
RKTL:n työraportteja 25/2014

Nelman viljely tuotanto- oloissa

Tekijät: Risto Kannel ja Juha Koskela

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki
2014



EU investoi kestävään kalatalouteen



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2014

ISBN 978-952-303-160-9 (Verkkójulkaisu)

ISSN 1799-4756 (Verkkójulkaisu)

RKTL 2014

Kuvailulehti

Tekijät Risto Kannel ja Juha Koskela			
Nimeke Nelma viljely tuotanto-oloissa			
Vuosi 2014	Sivumäärä 12	ISBN 978-952-303-160-9	ISSN ISSN 1799-4756 (PDF)
Yksikkö/tutkimusohjelma Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut			
Hyväksynyt Anssi Ahvonen, TUPA			
Tiivistelmä Nelma viljelymenestymistä seurattiin Laukaan kalalaitoksessa sekä Kuhinan kiertovesilaitoksessa vuosien 2011 - 2013 aikana. Nelmalle kasvatukseen soveltuivat vastaavat viljelymenetelmät mitä Laukaan kalalaitoksella käytetään yleisesti muiden lohikalalojen kasvatuksessa. Raportissa annetaan ohjeita nukutusaineen, rokotteen ja kylvetyksineiden käytöstä. Kiertovesikasvatuksessa nelman menestyi heikommin johtuen mahdollisesti kasvatusveden laatutekijöistä.			
Asiasanat nelma, kasvatus, läpivirtauslaitos, kiertovesilaitos			
Julkaisun verkko-osoite http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/nelma_viljely_tuotanto-oloissa			
Yhteydenotot Risto Kannel, risto.kannel@rktl.fi			
Muita tietoja			

Sisällys

Kuvailulehti	3
1. Johdanto	5
2. Kasvatus Laukaan kalalaitoksella	6
2.1. Työn vaiheet ja tutkimusmenetelmät	6
2.2. Aikataulu	6
2.3. Viljelyolosuhteet	6
2.4. Käsittelyt	8
2.4.1. Nukutusaineet.	8
2.4.2. Kylvetyksaineet.	8
2.4.3. Rokotus.	9
2.4.4. Merkintämenetelmät.	9
2.5. Kalaterveys	9
2.6. Emokalaston perustaminen	9
2.7. Raportointi	10
3. Kasvatus Kuhinan kiertovesilaitoksella	10
3.1. Työn vaiheet ja tutkimusmenetelmät	10
3.2. Hyvinvointi	10
3.3. Kasvu	11
3.4. Kokemuksia nelmojen tuotelaadusta	12
3.5. Raportointi	12
Kiitokset	12

1. Johdanto

Suomen kansallisessa vesiviljelyohjelmassa 2015 on yhdeksi ohjelman tavoitteeksi asetettu edellytysten luominen tuotannon kestäväälle kasvulle ja monipuolistamiselle sekä nykyistä suuremmalle omavaraisuudelle viljelyissä lohikaloissa. Kirjoloihen valta-asemaa merkittävimpanä ruokakalalajina eivät ole uudet lajit tähän mennessä pystyneet haastamaan ja vain siian tuotanto on kasvanut kohtuulliseksi. Muiden lajien tuotanto ei ole laajentunut muutamaa yritystä laajemmaksi tuotannoksi ainaakaan vielä.

Nelma (*Stenodus leucichthys*) on Coregoninae-alaheimoon kuuluva siikoja muistuttava suku, josta on kaksi alalajia, *Stenodus leucichthys l.* ja *Stenodus leucichthys nelma*. Levinneisyydeltään pohjoisempi *S. l.* nelma esiintyy Vienanmerestä itään Venäjän pohjoisrannikolla, Beringin merellä ja Pohjois-Amerikassa Alaskan ja Kanadan arktisilla rannikkovesillä ja -joissa. Euraasiassa esiintyvä eteläinen *S. l. leucichthys* on uhanalaisempi vedenlaadun heikentymisen ja kalastuksen vuoksi (Urho ym. 1995, FishBase). Nelmaa on viljelty 1960-luvulta alkaen aluksi istutuksia varten. Nelman ruokakalanviljely on yhä suuremman mielenkiinnon kohteena luonnonsaaliiden heikentymisen ja nelmasta maksettavan korkean hinnan vuoksi.

