti; kuva 7).



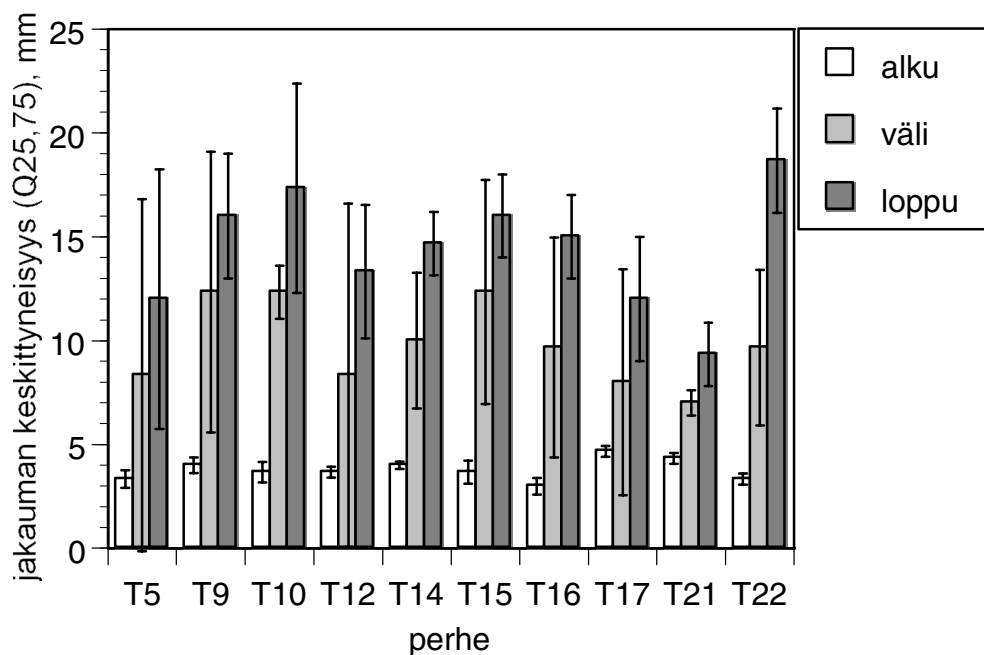
Kuva 7. Lohiperheiden pituuden (SLR, %/vrk) ja painon (SGR, %/vrk) kasvunopeudet (keskiarvo + keskihajonta) alku- (SLR1 ja SGR1) ja loppujakson (SLR2 ja SGR2) aikana.

3.2. Lohiperheiden pituus- ja painojakaumat

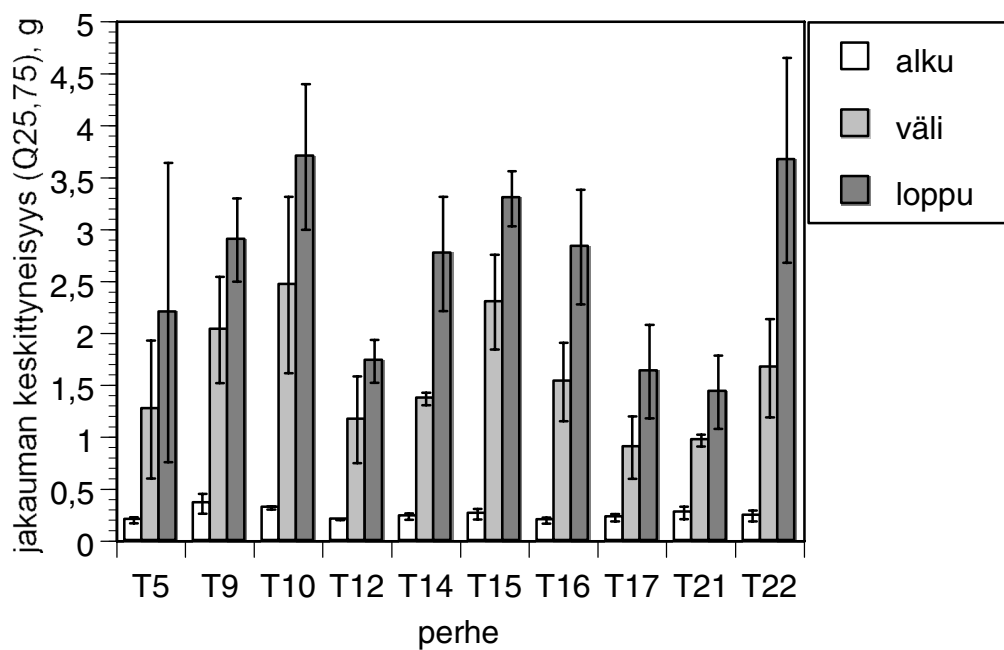
Pituuden ja painon frekvenssijakaumien muotoa kuvattiin keskittyneisyydellä, mikä osoittaa kuinka suurelle alueelle mediaanin molemmiin puoliin puolet kaikista havainnoista oli keskittynyt.

Pituusjakaumien keskittyneisyydessä (kuva 8) ei ollut perheiden välillä eroja kokeen aikana (toistettujen mittausten ANOVA, $F_{9,20}=1,824$, $P=0,126$). Keskittyneisyysarvot kasvoivat merkitsevästi kokeen kuluessa ($F_{2,18}=295,943$, $P=0,000$). Lisäksi kalojen pituuksien keskittyneisyydessä oli merkitsevä interaktio perheiden kanssa ($F_{18,40}=2,967$, $P=0,002$). Keskittyneisyydessä ei ollut perheiden välisiä eroja alussa ($F_{9,20}=1,175$, $P=0,361$), koska jakaumia oli tietoisesti kavennettu. Sen sijaan välimittauksessa erot perheiden välillä olivat merkitseviä ($F_{9,20}=2,733$, $P=0,029$), mutta loppumittauksessa keskittyneisyydet poikkesivat ainoastaan suuntaa antavasti ($F_{9,20}=2,110$, $P=0,079$).

Painojakaumien keskittyneisyydessä (kuva 9) oli perheiden välillä merkitseviä eroja kokeen aikana (toistettujen mittausten ANOVA $F_{9,20}=4,334$, $P=0,003$). Kuten pituusjakaumienkin keskittyneisyydet, kasvoivat myös painojakaumien keskittyneisyysarvot kokeen kuluessa ($F_{2,18}=300,543$, $P=0,000$). Myös painojakaumien keskittyneisyyden ja perheiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä interaktio ($F_{18,40}=4,031$, $P=0,000$), joka osoittaa painojakaumien keskittyneisyyden muuttuvan kokeen kestäessä eri tavoin eri perheissä. Painojakaumien keskittyneisyys erosi kaikilla mittauskerroilla tilastollisesti merkitsevästi perheiden välillä (alkumittaus: $F_{9,20}=3,813$, $P=0,006$; välimittaus: $F_{9,20}=3,911$, $P=0,005$; ja loppumittaus: $F_{9,20}=4,361$, $P=0,003$).



Kuva 8. Lohiperheiden pituusjakauman keskittyneisyys (keskiarvo \pm keskihajonta) alku-, väli- ja loppumittauksissa.



