



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

# Kirjoloheen kutukypsyyden säätö ruokakalan tuotannossa (KutuSää)

LOPPURAPORTTI

26.9.2006

Susanna Airaksinen ja Kari Ruohonen

---

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>HANKENUMERO</b>        | 234210  |
| <b>HANKKEEN KESTO</b>     | 1.1.2003-30.6.2006  |
| <b>TILAAJA</b>            | Suomen Kalankasvattajaliitto ry.<br>Cygnaeuksenkatu 5 A 3<br>40100 Jyväskylä  |
| <b>RAHOITTAJAT</b>        | Varsinais-Suomen TE-keskus (KOR)<br>Ålands Landskapsstyrelse (KOR)  |
| <b>TUTKIMUKSEN TEKIJÄ</b> | Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos<br>Elinkeino- ja yhteiskuntatutkimus   |
| <b>Yhteyshenkilö</b>      | Tutkimusprofessori Kari Ruohonen<br>Turun riistan- ja kalantutkimus,<br>Itäinen Pitkäkatu 3, 20540 Turku<br>puh:0205 751681, sähköposti: <a href="mailto:kari.ruohonen@rktl.fi">kari.ruohonen@rktl.fi</a> |

---



---

## Sisällysluettelo

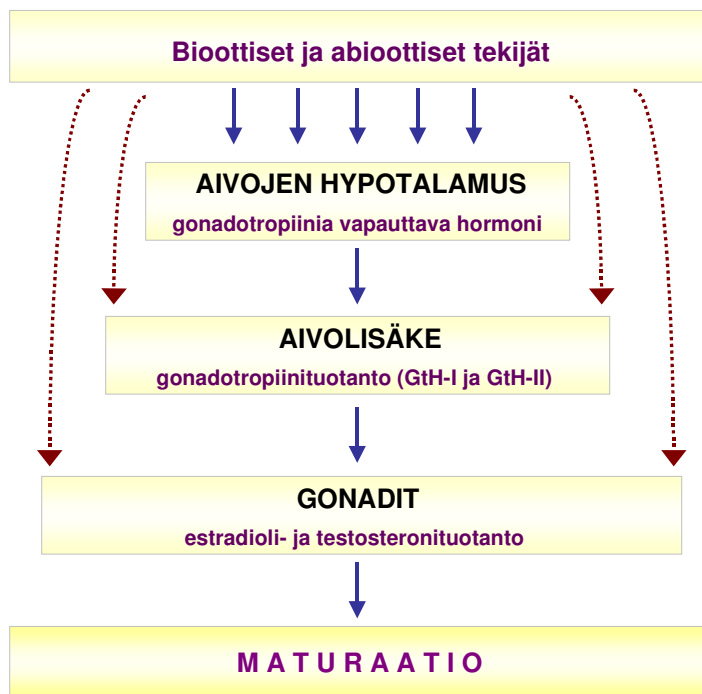
|   |    |
|---|----|
| Johdanto.....   | 1  |
| Kirjoloheen lisääntymiskierto .....                                   | 1  |
| Aikaikkuna-hypoteesi.....   | 2  |
| Valojakson hyödyntäminen kalankasvatuksessa .....                     | 3  |
| Kutusää-hankkeen koeasetelmat ja tavoitteet.....                      | 3  |
| Tulokset .....  | 4  |
| Sukukypsyvien ja martojen kalojen osuudet valokäsittelyryhmissä ..... | 4  |
| Sukukypsytymisen ajoittuminen valokäsittelyjen vaikutuksesta.....     | 4  |
| Valojen vaikutus kalojen kasvuun.....                                 | 5  |
| Valojen vaikutus kalojen laatuominaisuuksiin .....                    | 6  |
| Johtopäätökset .....  | 10 |

---

# Johdanto

## Kirjoloihen lisääntymiskierto

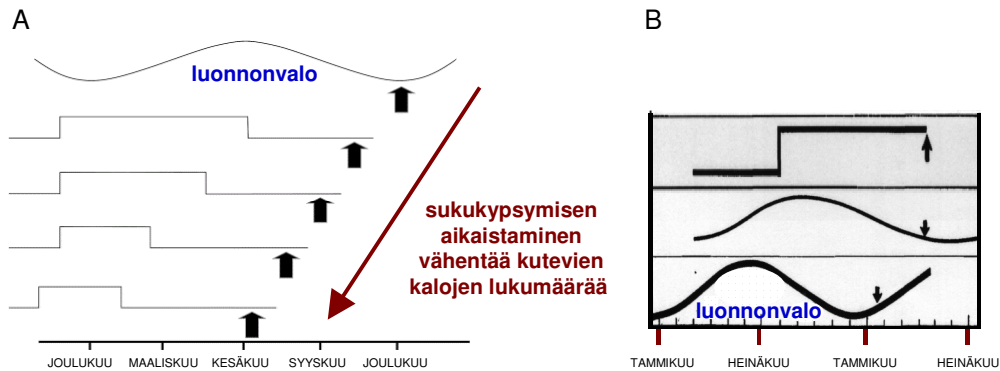
Muiden eläinten tapaan myös kalojen sukukypsymistä säätelevät hypotalamus-aivolisäke-sukurauhaset -akselin mekanismit, joiden toimintaan vaikuttaa joukko biottisia ja abiottisia tekijöitä (kuva 1). Tällä akselilla ympäristötekijöiden, kuten lämpötila ja valo, sekä hormonien, kuten leptiini, erilaiset kasvutekijät, kortisoli, tyroksiini sekä kasvuhormoni, aiheuttamat signaalit kohtaavat ja viestittävät kalalle millainen sen elimistön tila ja energiatase kullakin hetkellä on ja vastaako se ympäristön vaateita.