Suomen kalanviljelyn perustuminen lähes yksinomaan kirjoloheen tekee toimialasta suhdanneherkän. Punalihaisen lohikalan suurten tuottajamaiden jatkuvasti kasvava hintakilpailu heikentää alan kannattavuutta, kun vastaavia mahdollisuuksia volyymituotantoon ei ole. Pienten tuotantoyksiköiden Suomi tarvitsee korkeahintaisia lajeja, joiden tuotannossa kansainvälinen kilpailu on vähäistä eikä voi kasvaa lohikalajien tasolle.

Nelma on nopeakasvuinen ja suuren loppukoon saavuttava viileän ja arktisen alueen kalalaji, jonka arvostus on erittäin korkea. Hankkeessa saadut tiedot lajin viljeltävyydestä Suomen olosuhteissa ovat lupaavia. Jos lajia koskeva tietous, eläinaineksen laatu ja viljelyosaaminen saadaan kaupallisen tuotannon mahdollistavalle tasolle, voisi nelmasta tulla merkittävä vahvuus Suomen kalanviljelylle.

Nelma tuotiin Suomeen tutkimuslaitoksen Laukaan kalanviljelylaitoksen karanteeniyksikköön keväällä 2010 desinfioituna silmäpisteasteisena mätinä Forvatin laitokselta Leningradin alueelta Venäjältä. Mäti kuoriutui ja startattiin karanteeniyksikössä ja maa- ja metsätalousministeriön kesäkuussa 2010 myöntämän luvan puitteissa voitiin poikasia siirtää laitoksen suljettuihin järjestelmiin ja poikashallin eristysosastoon. Syksyllä 2010 maa- ja metsätalousministeriö myönsi 3 luvan nelman siirtoihin Laukaan laitoksen poikasviljelytiloihin sekä määrätyn ehdoin yksityisiin kiertovesilaitoksiin. Edelleen talvella 2010 saatiin lupa siirtää nelmoja Laukaan laitoksen poikasviljelytiloista emokalahalliin. Syksyllä 2013 saatiin lupa siirtää nelmoja myös Laukaan laitoksen ulkoaltaisiin.

Tässä raportissa käsitellään Laukaan kalaviljelylaitoksella sekä Kuhinan kiertovesilaitoksella saadut viljelytulokset.

2. Kasvatus Laukaan kalalaitoksella

Laukaan kalanviljelylaitoksen nelman poikas- ja emoviljelyssä olevien kalojen hoitaminen tarvitsi tukeen nelman viljeltävyyteen ja käsittelyihin liittyvää tietoa. Se tieto tai viljelykokemus, mikä ei ollut hankittavissa kirjallisuudesta tai yhteistyökumppaneilta selvitettiin itse. Tällaisia asioita olivat nelmalle sopivat viljelyolosuhteet (allastyyppejä, virtausnopeus, viljelytiheys, lämpötilat, vuodenaajat, valaistus, ruokinta, allashygienia), käsittelyt (nukutusaineet, kylvetysaineet, rokotus, merkintämenetelmät), kalaterveyteen liittyvät asiat (lääkitys, tautialttius, loiset) sekä yleinen käsiteltävyys.

