

Kasvatettujen lohien poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006

Marja Pasternack, Matti Salminen ja Petri Heinimaa



RIISTA - JA KALATALOUS — SELVITYKSIÄ

14/2008

RIISTA- JA KALATALOUS

S E L V I T Y K S I Ä

1 4 / 2 0 0 8

Kasvatettujen lohen poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006

Marja Pasternack, Matti Salminen ja Petri Heinimaa



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2008

Kannen kuvat: Ari Saura

Julkaisujen myynti:
www.rktl.fi/julkaisut
www.juvenes.fi/verkkokauppa

Pdf-julkaisu verkossa:
www.rktl.fi/julkaisut

ISBN 978-951-776-645-6 (painettu)
ISBN 978-951-776-646-3 (verkkojulkaisu)

ISSN 1796-8887 (painettu)
ISSN 1796-8895 (verkkojulkaisu)

Painopaikka: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

Sisällys

Tiivistelmä	5
Sammandrag	6
Abstract	7
1. Johdanto.....	8
2. Lohi-istukkaita tutkittiin yhdeksällä viljelylaitoksella	9
2.1. Istukasryhmät ja näytteenotto.....	9
2.2. Tutkitut muuttajat.....	10
2.3. Määrittymenetelmät.....	11
2.4. Vertailuaineistot.....	11
3. Poikaset lihavia ja harvoin vaellusvalmiita istutusaikaan	12
3.1. Poikasten ulkoinen kunto.....	12
3.2. Poikasten ravitsemustila.....	16
3.3. Poikasten vaellusvalmius.....	20
4. Poikasten laatu on monen tekijän summa	24
4.1. Ulkoinen kunto.....	24
4.2. Ravitsemustila	25
4.3. Vaellusvalmius	26
5. Yhteenveto.....	27
6. Suosituksia	28
6.1. Selkäevän kunto.....	28
6.2. Kuntokerroin ja rasvapitoisuus	28
6.3. Vaellusvalmius	28
7. Kirjallisuus	29

Tiivistelmä

Nevan kantaa olevien lohen vaelluspoikasten ulkoista kuntoa, ravitsemustilaa ja vaellusvalmiutta tutkittiin istutusaikaan keväällä 2004–2006 viljelylaitoksilla, joiden kanssa RKTL on tehnyt kasvatussopimuksen. Työn tarkoituksena oli arvioida, ovatko vaelluspoikaset laadultaan suositusten mukaisia.

Ulkoisen kunnan indikaattoreista selkävän kunto oli suurimmalla osalla istukkaita heikko. Kulumien lisäksi evissä oli usein havaittavissa tulehduksen merkkejä.

Vararavinnon, etenkin rasvan määrä oli useimmissa istukasryhmissä huomattavan korkea suositeltuihin vähimmäisarvoihin tai luonnon vaelluspoikasiin verrattuna. Myös kuntokerroin oli korkea ja yksittäisiä ryhmiä lukuun ottamatta myös korkeampi kuin 1980- tai 1990-luvuilla tutkituilla nevanlohilla keskimäärin. Muutosten keskeinen selittäjä lienee rehujen energiapiitoisuuden kasvu, joskin poikasten ravitsemustilaan vaikuttavat myös mm. laitoskohtaiset ruokintakäytännöt.

Vaellusvalmiutta kuvaavien suolatestiarvojen perusteella istukkaiden vaellusvalmiudessa oli eroja sekä laitosten välillä että samalla laitoksella eri vuosina tutkittujen ryhmien välillä. Vuonna 2004 nevanlohien vaellusvalmius oli puutteellinen viidellä laitoksella 9:stä, 2005 kuudella 7:stä ja keväällä 2006 kaikilla kuudella tutkitulla laitoksella. Erot selittynevät osaltaan istutuksen erilaisella ajoittumisella suhteessa vaellusvalmiuden kehittymiseen.

Tulosten perusteella ehdotetaan muutoksia viljely- ja istutuskäytäntöihin sekä poikasten laadun arvioinnin kriteereihin. Mm. kuntokertoimelle esitetään nykyisen alarajan (0,70) lisäksi myös ylärajaa, joka ryhmätasolla voisi olla 0,85–0,90.

Asiasanat: lohi, istutukset, vaelluspoikaset, ravitsemus, kunto, smoltit

Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2008. Kasvatettujen lohen poikasten kunto ja vaellusvalmius vuosina 2004–2006. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 14/2008, 32 s.

Sammandrag

Vid de fiskodlingsanstalter som VFFI har odlingsavtal med undersöktes vid tiden för utplantering våarna 2004–2006 yttre kondition, nutritionstillstånd och vandringsbenägenhet hos laxsmolt av Nevas stam. Avsikten var att bedöma om smolten höll den rekommenderade kvalitetsnivån.

Av de indikatorer som visar yttre kondition var rygghenans skick dålig hos de flesta av sättfiskarna. Förutom nötningskador fanns tecken på inflammation i fenorna.

Mängden reservnäring, särskilt fett, var hos de flesta grupper av sättfisk anmärkningsvärt hög i relation till de rekommenderade minimimängderna och i jämförelse med natursmolt. Konditionsfaktorn var också hög och med undantag för enskilda grupper, i genomsnitt högre än hos de nevalaxar som undersöktes på 1980- och 1990-talen. Den viktigaste förklaringen till förändringarna är sannolikt ett ökat energiinnehåll i fodret, i vissa fall inverkar också utfodringspraxis vid de enskilda odlingsanstalterna på ynglens nutritionstillstånd.

Enligt de salttestvärden som beskriver vandringsbenägenheten, förekom skillnader både mellan odlingsanstalterna och mellan grupper från samma anstalt under olika år. År 2004 hade nevalaxen otillräcklig vandringsbenägenhet i fem av nio odlingar, 2005 i sex av sju och våren 2006 i samtliga sex undersökta odlingar. Skillnaderna kan sannolikt delvis förklaras med olika tidpunkt för utsättningen i förhållande till vandringsbenägenhetens utveckling.

Utgående från resultaten föreslås förändringar i odlings- och utsättningspraxis samt i kriterierna för bedömning av ynglens kvalitet. Bl.a. föreslås också en övre gräns på 0,85–0,90 för konditionsfaktorn på gruppnivå som komplement till den nuvarande undre gränsen på 0,70.

Nyckelord: lax, utsättningar, näring, kondition, smolt

Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2008. Odlade laxyngels kondition och vandringsbenägenhet åren 2004–2006. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 14/2008, 32 s.

Abstract

The external condition, nutritional status and migratory readiness of River Neva stock salmon smolts was evaluated prior to release in 2004–2006 at nine fish farms producing young salmon for the Finnish state-subsidized sea-ranching programme. The purpose was to check whether the quality of the smolts complied with the present criteria.

Among the indicators of external condition, the degree of damage to the dorsal fin was one factor that tended to exceed present recommendations. In addition to fin erosion, signs of inflammation were observed in many cases.

The energy stores, especially the total lipid concentrations, were in most smolt groups very high compared with the recommended minimum values or with the concentrations observed in wild salmon smolts. The condition factor was also very high, in most cases higher than the respective values found in the 1980s and 1990s. These changes are probably related to the increased energy content of commercial fish diets, but may also be influenced by farm-specific feeding procedures.

According to the results of the seawater challenge test, the migratory readiness of the smolts varied among farms and from one year to the next. In 2004, the average migratory readiness was poor at 5 farms out of 9, in 2005 at 6 farms out of 7, and in 2006 at all six farms. This variability probably reflects differences in the timing of the releases in relation to the smoltification process.

On the basis of the results, changes are suggested to the present rearing and stocking procedures and to the present criteria for determining smolt quality. An example is the suggestion that the present group-specific minimum value (0.70) for the condition factor be accompanied by a maximum value of 0.85–0.90 in the future.

Keywords: salmon, *Salmo salar*, stocking, smolt, quality, nutritional status, migratory readiness

Pasternack, M., Salminen, M. & Heinimaa, P. 2008. Physiological condition and migratory readiness of hatchery-reared Neva stock salmon smolts in 2004–2006. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 14/2008, 32 s.

1. Johdanto

Viljelty lohi-istukas ei aina vastaa kaikilta fysiologisilta ominaisuuksiltaan luonnon vaelluspoikasta. Luonnossa lohikalojen syönnösvaellukseen valmistautumiseen eli smolttiutumiseen liittyvät aineenvaihdunnan ja käyttäytymisen muutokset tapahtuvat ympäristöolosuhteiden (mm. päivän pituus, veden lämpötila) ohjaamina määrättyssä järjestyksessä. Viljelyolosuhteissa smolttiutuminen voi poiketa normaalista ja istutettavalla poikasella saattaa olla vain muutamia smoltin tuntomerkeistä. Riittävä koko, syksyyn verrattuna matala kuntokerroin ja suompeitteen hopeoituminen eivät välttämättä osoita istukkaan olevan fysiologisesti vaellusvalmis.

Vaelluspoikasten kykyä sopeutua elämään valtameren suolapitoisuudessa on käytetty hyväksi istukkaiden fysiologisen vaellusvalmiuden arvioinnissa. Poikasten suolansietokyky onkin osoittautunut luotettavaksi vaellusvalmiuden mittariksi, ja sen on myös todettu ennustavan istutustulosta (Virtanen ym. 1991, Staurnes ym. 1993). Menestyäkseen luonnossa poikasen pitäisi olla istutushetkellä vaellusvalmis, hyvässä kunnossa ja hyvin ravittu.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos on tehnyt vuodesta 1979 alkaen sopimuksia yksityisten viljelylaitosten kanssa Nevan kantaa olevien vaellusvalmiiden lohen istutuspoikasten tuottamisesta (Sopimuskasvatustyöryhmä 1993). Nevanlohta kasvatetaan Suomenlahden, Saaristomeren ja Selkämeren lohi-istutuksiin, joilla tuetaan näiden alueiden ammatti- ja vapaa-ajankalastusta. Istutusmäärä on 1993–2008 vaihdellut 138 000 yksilöstä 570 000 yksilöön vuodessa.

Sopimuskasvatuksessa tuotettujen nevanlohi-istukkaiden laatua on aiemmin arvioitu useiden ulkoista ja fysiologista kuntoa kuvaavien muuttujien avulla 1980-luvulla sekä 1990-luvun alkupuolella. Tässä työssä tutkittiin poikasia istutusaikaan kolmena keväänä vuosina 2004–2006. Istukkaista mitattiin niiden ulkoista kuntoa, ravitsemustilaa sekä smolttiutumistasetta kuvaavia muuttujia. Kunnan arvioinnin tarkoituksena on varmentaa, että istukkaat täyttävät Kalaistutusten kehittämistyöryhmän suositukset (Maa- ja metsätalousministeriö 2004) sekä ulkoisen että fysiologisen yleiskunnon osalta, ja että istukkaiden vaellusvalmius on istutusajankohtaan nähden oikeassa vaiheessa.

2. Lohi-istukkaita tutkittiin yhdeksällä viljelylaitoksella

2.1. Istukasryhmät ja näytteenotto

RKTL:n sopimuskasvatuksessa tuottamien nevanlohien kunto ja vaellusvalmius arvioitiin eri kalanviljelylaitoksilla huhti-toukokuussa taulukossa 1 esitetyn aikataulun mukaisesti. Näytteenoton ja istutuksen välinen aika oli kaikissa tapauksissa korkeintaan 2 vuorokautta.

Taulukko 1. Eri kalanviljelylaitoksilta vuosina 2004–2006 istutettujen nevanlohien tutkimus- ajankohdat sekä veden lämpötila tutkimushetkellä. na = lämpötila ei tiedossa.