Kuva 1. Sukukypsyyden säätely ja siihen osallistuvat keskeiset hormonit ja niitä erittävät elimet.

Kirjolohi lisääntyy luonnonolosuhteissa kausittaisesti. Kala kykenee kuitenkin ylläpitämään lisääntymisen syklisyyttä myös olosuhteiden pysyessä vakiona esimerkiksi valon, lämpötilan ja ravinnon suhteen. Tällä perusteella kalan lisääntymisen sanotaan olevan sisäisen biologisen kellon rytmittämää. Kello on kuitenkin herkkä valojaksolle, jolloin sen kulkua voidaan valokäsittelyin joko edistää tai hidastaa (kuva 2). Biologisen sisäisen kellon vaikutuksesta sama valokäsittely eri vuodenaikoina annettuna saa aikaan erilaisia vasteita. Kalan elimistö tulkitsee pitkät päivät vuoden alkupuoliskolla merkiksi siitä, että sisäinen kello on jäljessä, kun taas lyhyiden päivien jatkuminen vuoden vaihteen jälkeen tai toisaalta pitkien päivien jatkuminen kesäpäivän seisauksen jälkeen tulkitaan kellon edistämiseksi. Korjaavat

toimenpiteet johtavat täten ensimmäisessä tapauksessa kutuajan aikaistumiseen ja jälkimmäisessä tapauksessa sen viivästymiseen.



**Kuva 2. Valojakson vaikutus kirjoloihen kutuajanaan Englannissa ja kutevien kalojen osuuteen parvessa. A)** Kutukypsyyden aikaistuminen pimeään vuodenaikaan ajoitetulla valokäsittelyllä. Mitä enemmän kutuajana on aikaistunut, sitä pienempi osuus kaloista matoituu (punainen nuoli; Randall, C.F., Bromage, N., Duston, J. & Symes, J. 1998: Photoperiod-induced phase-shifts of the endogenous clock controlling reproduction in the rainbow trout: a circannual phase-response curve. *Journal of reproduction and fertility* **112**, 399-405). **B)** Kutukypsyyden viivästyminen valoisaan vuodenaikaan ajoitetulla valokäsittelyllä (ylin käyrä) tai hidastetulla valojaksolla (keskimmäinen käyrä; Bromage, N.R., Elliott, J.A.K., Springate, J.R.C. & Whitehead, C. 1984: The effects of constant photoperiods on the timing of spawning in the rainbow trout. *Aquaculture* **43**, 213-223). Ylin (kuvassa A) ja alin (kuvassa B) käyrä kuvaavat luonnonvalojakson syklistyyttä kontrolliryhmässä. Muissa käsittelyryhmissä käyrän ylätasoa kuvaa jaksoa, jolloin valot ovat päällä ja alatasoa jaksoa, jolloin valot ovat pois päältä. Musta nuolet osoittavat kutuajankohdan kussakin valokäsittelyryhmässä.

### Aikaikkuna-hypoteesi

Kalan lisääntymiskierto on prosessi, jonka on arvioitu useiden tutkimusten perusteella kestävän yli vuoden ja toista kertaa kutevilla kaloillakin lähes vuoden. Täten päätös lisääntymisestä on tehtävä varhaisessa vaiheessa. Aikaikkunahypoteesin mukaan tietyllä lisääntymiskierron hetkellä ”ikkuna” kutukypsytyspäätökselle on avoinna ja kypsyntymisprosessi käynnistyy, mikäli vaaditut edellytykset, kuten kriittinen koko, kehityksen taso ja/tai riittävä energiavaranto tuolloin täyttyvät. Edellytysten täyttyminen muuna hetkenä ei käynnistä kehitystä, vaan ikkuna pysyy suljettuna.