2.1. Työn vaiheet ja tutkimusmenetelmät

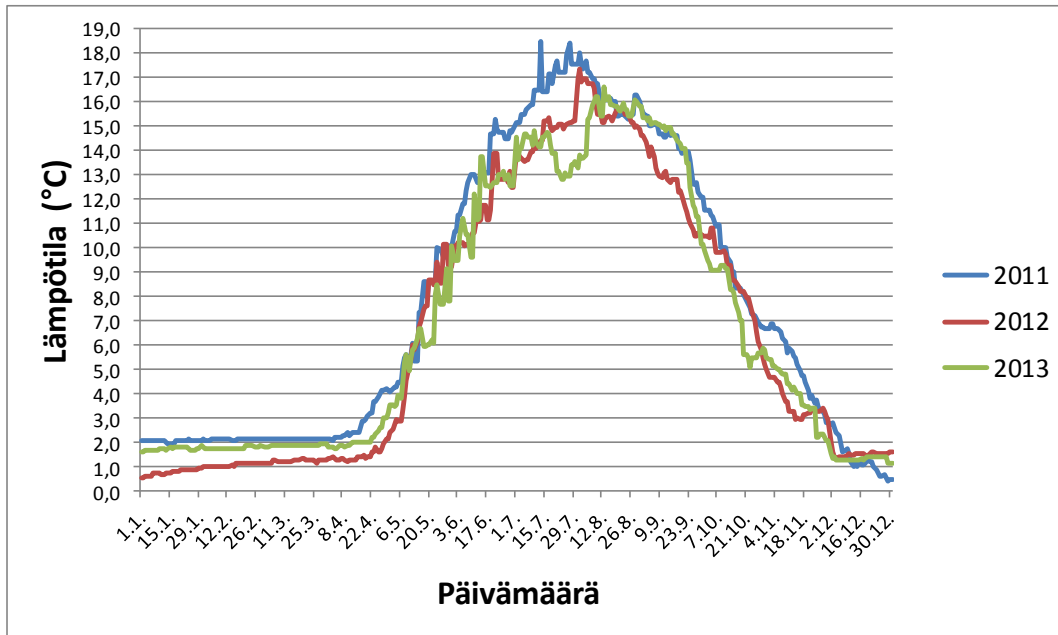
Nelman viljelyseurantaa tehtiin Laukaan laitoksella kalaeriä tarkkailemalla ja kirjaamalla tiedot systemaattisesti muistiin hankkeen aikana. Viljelykokeen käsittelyt tehtiin eri-ikäisille ja erikokoisille nelman poikasille erilaisissa olosuhteissa vuosina 2011–2013. Seurantaa jatkettiin myös vuoden 2014 kevääseen asti. Tavoitteena oli selvittää nelmalle sopivimmat käsittelytavat ja eri käsittelyaineiden pitoisuudet sekä altistusajat.

2.2. Aikataulu

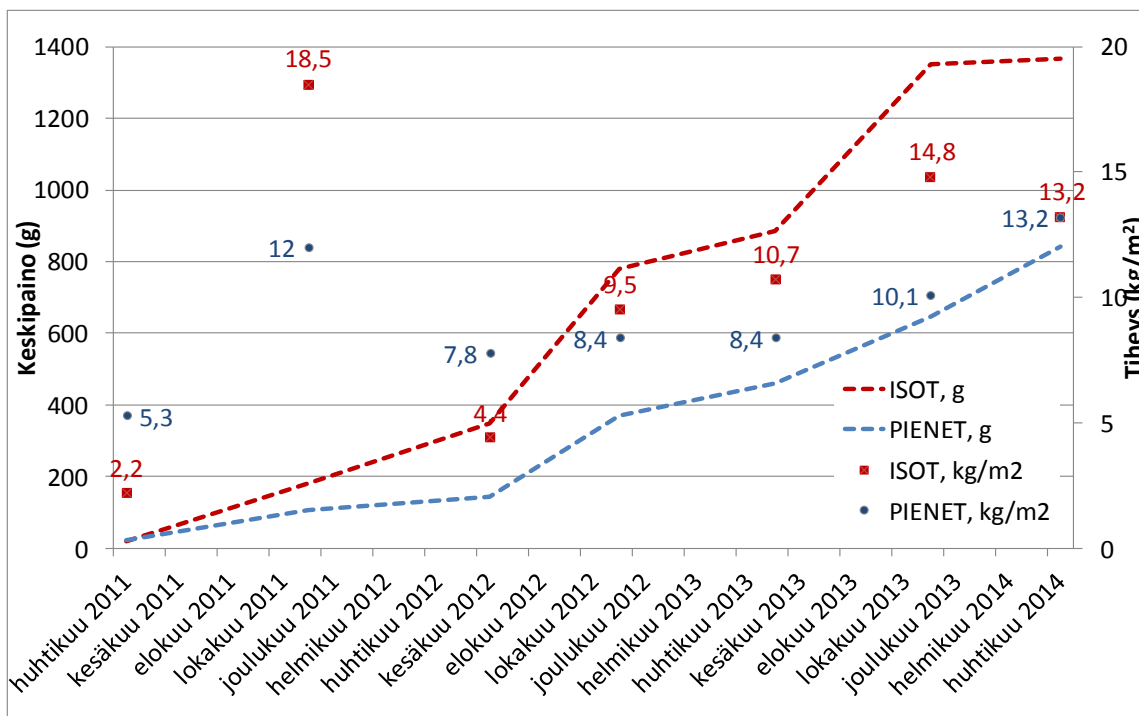
Koejärjestelyt suunniteltiin alkuvuonna 2011. Kokeet toteutettiin useana jaksona eri lämpötila-alueilla pääosin vuosina 2011 ja 2012. Lisäksi joitakin kokeita täydennettiin vuonna 2013.