Laitos	Näytteenotto		Näytteenotto		Näytteenotto	
	2004		2005		2006	
	Pvm	Lämpötila	Pvm	Lämpötila	Pvm	Lämpötila
A	26. 04.	~3	27. 04	na	04.05.	6,8
B	26. 04.	~3				
C	27. 04.	~3	05. 05.	na	26.04.	5,0
D	27. 04.	~2	05. 05.	3,7	27.04.	3,2
E	28. 04.	~3	29. 04.	na	27.04.	2,3
F	05. 05.	~8	03. 05.	6,4	28.04.	5,0
G	06. 05.	~7	06. 05.	5,1	04.05.	4,5
H	12. 05.	~9	11. 05.	na		
K	14. 05.	~6				

Poikasten ulkoisen ja ravitsemuksellisen kunnan arvioimiseksi kullakin laitoksella tutkittiin yksi istukasryhmä (15 kalaa/ryhmä). Kalat haavittiin satunnaisesti tutkittavista altaista sekä siirrettiin 2 vrk ennen näytteenottoa rauhoittumaan yksilösumppuihin viljelyaltaaseen. Sumputuksen tarkoituksena on minimoida ja yhdenmukaistaa näytteenotosta kalalle aiheutuva häiriö. Tällä tavalla käsitellyillä kaloilla ei normaalisti ole havaittu stressaantumisen merkkejä (Nikinmaa 1981).

Veri- ja kudospäytteenottoa varten kalat tainnutettiin iskulla päähän. Pырstösuo- nestusta verinäytteestä erotettiin plasma proteiinipitoisuuden mittaamista varten. Kylki- lihanäyte otettiin selkäevän alapuolelta vesipitoisuuden määrittämistä varten. Lisäksi otettiin kudospäyte maksasta glykogeenin määrittämiseksi. Plasma- ja maksanäytteet jäädytettiin välittömästi nestemäisellä typellä, ja lihasnäytteet säilytettiin 4 °C:ssa. Näytekalat säilytettiin -18 °C:ssa kokonaisrasvapitoisuuden määrittämistä varten. Laitoksella K näytteet otettiin suola-altistuksessa olleista kaloista, koska sumputusta ei väärinkäsityksen vuoksi tehty.

Poikasten suolansietokykyä tutkittiin siirtämällä kustakin tutkitusta ryhmästä 15–20 kalaa 2 vrk:n ajaksi keinotekoiseen meriveteen (suolapitoisuus 3 %), joka oli tehty lisäämällä

viljelyveteen synteettistä merisuolaa (Instant Ocean). Altistus tehtiin staattisena noin 300 l:n vesitilavuudessa, ja vettä hapetettiin ilmakuplituksella. Ennen altistusta kalat saivat tottua testialtaaseen 2 vrk, jona aikana vesi oli vaihtuvaa. Altistuksen päättyessä kaloista otettiin veri- ja lihasnäyte kalan suola- ja vesitasapainon määrittämiseksi.

2.2. Tutkitut muuttujat

Kalojen ulkoinen kunto tutkittiin silmämääräisesti (evä-, kidus- ym. vauriot). Evien vaurioaste arvioitiin asteikolla 0-4.

Poikasten ravitsemustilan arvioimiseksi mitattiin seuraavat muuttujat:

- plasman proteiinipitoisuus (g/l)
- maksan glykokeenipitoisuus (%)
- kalan kokonaisrasvapitoisuus (%)

Vaellusvalmiusaste arvioitiin tutkimalla:

- istukkaiden ulkoiset smolttiutumismerkkit (hopeoituminen, poikaslaikkujen näkyvyys)
- 2 vrk:n suola-altistuksen (suolapitoisuus n. 3 %) aiheuttamat muutokset istukkaiden suola- ja vesitasapainossa; mitatut muuttujat:
 - plasman kloridipitoisuus (mmol/l)
 - plasman magnesiumipitoisuus (mmol/l)
 - lihaksen vesipitoisuuden muutos (%) makeavesiarvoon verrattuna
 - kuolleisuus suola-altistuksessa

Kalaistutusten kehittämistyöryhmä on muistiossaan (Maa- ja metsätalousministeriö 2004) asettanut em. muuttujille seuraavat raja-arvot, joiden puitteissa näiden istukkaista mitattujen arvojen suositellaan pysyvän istutusaikaan:

- | | |
|--|-------------------|
| • kuntokerroin | $\geq 0,70$ |
| • evävaurioiden aste | ≤ 2 |
| • plasman proteiinipitoisuus | ≥ 20 g/l |
| • maksan glykokeenipitoisuus | $\geq 1,5$ % |
| • kalan kokonaisrasvapitoisuus | ≥ 3 % |
| • plasman ionipitoisuudet suola-altistuksen jälkeen: | |
| – plasman kloridipitoisuus | ≤ 160 mmol/l |
| – plasman magnesiumipitoisuus | $\leq 1,5$ mmol/l |
| • lihaksen vesipit. pieneneminen suola-altistuksessa | ≤ 2 % |
| • kuolleisuus suola-altistuksessa | ≤ 10 % |

Näistä plasman proteiinipitoisuuden suositusarvoa ei ole edellä mainitussa muistiossa, mutta 20 g/l on tässä työssä käytetty viitteellisenä raja-arvona.

2.3. Määrittymenetelmät

Kalat mitattiin ja punnittiin yksilöittäin sekä määritettiin niiden sukupuoli ja sukukypsyyssaste. Kuntokerroin laskettiin kaavalla $CF = w/l^3 \times 100$, missä CF = kuntokerroin, w = paino (g) ja l = pituus (cm).

Poikaslaikkujen näkyvyys arvioitiin silmämääräisesti asteikolla 0-4 seuraavasti:

- 0 = laikkuja ei erotu lainkaan
- 1 = laikut lähes hävinneet, näkyvät vain hyvin vähän
- 2 = laikut näkyvissä, mutta vaaleat ja laikun reunat ovat ”pehmeärajaiset”
- 3 = laikut selvästi näkyvissä, mutta reunat jo hieman pehmenneet
- 4 = laikut tummat ja näkyvät hyvin selvärajaisine

Suomupaitteen hopeoitumisasteen perusteella poikaset luokiteltiin hopeoituneisiin (0) tai ei-hopeoituneisiin (1). Evien vaurioaste arvioitiin myös silmämääräisesti asteikolla 0-4:

- 0 = täysin ehjä evä
- 1 = eväkuluma < 20 % (tai evässä halkeamia)
- 2 = eväkuluma 20-50 %
- 3 = eväkuluma > 50 %;
- 4 = ihon pintaan saakka kulunut evä

Plasma- ja kudospnäytteet analysoitiin Soivion ym. (1985) mukaisesti. Plasman valkuaisaineiden (proteiinien) kokonaismäärä (g/l) mitattiin fotometrisesti Biuret-menetelmällä. Maksan glykogeenipitoisuus (%) määritettiin Harris'in ym. (1974) esittämän menetelmän mukaisesti. Lihaksen vesipitoisuus (%) mitattiin gravimetrisesti kuivaamalla näytepala vakiopainoon 105 °C:ssa. Kalan kokonaisrasvapitoisuus määritettiin sulfo-fosfovanilliinimenetelmällä, joka perustuu siihen, että lipidit reagoivat rikkihapon, fosforihapon ja vanilliinin kanssa muodostaen värillisen kompleksin, joka mitataan fotometrisesti. Rasvat uutettiin ensin petroleetterillä homogenoidusta ja kuivatusta näytteestä.

Suola-altistuksessa olleiden kalojen plasman kloridi (Cl⁻) pitoisuus (mmol/l) mitattiin kloridititraattorilla (Radiometer CMT 10) ja magnesium (Mg²⁺) pitoisuus (mmol/l) fotometrisesti käyttämällä kaupallista Mg-reagenssia (Wako B 999-83099). Lihaksen vesipitoisuus määritettiin kuten makeavesiryhmistä. Lihaksen vesipitoisuuden muutos suola-altistuksessa = lihaksen vesipitoisuuden (%) keskiarvo makeassa vedessä - lihaksen vesipitoisuuden keskiarvo suola-altistuksen jälkeen. Em. vesipitoisuuden muutosta ei voitu laskea laitoksella K viljellyille poikasille, koska makeavesiryhmä puuttui.

2.4. Vertailuaineistot

Vuosina 2004–2006 tutkituista nevanlohista saatuja tuloksia verrattiin Simojoelta vuosina 1982–1984 tutkittuihin, vaelluksensa aloittaneisiin luonnonsmolttteihin (Virtanen, 1988) siten, että kuhunkin yksittäisen muuttujan vuosi- ja laitospkohtaisia keskiarvoja esittävään kuvaan on sisällytetty luonnonlohista mitatun, vastaavan muuttujan keskiarvo.

Nyt tutkittujen nevanlohi-istukkaiden kuntoa ja vaellusvalmiutta verrattiin myös 1980-luvun alkupuoliskolla tutkittuihin istukasryhmiin (Virtanen ym. 1991).

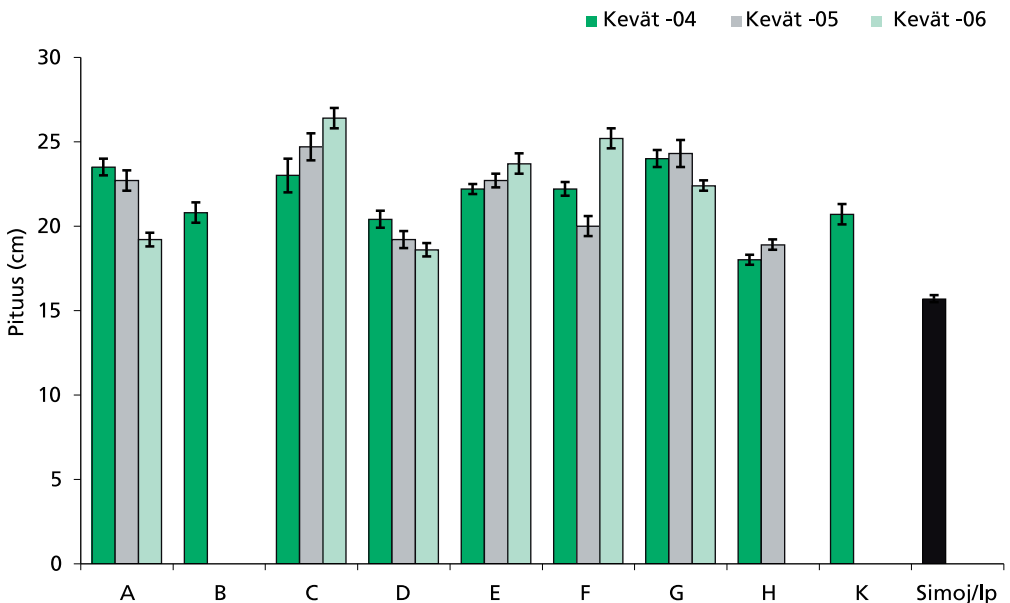
3. Poikaset lihavia ja harvoin vaellusvalmiita istutusaikaan

3.1. Poikasten ulkoinen kunto

Koko

Eri kalanviljelylaitoksilla keväällä 2004–2006 tutkittujen 2-vuotiaiden nevanlohien keskipituus vaihteli välillä 18,6–26,4 cm (kuva 1). Vuosittainen kokotavoite laitoksilla määräytyi istutusalueen mukaan, mistä osaltaan johtuvat havaitut laitospohtaiset vuosien väliset erot. Vuosina 2004 ja 2005 tutkitut 1-vuotiaat nevanlohiet vastasivat kooltaan pienimpiä 2-vuotiaita istukkaita (keskikoko 18–18,9 cm).

Vertailuryhmänä käytettyjen Simojoen luonnonsmolttien keskikoko oli 15,7 cm. Verrattaessa nyt tutkittuja nevanlohia 1980-luvulla tutkittuihin istukasryhmiin voidaan todeta istukkaiden keskikoon kasvaneen jonkin verran. Vuosina 1981–1986 hyvä tai erinomainen istutustulos (> 650 kg / 1000 istukasta) saatiin istukasryhmistä, joiden keskikoko vaihteli välillä 18,6–23,2 cm. Istukkaan koolla oli myös selvä positiivinen vaikutus istutustulokseen (Virtanen ym. 1991).