## Valojakson hyödyntäminen kalankasvatuksessa

Valokäsittelyillä pyrittiin alunperin ympärivuotiseen poikastuotannon turvaamiseen kalankasvatuksessa. Myöhemmin kiinnostus valokäsittelyihin on perustunut teuraskokoisen kalan laadun parantamiseen. Viivästämillä tai muuten ajoittamalla sukukypsymisprosessia halutulla tavalla voidaan tuottaa martoa tai sukukypsyvää kalaa, joka ei ole vielä sukukypsyyden mukanaan tuomien ominaisuuksien vuoksi laadullisesti heikentynyttä.

### Kutusää-hankkeen koeasetelmat ja tavoitteet

Kutusää-hankkeessa vedenalaisin lampuin toteutettujen valokäsittelyjen merkitystä tutkittiin merikasseissa kasvatetulla kirjolohella. Tavoitteena oli selvittää valokäsittelyjen vaikutusta sukukypsymiseen sekä teuraskokoisen kalan laatuun Suomen olosuhteissa. Kunkin osakokeen (I-III) pääasialliset tavoitteet ja koeasetelmat on kuvattu seuraavassa:

**Kutusää I** **Kutukypsyyden viivästyttämiskoe, jonka tavoitteena oli tutkia valokäsittelyn toimivuus sukukypsymisen viivästyttämisessä sekä löytää tehokas päivittäinen valojakso.** Ositetun 2<sup>3</sup>-faktoriaalin mukaisesti muuttujina olivat valokäsittelyn aloitusajankohta (0, 2 tai 4 kk kesäpäivän tasauksesta), kesto (0, 2, 4 tai 6 kk) ja päivän pituus (18, 21, 24 tuntia/vrk tai NL, luonnonvalo). Kalojen keskipaino kokeen alussa oli noin 610 g (Forsman,A., Airaksinen, S., Aro, T., Norrdahl, O., Riihimäki, J.,Vaajala, M., Ruohonen, K. 2004: Kirjolohen kutukypsyyden säätö ruokakalatuotannossa (KutuSää) - Ensimmäinen osakoe. *Kala- ja riistaraportteja 344*).

**Kutusää II** **Kutukypsyyden viivästyttämiskoe, jonka tavoitteena oli tutkia viivästymisen tehokkuutta sekä sen vaikutuksia lihaksen ja mädin laatuun.** Muuttujana oli valokäsittelyn kesto (0, 3, 6, 9 tai 11 kk kesäpäivän tasauksesta). Kalojen keskipaino kokeen alussa oli noin 550 g (Forsman,A., Airaksinen, S., Aro, T., Norrdahl, O., Riihimäki, J.,Vaajala, M., Ruohonen, K. 2006: Kirjolohen kutukypsyyden säätö ruokakalatuotannossa (KutuSää) - Toinen osakoe. *Kala- ja riistaraportteja 381*).

**Kutusää III** **Kutukypsymisen siirtokoe, jonka tavoitteena oli lisääntymiskierron alkupuolelle ajoitetun valokäsittelyn avulla aikaistaa sukukypsymistä osassa parvea osan kaloista siirtäessä sukukypsymisensä seuraavaan vuoteen.** Muuttujana oli valokäsittelyn kesto (0, 1, 2, 3, 4 tai 5 kk vuodenvaihteesta). Kalojen keskipaino kokeen alussa oli noin 400 g (Airaksinen,S. Forsman,A., Norrdahl, O., Riihimäki, J.,Vaajala, M., Ruohonen, K. 2006: Kirjolohen kutukypsyyden säätö ruokakalantuotannossa (KutuSää). Kolmas osakoe. *Kala- ja riistaraportteja 388*).

# Tulokset

Tässä loppuraportissa on esitelty lyhyesti hankkeen keskeisimmät ja merkittävimmät tulokset. Kunkin osakokeen tulokset yksityiskohtineen on esitetty erillisissä raporteissa RKTL:n Kala- ja -riistaraportteja -sarjassa (<http://www.rktl.fi/julkaisut/>).

## Sukukypsyvien ja martojen kalojen osuudet valokäsittelyryhmissä

Odotusten mukaisesti valokäsittelyt eivät vaikuttaneet sukukypsyvien kalojen osuuteen I- ja II-osakokeessa, joissa käsittelyt toteutettiin lisääntymiskierron loppupuolella. Sen sijaan sukukypsyvien kalojen osuuden oletettiin III-osakokeessa laskevan aikaistuvan kutukypsyuden seurauksena. Koeolosuhteissa sukukypsyvien kirjolohien osuuksiin ei kuitenkaan pystytty vaikuttamaan syistä, joita tämän tutkimuksen perusteella ei tunneta. Suurin osa kaloista jäi marroiksi sekä luonnonvalo- että valokäsittelyryhmissä eikä ryhmien välillä havaittu eroa sukukypsien ja martojen kalojen osuuksissa. Alhainen sukukypsymisprosentti III:ssa osakokeessa, myös luonnonvalokaloilla, viittaa siihen, että valokäsittelyistä riippumattomat sukukypsymisen edellytykset eivät tämän osakokeen kalaparvella vielä täytyneet (taulukko 1).