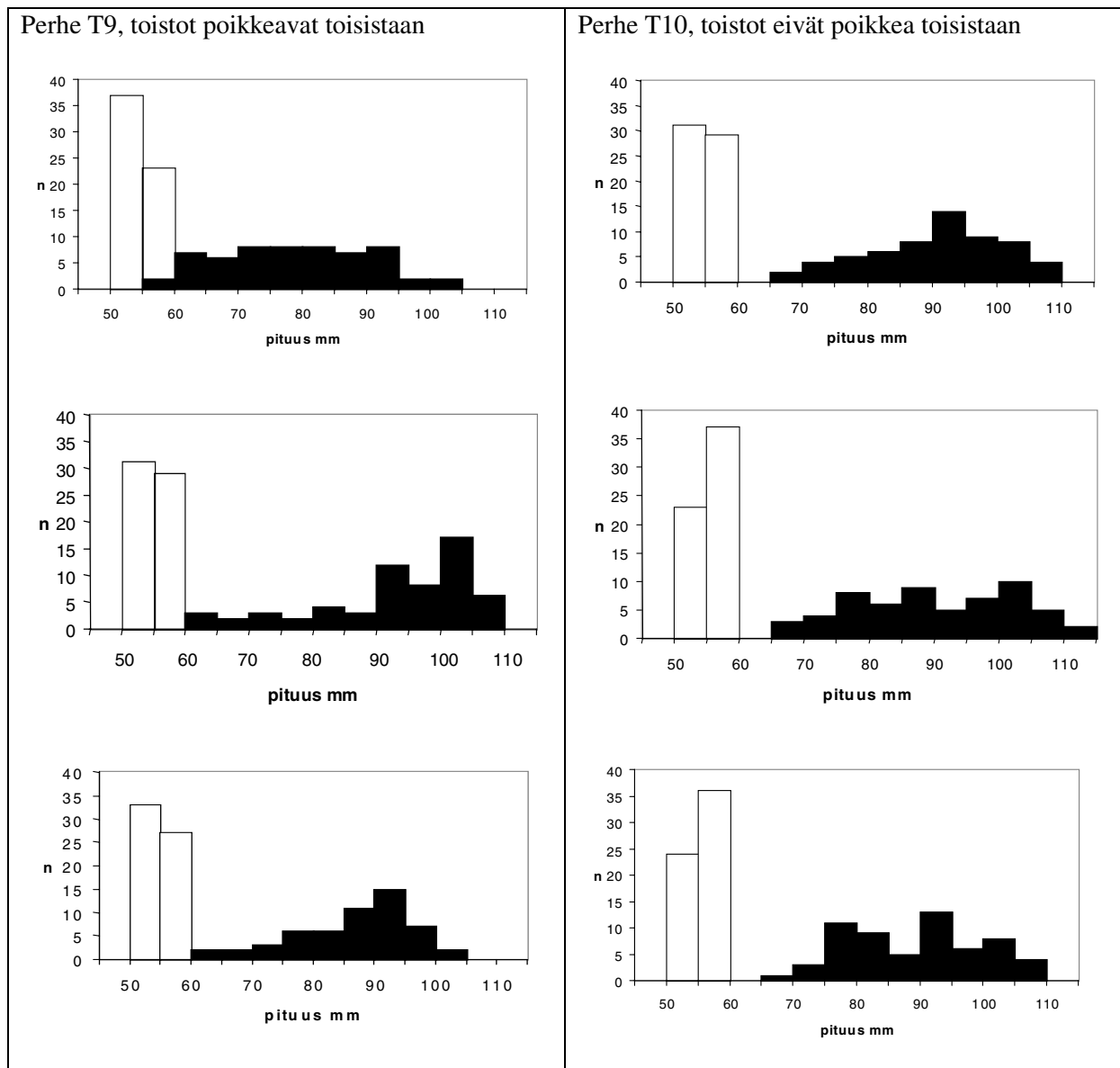
Kuva 9. Lohiperheiden painojakaumien keskittyneisyys (keskiarvo \pm keskihajonta) alku-, väli- ja loppumittauksissa.

3.3. Kokojakaumat lohiperheiden sisällä

Kokeen alussa lohiperheiden sisällä rinnakkaisten altaiden kalojen pituuksien jakaumat eivät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Kolmogorov-Smirnovin testi).

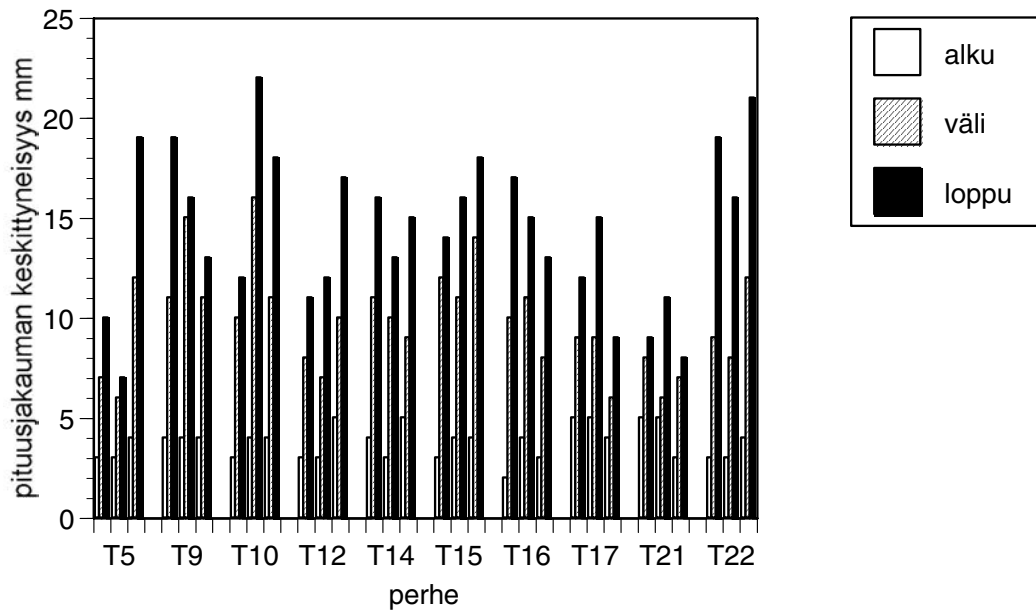
Kokeen kuluessa perheiden rinnakkaisten altaiden kokojakaumat alkoivat muuttua. Osassa perheistä rinnakkaisten altaiden kokojakaumat kehittyivät samanlaisina, osassa kaikki toistot olivat erilaisia, tai joku rinnakkaisista oli erilainen kuin muut. Välimittauksessa pituuden jakaumat eivät poikenneet toisistaan perheiden T10 ja T21 rinnakkaisissa altaissa. Perheissä T5, T9, T12 ja T17 kaikkien rinnakkaisten altaiden pituusjakaumat olivat tilastollisesti merkitsevästi erilaiset. Painon jakaumissa perheiden T10, T14 ja T21 sisällä ei ollut merkitseviä eroja, mutta toisin kuin pituuden suhteen vain perheissä T9 ja T12 kaikki rinnakkaiset erosivat toisistaan.

Lopetusmittauksessa pituuden jakaumat eivät olleet tilastollisesti eroavia perheissä T10, T14 ja T21. Perheissä T5, T9, T12 ja T16 kaikki rinnakkaiset erosivat toisistaan, samoin kuin välimittauksessakin. Myöskään painon jakaumissa perheiden T10, T14 ja T21 rinnakkaisten välillä ei ollut eroja, ja samoissa perheissä kuin pituudessakin (T5, T9, T12 ja T16) kaikki rinnakkaiset altaat erosivat toisistaan. Kuvassa 10 on esitetty esimerkkinä perheen T9 ja T10 altaittaiset pituusjakaumat kaikilla mittauskerroilla. Perheessä T9 toistojen jakaumat olivat erilaisia sekä välimittauksessa että lopetuksessa, mutta perheessä T10 toistojen kokojakaumat eivät poikenneet toisistaan väli- tai lopetusmittauksessa.