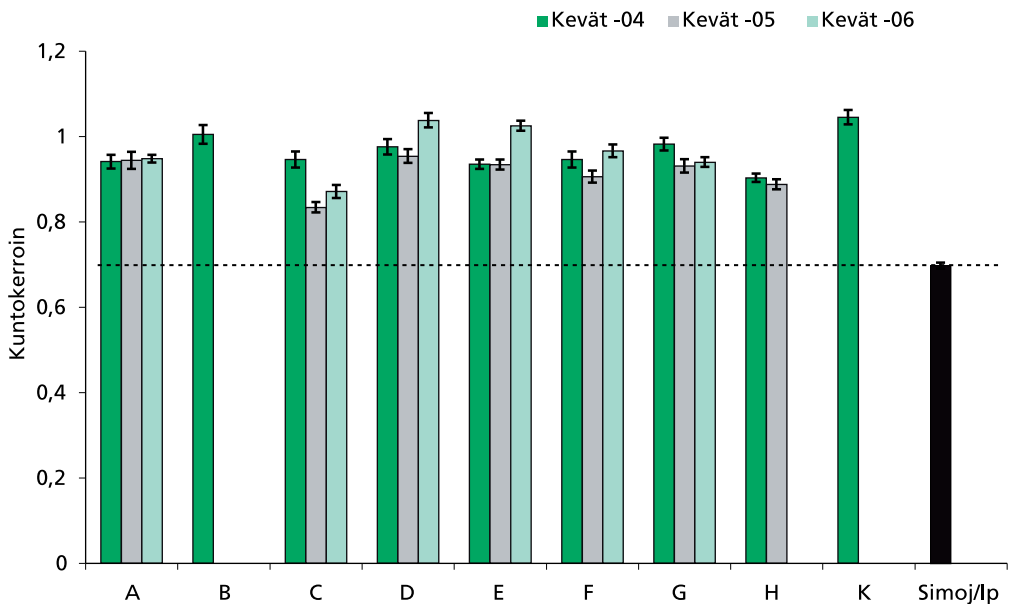


Kuva 1. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien pituus (cm) istutusaikaan vuosina 2004–2006 (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n = 15 / istukasryhmä). Musta pylväs = Simojoen luonnospoikasten keskipituus vaellusaikaan 1982–1984.

Kuntokerroin

Istukkaiden kuntokerroin antaa jossain määrin viitteitä niiden ravitsemuksellisesta kunnosta, mistä syystä lohelle esitetyissä laatusuosituksissa kuntokertoimen istutusajan vähimmäisarvoksi on esitetty 0,70.

Suurimmalla osalla vuosina 2004–2006 tutkituista nevanlohiryhmistä keskimääräinen kuntokerroin vaihteli välillä 0,94–1,04 (kuva 2), kun se 1980-luvulla ja vielä 1990-luvun alkupuolella pääsääntöisesti vaihteli välillä 0,80–0,95. Nyt tarkastellulla 3-vuotisjaksolla kuntokertoimessa ei laitokohtaisesti ollut vuosien välillä kovin suuria eroja. Laitoksella C kuntokerroin oli keväällä 2005 ja 2006 lähellä 1980-luvun tasoa.



Kuva 2. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien kuntokerroin istutusaikaan vuosina 2004–2006 (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n=15 / istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu istutusajan vähimmäisarvo (= 0,7) Musta pylväs = Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen kuntokerroin vaellusaikaan 1982–1984.

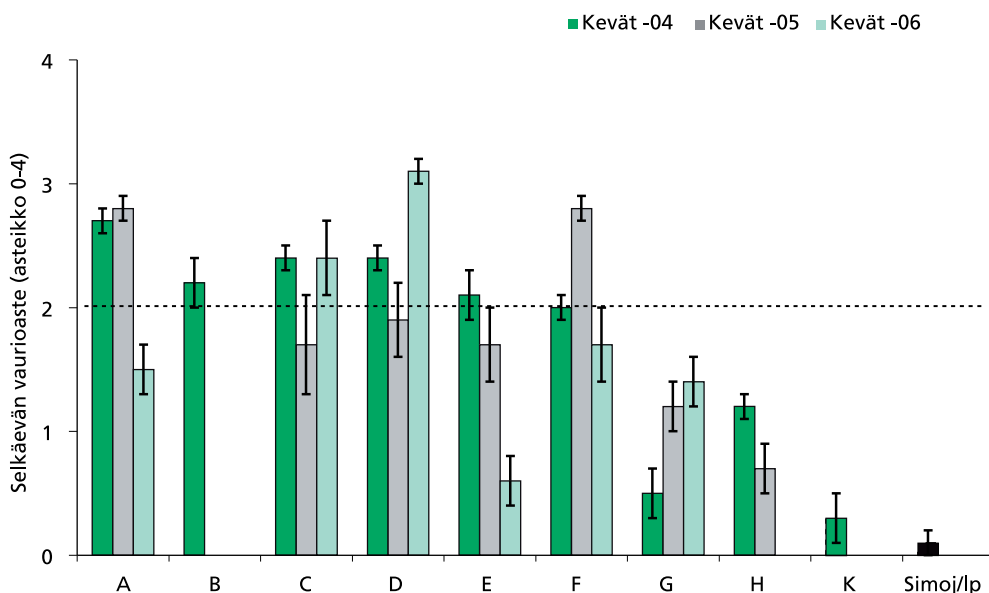
Evävauriot

Viljellylle lohelle on tyypillistä, että sen selkäevä usein vaurioituu ja kuluu voimakkaasti istutusta edeltävän talven aikana. Vaurioasteessa on kuitenkin vaihtelua eri vuosien, eri laitosten ja myös saman laitoksen eri viljely-yksiköiden välillä.

Nyt tutkituissa nevanlohiryhmissä selkäevän kunto vaihteli vuosittain laitokohtaisesti. Lisäksi samana vuonna eri laitoksilla tutkittujen istukasryhmien välillä oli eroja (kuva 3).

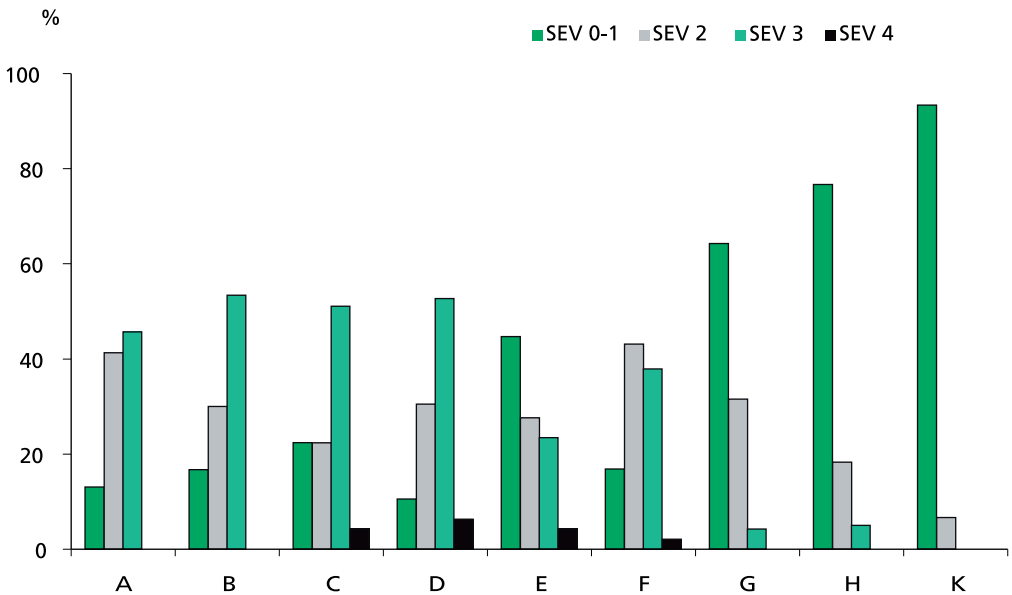
Koko kolmen vuoden jaksoa tarkasteltaessa istukkaiden selkävän kunto oli keskimääräistä parempi laitoksilla E, G, H ja K.

Suurella osalla istukkaista selkäevä oli kulunut siten, että keskimääräinen vaurioaste oli lähellä suositettua enimmäisarvoa (= 2) tai sitä suurempi. Osalla istukkaista kuluma oli siististi arpeutunut, mutta suurimmalla osalla selkäevässä oli havaittavissa tulehdusta. Huomiota kiinnitti myös selkäeväruotojen ”kihartuminen” osalla niistä istukkaista, joilla selkäevä muuten oli ehjä. Kuvassa 4 on esitetty kaikkien vuosina 2004–2006 tutkittujen nevanlohien prosentuaalinen jakautuminen selkävän vaurioasteen mukaan.



Kuva 3. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien selkävän vaurioaste (0= täysin ehjä evä, 4 = selkäevä kulunut kokonaan) istutusaikaan vuosina 2004–2006 (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n=30–35/istukasryhmä, Laitos K: n=15). Katkoviivalla on merkitty suositettu enimmäisarvo (= 2). Musta (oikealla) pylväs = Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen selkävän vaurioaste vaellusaikaan 1982–84.

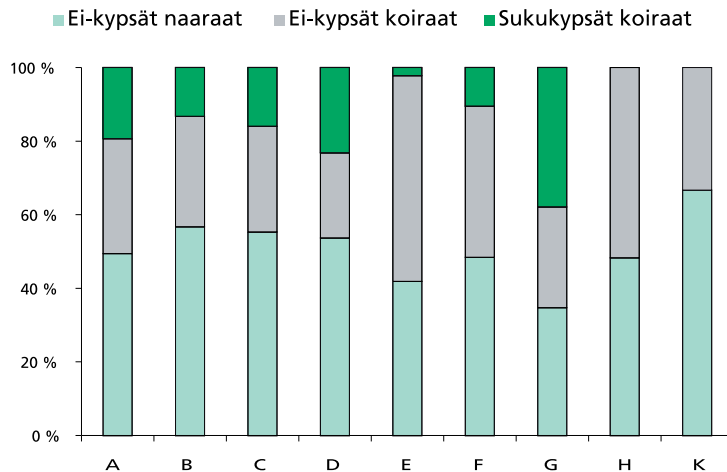
1980-luvulla tutkituissa nevanlohiryhmissä selkävän kunto oli myös useina vuosina nykyistä suositusta heikompi. Merkintätutkimuksissa ei tuolloin kuitenkaan havaittu merkitsevää korrelaatiota selkävän kunnon ja palautustuloksen välillä.



Kuva 4. Eri kalanviljelylaitoksilla vuosina 2004–2006 tutkittujen nevanlohien prosentuaalinen jakautuminen selkävän vaurioasteen (SEV) mukaan (n = 92–95/laitos; B: n = 30; H: n=60; K: n = 15).

Sukupuolijakauma ja sukukypsyys

Sukukypsien poikasten, jotka pääsääntöisesti ovat koiraita, määrän on havaittu vaihtelevan suuresti (0–70 %) sekä luonnon lohipopulaatioissa että viljellyissä lohiparvissa.



Kuva 5. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien sukupuolijakauma istutusaikaan (koko aineisto 2004–2006; n=92–95/laitos; B: n=30; H: n=60; K: n=15).

Sukukypsien koiraiden osuus vuosina 2004–2006 eri laitoksilla tutkitussa kokonaisaineistossa oli normaalia suuruusluokkaa lukuun ottamatta laitosta G, jossa sukukypsiä koiraita oli keskimääräistä enemmän (kuva 5).