**Taulukko 1. Martojen kalojen prosenttiosuudet kalaparvissa kokeiden lopussa.**

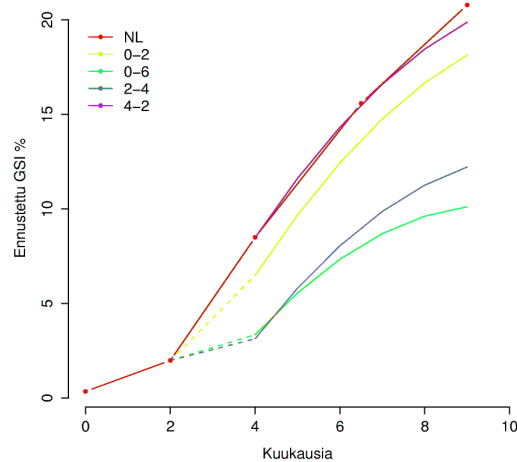
|                                     | KutuSää I | KutuSää II | KutuSää III |
|-------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| Martojen kalojen osuus kaloista (%) | 15.8      | 39.1       | 70.2        |

## Sukukypsymisen ajoittuminen valokäsittelyjen vaikutuksesta

Kutukypsymisen viivästyminen havaittiin tarkasteltaessa kalojen gonadosomaattista indeksiä (GSI %; gonadien paino suhteutettuna kalan painoon; kuva 3) ja mätimunän halkaisijaa. Kutukypsyuden viivästyminen lisääntymiskauden aikana onnistui parhaiten, kun valokäsittelyt aloitettiin keskikesällä. Joulun saakka kestänyt valokäsittely oli tehokkain viivästyttäjä, mutta vielä elokuussa aloitetulla valokäsittelyllä saavutettiin merkittävä ero suhteessa luonnonvalokaloihin. Sen sijaan lokakuussa valojen sytyttäminen ei enää mainittavasti viivästyttänyt kypsymistä eikä käytetyllä päivänpituudella ollut merkitystä, vaan testatut vuorokausirytmät 18 valoisasta tunnista jatkuvaan valoon toimivat yhtäläisesti. Myöskään valokäsittelyn jatkaminen vuodenvaihteen yli ei tehostanut viivästyistä merkittävästi eikä sillä käytännössä saavutettaisi lisäetua kalan pääasiallisen kysynnän keskittyessä

joulunalusaikaan. Muutokset kutukypsytysajoissa havaittiin myös fysiologisenä muutoksena veren hormonipiikkien siirtyessä vastaavasti estradioli- ja testosteronitasoja mitattaessa.

Osakokeessa III kutukypsyyden aikaistaminen osassa ja samanaikainen siirtäminen toisessa osassa parvea ei onnistunut odotusten mukaisesti. Kaloilla, jotka kypsyivät kokeen aikana (noin 30 %:a kaikista kaloista) GSI-arvot olivat samansuuruiset käsittelystä riippumatta, joten kutukypsytymisen aikaistumista ei ollut havaittavissa. Tosin sukukypsyvien kalojen GSI-arvot olivat joulukuussa lähellä 15 %:a, mikä lähenee aiemmissa kokeissa mitattuja GSI:n maksimiarvoja ja siten heikentää vaikutuksen tulkintaa. Toisaalta mitään aikaistumiseen viittaavaa ei havaittu myöskään lokakuussa, jolloin GSI-arvot olivat vielä selkeästi maksimitasoa alhaisemmat.