Kuva 10. Perheiden T9 ja T10 rinnakkaisten koelaitaiden kalojen pituusjakaumat kokeen alussa (valkoiset pylväät) ja lopussa (tummat pylväät).

Perheissä, joissa rinnakkaisten altaiden pituuden ja painon jakaumat eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan, olivat myös väli- ja loppumittausten jakaumien vinoudet ja huipukkuudet samansuuntaisia (liite 3). Näissä perheissä olivat myös biomassojen hajonnat pieniä (kuva 4). Keskittyneisyysmitat kuvaavat myös kokojakaumien muotoa. Ne vaihtelivat myös niissä rinnakkaisryhmissä (kuva 11), joissa jakaumat eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

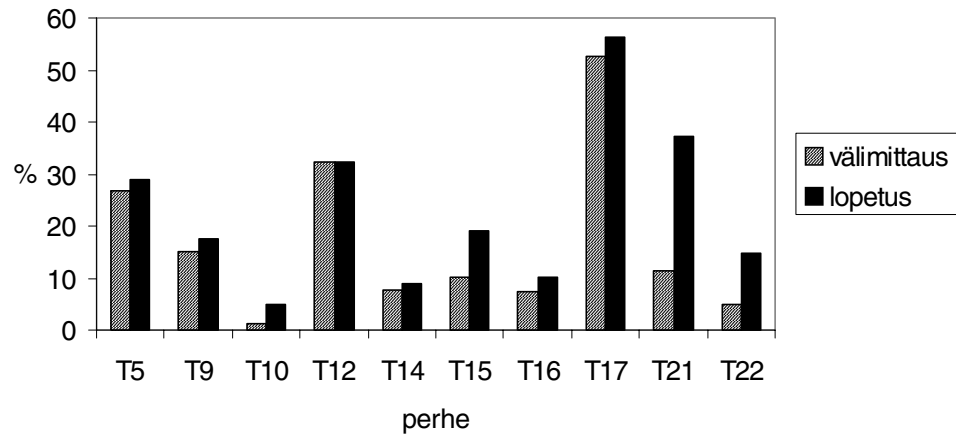


Kuva 11. Perheiden rinnakkaisien altaiden pituusjakauman keskittyneisyys alku-, väli- ja loppumittauksissa.

3.4. Monimuotoisuus, viljelykäytännöt ja kasvu

Käytännön viljelyssä kaloja usein lajitellaan. Lajittelua tehdään kasvatustiheyksien pienentämiseksi tai kun esimerkiksi merkintää, istutusta tai muuta myöhempää käyttöä varten on valittava tiettyä rajakokoa suurempia tai pienempiä kaloja.

Jokainen perhe kasvatettiin omassa altaassaan kolmena rinnakkaisena ryhmänä. Perheittäin kasvatettuina kalat eivät todennäköisesti kasva aivan samalla tavalla kuin yhdistettynä kymmenen perheen parveksi (Herbinger *et al.* 1999). Voidaan kuitenkin olettaa, että perheiden välille syntyisi kasvueroja myös yhdistetyssä parvessa. Lajittelun vaikutusta monimuotoisuuden säilyttämiseen voidaan tässä kokeessa saatujen tulosten perusteella tarkastella teoreettisesti. Jos kaikista perheistä valittaisiin pois jätettäviksi kalat, jotka olivat pienempiä kuin keskikooltaan pienimmän perheen kalojen keskipituus, pienimmästä perheestä poistettaisiin noin puolet, mutta perheestä T10 vain alle 5 % (kuva 12). Koska eri perheiden kasvu rytmittyy eri tavalla kasvukauden alku- ja loppupäähän, edellä kuvattu lajittelu johtaisi elokuussa tehtynä eri perheiden valikoitumiseen kuin lokakuun alussa tehtynä.



Kuva 12. Karsittavien kalojen osuus eri lohiperheissä, jos poistettaisiin kalat, jotka ovat pienempiä kuin keskokooltaan pienimmän perheen kalojen pituuden keskiarvo.

4. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Kalaryhmissä yleensä jotkut yksilöt kasvavat nopeammin kuin toiset ja aikaa myöten muodostuu selviä kokoeroja. Osa kasvunopeuksien eroista johtuu käyttäytymistekijöistä, joiden seurauksena suurimmat kalat kasvavat nopeimmin ja pienten kasvu heikkenee ja ryhmään muodostuu sosiaalinen hierarkia (Jobling 1994). Käyttäytymiserojen taustalla voi olla geneettisiä tai fenotyyppejä eroja sekä ympäristö- tai yhteisötekijöitä (Magurran 1993).

Kalojen yleisen kasvumallin mukaan paino vaihtelee pituuden potenssissa eli pituutta enemmän. Näin ollen myös ikäryhmän sisällä paino voi vaihdella, vaikka pituusjakauma noudattaisi normaalijakaumaa. Perheiden sisällä pituuden ja painon jakaumia on tarkasteltu vähän, lähinnä vain kalojen jalostustutkimuksessa.

Tornionjoen lohen poikasten kasvu oli eri perheissä kokeen aikana erilainen ja kasvun muutokset ajoittuivat eri tavoin eri perheissä. Vaikka kasvun kannalta suotuisimman kesäkauden aikana ei perheiden välillä juuri ollut eroja pituuden eikä painon kasvunopeuksissa, kasvoi kalojen pituus ja paino jälkimmäisellä koejaksolla, viilenevien vesien aikaan eri perheissä eri tavalla. Se kuvaa perheiden perinnöllistä muuntelua poikasten kasvussa matalissa lämpötiloissa.

Yksilöiden väliset kasvuerot suurenevät kaikissa perheissä samanaikaisesti, kun kalojen koko kasvoi. Myös Sepän *et al.* (1999) nieriällä tekemissä kokeissa kokojakauman kaventaminen johti painon kasvun vaihtelukertoimen kasvuun, kun kalojen koko kasvoi. Tässä kokeessa lohiperheellä oli suurempi merkitys pituuden kuin painon vaihteluun. Toisaalta sekä pituuden että painon vaihtelun merkitsevä interaktio perheen kanssa osoittaa perheitten kasvurytmien poikkeavan toisistaan. Sama ilmiö näkyy myös pituuden ja painon välisiä suhteita kuvaavissa regressiomallin residuaaleissa (kuva 6). Ne ilmaisevat myös perheiden välisiä morfologisia eroja.

Kalojen pituuden ja painon kasvun eriaikaisuutta osoittaa myös se, että pituuden keskittyneisyysarvot poikkesivat merkitsevästi ainoastaan välimitauksessa, mutta painon keskittyneisyysmitat poikkesivat perheiden välillä merkitsevästi kaikilla mittauskerroilla (kuvat 8 ja 9). Interaktiot sekä pituuden että painon keskittyneisyysmittojen ja perheiden välillä korostavat sitä, että pituuden ja painon kasvu rytmittyy eri tavoin eri perheissä.