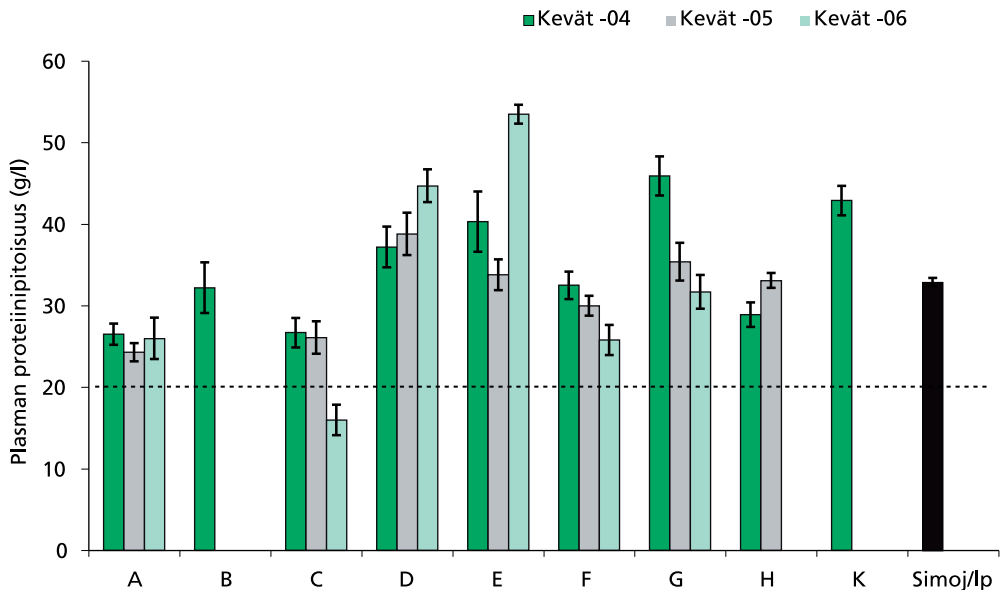
3.2. Poikasten ravitsemustila

Plasman proteiinipitoisuus

Istukkaiden ravintovarastot koostuvat pääasiassa lihaksen ja ruumiinontelon rasvasta sekä maksaan varastoituneesta hiilihydraatista (glykogeeni). Lisäksi veriplasman proteiinipitoisuus kuvastaa jossain määrin poikasen ravitsemustilaa.

Yksi vaellukselle valmistautuvan lohén fysiologiassa havaittava syksyn ja kevään välillä tapahtuvamuutos, joka johtuu sekä vuodenajasta että smolttiutumisenesta, on plasman proteiinipitoisuuden lasku talven ja kevään aikana. Kasvukauden jälkeen syksyllä plasman proteiinipitoisuus on yleensä vaihdellut välillä 40–50 g/l, kun taas istutusaikaan pitoisuus on useimmiten ollut 25–35 g/l.

Suurimmalla osalla vuosina 2004–2006 tutkituista istukasryhmistä keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus vastasi tavanomaisia lohén kevätarvoja. Kaikissa istukasryhmissä keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus oli myös suositettua vähimmäisarvoa (20 g/l) korkeampi lukuun ottamatta laitoksella C keväällä 2006 tutkittuja istukkaita. Poikkeuksellisen korkea proteiinipitoisuus oli keväällä 2004 laitoksilla G ja K sekä keväällä 2006 laitoksilla D ja E tutkituilla istukkailla (kuva 6).

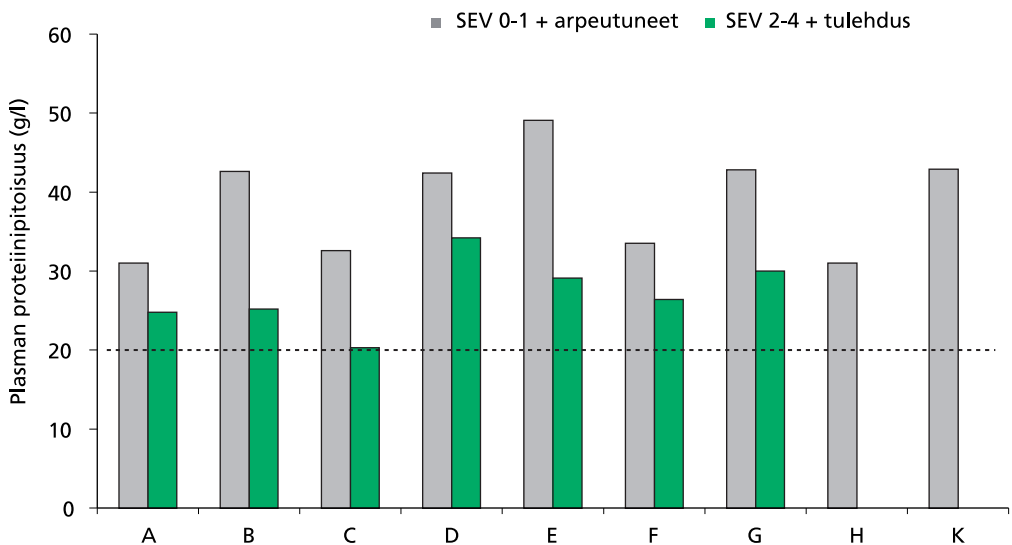


Kuva 6. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus (g/l) istutusaikaan vuosina 2004–2006 (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n=15/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu vähimmäisarvo (20 g/l). Musta pylväs = Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus vaellusaikaan 1982–1984.

Seurantajakson aikana havaittiin, että niillä istukkailla, joilla selkävän vaurioaste oli 2 tai sitä suurempi, ja jos evässä lisäksi oli tulehduksen merkkejä, plasman proteiinipitoisuus oli lähes säännönmukaisesti matalampi kuin niillä poikasilla, joilla selkäevä oli ehjä, arpeutunut tai vaurio oli hyvin pieni.

Kuvassa 7 on esitetty proteiinipitoisuuden ja selkävän kunnan välinen yhteys seurantajakson aikana tutkituilla istukkailla. Kullakin laitoksella tutkitut nevanlohjet jaettiin selkävän vaurioasteen mukaan kahteen ryhmään. Toisessa ryhmässä istukkaiden evävaurioaste (SEV) oli 0–1 tai kuluma oli arpeutunut, ja toisessa ryhmässä vaurioaste oli 2 tai suurempi, ja lisäksi evässä oli havaittavissa tulehdusta (= SEV 2–4). Tämän jälkeen laskettiin ryhmien keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus.

Kuvasta 7 nähdään, että kaikilla laitoksilla plasman proteiinipitoisuus oli suurempi istukkailla, joilla selkäevä oli ehjä tai arpeutunut verrattuna selkävältään heikompiin istukkaisiin. Havaitut laitosten väliset erot istukasryhmien keskimääräisessä proteiinipitoisuudessa (vrt. kuva 6) selittyvät siten osaksi selkävien erilaisella kunnolla.



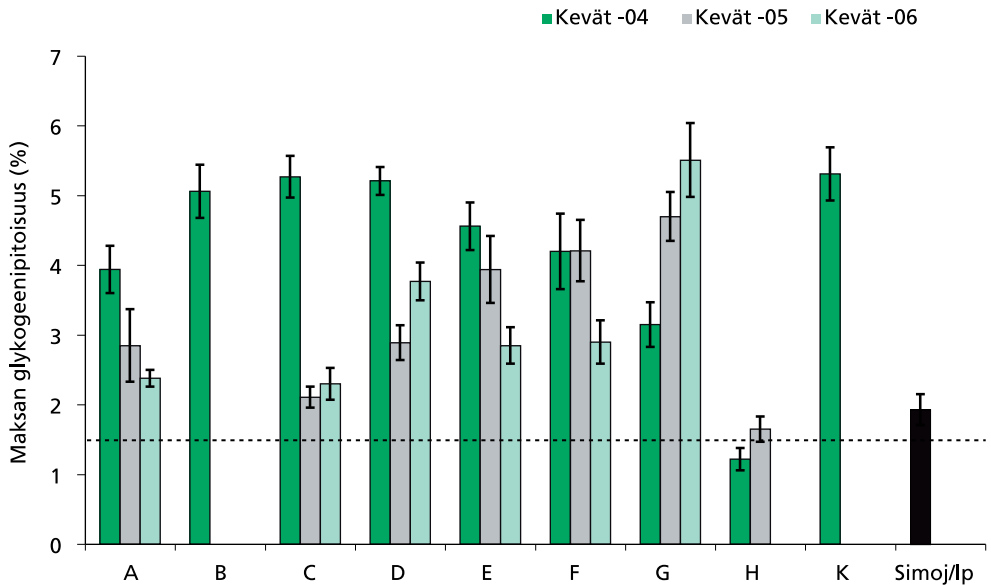
Kuva 7. Eri kalanviljelylaitoksilla vuosina 2004–2006 tutkittujen nevanlohien keskimääräinen plasman proteiinipitoisuus (g/l) selkävältään erikuntoisissa istukasryhmissä istutusaikaan. Katkoviivalla on merkitty suositettu proteiinipitoisuuden vähimmäisarvo (20 g/l). n=45/laitos; B: n=15; H: n=30; K: n=15

Maksan glykogeenipitoisuus

Rasitustilanteessa kalat käyttävät ensisijaisena energianlähteenään maksan hiilihydraatti(glykogeeni)varastoja ja vasta toissijaisesti elimistön rasva- ja proteiiniavarastoja. Istukkaiden energia-

varojen riittävyyden varmistamiseksi on suositettu, että maksan glykogeenipitoisuuden tulisi istutusaikaan olla vähintään 1,5 %.

Keväällä 2004 tutkituissa nevanlohiryhmissä keskimääräinen maksan glykogeenipitoisuus oli laitoksen H istukkaita lukuun ottamatta huomattavan korkea suositettuun vähimmäispitoisuuteen (1,5 %) ja luonnonpoikasista mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna. Kahtena seuraavana keväänä glykogeenitaso oli laitosta G lukuun ottamatta matalampi kuin keväällä 2004, ja etenkin laitoksilla C ja D vuosien välinen ero oli huomattavan suuri (kuva 8).



Kuva 8. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien keskimääräinen maksan glykogeenipitoisuus (%) istutusaikaan vuosina 2004–2006 (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n=15/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu vähimmäisarvo (1,5 %). Musta pylväs = Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen maksan glykogeenipitoisuus vaellusaikaan 1982–1984.

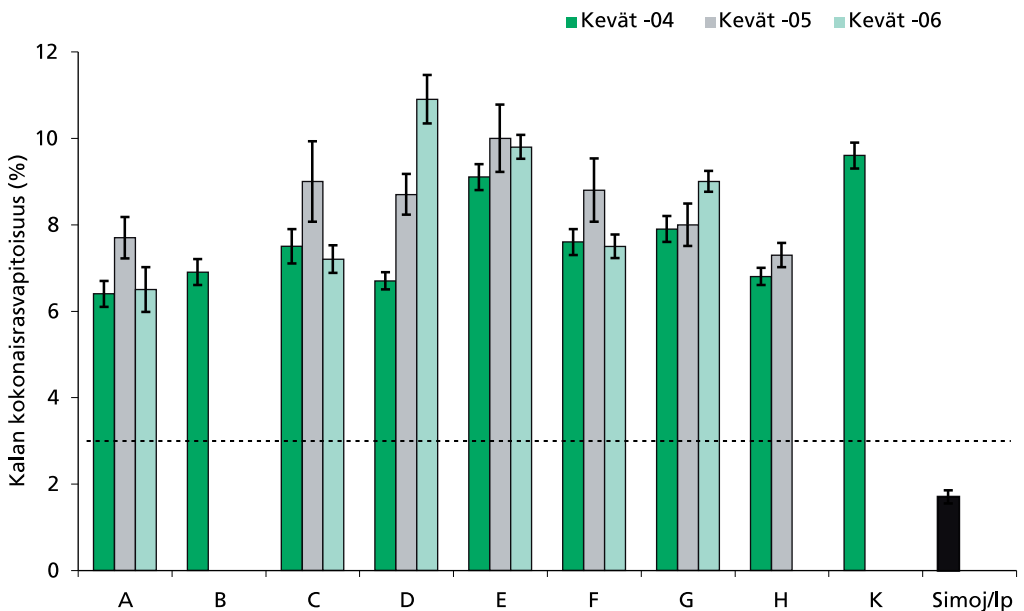
1990-luvulta ei juuri ole havaintoja nevanlohi-istukkaiden maksan glykogeeni-pitoisuuksista, mutta 1980-luvun alkupuolella tutkittujen istukkaiden hiilihydraattivarastot ovat olleet pienemmät kuin nyt tutkituilla poikasilla (Soivio ym. 1985). Tuolloin istukkaiden keskimääräinen glykogeenipitoisuus oli 2,2 % (vaihteluväli 1,0–4,2 %), kun keskipitoisuus nyt tarkastellulla vuosijaksolla tutkituissa istukasryhmissä oli 3,6 % ja vaihteluväli 1,2–5,5 %. Virtanen ym. (1991) havaitsivat, että glykogeenipitoisuus oli korkea varsinkin vaellusvalmiudeltaan puutteellisilla istukkailla, mutta nyt tutkituissa istukasryhmissä selvää yhteyttä glykogeenipitoisuuden ja vaellusvalmiuden välillä ei ollut havaittavissa.