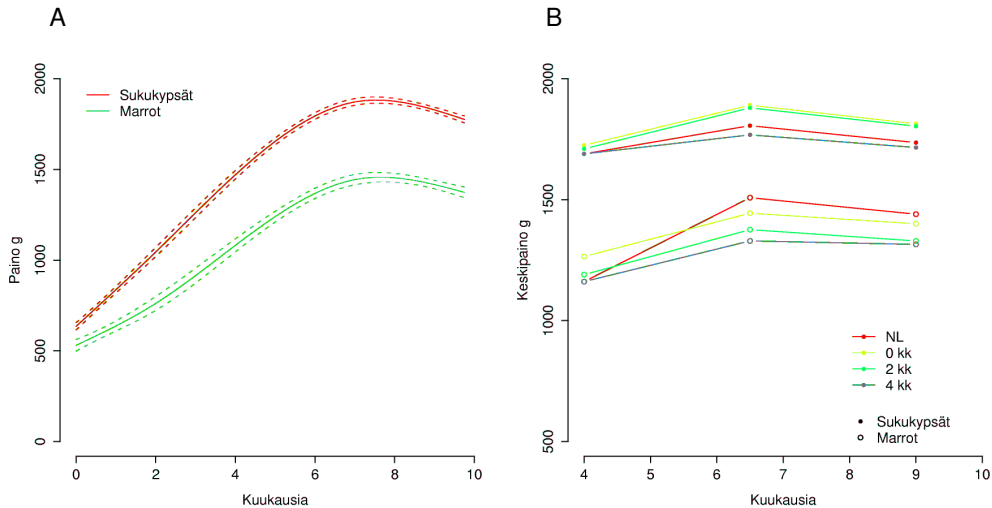


**Kuva 3. Gonadosomaattisen indeksin ennuste eri valokäsittelyissä (Kutusää I).** Valokäsittelyt ovat NL (luonnonvalo), 0-2 (valot sytytetty kesäkuussa, päällä 2 kk), 0-6 (valot sytytetty kesäkuussa, päällä 6 kk), 2-4 (valot sytytetty elokuussa, päällä 4 kk) ja 4-2 (valot sytytetty lokakuussa, päällä 2 kk). Kuvassa x-akselilla on kuukaudet juhannuksesta (0 kk) lukien.

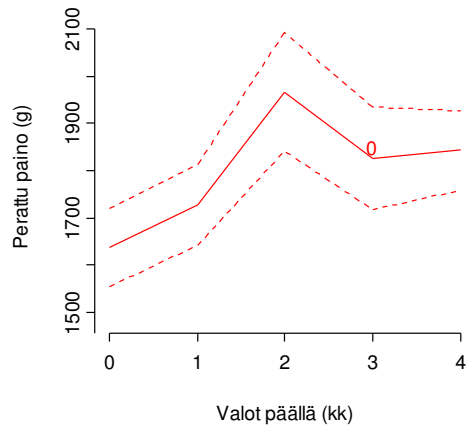
### Valojen vaikutus kalojen kasvuun

Osakokeessa I kypsyvät kalat kasvoivat kasvukauden aikana martoja kaloja nopeammin (kuva 4A) ja kasvu oli nopeinta ryhmissä, joissa valokäsittelyt olivat alkaneet aikaisemmin (kuva 4B). Ero kasvussa oli suurempi kuin pelkästä mädistä aiheutuva lisäkasvu. Sukukypsytymisen myötä steroidihormonien tuotanto lisääntyy, mikä parantaa kasvua sukukypsyillä kaloilla ja ilmeisesti tätä vaikutusta pystyttiin valokäsittelyin edelleen tehostamaan. Martojen kalojen kasvuun valokäsittelyt tässä vaiheessa vuotta vaikuttivat pikemminkin negatiivisesti (kuva 4B, avonaiset ympyrät). Osakokeessa II tulokset olivat samansuuntaisia, joskaan aineistoa ei pystytty ruokinnassa ilmenneiden ongelmien vuoksi samoin analysoimaan. Sen sijaan lisääntymiskierron alkupuolella toteutetut valokäsittelyt osakokeessa III näyttivät lyhintä valokäsittelyä (1 kk) lukuunottamatta parantavan

nimenomaan martojen kalojen kasvua (kuva 5). Täten valokäsittelyn ajankohtaa suunniteltaessa on tärkeä huomioida kalojen erilainen herkkyys valokäsittelyille lisääntymiskierron eri vaiheissa toivottujen tulosten saavuttamiseksi.



**Kuva 4. Kalojen kasvu osakokeessa Kutusää I.** Sukukypsien ja martojen näytekalojen kasvukäyrät kokeen ajalta (A). Katkoviivat rajaavat keskipainon 95 %:n luottamusvälin. Kalojen keskipainojen kehitys neljänneltä koekuukaudelta kokeen loppuun valokäsittelyn aloitusajankohdan (0 kk, 2 kk, 4 kk) mukaan järjestettynä (B). Luonnonvalokat (NL) olivat ilman valokäsittelyä. Kypsyvien ja martojen kalojen keskipainot on esitetty erikseen.



**Kuva 5. Martojen kalojen paino (0) Kutusää III -kokeen lopussa eri valokäsittelyryhmissä (Valot päällä 1, 2, 3 tai 4 kuukautta).** Luonnonvalokat eivät saaneet valokäsittelyä (Valot päällä 0 kuukautta). Katkoviivat rajaavat ennusteen 95 %:n luottamusvälin.

### Valojen vaikutus kalojen laatuominaisuuksiin

Laadullisia ominaisuuksia tarkasteltiin suhteessa valokäsittelyyn, GSI:hin sekä näytteenottoajankohtaan. Tarkoituksena oli eritellä valokäsittelystä, sukukypsyyssasteesta sekä vuodenajasta tai edellä mainituista tekijöistä yhteisesti johtuvat vaikutukset kalan

laatuun. Tutkittavina muuttujina olivat 1) tuotannolliset ominaisuudet, kuten fileesaanto ja kylkilihaksen paksuus sekä 2) laadulliset ominaisuudet, kuten lihan ja mädin koostumus, väri ja rakenne sekä lihan ja mädin aistinvaraisesti arvioidut ominaisuudet (VTT).