2.3. Viljelyolosuhteet

Lämpötilaolosuhteet olivat seurantavuosien aikana optimaaliset, ainoastaan vuonna 2011 lämpötila nousi yli +18 °C (kuva 1). Allastyyppejä ja virtausnopeus säädettiin samanlaisiksi mitä siian viljelyssä on hyväksi todettu. Viljelytiheys oli talven (2010–2011) aikana keskimäärin 9,5 kg/m² ja 17 kg/m³. Keväällä tiheyttä harvennettiin alle 5 kg/m². Nelmojen kahden eri kokoryhmän kasvu ja kasvatustiheydet koko jakson ajalta on esitetty kuvassa.



Kuva 1. Laukaan kalanviljelylaitoksen kasvatusveden lämpötilat vuosina 2011–2013.



Kuva 2. Kahden eri nelmaparven keskipainonkehitys (g) ja tiheys (kg/m²) kasvatusaltaissa maaliskuun 2011 ja huhtikuun 2014 välisenä aikana.

Happipitoisuus laski molempien seurannassa olleiden nelmaparvien altaiden poistovedessä tehokkaimman ruokinnan aikana kasvatuskaudella 2013 erittäin alhaiseksi (alle 4 mg/l). Kaloja oli altaassa tuolloin yli 15 (isot) ja lähes 10 (pienet) kg/m³ veden lämpötilan vaihdelta +15 – +18 °C välillä. Tämä ei kuitenkaan erityisesti näkynyt nelmojen käyttäytymisessä ja aktiivisen seurannan

ansiosta ruokintaa voitiin rajoittaa välittömästi tilanteen niin vaatiessa. Vuodenaikojen merkitys näkyi nelman käyttäytymisessä selkeänä ruokahalun laskuna vesien viilennyttyä alle +5 °C. Keväällä valon määrän ja veden lämpötilan noustessa ruokahalu parani, mutta hitaammin kuin esimerkiksi sioilla. Myös ulkoiset häiriötekijät kuten käsittelyt ja siirrot vähensivät ruokahalua pitkäksi ajaksi. Valaistusolosuhteet vastasivat alueen luonnonmukaista valaistusta kalojen sijaitessa halleissa olevissa altaissa.

Ruokinta hoidettiin pääsääntöisesti automatiikalla paitsi talviaikana, jolloin kaloja ruokittiin käsin ruokahalun mukaan. Kasvatusrehu oli normaalisti lohikalojen viljelyssä käytettävää tehdasvalmisteista rehua. Kalojen kasvaessa yli puolen kilon yksilökoon rehuksi vaihdettiin siikojen viljelyssä käytetty valmiste. Automaattiruokinnassa ruokintaa ohjattiin siikojen viljelyyn tarkoitettujen ohjaustietojen perusteella, joita säädettiin tarvittaessa kalojen käyttäytymisen mukaan. Toisella ja kolmannella kasvukaudella ruokintaa jouduttiin rajoittamaan tilahtauden vuoksi, joten maksimaalista kasvua ei pystytty saavuttamaan.

Allashygienian ja siisteyden ylläpidossa noudatettiin samaa linjaa kuin muidenkin kalojen hoidossa. Kasvatuskaudella altaiden puhdistus tehtiin päivittäin ja muuna aikana viikoittain – kerran kuu-kaudessa.

2.4. Käsittelyt

2.4.1. Nukutusaineet

Eri käsittelytilanteissa käytettiin kahta eri kalojen anestesiaan tarkoitettua kemikaalia, neilikkaöljyä ja MS-222 (99.5 % Tricaine Methanesulfonate). Neilikkaöljyllä turvallisena pitoisuutena käytettiin 50 mg/littraa vettä. Turvallinen pitoisuus MS-222 on alle +15 °C lämpötila-alueella 100 mg/littra. Lämpötilan noustessa +15 °C yläpuolelle suositellaan pitoisuus vähennettäväksi 85 mg/littra.