Kalan kokonaisrasvapitoisuus

Lohenpoikasen rasvavarastot ovat suurimmillaan syksyllä kasvukauden jälkeen ja vähenevät talven ja kevään aikana siten, että normaalisti smolttiutuneen lohen rasvapitoisuus on merkittävästi syksyistä matalampi. Kalan rasvapitoisuuden kehitykseen vaikuttavat ensisijaisesti rehun energiamäärä ja ruokinnan tehokkuus. Lisäksi rehun sisältämän rasvan laatu saattaa vaikuttaa sen käyttökelpoisuuteen. Kaikissa vuosijaksolla 2004–2006 tutkituissa nevanlohi-ryhmissä keskimääräinen rasvapitoisuus oli korkea istukkaalle suositettuun vähimmäisarvoon (3 %) sekä luonnon smoltteihin verrattuna (kuva 9).

Kun verrataan nyt tutkittujen istukasryhmien rasvapitoisuutta 1980-luvun alkupuolella tutkittujen nevanlohien rasvapitoisuuteen havaitaan, että 1980-luvulla istutusaajan keskimääräinen kokonaisrasvapitoisuus oli matalampi (5,7 %) ja vaihteluväli suurempi (3,6–10,2 %) kuin nyt. Kaikkien vuosina 2004–2006 tutkittujen istukasryhmien rasvapitoisuuden keskiarvo oli 8,2 % (vaihteluväli 6,4–10,9 %), mikä on suurempi kuin 1980-luvulla tutkittujen nevanlohien syksykeskiarvo (7,4 %).

Kalan rasvapitoisuuden on havaittu jossain määrin olevan yhteydessä sen kokoon siten, että rasvapitoisuus kasvaa koon kasvaessa. Myös esim. kevään 2004 koko aineistoa tarkasteltaessa havaittiin istukkaiden rasvapitoisuuden ja koon välillä positiivinen korrelaatio ($p < 0.01$). Kuitenkin yksittäisillä laitoksilla koko ja rasvapitoisuus korreloivat ko. vuonna vain laitoksilla B ($p < 0.01$), C ($p < 0.1$) ja H ($p < 0.001$).



Kuva 9. Eri kalanviljelylaitoksilla tutkittujen nevanlohien kokonaisrasvapitoisuus (%) istutusaikaan vuosina 2004–2006 (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; $n=15$ /istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu vähimmäisarvo (3 %). Musta pylväs = Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen kokonaisrasvapitoisuus vaellusaikaan vuosina 1982–1984.

3.3. Poikasten vaellusvalmius

Vaellusvalmiuden kehittymiseen l. smolttiutumiseen liittyy joukko kalan ulkonäössä, aineenvaihdunnassa ja käyttäytymisessä tapahtuvia muutoksia, joiden tarkoituksena on sopeuttaa kala vaellukseen ja merivesiympäristöön. Merkittävin aineenvaihdunnallinen muutos on suolansietokyvyn kehittyminen ts. kalan kudosten suolapitoisuudet ja vesipitoisuus eivät juuri muutu, vaikka se siirretään makeasta vedestä merivettä vastaavaan suolapitoisuuteen (n. 3 %). Vaikka suolansietokyky ei ole murtovedessä elävälle Itämeren lohelle ehdoton fysiologinen edellytys sen selviämiseksi meressä, säätelykyvyn kehittyminen on merkki siitä, että myös sen käyttäytymismalli on muuttunut smolttille ominaiseksi, ja se on valmis lähtemään syönnösvaellukselle.

Ulkoiset smolttimerkit

Ulkoisesti havaittavia smolttiutumisen tunnusmerkkejä ovat suomupiteen hopeoituminen, poikaslaikkujen häviäminen, evien reunojen tummuminen sekä osittain pyrstön pituuskasvusta johtuva kuntokertoimen lasku. Hopeoitumisen on havaittu korreloivan positiivisesti kalan kokoon, ja viljellyillä poikasilla suomupite saattaa hopeoitua jo syksyllä, vaikka sillä ei olisi-kaan muita smoltin ominaisuuksia.

Keväällä 2004 ja 2005 kaikilla laitoksilla suurin osa tutkituista nevanlohi-istukkaista voitiin tutkimushetkellä luokitella hopeoituneiksi, vaikka joissakin istukasryhmissä hopeisuus oli vielä melko ”ohut”. Poikaslaikut olivat myös hävinneet tai vain heikosti näkyvissä. Myös keväällä 2006 tutkituissa nevanlohiryhmissä poikaset voitiin luokitella täysin tai lähes hopeoituneiksi lukuun ottamatta laitoksia D ja G. Laitoksen D nevanlohista vain pieni osa oli täysin hopeoitunut, ja suurella osalla poikasista hopeoituminen oli vielä keskeneräinen, tai hopeoitumista ei ollut lainkaan havaittavissa. Laitoksen G istukkaista n. puolet oli täysin hopeoitunut, ja muilla hopeoituminen oli keskeneräinen.

Istukasryhmissä olleiden isokokoisten sukukypsien koiraiden ulkoiset smolttiutumismerkkit olivat kehittyneet samalla tavoin kuin ei-kypsien poikasten. Hopeoitumattomien sukukypsien koiraiden suhteellinen osuus ei ollut merkittävästi suurempi kuin hopeoitumattomien, eikypsien naaraiden tai koiraiden.

Suola- ja vesitasapainon säätelykyky

Viljellyn istukkaan värimuutokset eivät ole täysin luotettavia smolttiutumistasteen kuvaajia, minkä vuoksi istukkaan fysiologisen kehitysvaiheen tunteminen istutusaikaan on tärkeää. Poikasten suolansietokyvyn mittaaminen on osoittautunut luotettavaksi keinoksi arvioida niiden vaellusvalmiutta tietyllä hetkellä.

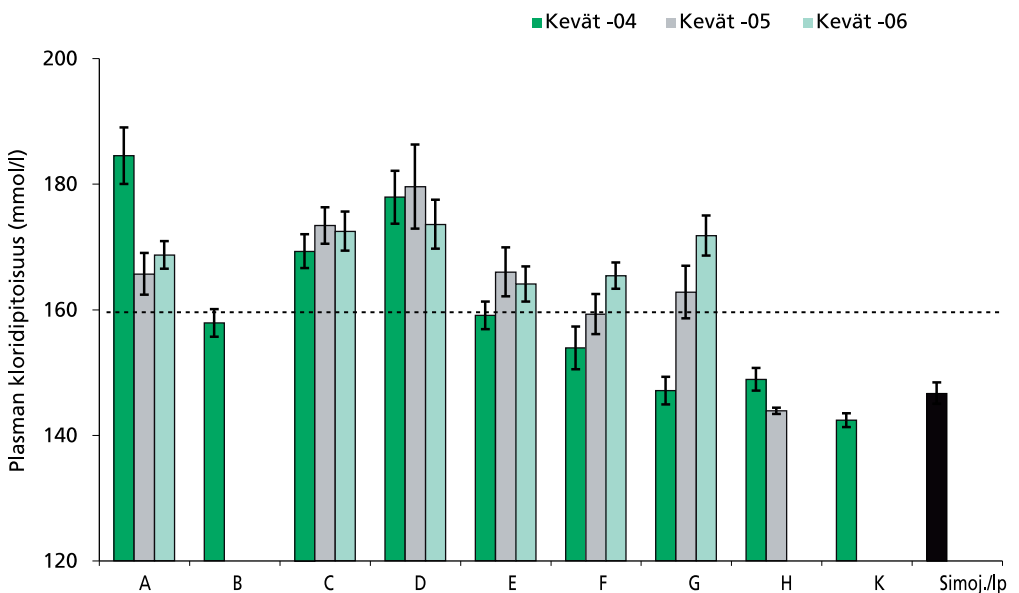
Keväällä 2004–2006 tehdyissä suola-altistuksissa altistusveden suolapitoisuus vaihteli välillä 2,6–3,1 % lukuun ottamatta laitosta A, jossa inhimillisestä erehdyksestä johtuen keväällä 2004 ja 2006 altistusveden suolapitoisuus oli 3,4 %. Tästä syystä ko. istukkaiden suolatestiarvot eivät ole täysin vertailukelpoisia muiden istukasryhmien kanssa.

Mitattujen suola-testiarvojen perusteella (kuvat 10, 11 ja 12) istutusaikaan tutkittujen nevanlohi-istukkaiden vaellusvalmiusasteessa oli eroja sekä laitosten välillä että samalla laitok-

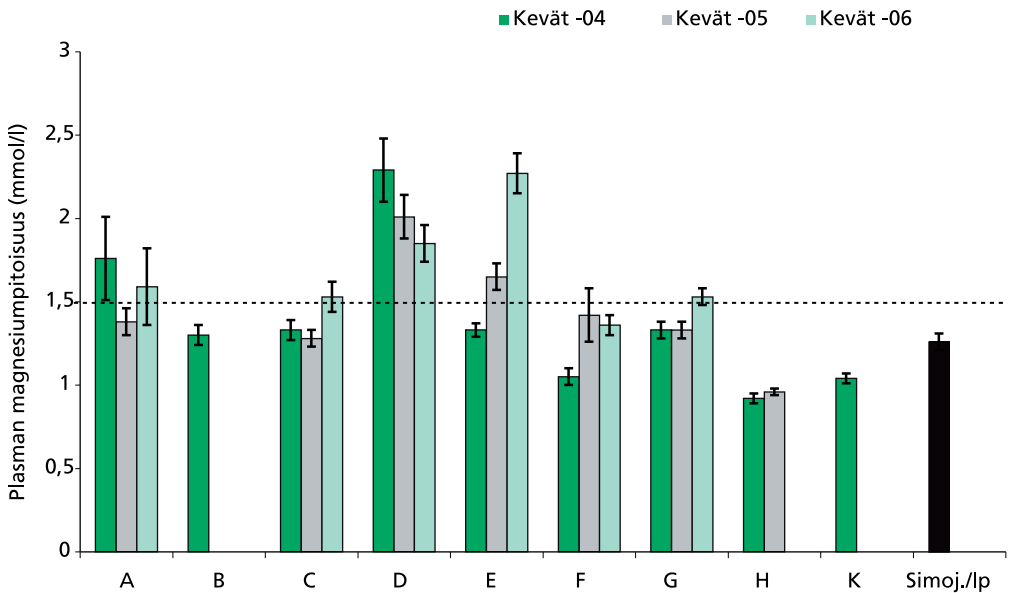
sella eri vuosina tutkittujen istukasryhmien välillä. Laitosten väliset erot selittyvät osaksi sillä, että näytteenotto ja istutus ajoittuivat hieman eri tavalla eri laitoksilla, ja veden lämmitessä smolttiutumiskehitys nopeutuu.

