
Kuhan kiertovesikasvatus

—

kuhan ruokakalakasvatuksen tuotantotekniikka ja tuotelaatu

Loppuraportti

Tekijät: Juha Koskela ja Susanna Airaksinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki
2012

EU investoi kestävään kalatalouteen



**Suomen elinkeinokalatalouden
toimintaohjelma
2007–2013**







Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2012

RKTL 2012

EU investoi kestäväan kalatalouteen



**Suomen elinkeinokalatalouden
toimintaohjelma
2007-2013**



Kuvailulehti

Tekijät Juha Koskela ja Susanna Airaksinen			
Nimeke Kuhan kiertovesikasvatus – kuhan ruokakalakasvatuksen tuotantotekniikka ja tuotelaatu - loppuraportti			
Vuosi 2012	Sivumäärä 18	ISBN	ISSN
Yksikkö/tutkimusohjelma Tutkimus- ja asiantuntijapalvelut/elintarviketalouden tutkimusohjelma			
Hyväksynyt Kaija Saarni			
Asiasanat Kuha, kala, kiertovesikasvatus, vesiviljely, ruokinta, rehu, tuotelaatu			
Yhteydenotot Juha Koskela, juha.koskela@rktl.fi			
Muita tietoja			

Sisällys

Kuvailulehti	4
1. Hankkeen tausta ja lähtökohdat	6
2. Hankeorganisaatio, hankkeen kesto ja talous	6
3. Toiminnan kuvaus	7
3.1. Tutkimusmenetelmät	7
4. Tavoitteiden toteutuminen	8
4.1. Hankkeen tuotoksien toteutuminen	9
4.2. Hankkeen tulokset	10
4.2.1. Ruokinta-aika	10
4.2.2. Rehurakeen koko	11
4.2.3. Rehututkimus	12
4.2.4. Kasvatustiheys	13
4.2.5. Kasvu ja lämpötila	14
4.2.6. Kasvatetun ja villin kuhan tuotelaatu	15
5. Hankkeen vaikutuksien arviointi	17
6. Jatkotoimet ja ehdotukset	17
7. Tuotokset	18
Viitteet	18



1. Hankkeen tausta ja lähtökohdat

Kalojen kasvatus on ollut viimeisten vuosikymmenten aikana nopeimmin kasvava elintarviketuotannon ala. Vuonna 2008 maailmanlaajuinen kalastetun ja kasvatetun kalan tarjonta oli 142 miljoonaa tonnin. Ruokakalaksi käytettiin 115 miljoonaa tonnia ja määrästä 46 % tuotettiin viljelyn avulla. Eri asiantuntijaryhmien arvioiden mukaan kalan kokonaistarjonnan kasvu tulee jatkossakin perustumaan viljeltyyn kalaan, koska useimmat kaupalliset kalakannat ovat ylikalastettuja. Kantoja, joita voitaisiin hyödyntää nykyistä enemmän, on taas hyvin vähän (FAO 2010).

Muutokset kansainvälisessä toimintaympäristössä vaikuttavat Suomen kalataloussektoriin. Kaupan kansainvälistyminen tuo kalaa maailmalta suomalaiseen kauppaan kilpailemaan kotimaisen tuotannon kanssa. Kiristynyt kilpailu ja tuotannon säätely ovat hankaloittaneet alkutuotannon sopeutumista tapahtuneisiin muutoksiin erityisesti valtakalalajin, kirjolohen, tuotannossa.

Suomessa kalanviljelysektori on pyrkinyt sopeutumaan tilanteeseen vaikuttamalla norjalaisen lohen tuontisäännöksiin, kehittämällä ympäristöystävällisempiä rehuja, tuotannon sijainninhajauksen avulla ja monipuolistamalla tuotantorakennetta uusien vähemmän kilpailtujen arvokalalajien ja tuotteiden kasvatuksen avulla. Siihen tuotanto ruokakalaksi käynnistyi kymmenen vuotta sitten ja tuotantomäärä on vakiintunut noin 1 miljoonaan kiloon. Kehityksen on tehnyt mahdolliseksi uusien lajikohtaisten viljelymenetelmien kehittäminen ja käyttöönotto (Koskela ym. 2002).

Uuden kasvatustekniikan käyttöönotto on mahdollistanut tuotannon lisäämisen. Viime vuosien aikana on myönnetty enenevässä määrin ympäristölupia vähemmän ympäristöä kuormittaville kiertovesilaitoksille ja näiden ympäristölupakapasiteetti on kasvanut nopeasti noin 1,6 miljoonaan kiloon. Säädeltyjen ympäristöolosuhteiden ansiosta kiertovesikasvatus on tehnyt mahdolliseksi arvokkaiden lajien viljelyn sellaisilla alueilla, jossa ne eivät voi luontaisesti menestyä. Tuotantokustannukset ovat kiertovesikasvatuksessa perinteistä viljelystä korkeammat ja kasvatukseen tarvitaan lajeja sekä tuotteita, joiden markkinahinta on riittävän korkea.