Perheissä, joiden rinnakkaisten altaiden kalojen keskikoko oli sama, olivat niiden jakaumat myös samanlaiset. Joissain perheissä rinnakkaisten altaiden kalojen koossa oli suuriakin eroja. Syitä voi olla monia, esim. altaan paikka koetilassa, ruokintalaitteiden toimintahäiriöt tai kalaparvesta itsestään johtuvat syyt. Rinnakkaisten altaiden kalojen jakaumaerot osoittavat, että jos taustaltaan samojen kalojen kasvu jostain syystä rajoittuu, vaikutetaan myös kokojakauman muotoon ja jakauman vinouteen. Kalaryhmän dominanssisuhteet tulevat ilmeisesti selvemmin esille.

Sekä naaraan että koiraan ominaisuuksien on todettu vaikuttavan jälkeläisten kasvuun perheiden yhteiskasvatuksessa (Herbinger *et al.* 1995). Herbingerin *et al.* (1999) mukaan perheiden kasvuerot näkyvät sekä yhteiskasvatuksessa että kasvatettaessa perheet erillään, vaikka kasvuerot eivät eri ympäristöissä olekaan samanlaisia. Erot perheiden kasvussa eri kasvatusympäristöissä johtuvat lähinnä ympäristötekijöistä, eivät geneettisistä eroista, mutta samalla ne kuvaavat myös suurta muuntelevuutta.

Ravintokilpailua pidetään lohikalojen viljelyssä yksilöiden kasvunopeuserojen pääsyyllittäjänä. Aggressiivisimmat yksilöt saavat enemmän ruokaa ja kasvavat nopeasti vähemmän aggressiivisiin verrattuna. Kalaryhmän kokovaihtelu kasvaa ja kokojakaumat muuttuvat vinoiksi. Cutts *et al.* (1998) totesivat, että yksilöiden väliset vaihtelut standardimetabolian tasossa voivat olla syynä eroihin aggressiivisessä käyttäytymisessä. Ryhmissä, joiden standardimetaboliatasot olivat matalat, kalojen kasvun jakauma oli

vähemmän vino kuin korkean metaboliatason ryhmissä. Metaboliatasojen erot kuvaavat kalojen perinnöllistä muuntelua. Toistaiseksi ei ole selvitetty, onko perheiden sisällä myös vastaavia eroja, jotka aiheuttavat kasvunparametrien jakaumien muutoksia. Kasvu kuitenkin vaihtelee samanlaisesta taustasta huolimatta.

Viljelyllä hoidettavien ja ylläpidettävien kalakantojen monimuotoisuus säilyy muuttumattomana, jos kasvatettavaan kalaryhmään perustamisvaiheessa talletettu muuntelu pystytään viljelyprosessin aikana säilyttämään. Tämän kokeen tulosten perusteella poikaskasvatuksen aikana pitää huomata seuraavat monimuotoisuuden säilyttämiseen vaikuttavat seikat:

- Lohiperheiden kasvurytmissä esiintyy muuntelua.
- Eri perheet sopeuttavat kasvurytmiaan eri tavalla suhteessa ympäristöolosuhteiden muutoksiin.
- Lajittelulla voi olla vaikutuksia kalaparven monimuotoisuuteen. Monimuotoisuus säilyy muuttumattomana lajittelussa, jos jokaisen perheen yksilöitä poistetaan tai jätetään yhtä paljon. Lajittelu voi karsia joitain perheitä jopa kokonaan, ja lajittelu kasvukauden alussa voi johtaa eri perheiden valintaan kuin lajittelu kasvukauden lopussa.

Tornionjoen lohen koeryhmät oli perustettu smolttipyynnistä useamman vuoden aikana. Kasvukokeiden tulosten perusteella lohissa on tallella paljon geneettistä muuntelua. Myöhemmät geneettiset tutkimukset selvittävät sitä tarkemmin. Jatkotutkimuksilla tulisi myös selvittää, onko perheiden kasvussa eroja, kun eri perheiden kalat kasvatetaan yhdessä.

Kiitokset

Kiitämme Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Taivalkosken yksikön viljelyhenkilöstöä avusta kokeitten hoidossa ja mittauksissa sekä FT Heikki Hirvosta ja laitostohtaja Markku Pursiaista käsikirjoituksen parannusehdotuksista.

Kirjallisuus

Cutts, C.J., Metcalfe, N.B. & Taylor, A.C. 1998. Aggression and growth depression in juvenile Atlantic salmon: consequences of individual variation in standard metabolic rate. *J. Fish Biol.* 52: 1026-1037.

Herbinger, C.M., Doyle, R.W., Pitman, E.R., Paquet, D., Mesa, K.A., Morris, D., Wright, J.M. & Cook, D. 1995. DNA fingerprint based analysis of paternal and maternal effects on offspring growth and survival in communally reared rainbow trout. *Aquaculture* 137: 245-256.

Herbinger, C.M., O'Reilly, P.T., Doyle, R.W., Wright, J.M. & O'Flynn, F. 1999. Early growth performance of Atlantic salmon full-sib families reared in single family tanks versus in mixed family tanks. *Aquaculture* 173: 105-116.

Jakob, E.M., Marshall, S.D. & Uetz, G.W. 1996. Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos* 77: 61-67.

Jobling, M. 1994. *Fish bioenergetics*. Chapman & Hall, London. 309 p.

Magurran, A.E. 1993. Individual differences and alternative behaviours. In: Pitcher, T.J. (ed.) *Behaviour of teleost fishes*. Chapman & Hall, London. p. 442-477.

Seppä, T., Peuhkuri, N., Hirvonen, H., Laurila, A., Piironen, J. & Ranta, E. 1999. Narrow size regime among individuals favors rapid growth in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) juveniles. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1891-1897.

Liite 1. Lohiperheryhmien emokalojen koko, pyyntivuosi ja ikä lypsyssä.

perhe	naaras				koiras			
	nro	pyyntivuosi	ikä lypsyssä v	paino g	nro	pyyntivuosi	ikä lypsyssä v	paino g
T1	49	94	7	1 570	103	94	7	1 469
T2	43	94	-	1 944	85	93	8	1 216
T3	57	94	6	1 763	89	94	6	1 032
T4	4	93	7	1 823	18	94	-	490
T5	60	94	6	1 655	95	94	7	511
T6	59	94	6	1 477	92	94	6	2 069
T7	54	94	7	1 642	87	93	7	1 652
T8	55	94	7	1 567	98	95	5	684
T9	41	94	6	879	77	93	7	1 033
T10	8	94	6	1 466	21	93	7	1 532
T11	51	94	6	1 852	90	94	7	1 572
T12	9	93	-	1 574	22	93	7	1 008
T13	11	94	6	1 087	25	94	6	1 156
T14	6	93	-	2 144	19	93	6	1 934
T15	40	94	6	1 358	78	93	8	1 489
T16	126	93	-	2 295	149	94	6	1 075
T17	5	93	-	1 302	20	93	7	1 974
T18	1	93	8	3 370	14	93	-	2 597
T19	359	93	7	2 428	81	93	8	1 033
T20	114	93	8	1 592	137	93	8	1 418
T21	112	93	7	1 572	136	93	8	1 280
T22	157	93	7	1 731	169	95	5	695
T23	340	93	8	1 745	144	94	6	1 679
T24	58	94	6	1 408	94	94	6	1 209
T25	52	94	7	1 306	88	93	-	1 236
T26	28	94	-	1 815	105	94	7	694
T27	112	93	7	1 572	136	93	8	1 280
T28	50	94	6	1 140	93	94	6	1 580
T29	65	93	7	1 537	76	93	7	680
T30	66	93	7	1 096	75	93	7	1 432
keskiarvo			6,7	1 657			6,8	1 290

Liite 2. Lohiperheryhmien kalojen keskipaino 1-vuotiaana toukokuussa 1999.