### **1) Tuotannolliset ominaisuudet**

Eröt tuotannollisissa ominaisuuksissa (fileesaanto ja kyljen paksuus) sukukypsien ja martojen kalojen välillä korostuvat vuodenvaihteen jälkeen. Tällöin martokalat pystyvät ylläpitämään sukukypsyviä kaloja paremmin kyljen paksuutta, vaikka talven eteneminen johtaakin kylkien ohenemiseen molemmissa ryhmissä (Kutusää I ja II). Myös fileesaantoa ylläpidetään suhteellisen hyvin aina maaliskuulle saakka, jonka jälkeen saannot alenevat molemmissa ryhmissä ja sukukypsyvien kalojen saannot romahtavat suhteessa martoihin kaloihin. Sukukypsysteesta riippumattomia valovaikutuksia edellä mainittuihin tuotannollisiin ominaisuuksiin ei havaittu.

Talvella annetut valokäsittelyt kiihdyttivät martokalojen kasvua (Kutusää III), minkä kanssa yhtäpitävästi valokäsittelyryhmissä martojen kalojen kyljet olivat huomattavasti paksumpia kuin sukukypsillä kaloilla. Fileesaannot olivat martokaloilla sukukypsyä kaloja suurempia valokäsittelystä riippumattomasti eikä valokäsittelyvaikutusta havaittu. Fileesaannon ja kyljen paksuuden välillä osoitettiin korrelaatio osakokeessa II, mutta merkittävä valokäsittelyn vaikutus havaittiin osakokeessa III ainostaan toisen mittarin, kyljen paksuuden, kohdalla.

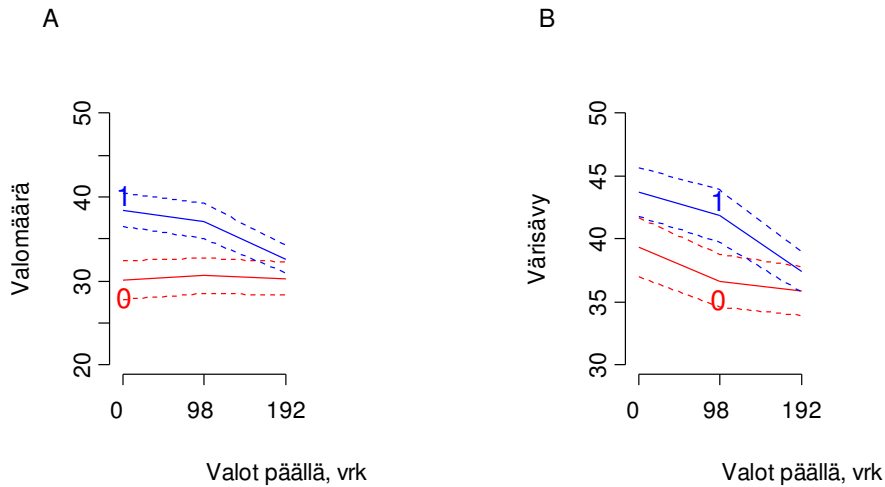
### **2) Laadulliset ominaisuudet**

*Rakenne* Lihaksella oli taipumus kiinteytyä kalan kutukypsyyden myötä ja toisaalta pehmentyä talven edetessä. Maalis- ja toukokuussa martojen kalojen lihas oli täten pehmentynyt suhteessa aiempiin mittauksiin joulukuussa kiinteyden pysyessä kutukypsillä kaloilla samana (Kutusää I ja II). Valokäsittelyillä ei ollut merkittäviä vaikutuksia lihaksen kiinteyteen.

*Väri* Tummaa punaista väriä pidetään hyvän ja laadukkaan kirjolohituotteen yhtenä näkyvänä tunnusmerkkinä. Sukukypsymisen myötä kala siirtää punaista väriainetta, astaksantiinia, lihaksesta mätiin ja lihas vaalenee. Tämä havaittiin erona martojen ja sukukypsien kalojen lihaksen valomäärässä ja punaisuudessa (kuva 6). Lisäksi, kun kalojen sukukypsymistä viivästettiin valokäsittelyillä säilyi lihas tummempana ja punaisempaan pidempään (kevättalvelle) ja oli siten lähempänä martokalan väriä samaan vuodenaikaan mitattuna.