2.4.2. Kylvetysaineet

Vuonna 2011 tehtiin koe, jossa kylvetysaineet (suola, formaliini ja kloramiini) testattiin 1 vuoden ikäisille nelmoille (45–50 g) eri lämpötila-alueilla sekä pitoisuuksilla. Kaikki kylvetysaineet olivat turvallisia alhaisilla pitoisuuksilla. Formaliinilla 1:4 000 ja 1:3 000 -pitoisuudet voivat olla liikaa ja yli 2 % suolapitoisuus voi olla tappava heikompien yksilöiden osalta. Turvallisina voidaan pitää kloramiini 1 ja 2 mg/l, formaliini 1:6 000 ja suola 1–1,5 % pitoisuuksia lämpötila-alueilla +10 – +20 °C. Koejakson aikana kaloissa ei havaittu loisia tai muuta erityistä kylvetystarvetta vaan ne olivat normaalikuntoisia. Tarkoituksena oli kartoittaa myös lämpötila-alue +20 °C ja yli, mutta tuloveden lämpötila ei laitosolosuhteissa noussut koskaan riittävän korkealle.

Kaloja kylvetettiin normaaliviljelyssä vain silloin kun tilanne sitä edellytti. Kemikaalina käytettiin formaliinia pitoisuudella 1:4 000 annettuna seisovaan veteen ½ -tunnin ajan. Kylvetyksiä annettiin 2–3-vuotiaille kaloille (200–900 g) hoitamaan ihovaurioita sekä estämään homekasvua. Kaikki kylvetykset annettiin kasvatuslämpötilan ollessa alle +10 °C ja nelmat kestivät kylvetykset hyvin.

2.4.3. Rokotus

Kalat rokotettiin helmi–huhtikuun aikana 2011 Autogen Flavo AV4 kolmoisrokotteella rokotteen valmistajan ohjeen mukaan (flavo-, paisetauti- ja vibriosibakteeri). Rokote ei aiheuttanut kaloille sivureaktioita.

2.4.4. Merkintämenetelmät

Osa tutkimustiloihin siirretyistä kaloista merkittiin yksilöllisillä ID-merkeillä, joka menetelmänä soveltuu myös nelmalle.

2.5. Kalaterveys

Nelmojen yleinen terveystilanne on seurannan ajan ollut hyvä. Loisia ei ole havaittu ja kylvetyksiä ei ole tarvinnut tehdä. Ilmenneiden selkärankaongelma takia kaksikesäiset nelmaparvet lajiteltiin käsin marraskuussa 2011 ja tällöin poistettiin silmin havaitut epämuodostuneet yksilöt. Tämän jälkeen epämuodostumia ei ole havaittu merkittävästi jäljelle jääneissä kaloissa.

Lääkitys. Alkukeväällä 2011 yhdessä nelmaparvessa havaittiin flavobakteeritartunta (*Flavobacterium psychrophilum*), joka hoidettiin lääkityksellä. Tartunta varmistettiin EVIRAssa 16.5.2011 mutta epäily tartuntaan ilmeni jo huhtikuun lopulla kohonneena kuolleisuutena, jolloin rokotuksesta oli ehtinyt kulua alle kuukausi. Onkin syytä epäillä, että alle +3 °C lämpötilassa tehty rokotus ei ehtinyt muodostaa täydellistä vastustuskykyä tuona aikana. Toinen merkittävä ja lääkitystä vaatinut havainto oli heinäkuussa 2012 havaittu paisetauditartunta (*Aeromonas salmonicida* ssp. *salmonicida*, ASS). Molemmissa tapauksissa kalat tervehtyivät lääkityksen ja parvien harventamisen avulla. Lääkkeenä käytettiin oksitetrasykliinipohjaista Orimycin antibioottia annosteltuna ruuan mukana 75 mg/kg/vrk 10 vuorokauden ajan. Paisetaudin aiheuttama kuolleisuus jäi alle 9 % lääkityksen ansiosta.

Tautialttius. Nelmat eivät poikkea muista Suomessa viljelyssä olevista siikalajeista tautiherkkyytensä suhteen.