perhe	paino					pituus				
	nro	keskiarvo g	SD	CV	vinous huipukkuus	keskiarvo mm	SD	CV	vinous huipukkuus	
T1	1,2	0,28	0,25	0,462	-0,136	51,6	4,08	0,079	0,204	-0,250
T2	1,5	0,31	0,21	0,071	-0,198	56,7	4,14	0,073	-0,024	-0,535
T3	1,1	0,22	0,21	0,269	-0,526	51,4	3,62	0,071	0,067	-0,766
T4	1,5	0,39	0,25	0,411	0,279	55,6	4,47	0,080	0,082	0,538
T5	1,0	0,19	0,19	0,125	-0,306	48,6	3,35	0,069	0,051	-0,355
T6	1,2	0,26	0,21	0,384	0,138	52,9	3,86	0,072	-0,169	0,430
T7	1,4	0,25	0,18	0,553	0,230	54,2	3,03	0,055	0,158	1,017
T8	1,2	0,27	0,22	0,464	0,485	52,3	3,95	0,075	-0,105	-0,134
T9	1,0	0,22	0,22	0,241	0,300	49,0	4,05	0,082	0,044	-0,377
T10	1,1	0,24	0,22	0,666	0,458	51,3	3,76	0,073	0,378	0,078
T11	1,3	0,25	0,20	0,213	0,228	54,9	3,69	0,067	-0,042	-0,096
T12	0,9	0,20	0,22	0,590	0,291	49,7	3,49	0,070	0,260	-0,273
T13	1,3	0,28	0,23	0,656	0,734	54,9	3,74	0,068	0,289	-0,223
T14	1,1	0,24	0,22	0,293	0,456	53,6	3,71	0,069	-0,147	0,402
T15	1,1	0,25	0,23	1,012	2,204	52,4	3,74	0,072	0,618	1,473
T16	1,1	0,23	0,21	0,481	0,143	52,2	3,27	0,062	0,145	0,130
T17	0,8	0,18	0,23	0,385	0,436	46,4	2,74	0,059	-0,218	0,960
T18	1,2	0,26	0,22	0,230	0,584	52,4	3,71	0,071	-0,182	1,440
T19	1,0	0,21	0,21	0,528	1,028	50,9	2,91	0,057	0,213	-0,141
T20	0,9	0,19	0,21	0,464	0,282	50,6	3,39	0,067	0,125	-0,779
T21	1,1	0,23	0,20	0,537	1,192	54,5	3,38	0,062	-0,316	1,759
T22	1,1	0,22	0,19	0,599	1,803	54,3	3,25	0,059	-0,484	2,714
T23	0,9	0,25	0,28	0,431	0,399	48,6	4,84	0,099	-0,180	-0,168
T24	0,9	0,19	0,20	0,671	1,475	50,0	3,35	0,067	0,096	-0,626
T25	1,2	0,29	0,25	0,444	0,081	54,8	4,22	0,077	-0,081	0,216
T26	1,7	0,42	0,25	0,653	1,086	60,1	5,11	0,085	0,079	0,203
T27	1,2	0,22	0,19	0,442	0,351	54,2	3,01	0,055	-0,260	0,195
T28	1,1	0,25	0,23	0,371	-0,271	52,6	0,04	0,076	-0,146	-0,287
T29	1,1	0,22	0,21	0,725	0,737	52,4	3,36	0,064	0,203	-0,678
T30	1,3	0,28	0,22	0,691	0,739	54,5	3,68	0,067	0,123	0,778

Liite 3. Jakaumakokeen lohiperheiden keskikoko altaittain (n= 60 kpl/allas) kokeen alussa, välimittauksessa ja lopussa.

Alkumittaus

perhe	koellas	keskipaino g	SD	CV	vinous	huipukkuus	keskipituus mm	SD	CV	vinous	huipukkuus				
T5	P1	1,10	0,14	0,127	-0,076	-0,382	50,3	1,98	0,039	-0,254	-0,647				
	P3						50,9					2,31	0,045	-0,484	-1,049
	P29						51,1					2,19	0,043	-0,356	-0,842
T9	P19	1,46	0,21	0,145	0,269	-0,238	54,6	2,65	0,049	0,265	-1,066				
	P23						55,4					2,45	0,044	-0,057	-1,112
	P28						55,1					2,54	0,046	-0,071	-1,131
T10	P10	1,48	0,21	0,145	0,034	-0,871	55,4	2,43	0,044	0,123	-1,047				
	P24						56,2					2,61	0,046	-0,198	-1,120
	P26						56,2					2,34	0,042	0,127	-1,089
T12	P2	1,10	0,18	0,161	0,324	-0,886	52,3	2,17	0,042	0,198	-1,006				
	P20						51,9					2,25	0,043	0,495	-0,743
	P30						52,4					2,35	0,045	0,195	-1,257
T14	P7	1,19	0,16	0,138	-0,326	-0,513	54,6	2,37	0,043	-0,190	-1,277				
	P11						54,9					2,27	0,041	-0,058	-1,440
	P25						55,0					2,28	0,042	-0,353	-1,046
T15	P5	1,31	0,20	0,153	0,075	-0,065	55,2	2,53	0,046	-0,317	-0,846				
	P8						54,1					2,67	0,049	0,049	-1,004
	P17						54,9					2,49	0,045	-0,039	-0,805
T16	P4	1,32	0,19	0,147	0,084	-0,33	55,1	2,52	0,046	0,421	-1,031				
	P6						55,6					2,44	0,044	-0,001	-0,519
	P16						55,9					2,41	0,043	0,201	-0,852
T17	P9	0,91	0,16	0,176	0,011	-0,669	48,9	2,57	0,053	-0,094	-1,173				
	P18						48,5					2,65	0,055	0,264	-1,272
	P21						48,4					2,68	0,056	-0,113	-1,324
T21	P13	1,40	0,18	0,13	0,764	1,663	55,9	2,29	0,041	0,282	-1,206				
	P15						56,1					1,93	0,034	0,110	-1,047
	P27						55,6					1,83	0,033	0,309	-0,063
T22	P12	1,32	0,19	0,147	0,204	-0,471	55,6	2,20	0,040	-0,145	-1,046				
	P14						55,4					2,35	0,042	-0,013	-1,226
	P22						55,1					2,29	0,042	0,203	-1,172