Istukkaiden fysiologinen vaellusvalmius oli suurimmalla osalla tutkituista istukasryhmisistä enemmän tai vähemmän keskeneräinen. Meriveden suolapitoisuudelle altistettujen istukkaiden kyky ylläpitää kudostensa vesitasapainoa ja erittää ylimääräiset kloridi-ionit elimistöstä oli useissa istukasryhmissä heikko tai melko heikko (kuvat 10 ja 12). Istukkaiden suolansietokyky oli myös selvästi heikompi kuin 1980-luvulla tutkituissa, hyvän istutustuloksen antaneissa nevanlohiryhmissä, joissa keskimääräinen plasman kloridipitoisuus suola-altistuksen jälkeen oli 146–150 mmol/l.

Tutkittujen istukkaiden kyky säädellä plasman magnesiumpitoisuutta (kuva 11) oli hieman parempi kuin kloridin säätelykyky, mikä viittaa siihen, että munuaisissa (Mg:n erityis) ja kiduksissa (Na:n ja Cl:n erityis) olevat säätelymekanismit eivät olleet kehittyneet täysin yhtäaikaisesti. Myös Virtasen ym. (1991) 1980-luvulla tutkimissa nevanlohen merkintäryhmissä magnesiumin erityiskyvyn todettiin kehittyvän kloridin säätelystä riippumattomasti, eikä yhteys palautustulokseen ollut yhtä selvä kuin kloridin säätelykyvyllä.



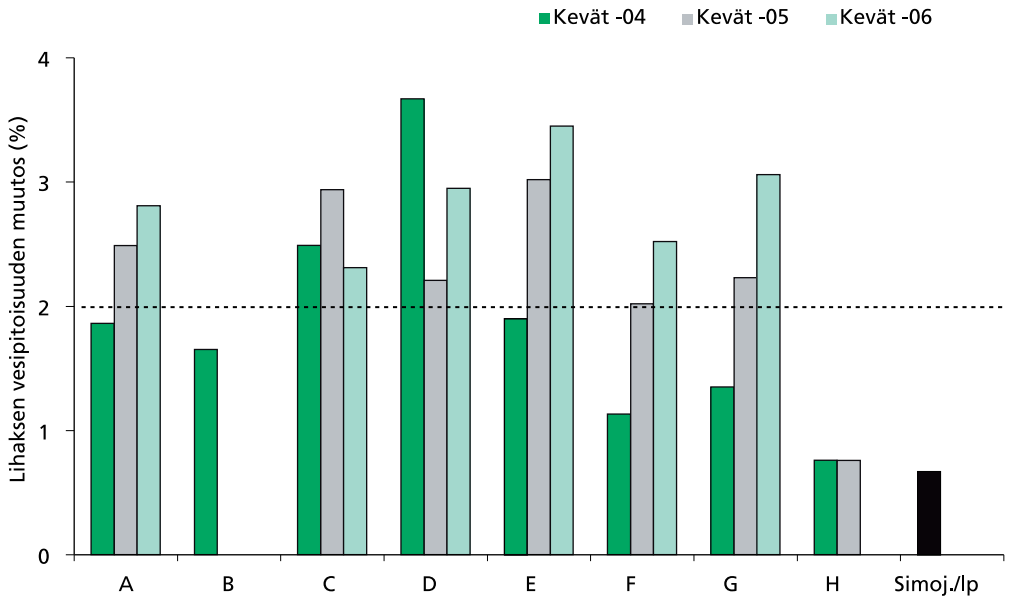
Kuva 10. Eri kalanviljelylaitoksilla istutusaikaan, vuosina 2004–2006 tutkittujen nevanlohien plasman kloridipitoisuus (mmol/l) 2 vrk:n merivesialtistuksen jälkeen (keskiarvo ± keskiarvon keskiarvo; n=15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu enimmäisarvo (160 mmol/l). Musta pylväs = merivedelle altistettujen Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen plasman kloridipitoisuus 1982–1984.



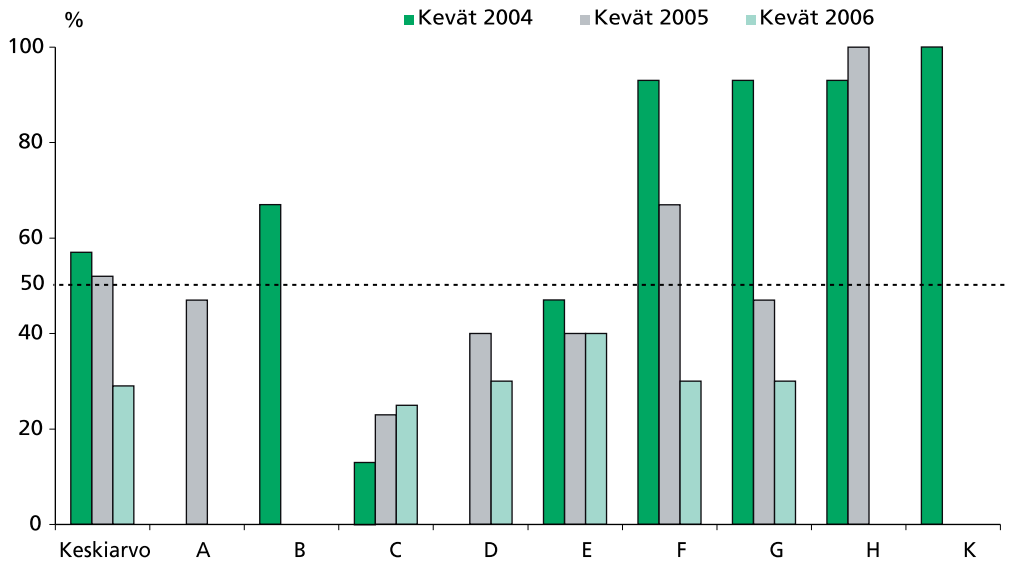
Kuva 11. Eri kalanviljelylaitoksilla istutusaikaan, vuosina 2004–2006 tutkittujen nevanlohien plasman magnesiumipitoisuus (mmol/l) 2 vrk:n merivesialistuksen jälkeen (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe; n=15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu enimmäisarvo (1,5 mmol/l). Musta pylväs = merivedelle altistettujen Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen plasman magnesiumipitoisuus 1982–1984.

Vaellusvalmiuskriteerit täyttävien istukkaiden osuus vaihteli kunakin tutkimusvuotena laitoksittain. Plasman kloridipitoisuuden perusteella arvioituna vaellusvalmiiden istukkaiden (kloridipitoisuus ≤ 160 mmol/l) osuus oli 57 % kaikista keväällä 2004 tutkituista istukkaista. Vastaavasti keväällä 2005 ja 2006 osuudet olivat 52 % ja 30 % (kuva 13). Täytyy kuitenkin huomioida, että kuvassa 13 esitetyt laitoskohtaiset vaellusvalmiiden istukkaiden osuudet eivät välttämättä kuvaa laitoksen koko istukastuotannon tilaa tutkimushetkellä, sillä mm. erilaisista valaistusolosuhteista johtuen eri viljely-yksiköiden välillä saattaa olla eroja (näytekalat pääsääntöisesti otettu yhdestä altaasta).

Aiemmin tehdyt tutkimukset viittaavat siihen, että lohien fysiologinen vaellusvalmius kehittyy tietyn rajakoon (12–13 cm) ylittävillä poikasilla samalla tavoin koosta riippumatta (Soivio ym. 1985). Nyt tutkittujen nevanlohien (vuosien 2004 ja 2005 aineisto) koon ja suolansietokyvyn välillä ei myöskään havaittu merkitsevää yhteyttä.



Kuva 12. Eri kalanviljelylaitoksilla istutusaikaan, vuosina 2004–2006 tutkittujen nevanlohien lihaksen keskimääräisen vesipitoisuuden alenema (%) 2 vrk:n merivesialtistuksessa (n=15–20/istukasryhmä). Katkoviivalla on merkitty suositettu enimmäisarvo (2 %). Musta pylväs = merivedelle altistettujen Simojoen luonnonpoikasten keskimääräinen lihaksen vesipitoisuuden muutos vaellusaikaan 1982–1984.



Kuva 13. Kloridinsäätelyn osalta suosituksen täyttävien nevanlohi-istukkaiden osuus eri kalanviljelylaitoksilla tutkituissa istukasryhmissä sekä koko aineistossa (keskiarvo) vuosina 2004–2006 (n = 15–20/istukasryhmä). Huom! kuvasta jätetty pois Laitos A/ kevät 2004 ja 2006, koska suola-altistuksessa liian korkea suolapitoisuus.

4. Poikasten laatu on monen tekijän summa

4.1. Ulkoinen kunto

Kalan kunnan arviointi ns. morfometrinen mittareiden eli pituuden, painon ja kuntokertoimen avulla on perustunut siihen oletukseen, että kala on sitä parempikuntoisempi mitä painavampi se on suhteessa pituuteensa. On myös oletettu, että muutokset kalan painossa heijastuvat sen fysiologiseen kuntoon. Vaikka morfometrinen indikaattorien ja fysiologisen kunnan yhteyttä on tutkittu monilla lajeilla, se on edelleen epäselvä. On kuitenkin havaittu, että kuntokertoimen ja kalan kokonaisrasvapitoisuuden välillä on yhteys siten, että kuntokertoimen pienenemässä myös rasvapitoisuus laskee (Herbinger ja Friars 1991). Toisaalta em. korrelaation voimakkuuden on havaittu vaihtelevan vuodenajan mukaan, ja luotettavan tuloksen saamiseksi aineiston tulee sisältää tutkittavan kalaryhmän kaikki kokoluokat (Simpson ym. 1992).

Kuntokertoimeen vaikuttaa mm. sukukypsyysaste siten, että sukukypsillä poikasilla kuntokerroin on etenkin syksyllä merkittävästi korkeampi kuin ei-kypsillä poikasilla. Näin ollen normaalitilaisella kalalla kuntokerroin antaa lähinnä viitteellistä tietoa ravitsemustilasta, mutta on hyvä indikaattori silloin, kun epäillään kalan kärsivän nälkiintymisestä.

Vuosina 2004–2006 eri kalanviljelylaitoksilla istutusaikaan tutkittujen nevanlohien kuntokertoimet olivat korkeita pitkän aikavälin keskiarvoihin verrattuna, ja osalla istukasryhmistä kuntokerroin oli samalla tasolla kuin syksyllä lohilta mitatut kuntokertoimet.

Koska kuntokerroin on jossain määrin koosta riippuvainen, istukaskoon kasvu 1990-luvulla saattaa osaltaan selittää kuntokertoimen tason nousua. Ruokinnassa käytettyjen rehujen energiamäärän kasvu selittää kuitenkin enemmän vuosijaksojen välillä havaittua muutosta istutusajan kuntokertoimissa.

Aiemmin on havaittu, että pohjoisten jokien kannoilla (Iijoki, Tornionjoki, Simojoki) kuntokertoimet ovat yleensä matalammat kuin nevanlohilla (Pasternack, julkaisematon). Havaitut lohikantojen väliset erot johtuvat osaksi kantojen välisistä luontaisista eroista, mutta todennäköisesti myös viljelyllisistä tekijöistä. Viljelyistä lohista useina vuosina kerätyn aineiston sekä luonnonpoikasaineiston perusteella voidaan sanoa, että kuntokertoimet, jotka istutusaikaan ovat 1,00 tai sitä suurempia, ovat epätyypillisiä vaellusvalmiille lohelle.

Toisin kuin luonnonpoikasilla suurimmalla osalla viljelyistä istukkaista havaitaan eriasteisia evävaurioita. Selkäevävauriot ovat tyypillisiä lohelle, kun taas taimenilla rintaevät vaurioituvat selkäevää herkemmin. Evävauriot syntyvät tai pahenevat pääasiassa toisen kasvukauden jälkeisenä talvena. Vaurioasteessa on kuitenkin vaihtelua vuosien, laitosten ja myös saman laitoksen eri viljely-yksiköiden välillä. Vaurioiden syntymekanismeista ja ensisijaisesta aiheuttajasta ei ole tarkkaa tietoa, mutta useiden viljelytekijöiden, mm. kalatiheyden (Winfree ym. 1998) ja poikasten aggressiivisen käyttäytymisen on todettu vaikuttavan niiden kehittymiseen. Myös rehun ravintokoostumuksella, mm. rasvahappojen laadulla on arveltu olevan merkitystä eväkulumien synnyssä (Barrows ja Lellis 1999).