2.6. Emokalaston perustaminen

Suomeen tuotu poikasmateriaali on peräisin yhdestä mätierästä, joka tuotiin Laukaan kalanviljelylaitoksen karanteeniyksikköön keväällä 2010. Nelman ruokakalanviljelyn jatkaminen ja laajentaminen edellyttää emokalaston perustamista mahdollisimman monimuotoiseksi nyt Suomessa olevasta poikasmateriaalista. Emokalastoon tulevat nelmat yksilömerkittiin (2*200 kpl) toukokuussa 15 2014. Samalla niistä otettiin yksilölliset DNA-näytteet, joista määritetään sisarussuhteet ja laaditaan syksyn lypsyä ja hedelmöityksiä varten paritusohjeistus. Emokalaston perustamista varten myös selvitetään edelleen mahdollisuuksia tuoda uutta mätää ja/tai maitia Venäjältä tai muilta nelman esiintymisalueilta.

Nelman alustavien geneettisten kartoitusten perusteella selvitettiin, että tutkimuslaitoksessa siikojen DNA-tutkimuksissa käytetyistä 16 alukkeesta 15 toimii myös nelmalla. Samalla voitiin kartoittaa, että Suomeen viljelyyn tuodussa nelmoissa on varsin vähän muuntelua.

Syksyllä 2013 nelmat lypsettiin, jotta voitiin selvittää saadaanko emokaloista maitia ja mätää ja ovatko ne hyvälaatuisia hedelmöitymistä varten. Kuitenkin vain koiraista saatiin sukutuotteita tuol-

loin, ja niillä hedelmöitettiin koemielessä vaellussiian ja planktonsiian mätiä. Nelman maiti toimi hyvin ja talven 2014 haudonnassa mädit säilyivät hyvin. Keväällä 2014 tehty syömään oppiminen sujui poikasilta myös hyvin ja risteymät kasvoivat kesällä 2014 paremmin kuin isäntäsiikalajinsa yksilöt.

2.7. Raportointi

Viljelykokeissa tehdyt merkittävät havainnot tiedotettiin koejaksojen jälkeen hankkeen muille viljelytutkijoille, uutiskirjeissä sekä seurantaryhmän kokouksissa. Koko aineisto raportoitiin keväällä 2014 ja raportti julkaistaan tutkimuslaitoksen julkaisusarjassa.

3. Kasvatus Kuhinan kiertovesilaitoksella

Keväällä 2010 maahantuotu nelmaerä mahdollisti myös tuotantomittakaavaisen viljelyn lähinnä kertaluontoisesti. Tutkimuslaitos on saanut maa- ja metsätalousministeriöltä 1.9.2010 päätöksen, minkä perusteella nelmaeria voitiin siirtää jatkokasvatukseen kiertovesilaitoksiin, mikäli kalaterveystutkimuksissa ei havaita vastustettavia kalatauteja. Tutkimuslaitos selvitti viiden eri kiertovesikasvatustyksen kanssa mahdollisuuksia järjestää viljelyseuranta yritysten tiloissa. Lopulta tällainen koemahdollisuus järjestyi vain Kuhina Oy:n Imatran laitoksella ja tutkimuslaitos teki nelmaeran viljelystä erillisen sopimuksen yrittäjän kanssa 23.6.2011. Sopimuksessa sovittiin kasvatettavien nelmojen viljelyseurantaan, näytteenottoon sekä lopputuotteen markkinoille saattamiseen liittyvistä ehdoista. Tuotantomittakaavaisen viljelyseurannan tarkoituksena oli saada kokemuksia ja tietoja nelman menestymisestä kiertovesikasvatuksessa.

3.1. Työn vaiheet ja tutkimusmenetelmät

Nelman vuoden vanhat poikaset siirrettiin Laukaan kalanviljelylaitokselta 22.6.2011 Imatralla sijaitsevaan kiertovesilaitokseen. Siirretty kalamäärä oli 36 562 kpl ja kalojen keskipaino 27 g. Kuljetus sujui ongelmitta. Kuhinassa kaloja kasvatettiin puolentoista vuoden ajan (468 vrk). Kasvatuksessa käytettiin tavanomaisia viljelymenetelmiä ja olosuhteita. Laitoksessa tuotettiin samalla kuhaa ja sen vuoksi veden lämpötila oli suurimman osan aikaa noin 20 astetta. Talviaikaan veden lämpötila oli ajoittain alempi johtuen veden lämmitysjärjestelmän toimintaongelmista.