Välimitaus

	perhe	koellas	keskipaino g	SD	CV	vinous	huipukkuus	keskipituus mm	SD	CV	vinous	huipukkuus
T5	P1		3,88	0,98	0,254	0,792	1,652	77,1	7,11	0,092	0,399	0,823
	P3		4,53	1,29	0,285	-0,181	-0,941	80,9	8,41	0,104	-0,459	-0,614
	P29		2,36	0,52	0,223	0,453	0,628	64,7	4,74	0,073	0,097	0,074
T9	P19		2,97	1,04	0,35	0,974	0,953	70,9	7,87	0,111	0,332	-0,417
	P23		5,13	0,22	0,327	-0,273	-0,774	84,2	10,05	0,120	-0,641	-0,401
	P28		4,31	1,20	0,279	-0,026	-0,548	79,8	7,66	0,096	-0,365	-0,346
T10	P10		4,74	1,33	0,281	0,521	-0,188	82,6	7,56	0,092	0,019	-0,446
	P24		5,46	1,77	0,324	0,431	-0,51	85,1	9,38	0,110	-0,012	-0,894
	P26		5,15	1,53	0,296	0,59	-0,538	83,1	8,08	0,097	0,267	-0,845
T12	P2		4,12	0,98	0,239	0,411	0,084	79,2	6,28	0,079	-0,085	0,206
	P20		2,10	0,558	0,266	1,002	0,595	63,0	5,38	0,085	0,457	0,006
	P30		3,50	1,08	0,308	0,803	-0,102	74,1	7,42	0,100	0,305	-0,59
T14	P7		3,54	1,09	0,308	0,584	-0,098	74,4	7,51	0,101	0,003	-0,181
	P11		3,98	1,13	0,283	0,389	-0,662	80,6	7,19	0,089	0,038	-0,956
	P25		3,75	1,02	0,272	0,273	-0,299	75,9	6,93	0,091	-1,050	-0,072
T15	P5		4,37	1,43	0,328	0,118	-0,496	80,5	9,35	0,116	-0,427	-0,437
	P8		4,96	1,59	0,32	0,332	-0,307	84,1	9,37	0,111	-0,096	-0,707
	P17		3,34	1,06	0,318	0,33	-1,152	73,5	7,39	0,101	0,020	-1,048
T16	P4		4,72	1,08	0,229	0,124	-0,549	82,9	6,16	0,074	-0,180	-0,705
	P6		2,98	0,90	0,303	1,272	2,235	72,6	6,48	0,089	0,716	0,540
	P16		4,21	1,16	0,276	0,047	-0,859	80,0	7,59	0,095	-0,461	-0,430
T17	P9		1,98	0,53	0,267	0,921	0,759	61,5	5,45	0,089	0,462	0,025
	P18		2,31	0,72	0,313	1,268	1,770	65,5	6,31	0,096	0,719	0,187
	P21		3,18	0,90	0,283	0,753	-0,006	72,3	6,64	0,092	0,371	-0,454
T21	P13		3,55	1,11	0,311	1,537	2,316	73,5	6,60	0,090	0,942	0,759
	P15		3,43	0,85	0,248	0,978	1,145	73,2	5,38	0,074	0,562	0,179
	P27		3,33	0,91	0,272	1,541	3,119	72,3	5,68	0,079	1,004	1,639
T22	P12		3,48	0,98	0,282	0,141	-0,864	75,6	6,92	0,091	-0,217	-0,916
	P14		3,68	0,95	0,259	0,636	0,085	76,3	5,96	0,078	0,357	-0,416
	P22		4,84	1,38	0,285	0,440	-0,822	82,4	1,07	0,101	-0,713	2,050

Loppumittaus

perhe	koellas	keskipaino g	SD	CV	vinous	huipukkuus	keskipituus mm	SD	CV	vinous	huipukkuus
T5	P1	5,81	1,88	0,324	0,722	1,459	87,3	9,66	0,111	-0,234	0,274
	P3	6,37	2,18	0,342	-0,258	-0,821	90,1	11,36	0,126	-0,672	-0,505
	P29	2,84	0,87	0,306	1,078	0,663	70,0	6,92	0,099	0,671	0,106
T9	P19	4,22	1,90	0,451	0,63	-0,150	79,2	11,67	0,147	0,023	-1,003
	P23	6,81	2,47	0,362	-0,545	-0,632	92,9	12,80	0,139	-1,006	0,109
	P28	5,43	1,65	0,305	-0,202	-0,542	87,2	9,71	0,111	-0,747	0,111
T10	P10	6,45	2,16	0,335	0,124	-0,703	90,9	10,46	0,115	-0,429	-0,505
	P24	6,59	2,63	0,398	0,289	-0,946	90,9	12,36	0,136	-0,069	-1,071
	P26	6,00	2,16	2,161	0,396	-0,892	89,5	10,77	0,120	0,016	-1,045
T12	P2	5,67	1,62	0,286	0,094	-0,386	87,8	8,72	0,099	-0,412	0,395
	P20	3,04	1,08	0,355	1,038	0,428	70,7	8,04	0,114	0,687	-0,214
	P30	4,45	1,85	0,416	0,655	-0,676	78,0	10,63	0,131	0,298	-1,004
T14	P7	5,34	1,92	0,360	0,408	-0,560	85,5	10,39	0,121	-0,041	-0,470
	P11	5,67	1,96	0,345	0,110	-1,171	89,0	10,33	0,116	-0,135	-1,153
	P25	5,22	1,82	0,348	0,351	-0,423	84,8	10,07	0,119	-0,104	-0,453
T15	P5	6,78	2,61	0,385	-0,385	-0,859	91,5	13,69	0,150	-0,716	-0,517
	P8	6,58	2,45	0,373	0,319	-0,581	90,9	12,20	0,135	-0,383	-0,785
	P17	5,04	2,15	0,426	0,115	-1,370	83,1	12,24	0,147	-0,180	-1,373
T16	P4	6,84	1,98	0,289	-0,225	-0,974	93,2	9,20	0,099	0,309	0,608
	P6	4,30	1,59	0,369	0,952	0,401	80,8	9,18	0,114	0,513	-0,443
	P16	5,59	1,84	0,329	-0,106	-0,873	88,3	10,56	0,120	-0,546	-0,586
T17	P9	2,79	0,94	0,336	0,833	-0,164	68,5	7,54	0,110	0,534	-0,422
	P18	3,02	1,17	0,387	1,047	0,451	71,2	8,76	0,123	0,617	-0,505
	P21	4,18	1,42	0,338	0,460	-0,805	78,5	9,13	0,116	0,120	-0,870
T21	P13	4,15	1,86	0,448	1,799	2,719	77,1	9,75	0,126	1,306	1,191
	P15	4,02	1,57	0,392	1,212	0,526	78,3	8,91	0,114	0,958	0,097
	P27	3,60	1,47	0,408	2,066	4,873	75,7	8,65	0,114	1,632	2,847
T22	P12	4,76	1,84	0,385	0,283	-0,955	83,0	10,97	0,132	-0,141	-1,091
	P14	4,78	1,89	0,395	0,560	-0,786	82,4	9,73	0,118	0,378	-1,026
	P22	7,06	2,62	0,370	0,031	-1,111	93,8	12,07	0,129	-0,328	-1,072

Päivi Eskelinen, Jorma Piironen ja Craig Primmer

Selviävätkö kaikki lohiperheet yhtä hyvin alkukasvatuksen aikana?

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Vesiviljelyn monimuotoisuusvaikutukset, 312090

Tornionjoesta peräisin olevat sukukypsät lohet lypsettiin ja pariutettiin satunnaisesti samaa alkuperää olevien koiraiden kanssa. Näin saaduista 190 perheestä muodostettiin silmäpistevaiheessa kolme samanlaista uutta lohiryhmää. Ennen silmäpistevaihetta perheet haudottiin erillisinä. Kuoriutumisen jälkeen ryhmistä kerättiin kaikki kuolleet poikaset ja niiden geneettinen rakenne analysoitiin kuudella mikrosatelliitilla. Samoin analysoitiin emokaloista otetut verinäytteet.

Haudonnan aikana kuolleisuus vaihteli välillä 2,3 – 95,6 %. Puolet mädistä oli elossa yli 60 %:lla perheistä. Ensimmäisen kesän kasvatuksen aikana poikasista kuoli noin kolmannes.