*Koostumus* Pääosa kalan lihaksen myytävästä materiaalista on ns. valkeaa lihasta. Tämän osan raakakoostumus eli rasva- proteiini- ja kuiva-ainepitoisuus ei muuttunut valokäsittelyjen vaikutuksesta (Kutusää I). Marrot kalat pystyivät kuitenkin sukukypsyä kaloja paremmin ylläpitämään ja jopa kasvattamaan fileen rasvapitoisuutta sekä valkean lihaksen proteiinipitoisuutta aina kevättalvelle saakka. Osakokeessa III valokäsittelyistä johtuvia

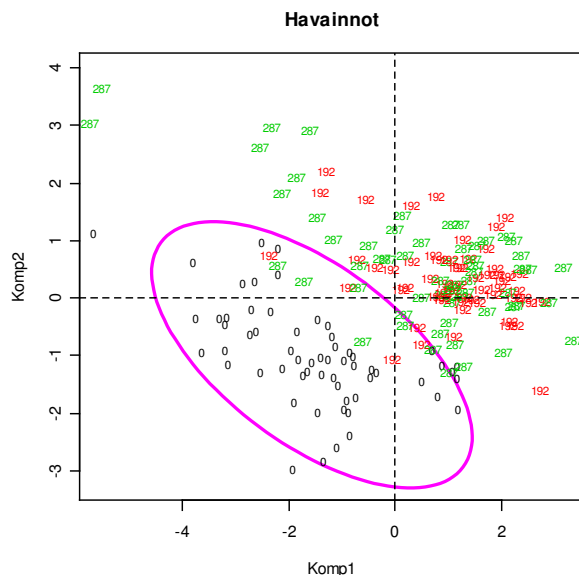
laadullisia muutoksia ei juurikaan havaittu. Erot sukukypsien ja martojen kalojen välillä vastasivat aiemmin osakokeissa I ja II havaittuja eroja.



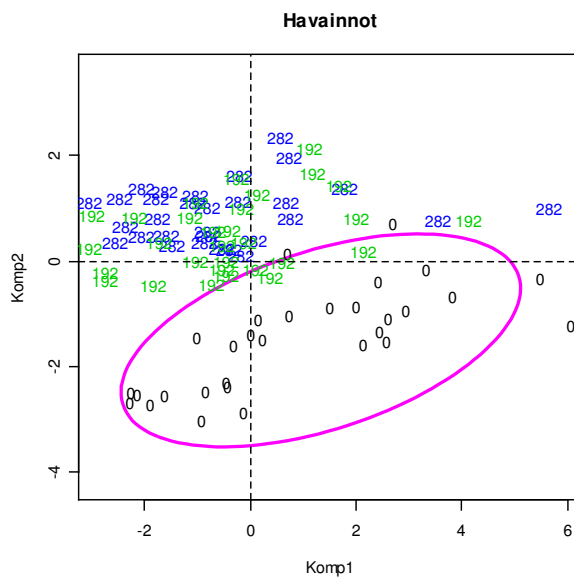
**Kuva 6. Lihaksen väri.** Vaaleus lisääntyy valomäärän (a) kasvaessa ja punaisuus sävyn (b) pienentyessä. Kypsyvät (1) ja marrot (0) kalat esitetään erikseen. Katkoviivat rajaavat ennusteen 95 %:n luottamusvälin. Väriin määrittämisessä käytettiin spektrofotometriä (Minolta, malli 2600d).

*Aistinvaraisesti arvioidut ominaisuudet* Osakokeessa II haluttiin testata ovatko kutuun valmistuvilla kaloilla valokäsittelyjen seurauksena havaitut muutokset (kuvattu yllä) sellaisia, jotka olisivat kuluttajan aistittavissa. Kalat (luonnonvalo, 6 kk ja 9 kk valoa) toimitettiin huhtikuussa aistinvaraisesti arvioitaviksi ja tuloksena luonnonvalokalat arvioitiin sokkotestissä nesteen erottumista lukuunottamatta kaikilta ominaisuuksiltaan (hajun tuoreus, ulkonäkö, rakenne, maun tuoreus, ja virhemaun voimakkuus) heikoimmiksi. Kuuden kuukauden ryhmä arvioitiin useimmin parhaaksi. Yhtäläiset tulokset saatiin sekä tuoreena että kypsennettynä arvioituilla kaloilla. Erot eri valokäsittelyissä olleiden kalojen laadussa olivat siten myös aistinvaraisesti havaittavissa (kuva 7).