Kalat pidettiin aluksi yhdessä altaassa (22.06.2011–26.03.2012, 273 vrk). Tämän jälkeen kalat lajiteltiin koon perusteella kolmeen ryhmään ja niitä kasvatettiin omissa altaissa seurannan loppuun asti. Kuhinassa kalat punnittiin kolmen kuukauden välein vesipainopunnituksena (4 x 30–100 kalaa). Lisäksi sadasta kalasta mitattiin punnitusten yhteydessä kokonaispituus ja paino. Nelmat kasvatettiin laitoksen normaalien viljelyrutiinien mukaisesti.

3.2. Hyvinvointi

Kasvatuksen alkuvaiheessa parvesta poistettiin huomattava määrä kaloja, joiden selkäranka oli käännytynyt mutkalle sivusuuntaan. Selkärankavika oli todennäköisesti tullut kaloihin jo starttivaiheessa, ja se ilmeni vasta kalojen kasvettua suuremmiksi. Nelmoja kuoli seurannan aikana, ja todennäköisesti syynä oli kiertovesilaitoksen veden laadussa tapahtuneet muutokset. Nämä kalat olivat uineet altaan pintavedessä selällään ja niiden uimarakko oli pullistunut. Mahdollisesti syynä oli veden kaasujen

ylikäyllästys. Eviran tekemissä tutkimuksissa kaloissa ei havaittu merkkejä bakteeritaudeista tai loisista.

3.3. Kasvu

Kasvatuksen alkuvaiheessa (22.6.–27.9.2011) kalat kasvoivat hyvin ja kasvunopeus oli 1,3 % vrk⁻¹. Tämän jälkeen kasvu hidastui ja oli kahdella seuraavalla jaksolla 0,5 ja 0,4 % vrk⁻¹. Parven kalat olivat hyvin erikokoisia ja tämän vuoksi kasvatusparvi jaettiin koon perusteella kolmeen altaaseen. Viisitoista kuukautta kestäneen kasvatuksen päättyessä kalojen keskimääräinen loppupaino oli eri kokoryhmissä 365 g, 363 g ja 651 g. Viimeisellä seurantajaksolla paras kasvunopeus oli pienimmän kokoluokan kaloilla (0,4 % vrk⁻¹) kun se oli keskimokoluokalla 0,2 % vrk⁻¹ ja suurimman kokoluokan kaloilla 0,3 % vrk⁻¹.

Taulukko 1. Nelmojen painon kehitys, kasvu % ja painon variaatiokerroin seurannan aikana..

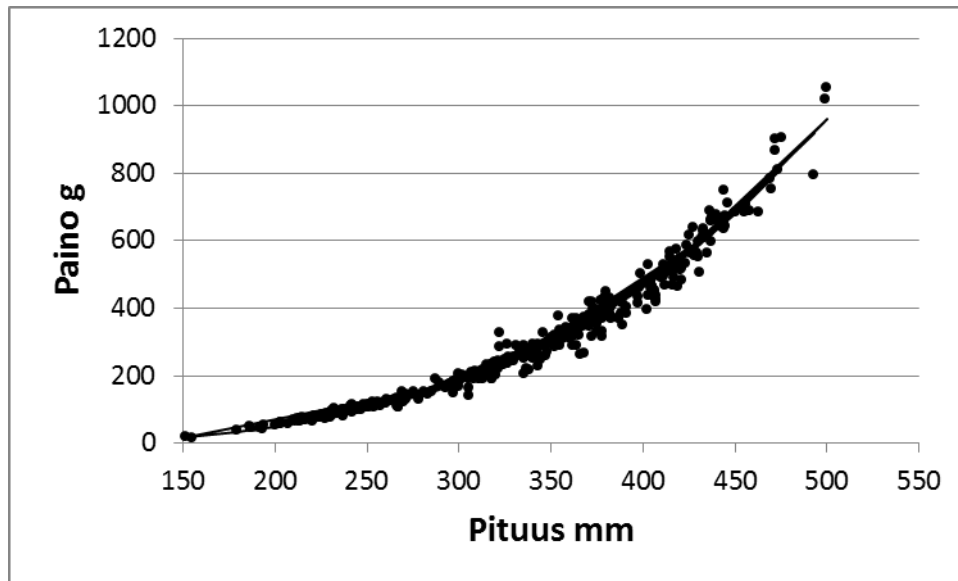
Mittauspäivä	Aika vrk	Allas	Paino g	Kasvu %	CV %
22.6.2011	0	C8	27		
27.9.2011	97	C8	93	1,3	30,0
29.12.2011	190	C8	153	0,5	28,4
26.3.2012	278	C8	227	0,4	31,8
Kalat jaettu koon perusteella kolmeen altaaseen					
2.7.2012	376	C8	496	1,7	23,4
2.7.2012	376	C7	307	0,7	23,9
2.7.2012	376	B8	247	0,1	31,9
2.10.2012	468	C8	651	0,3	20,8
2.10.2012	468	C7	363	0,2	27,8
2.10.2012	468	B8	365	0,4	29,0