Vanhemmuusanalyysillä voitiin simulaatiolaskennan avulla selvittää, että ensimmäisen kesän aikana poikasista kuoli valikoivasti eri perheistä. Monimuotoisuus säilyisi emokalaviljelyssä parhaiten, jos uudet emokalastot voitaisiin perustaa siten, että kalat kasvatettaisiin perheittäin erillään siihen asti, kunnes ne voidaan merkitä. Merkinnän jälkeen otettaisiin yhtä paljon kaloja joka perheestä uuteen emokalastoon. Erityisen suuri etu tästä menettelystä olisi tilanteissa, joissa uudet emokalastot joudutaan perustamaan pienistä määristä luonnosta saatuja kaloja.

emokalastot, lohi, monimuotoisuus, vanhemmuusanalyysi

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 181

951-776-356-5

0787-8478

9 s.

Suomi

8 €

Julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Asiakaspalvelu ja myynti
Pukinmäenaukio 4, PL 6
00720 Helsinki
Puh. 0205 751 399 Faksi 0205 751 201
julkaisumyynti@rktl.fi

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Päivi Eskelinen, Jorma Piironen ja Craig Primmer

Klarar sig alla laxfamiljer lika bra i början av uppfödningen?

Rapport

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Akvakulturens inverkan på mångformigheten, 312090

Rom från köns mogna laxhonor härstammande från Torne älv befruktades slumpmässigt med mjölke från hanar med samma ursprung. De 190 laxfamiljer man då erhöi delades under ögonpunktstadiet i tre likadana nya grupper. Före ögonpunktstadiet inkuberades familjerna separat. Efter kläckningen samlades samtliga döda yngel från de olika grupperna in och deras genetiska struktur analyserades utgående från sex mikrosatelliter. På samma sätt analyserades blodprov från moderfiskarna.

Under inkuberingen varierade dödligheten mellan 2,3 och 95,6 %. Hälften av rommen var vid liv hos över 60 % av familjerna. Under uppfödningen den första sommaren dog ungefär en tredjedel av ynglen.

Vid analys av föräldraskapet kunde man med hjälp av datorsimulering konstatera, att yngel under den första sommaren inte dog slumpmässigt i de olika familjerna.

Mångformigheten i moderfiskodlingen skulle bevaras bäst, om nya moderfiskbestånd etablerades så att fiskarna odlades avskilt familjevis, tills dess de kunde märkas. Efter märkningen skulle sedan tas lika stor mängd fisk från varje familj till det nya moderfiskbeståndet. Speciellt fördelaktigt skulle förfaringssättet vara i det fall, då man är tvungen att utifrån ett litet antal vilda fiskar etablera nya moderfiskbestånd.

moderfiskbestånd, lax, mångformighet, analys av föräldraskap

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 181

951-776-356-5

0787-8478

9 s.

Finska

8 €

Offentlig

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Kundtjänst och försäljning
Bocksbackaplanen 4
Tel. 0205 751 399 Fax 0205 751 201
julkaisumynti@rktl.fi

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

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

*Date of Publication*February 2002

*Author(s)*Päivi Eskelinen, Jorma Piironen and Craig Primmer

*Title of Publication***Do all salmon families manage equally during the early culture stages?**

Type of Publication

Research report

Commissioned by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Research Contract

*Title and Number of Project*Effects of aquaculture on fish biodiversity, 312 090

Abstract

Mature female Baltic salmon originating from the River Tornionjoki were stripped and mated randomly with males of the same origin. The total number of families obtained was 190, from which three equal salmon groups were founded at the eyed stage. After the fry had hatched, all the dead fry were collected and genotyped with six microsatellite loci. The parent fish were also genotyped.

Mortality during incubation was 2.3 – 95.6%. Half of the eggs survived in 60% of the families. One third of the fry died during the first summer.

The differential mortality between families during rearing in the first summer was investigated by simulations based on microsatellite variability.

Biodiversity in salmon broodfish culture could be effectively maintained provided that the new broodstock groups could be founded by rearing the families separately in different tanks until the fingerlings could be tagged and by adding equal numbers of tagged fish from each family to the new broodstock group. This method should be particularly beneficial when broodstocks have to be founded from sparse wild populations.

*Key words*Broodfish culture, salmon, biodiversity

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 181

ISBN

951-776-356-5

*ISSN*0787-8478

Pages

9 p.

Language

Finnish

Price

€ 8

*Confidentiality*Public

Distributed by

Finnish Game and Fisheries Research Institute
Customer Service
P.O. Box 6
FIN-00721 Helsinki, Finland
Phone +358 205 751 399 Fax +358 205 751 201

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute
P.O. Box 6
FIN-00721 Helsinki, Finland
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751 201

Jorma Piironen ja Päivi Eskelinen

Kasvun ja kokojakauman vaihtelu lohiperheissä

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Vesiviljelyn monimuotoisuusvaikutukset, 312 090

Tornionjoen kannan lohenpoikasilla tutkittiin, miten eri lohiperheiden kalojen kokojakauma muuttuu toisen kesän nopean kasvun aikana, kun kokojakaumaa oli alkuvaiheessa kavennettu. Koe tehtiin eri altaissa kasvavilla lohiperheillä.

Lohiperheiden kasvurytmi vaihtelee. Kasvun vaihtelu perheiden välillä näkyy pituuden vaihtelukertomessa, pituuden ja painon kasvunopeudessa sekä painojakaumien keskittyneisyydessä. Eri perheiden biomassassa ja kunto muuttuivat eri tahtia kokeen aikana, mikä osoittaa, että eri perheet sopeuttavat kasvurytmiään eri tavalla suhteessa ympäristöolosuhteiden muutoksiin. Lajittelu koon mukaan voi karsia joitain perheitä, ja lajittelu kasvukauden alussa voi johtaa eri perheiden valintaan kuin lajittelu kasvukauden lopussa. Viljelyllä hoidettavien ja ylläpidettävien kalakantojen monimuotoisuus säilyy muuttumattomana, jos kasvatettavaan kalaryhmään perustamisvaiheessa talletettu muuntelu säilytetään viljelyprosessin aikana.

Lohi, monimuotoisuuden säilyttäminen, poikaskasvatus, kasvu, kokojakauma

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 181

951-776-356-5

0787-8478

18 s. + 3 liitettä

Suomi

8 €

Julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Asiakaspalvelu ja myynti
Pukinmäenaukio 4, PL 6
00720 Helsinki
Puh. 0205 751 399 Faksi 0205 751 201
julkaisumyynti@rktl.fi

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Jorma Piironen och Päivi Eskelinen

Variation i tillväxt och storleksfördelning hos laxfamiljer

Rapport

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Akvakulturens inverkan på mångformigheten, 312090

Yngel från Torne älvs laxstam undersöktes med avseende på det sätt storleksfördelningen hos olika laxfamiljer förändras under den snabba tillväxten den andra sommaren, efter att storleksspridningen i begynnelskedet varit starkt begränsad. Under försöket föddes laxfamiljerna upp i skilda bassänger.

Laxfamiljernas tillväxtrytm växlar. Tillväxtvariationen mellan familjerna framgår av variationskoefficienten för längden, tillväxthastigheten för längd och vikt samt viktfördelningens koncentration. De olika familjernas biomassa och kondition förändrades i olika takt under försöket, vilket visar att olika familjer anpassar sin tillväxtrytm på olika sätt till förändrade förhållanden i omgivningen. Sortering efter storlek kan mönstra ut vissa familjer och sortering i början av tillväxtperioden kan välja ut andra familjer än sortering i slutet av perioden. Den mångformighet hos fiskstammarna, som ombesörjs och upprätthålls genom odling, bevaras oförändrad, om den variation som finns då fiskgruppen etableras, bevaras under odlingsprocessen.