*Mädin ominaisuudet* Tutkimuksessa paneuduttiin myös mädin ominaisuuksiin (II). Mätimunat kasvu seurasi GSI:n muutoksia. GSI:n perusteella viivästyneiden kalojen mätimunat olivat mittaushetkillä pienempiä kuin luonnonvalokaloilla lukuunottamatta viimeistä näytteenottoa toukokuussa, jolloin erot olivat tasoittuneet viimeistenkin kalojen saavuttaessa kutukypsyyden. Muut mätimunat ominaisuudet seurasivat vastavaa aikataulua. Mätimunat rasvapitoisuus aleni, väri tummeni ja sen intensiteetti kasvoi siten, että muutokset havaittiin ensin luonnonvaloryhmässä ja sitten lyhimmissä valokäsittelyssä jne. aina toukokuulle saakka, jolloin eroja ei enää havaittu. Maaliskuussa toteutetussa aistinvaraisessa arviossa luonnonvaloryhmän mäti arvioitiin laadultaan heikoimmaksi (kuva 8).



**Kuva 7. Kypsennetty lihas - Aistinvaraisesti määritettyjen havaintojen sijoittuminen pääkomponenttianalysissä käsittelyittäin.** Käsittelyt ovat luonnonvalo (0 vrk, musta, ympyröidyt havainnot) sekä valokäsittely 6 (192 vrk, punainen) ja 9 kk (282 vrk, vihreä) kesäpäivän tasauksesta. Havainnot muodostuvat ominaisuuksista hajun tuoreus, ulkonäkö, nesteen erottuminen, rakenne, maun tuoreus ja virhemaun voimakkuus. Taustamuuttujana käytettiin gonadosomaattista indeksiä (GSI). Havainnot käsittelyryhmän sisällä olivat läheisemmin korreloituneita keskenään kuin muiden käsittelyryhmien havaintojen kanssa. Käsittely pystyttiin siten aistinvaraisesti erottamaan toisistaan. Ominaisuudet arvioitiin parhaiksi ryhmässä 192 vrk ja huonoimmiksi luonnonvaloryhmässä 0 vrk.



**Kuva 8. Mäti - Aistinvaraisesti määritettyjen havaintojen sijoittuminen pääkomponenttianalysissä käsittelyittäin.** Käsittelyt ovat luonnonvalo (0 vrk, musta, ympyröidyt havainnot) sekä valokäsittely 6 (192 vrk, vihreä) ja 9 kk (282 vrk, sininen) kesäpäivän tasauksesta. Havainnot muodostuvat ominaisuuksista hajun tuoreus, ulkonäkö, kimmoisuus, nesteen erottuminen, rakenne, maun tuoreus ja virhemaun voimakkuus. Havainnot valokäsittelyryhmien sisällä olivat läheisemmin korreloituneita keskenään kuin luonnonvaloryhmän havaintojen kanssa. Valokäsittelyjen kalojen mäti pystyttiin siten aistinvaraisesti erottamaan luonnonvalokaloiden mädistä. Ominaisuudet arvioitiin huonoimmiksi luonnonvaloryhmässä 0 vrk.

## Johtopäätökset

Valokäsittelyjen toteuttaminen kokeessa käytetyllä tavalla tarjoaa yksinkertaisen ja investointikustannuksiltaan edullisen keinon kalaparven kutukypsyymisen säätämiseen.

- 1) Kesällä aloitettu ja perkuuseen jatkuva valokäsittely viivästi kutukypsyymisen kehittymistä kutukypsyvällä parvella. Valokäsittelyn jatkaminen vuodenvaihteeseen saakka on tehokasta myös parvella, jonka perkuu siirtyy kevättalvelle.
- 2) Kutukypsyymisen mukanaan tuomia laatua heikentäviä ominaisuuksia pystyttiin parantamaan valokäsittelyjen avulla, mikä ilmeni verrattaessa kutukypsyymeltään samalla tasolla olevia kaloja luonnonvalo- ja valokäsittelyryhmissä. Ominaisuuksista esim. fileen rasvapitoisuus, lihaksen väri sekä mädin ja lihaksen aistittava laatu havaittiin paremmiksi valokäsittelyssä olleilla kaloilla. Mitään haitallisia muutoksia ei havaittu viivästetyn parven tuotannollisissa ja laadullisissa ominaisuuksissa verrattuna luonnonvalokaloihin.
- 3) Instrumentaalisesti mitatut muutokset laadullisissa ominaisuuksissa korreloivat aistinvaraisesti arvioitujen ominaisuuksien kanssa ja ovat täten käyttökelpoisia ja kustannustehokkaasti monitoroitavissa suuristakin kalamääristä.
- 4) Kutukypsyymisen aikaistaminen ja samanaikainen siirtäminen osassa parvea ei tämän kokeen olosuhteissa onnistunut. Vuoden vaihteen jälkeen aloitetut valokäsittelyt kuitenkin paransivat martojen kalojen kasvua.

Tutkimus toteutettiin RKTL:n Rymättylän kalantutkimusasemalla, jonka henkilökunta ansaitsee panoksestaan kiitoksemme. Tutkimuksen tuloksista julkaistaan yhteenveto Kalankasvattaja-lehdessä nro 4/2006.