On viitteitä siitä, että vähäiset evävauriot eivät juuri vaikuta poikasten istutuksen jälkeiseen selviytymiseen johtuen todennäköisesti evien melko nopeasta regeneroitumisesta (Eskeinen ym. 1988, Vehanen ym. 1993). Kuitenkin nevanlohilla (Virtanen ym. 1991) sekä ii- ja

tornionjoenlohilla (M. Pasternack, julkaisematon) tehdyissä tutkimuksissa istukkaiden evävaurioiden ja takaisin saadun saaliin välillä havaittiin käänteinen yhteys.

On mahdollista, että evien huono kunto on joissain tapauksissa merkki istukkaan heikentyneestä yleiskunnosta, joka ensisijaisena tekijänä vaikuttaa sen eloonjääntiin. Tähän viittaa nyt tutkituilla nevanlohilla tehty havainto, jonka mukaan plasman proteiinipitoisuus oli matala istukkailla, joilla selkävä oli kulunut ja vaurioituneessa evässä oli lisäksi merkkejä tulehduksesta. Toistaiseksi on epäselvää, onko matala proteiinipitoisuus seurausta selkävävauriosta ja siihen liittyvästä bakteeritulehduksesta, joka mahdollisesti kuluttaa plasman proteiineja vai heikentyneestä vastustuskyvystä, jonka seurauksena evä tulehtuu.

4.2. Ravitsemustila

Lohen ravintovarastot koostuvat pääasiassa lihaksen ja ruumiinontelon rasvasta sekä maksan varastoituneesta hiilihydraatista (glykogeenista). Kasvukauden aikana poikaset keräävät vararavintoa, jonka tulee riittää talven yli ja usein vielä istutuksen jälkeenkin siihen saakka, kunnes poikaset oppivat hyödyntämään luonnonravintoa.

Smolttiutuminen, mahdollisesti kuljetuksesta aiheutuva raskaus sekä uuteen ympäristöön sopeutuminen (syömään oppiminen) lisäävät istukkaan energiankulutusta, minkä vuoksi poikasilla tulee istutusaikaan olla riittävästi vararavintoa. Istutukseen liittyvä käsittely- ja kuljetusstressi saattaa joissain tapauksissa huomattavasti heikentää poikasten ravitsemustilaa. Raskautilanteessa kalat käyttävät ensisijaisena energianlähteenään maksan hiilihydraattivarastoja ja vasta toissijaisesti elimistön rasva- ja proteiiniavarastoja. Glykogeenivarastojen loppumisen onkin arveltu olevan eräs syy kalojen kuljetuksen jälkeiseen kuolleisuuteen.

Eri viljelyn vaiheissa poikasista mitattu kokonaisrasvapitoisuus ja maksan glykogeeni-pitoisuus antavat yhdessä hyvän kuvan niiden sen hetkisestä ravitsemustilasta. Veriplasman proteiinipitoisuus kuvastaa myös jossain määrin poikasen ravitsemustilaa, mutta myös kalan muuta kuntoa, sillä veren proteiineihin sisältyvät mm. liukoisessa muodossa olevat puolustus-tekijät (vasta-aineet ja epäspesifiset immuuniaineet).

Istutusaikaan vuosina 2004–2006 tutkituilla nevanlohilla varastoituneen rasvan määrä ja joissakin istukasryhmissä myös hiilihydraatin määrä olivat huomattavasti istukkaalle suositettuja vähimmäisarvoja suuremmat. Istukkaiden kokonaisrasvan määrä oli myös keskimäärin korkeampi kuin 1980-luvulla.

Smolttiutumiseen liittyy monia aineenvaihdunnan muutoksia ja näiden myötä tehostunut vararavinnon käyttö. Luonnon vaelluspoikasella kasvukauden aikana ruumiinonteloon kertynyt rasva on lähes tyystin hävinnyt, samoin maksan glykogeenivarastot ovat pienentyneet. Myös laitospoikasilla smolttiutuminen kuluttaa ravintovarastoja, joskin kulutus jossain määrin kompensoituu ruokinnalla.

Nordgarden ym. (2002) tutkivat rehun sisältämän rasvan ja proteiinin määrän vaikutuksia Atlantin lohen kasvuun ja smolttiutumiseen rasvan määrän vaihdella välillä 24–31 % ja proteiinin määrän välillä 50–58 %. Tutkimuksen mukaan lohien kasvu pikkupoikas- ja joki-poikasvaiheessa oli parempi, kun rehun rasvapitoisuus oli korkea. Sen sijaan smolttiutumisen vaiheessa kasvu oli parempi poikasilla, joita ruokittiin runsaasti proteiinia sisältävällä rehulla. Näillä poikasilla ei myöskään havaittu smolttiutumiseen usein liittyvää kudosten proteiinihä-

vikkiä, joka voi istukkaiden terveyden kannalta olla huomattavasti haitallisempaa kuin rasva-
varastojen väheneminen.

Rehun sisältämän rasvan määrällä ei em. tutkimuksessa havaittu olevan vaikutusta lohien
suolansietokyvyn kehittymiseen. Myös muissa tutkimuksissa on havaittu, että ravinnon ras-
vapitoisuuden lisääminen yli 12 %:n ei paranna lohismolttien laatua (Redell ym. 1988, Berrill
ym. 2004).

4.3. Vaellusvalmius

Tärkeimmät smolttiutumisen ajoittumiseen vaikuttavat tekijät ovat valaistus (rytmi ja jakso-
tus) ja lämpötila (Solbakken ym. 1994, Duncan ja Bromage 1998). Päivän nopea piteneminen
lyhyen päivän jälkeen käynnistää smolttiutumisen edellyttäen, että lyhyen päivän jakso on ol-
lut pitempi kuin yksi kuukausi (Sigholt ym. 1995) ja että veden lämpötila on riittävän korkea.
Viljelykokeissa on havaittu, että myös viljelytiheys ja rehun laatu vaikuttavat smolttiutumis-
kehitykseen (Soivio & Bäckström 1984, Soivio ym. 1985).

Ajanjaksoa, jolloin lohi kykenee sopeutumaan meriveden suolapitoisuuteen eli on vael-
lusvalmis, kutsutaan usein ”smoltti-ikkunaksi”. Viljelyssä ko. ajanjakson ajoittuminen ja pi-
tuus vaihtelevat sekä viljelytekijöiden että vallitsevien ympäristöolosuhteiden mukaan. On to-
dettu, että nopeimmin kasvavat yksilöt smolttiutuvat ensimmäisinä. Lisäksi veden lämpötila
vaikuttaa fysiologisten muutosten nopeuteen (Soivio ym. 1989, Solbakken ym. 1994).

Lohilla ja myös taimenilla tehdyistä tutkimuksista saadut tulokset osoittavat, että ennenaikai-
sesti sukukypsiksi tulleiden poikasten vaellushalukkuus sekä smolttiutumiseen liittyvä suolansie-
tokyvyn kehittyminen ovat usein huomattavasti heikommat kuin ei-kypsillä poikasilla (Fängstam
ym. 1993). On kuitenkin havaintoja siitä, että syksyllä kypsyneistä koiraista isokokoisimmat
smolttiutuvat normaalisti sekä ulkoisesti että fysiologisesti, mutta pienet jäävät jokipoikasvaihee-
seen, mistä ovat merkinä hopeoitumaton suomupeite ja selvästi erottuvat poikaslaikut.

Vaellushaluttomuus sekä puutteellinen vaellusvalmius on oletettu syyksi siihen, että istu-
tuseristä, joissa on ollut runsaasti sukukypsiä koiraita, takaisin saatu saalis on joissain tapauk-
sissa ollut merkittävästi huonompi kuin istutuseristä, joissa sukukypsien koiraiden määrä on
ollut pieni tai niitä ei ole ollut lainkaan (Lundqvist ym. 1994). Istutuksen jälkeistä kuolevuut-
ta saattaa lisätä osaltaan se, että saaliiksi joutumisen riski kasvaa, jos poikaset jäävät pitkäksi
aikaa istutuspaikalle. Ennenaikaisesti kypsyneet koiraat saattavat myös kunnoltaan olla muita
heikompia, koska ne ovat tuhlanneet suuren osan vararavinnostaan sukurauhasten kasvattami-
seen, eivätkä ole ehtineet juurikaan täydentää ravintovarastojaan ennen istutusta.

Vuosina 2004-2006 tutkittujen lohiryhmien istutukset ajoittuivat pääosin huhtikuun lop-
puun ja toukokuun alkupuolelle, jolloin veden lämpötila vaihteli välillä 2-6°C. Osaltaan veden
lämpötilasta johtuen suuri osa tutkituista istukasryhmistä oli istutushetkellä vaellusvalmiudel-
taan keskeneräinen, vaikka smolttiutumismuutoksia olikin jo havaittavissa. Tutkituissa istu-
kasryhmissä jokipoikasväritteisten varhaiskypsien koiraiden osuus oli hyvin pieni.

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että lohilla, joiden kyky ylläpitää suola- ja vesitasaa-
painsa on istutushetkellä ollut heikko, istutuksen jälkeinen eli ns. postsmolttikasvu on ollut
hidasta tai pysähtynyt (Solbakken ym. 1994, Lysfjord ym. 2004). Myös takaisin saatu saalis
sääteilykyvyltään keskeneräisistä poikasista on ollut pienempi kuin istukkaista, joilla suolan-
sieto on ollut hyvä (Virtanen ym. 1991, Staurnes ym. 1993, M. Pasternack, julkaisematon).

On esitetty oletuksia siitä, että lohikantojen ”laitostuminen” olisi heikentänyt viljeltyjen istukkaiden laatua verrattuna lohien luonnonpoikasiin. Handeland ym. (2003) vertasivat laitosmädistä ja villistä mädistä tuotettujen poikasten vaellusvalmiuskehitystä sekä postsmoltikuolleisuutta. Eri alkuperää olleiden poikasten välillä havaittiin eroja siten, että laitospoikasten suolansietokyky oli heikompi ja kuolleisuus etenkin isokokoisilla poikasilla mereen siirron jälkeen suurempi kuin villistä mädistä tuotetuilla poikasilla. Myös jokipoikasvaiheeseen palautumisen on havaittu olevan nopeampaa viljellyillä smolteilla kuin luonnonsmolteilla (Strand 2000).

5. Yhteenveto

- Työssä tutkittiin RKTL:n sopimuskasvatuksessa tuotettujen nevanlohen vaelluspoikasten ulkoista kuntoa, ravitsemustilaa ja vaellusvalmiutta istutusaikaan keväällä 2004–2006. Poikasia tutkittiin keväällä 2004 yhdeksällä, keväällä 2005 seitsemällä ja keväällä 2006 kuudella laitoksella. Työn tarkoituksena oli arvioida, ovatko lohien vaelluspoikaset laadultaan suositusten mukaisia.
- Ulkoisen kunnan indikaattoreista selkävän kunto oli suurimmalla osalla istukkaista heikko. Kulumien lisäksi evissä oli havaittavissa tulehduksen merkkejä, poikkeuksena laitosten D ja E istukkaat, joilla kumat olivat arpeutuneet. Selkävältään keskimääräistä parempikuntoisia olivat laitosten E, G, H ja K lohet.
- Vararavinnon, etenkin rasvan määrä oli suurimmalla osalla istukasryhmistä huomattavan korkea suositeltuihin vähimmäisarvoihin tai luonnon vaelluspoikasiin verrattuna. Myös keskimääräinen kuntokerroin oli korkea ja yksittäisiä istukasryhmiä lukuun ottamatta korkeampi kuin 1980- tai 1990-luvuilla tutkituilla nevanlohilla keskimäärin. Muutosten keskeinen selittäjä lienee rehujen energiapitoisuuden kasvu, joskin ravitsemustilaan vaikuttavat myös mm. laitoskohtaiset ruokintakäytännöt
- Vaellusvalmiutta kuvaavien suolatestiarvojen perusteella eri istukasryhmien vaellusvalmiudessa oli eroja sekä laitosten välillä että samalla laitoksella eri vuosina tutkittujen istukasryhmien välillä. Nämä erot selittynevät osaksi istutuksen erilaisella ajoittumisella suhteessa vaellusvalmiuden kehittymiseen.
- Suolatestiarvojen perusteella täysin tai lähes vaellusvalmiiksi voitiin keväällä 2004 luokitella laitosten F, G, H ja K istukkaat (tutkittuja laitoksia 9) ja keväällä 2005 laitoksen H istukkaat (7 laitosta). Sen sijaan keväällä 2006 lohien smolttiutumisen oli tutkimushetkellä osittain keskeneräinen kaikissa tutkituissa istukasryhmissä (6 laitosta). Ryhmäkohtaisesti niiden lohi-istukkaiden määrä, joilla smoltille ominainen suoalojen erityiskyky oli täysin kehittynyt, vaihteli keväällä 2006 välillä 5–25 %.