Lax, bevarande av mångformigheten, yngeluppfoädnng, tillväxt, storleksfördelning

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 181

951-776-356-5

0787-8478

18 s. + 3 bilagor

Finska

8 €

Offentlig

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Kundtjänst och försäljning
Bocksbackaplanen 4
Tel. 0205 751 399 Fax 0205 751 201
julkaisumyynti@rktl.fi

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

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

*Date of Publication*February 2002

*Author(s)*Jorma Piironen and Päivi Eskelinen

*Title of Publication***Variation of growth and size distribution in salmon families**

Type of Publication

Research report

Commissioned by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Research Contract

*Title and Number of Project*Effects of aquaculture on fish biodiversity, 312 090

Abstract

Changes in the size distribution of salmon families originating from the River Tornionjoki were studied during their second summer, when the fish grow rapidly. The size distribution narrowed at the beginning of the experiment and the salmon families were reared in separate tanks.

The growth pattern of salmon families varied, as was expressed in various parameters. Development of the biomass and condition factor varied from one family to another, reflecting differences in the ability of the growth pattern to adapt to environmental conditions.

Sorting all the fish of a certain year class according to size may discard even whole families, and sorting at the beginning of the growth period may discard different families from sorting in the autumn. The genetic diversity of cultured fish is maintained by avoiding sorting and other procedures that may have dissimilar effects on different families during rearing.

*Key words*Salmon, maintaining biodiversity, growth, size distribution, fingerling production

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 181

ISBN

951-776-356-5

*ISSN*0787-8478

Pages

18 p. + 3 appendices

Language

Finnish

Price

€ 8

*Confidentiality*Public

Distributed by

Finnish Game and Fisheries Research Institute
Customer Service
P.O. Box 6
FIN-00721 Helsinki, Finland
Phone +358 205 751 399 Fax +358 205 751 201

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute
P.O. Box 6
FIN-00721 Helsinki, Finland
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 751 201

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

180. HUHMAINIEMI, A., ARONSUU, K.

Kalajoen vaellussiika – lisääntymisongelmia ja istukkaiden liikapyyntiä. (Vandringssiken i Kalajoki – reproduktionsproblem och en alltför intensivt fångst av utplanterad fisk) (Whitefish of the River Kalajoki – Problems with natural production and with overfishing of stocked fish). 32 s. Helsinki 2001

179. NIVA T.

Perämeren ja sen jokien lohi-istutusten tuloksellisuus vuosina 1959-1999. (Utbytet av laxsättningarna i Bottenviken och dess älvar åren 1959-1999) (Results of salmon smolt releases in the Bothnian Bay from 1959-1999). 67 s. Helsinki 2001.

178. PENNANEN, J. T.

Toutaimen istutukset ja niiden tulokset. (Utsättningar av asp och deras resultat) (Releases of asp and their results). 55 s. Helsinki 2001.

177. Paikallinen tieto, asiantuntijuus ja vuorovaikutus kalavesien hallinnassa. Salmi. P. (toim.)

(Lokal kunskap, sakkunskap och samverkan vid administration av fiskevatten) (Local knowledge, expert knowledge and communication in fisheries governance). 115 s. Helsinki 2001.

176. NIEMELÄ, E., ERKINARO, J., KYLMÄÄHO, M., JULKUNEN, M., MOEN, K.

Näätämojoen lohen poikastiheys ja kasvu. (Yngeltäthet och tillväxt hos laxen i Näätämojoki) (The density and growth of juvenile salmon in the River Näätämojoki). 27.s. Helsinki 2001.

175. SAURA, A.

Taimenkantojen tila Suomenlahden pohjoisrannikon joissa. (Öringsbeståndens tillstånd i åar och älvar längs Finska vikens norra kust) (Sea trout stocks in the rivers flowing from the northern coast into the Gulf of Finland). 48 s. Helsinki 2001.

174. KOIVURINTA, M., VÄHÄNÄKKI, P., SAURA, A.

Meritaimen ja sen kalastus itäisellä Suomenlahdella 1990-luvulla. (Havsöring och havsöringsfiske i östra Finska viken på 1990-talet) (Stocking results of sea trout in the eastern Gulf of Finland). 24 s. Helsinki 2001.

173. KALLIO-NYBERG, I., KOLJONEN, M.-L., JUTILA, E.

Taimenatlas. (Öringsatlas) (Atlas of brown trout stocks). 57 s. Helsinki 2001.

172. LÖNNSTRÖM, L.-G., RAHKONEN, R., GRÖNDAHL, A., PASTERNAK, M., LUNDÉN, T., KOSKELA, J., BYLUND, G.

Siian rokotus paisetautia ja vibrioosia vastaan. (Vaccinering av sik mot furunkulos och vibrios) (Vaccination against vibriosis and furunculosis in whitefish, *Coregonus lavaretus* (L.)). 15 s. Helsinki 2001

171. KOSKELA, J., RAHKONEN, R., FORSMAN, L., NORRDAHL, O., LÖNNSTRÖM, L.-G.

Siika ruokakalanviljelyssä – kahden siikakannan ja kantaristeytymän vertailu. (Sik i matfiskodling – en jämförelse mellan två sikstammar och deras hybrider) (Whitefish in aquaculture: comparison of two stocks and their hybrids). 24 s. Helsinki 2001.

170. PARMANNE, R.

Silakan poikasten runsaus Suomen rannikolla vuosina 1974-1996. (Tätheten av strömmingsyngel vid Finlands kuster åren 1974-1996) (Abundance of Baltic herring larvae off the coast of Finland in 1974 – 1996). 44 s. Helsinki 2001.

169. MIKKOLA, J., LAAMANEN, M., JUTILA, E.

Kymijoen vaelluskalat ja kalastus 1990-luvulla. (Kymmene älvs vandringfiskar och fisket under 1990-talet) (Migratory fish of the Kymijoki river and their fishing in the 1990s). 44 s. Helsinki 2000.

168. LAPPAINEN, A.

Sisävesikalastus muuttuvassa yhteiskunnassa. (Insjöfisket i ett föränderligt samhälle) (Inland Fishing in a Changing Society). 38 s. Helsinki 2000.

167. KOLARI, I., AUVINEN, H., HIRVONEN, E.

Kalastus Puruvedellä vuosina 1979-1995. (Fisket i Puruvesi åren 1979-1995) (Fishing in Lake Puruvesi in 1979-1995). 25 s. Helsinki 2000.

166. MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A., KREIVI, P.

Järvilohen poikasten elinympäristövaatimukset kesällä ja syksyllä. (Insjöaxylglens krav på sin livsmiljö under sommar och höst) (Summer and autumn habitat requirements and the habitat use of young landlocked salmon (*Salmo salar m. lacustris*)). 15 s. Helsinki 2000.

165. KEINÄNEN, M., TOLONEN, T., IKONEN, E., PARMANNE, R., TIGERSTEDT, C., RYTI LAHTI, J., SOIVIO, A., VUORINEN P.J.

Itämeren lohen lisääntymishäiriö – M74. (Östersjöaxlaxens reproduktionsstörning – M74) (Reproduction disorder of Baltic salmon – M74). 38 s. Helsinki 2000.

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

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

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

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

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

161. VALKEAJÄRVI, P.

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

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

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

159. PARMANNE, R.

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

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

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

157. SAURA, A.

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

156. NYKÄNEN, M., HUUSKO, A.

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

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

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

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

153. HEIKINHEIMO, O.

Siian kalastuksen säätely sisävesissä.

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