Mittauskerroilla mitattiin sadasta kalasta pituus ja paino ja näistä tiedoista laskettiin kuntokerroin ja parven kokohajontaa kuvaava variaatiokerroin (keskihajonta/keskiarvo × 100). Kasvatuksen alkuvaiheessa parven variaatiokerroin oli 28,4–31,8 % välillä. Parven jakaminen koon perusteella kolmeen ryhmään pienensi variaatiokerrointa ja se oli kasvatuksen päättyessä suurimmassa kokoluokassa (allas C8) 20,8 % ja kahdessa muussa kokoluokassa (allas C7) 27,8 % ja (allas B8) 29,0 %. Pienimmän kokoluokan kalojen kokovaihtelu oli suurinta, koska tähän ryhmään tuli parven kasvussa jälkeen jääneet kalat.

Kalojen kuntokerroin säilyi koko kasvatuksen ajan suurin piirtein samalla tasolla kun yleensä kuntokerroin kasvaa kalan koon kasvaessa (taulukko 1). Nelma säilyttää solakan ruumiinrakenteen isompikokoiseksi kuin moni muu laji. Samalla kun nelman massa kasvaa 100 grammasta yhteen kiloon, keskimääräinen kuntokerroin kasvaa vain arvosta 0,67 arvoon 0,77.

Yksilömittauksista laskettiin kalan pituuden ja paino välinen suhde (kuva 3). Nelman paino voidaan laskea seuraavan kaavan avulla:

$$\text{Paino (g)} = 0,0000014322 \times \text{pituus (mm)}^{3,2706}, R2 = 0,98, n = 376$$



Kuva 3. Kasvatetun neljän pituuden ja painon välinen suhde. Yksittäiset pisteet kuvaavat yhden kalan arvoa ja viiva tekstissä esitetyn mallin avulla laskettua suhdetta.

3.4. Kokemuksia nelmojen tuotelaadusta

Kasvatusparvesta saatiin myyntiin 600–700 gramman painoista kalaa noin 4 000 kg. Ennen teurastusta kaloja pidettiin paastolla raikkaassa vedessä noin viikon ajan, jotta kasvatusvedessä esiintyvät ja siitä kalaan siirtyvät mudan makua aiheuttavat yhdisteet (geosmiini ja metyyliisoborneoli) ehtisivät poistua kalan elimistöstä. Näitä yhdisteitä tuottavat kiertovesilaitoksen biosuodattimissa ja putkistoissa kasvavat cyanobakteerit ja aktinomykeetit. Käytetty ajanjakso oli liian lyhyt ja myyntiin menneissä kaloissa havaittiin makuvirheitä. Mudan makua aiheuttavat yhdisteet sitoutuvat kalan rasvakudokseen ja nelma tarvitsee korkean rasvapitoisuuden kalana nyt käytettyä pidemmän puhdistusajan ennen kuin haitalliset yhdisteet ovat kokonaan poistuneet sen kudoksista.

Kasvattaja piti neljän lihan koostumusta ja makua siistä poikkeavana ja hyvänä. Tuotannollisena ongelmana nähtiin se, että kalat eivät sietäneet kovin hyvin kaupallisessa kiertovesiviljelyssä käytettyä vedenlaatua. Lisäksi tarvittava pitkä paastotusaika raikkaassa vedessä makuvirheiden poistamiseksi vie tuotannolta allaskapasiteettiä ja nostaa kustannuksia.

3.5. Raportointi

Kiertovesilaitoksessa tehdyn seurannan tulokset raportoitiin alustavasti seurantaryhmän kokouksissa.

Kiitokset

Laukaan viljelyhenkilökunta vastasi kalojen hoidosta, mittauksista sekä Kuhinassa tehdyistä punnituksista.