6. Suosituksia

6.1. Selkäevän kunto

Nevanlohien selkäevän kunto on ollut heikohko sekä aikaisemmissa tutkimuksissa että nyt vuosina 2004–2006. Nevanlohien samoin kuin ii- ja tornionjoenlohien merkintäryhmistä saadut tulokset osoittavat, että selkäevän kunnolla on jossain määrin vaikutusta takaisin saatuun saaliiseen, ja että selkäevän kuluma-asteelle suositettu enimmäisarvo 2 (asteikolla 0–4) on oikean suuntainen. Selkäevän kuten myös muiden evien vaurioastetta tarkasteltaessa tulisi jatkossa ehkä enemmän arvioida evien kuntoa sillä perusteella, onko evässä havaittavissa tulehdusta vai onko kuluma arpeutunut.

Selkäevävaurioiden syntyyn vaikuttavat monet tekijät, ja niiltä on vaikea täysin välttyä viljelyolosuhteissa. Viljelytiheydellä on kuitenkin osoitettu olevan selvä yhteys selkäevän kuntoon, mistä syystä kasvatusta ”ylitiheissä” parvissa tulisi välttää.

6.2. Kuntokerroin ja rasvapitoisuus

Vuosina 2004–2006 tutkittujen, normaalirehulla ruokittujen 2-vuotiaiden nevanlohi-istukkaiden keskimääräinen vuosittainen kuntokerroin vaihteli välillä 0,917–0,972 ja oli 12–15 % korkeampi kuin -80-luvun alkupuolen keskimääräinen kuntokerroin (0,817). Vuosina 1981–1984 tutkittujen, hyvän palautustuloksen (204–690 kg/1000) antaneiden merkintäryhmien keskimääräinen kuntokerroin oli 0,793. Myös nyt tutkittujen istukkaiden keskimääräinen rasvapitoisuus (7,7–8,5 %) oli korkeampi kuin 1980-luvun alussa, jolloin rasvapitoisuus oli keskimäärin 5,7 % ja hyvän palautustuloksen antaneissa istukasryhmissä keskimäärin 7,6 %.

Tätä taustaa vasten tarkasteltuna samoin kuin luonnonpoikasista (Simojoki) kerättyyn aineistoon perustuen tulisi harkita suosituksen antamista vähimmäisarvon lisäksi myös kuntokertoimen ja rasvapitoisuuden enimmäisarvoiksi. Optimaalinen kuntokertoimen taso nykyrehuilla ruokittaessa saattaisi olla välillä 0,85–0,90 ja suositettu enimmäisarvo 0,95.

Istukkaiden rasvapitoisuudelle suositeltava taso saattaisi olla 6–8 %, joka edelleenkin olisi 2–2,5-kertainen suositettuun vähimmäispitoisuuteen (3 %) verrattuna. Korkea istutushetken rasvapitoisuus (> 10 %) on useiden vuosien havaintojen perusteella epätyypillistä vaellusvalmiille istukkaalle eikä näin ollen ole suositeltavaa.

Koska rehujen energiasisältö on kasvanut vuosien myötä, em. suositusarvoihin pääseminen edellyttää mahdollisesti muutoksia ruokinnassa, jolloin kuitenkin tulee varmistaa, että esim. hivenaineiden saanti pysyy suosituksen mukaisena. Samalla on huomioitava myös muut laitoksella vallitsevat viljelyolosuhteet ja viljelyrutiinit.

6.3. Vaellusvalmius

Smolttiutumiseen liittyvät fysiologiset mekanismit alkavat aktivoitua keväällä silloin, kun kala aistii valojaksossa tapahtuvan muutoksen, eli kun päivä pitenee. Em. muutokset käynnistyvät 1–2 kk ennen kuin veden lämpötila nousee. Lämpötilan nousu lopullisesti viimeistelee smolttiutumisen, ja vaellusvalmiushuippu saavutetaan useimmiten n. 10 °C:ssa.

Osalla tutkituista nevanlohiryhmistä vaellusvalmiuden keskeneräisyys johtui todennäköisesti ainakin osaksi istutusajankohdan aikaisuudesta ja alhaisesta veden lämpötilasta. Kuitenkaan ei voida täysin sulkea pois mahdollisia viljelytekijöiden vaikutuksia vaellusvalmiuden kehittymiseen. On mm. havaittu, että suurissa viljelytiheyksissä smolttiutuminen hidastuu tai jopa estyy kokonaan.

Koska vaellusvalmiudella on havaittu olevan merkitsevä vaikutus istukkaista takaisin saatuun saaliiseen, tulisi istutusajankohta ajoittaa niin, että poikaset ovat istutushetkellä vaellusvalmiita tai lähes vaellusvalmiita, eli suolatestiarvot ovat annettujen suositusten mukaisia (Maa- ja metsätalousministeriö 2004). Toisaalta silloin, kun veden lämpötila on istutuspaiikalla nopeasti nouseva, on todennäköistä, että istukkaat, joilla vaellusvalmius on vain osittain keskeneräinen, saavuttavat smolttiutumishuipun istutuksen jälkeen ajoissa. Epäedullisinta istukkaan menestymisen kannalta on istutuksen ajoittuminen smolttiutumishuipun jälkeen, jolloin palautuminen jokipoikasvaiheeseen on alkanut.

Kirjallisuus

- Barrows, F.T. & Lellis, W.A. 1999. The effect of dietary protein and lipid source on dorsal fin erosion in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 180: 167–175.
- Berrill, I.K., Porter, M.J.R. & Bromage, N.R. 2004. The influence of dietary lipid inclusion and daily ration on growth and smoltification in 1+ Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *Aquaculture* 242: 513–528.
- Duncan, N.J. & Bromage, N. 1998. The effect of different periods of constant short days on smoltification in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 168: 369–386.
- Eskelinen U., Soivio A., Koskela J., Virtanen E., 1988. Evät lopussa – miten käy lohen? *Suomen Kalastuslehti*, 105: 14–17.
- Fängstam, H., Berglund, I., Sjöberg, M. & Lundqvist, H. 1993. Effect of size and early sexual maturity on downstream migration during smolting in Balting salmon (*Salmo salar*). *Journal of Fish Biology*. 43, 517–529.
- Handeland, S.O., Björnsson B.Th., Arnesen, A.M. & Stefansson, S.O. 2003. Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains. *Aquaculture* 220: 367–384.
- Harris, R.C., Hultman, E. & Nordsjö, L.D. 1974. Glycogen, glycolytic intermediates and high-energy phosphates determined in biology samples of musculus quadriceps femoris in man at rest. Methods and variance of values. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigations* 33: 109–120.
- Herbinger C.M., Friars G.W. 1991. Correlation between condition factor and total lipid content in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *Aquaculture and Fisheries Management* 22: 527–529.
- Lundqvist, H., McKinnel, S., Fängstam, H. & Berglund, I. 1994. The effect of time, size and sex on recapture rates and yield after river releases of salmon smolts. *Aquaculture* 121: 245–257.
- Lysfjord G., Jobling M., Solberg C. 2004. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt production strategy affects body composition and early seawater growth. *Aquaculture* 237: 191–205.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2004. Kalaistutusten kehittämistyöryhmän muistio. MMM 2004:6. Maa- ja metsätalousministeriö. 109 s.
- Nikinmaa, M. 1981. Respiratory adjustments of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) to changes in environmental temperature and oxygen availability. Ph.D Thesis. Helsingin yliopisto, eläintieteen laitos, fysiologian osasto. 56 s.
- Nordgarden, U., Hemre, G-I. & Hansen, T. 2002. Growth and body composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr and smolt fed diets varying protein and lipid contents. *Aquaculture* 207: 65–78.

- Redell, L.A., Rottiers, D.V., Lemm, C.A. 1988. Lack of dietary effects on the timing of smoltification in Atlantic salmon. *Progressive Fish-Culturists* 50: 7-10.
- Salminen, M., Kummu, P., Pasanen, P. & Ikonen, E. 2004. Arvokalojen sopimuskasvatustoiminta 2004 – 2010. *Kala- ja riistaraportteja* 311. 53 s.
- Sigholt, T., Staurnes, M., Jakobsen, H.J. & Åsgård, T. 1995. Effects of continuous light and short-day photoperiod on smolting, seawater survival and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 130: 373–388.
- Simpson, A.L., Metcalfe, N.B., Thorpe, J.E. 1992. A simple non-destructive biometric method for estimating fat levels in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. *Aquaculture and Fisheries Management* 23: 23–29.
- Soivio, A. & Bäckström, M. 1984. Effects of three commercial fish foods on the quality and degree of smoltification in release salmon (*Salmo salar*). - International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish 10.-13.7.1984, Aberdeen, abstract.
- Soivio, A., Virtanen, E., Bäckström, M., Söderholm-Tana, L. & Forsman, L. 1985. Lohi-istukkaiden kunnan ja vaellusvalmiuden seuranta, osaprojektin 1302 loppuraportti. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 24 s.
- Soivio, A., Muona, M. & Virtanen, E. 1989. Temperature and daylength as regulators of smolting in cultured Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 82: 137–145.
- Solbakken, V.A., Hansen, T. & Stefansson, S.O. 1994. Effects of photoperiod and temperature on growth and parr-smolt transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and subsequent performance in seawater. *Aquaculture* 121: 13–27.
- Sopimuskasvatustyöryhmä 1993. Lohen ja meritaimenen sopimuskasvatus ja istutukset.. *Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar* 66. 76 s.
- Staurnes, M., Lysfjord, G., Hansen, L.P. & Heggberget, T.G. 1993. Recapture rates of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) related to smolt development and time of release. *Aquaculture* 118: 327–337.
- Strand, J.E.T. 2000. Smoltifisering hjå oppdrettslaks og fyrste generasjon avkom etter villaks ved låg og høg ferskvasstemperatur. Cand. scient. thesis, University of Tromsø, Norway
- Vehanen, T., Aspi, J., Pasanen, P. 1993. The effect of size, fin erosion, body silvering and precocious maturation on recaptures in Carlin-tagged Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *Annales Zoologici Fennici* 30: 277–285.
- Virtanen, E. 1988. Smolting and osmoregulation of Baltic salmon *Salmo salar* L., in fresh and brackish water. Ph.D Thesis. Helsingin yliopisto, eläintieteen laitos, fysiologian osasto. 65 s.
- Virtanen, E., Söderholm-Tana, L., Soivio, A., Forsman, L. & Muona, M. 1991. Effect of physiological condition and smoltification status at smolt release on subsequent catches of adult salmon. *Aquaculture* 97: 231–257.
- Winfree, R.A., Kindschi, G.A. & Shaw, H.T. 1998. Elevated water temperature, crowding, and food deprivation accelerate fin erosion in juvenile steelhead. *Progressive Fish-Culturist* 60: 192–199.



JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0205 7511, faksi 0205 751 201

www.rktl.fi