Toteuttavuustutkimuksien perusteella kuhalla on edellytyksiä nousta uudeksi ruokakalakasvatuksen lajiksi (Koskela ym. 1998, Koskela ym. 2005, Koskela ym. 2007 ja Setälä ym. 2007). Kuha viihtyy lämpimässä vedessä. Viljelyskenaarioissa kuhan kasvatukselle saatiin paras taloudellinen tulos tuotantotekniikalla, jossa käytettiin lämmintä vettä ja riittävän suurimittakaavaista kiertovesikasvatusta. Tulos oli heikompi kassikasvatuksessa, koska kuha kasvaa hitaasti luonnonlämpötiloissa.

Tämän tutkimus- ja kehittämishankkeen tarkoituksena oli tuottaa uutta ja sovellettavaa tietoa, jonka avulla voidaan kehittää kuhan kiertovesikasvatuksen tuotantotekniikkaa ja tuotelaatua ja siten auttaa elinkeinoja käynnistämään lajin kasvatus ruokakalamarkkinoille.

2. Hankeorganisaatio, hankkeen kesto ja talous

Hankkeen toteuttamista varten perustettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitokseen hanke, jonka vetäjänä toimi erikoistutkija Juha Koskela ja muina työntekijöinä toimivat tutkija Susanna Airaksinen, erikoistutkija Jouni Vielma, tutkimussihteeri Maija Pellinen, tutkimusmestari Jukka Bomberg, viljelytyöntekijä Leena Kytömaa ja tutkimusmestari Jari Riihimäki. Lisäksi hankkeen toimintaa osallistui Jyväskylän yliopisto, Hanka-Taimen Oy, Arvokala Oy ja Evira. Yritykset ja yliopisto osallistuivat ongel-

mien kartoittamiseen ja tulosten hyödyntämiseen. EVIRA toteutti osan tehtyjen kokeiden kemiallisista analyyseistä.

Hankkeelle perustettiin ohjausryhmä, johon kuuluivat Mari Nykänen (Keski-Suomen ELY keskus), Mauno Liukkonen ja Yrjö Lankinen (Savon Taimen Oy), Kai Arvonen ja Pekka Hanelin (Arvokala Oy) sekä Asmo Honkanen (pj) ja Juha Koskela (siht) (RKTL). Ohjausryhmä kokoontui neljä kertaa. Lisäksi kiireellisissä asioissa ohjausryhmä teki päätöksiä sähköpostin välityksellä.

Alkuperäisen hankepäätyksen mukaisesti hanke alkoi 12.11.2008 ja päättyi 31.12.2011. Hankkeelle haettiin ja myönnettiin jatkoaikaa 30.6.2012 asti, koska aineistojen käsittely ja analysointi vei suunniteltua pidemmän ajan. Hankkeen kokeet toteutettiin suunnitellussa aikataulussa.

Hankkeelle myönnettiin rahoitus Suomen elinkeinokalatalouden toimintaohjelmasta nro III.5. Hankkeen kokonaisrahoitus oli 117 000€, josta 17 000€ oli RKTL:n omarahoitusosuutta ja 100 000€ myönnettyä toimintaohjelman rahoitusta. Alkuperäisen rahoituspäätöksen kustannuserittelyyn haettiin muutosta, jonka rahoittaja myönsi päätöksellään. Uudessa päätöksessä otettiin huomioon kasvanut työn osuus ja vastaavasti vähennettiin hankintojen osuutta hankkeen kokonaiskustannuksista.

3. Toiminnan kuvaus

Hankkeen kokeet toteutettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Laukaan tutkimusyksikössä vuosien 2009 – 2012 aikana (taulukko 1). Tuotelaatumittaukset toteutettiin tutkimuslaitoksen Rymättylän kalantutkimusaseman Paraisten yksikössä.

Taulukko 1. Tutkimuksien ja ohjausryhmän kokousten ajoittuminen hankkeen aikana.

	Vuosi													
	2009				2010				2011				2012	
Tutkimus ja kokous	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Ruokinta-aika														
Rehurakeen koko														
Rehun koostumus														
Kasvatustiheys														
Kasvatustilämpötilä														
Tuotelaatu														
Ohjausryhmän kokous														

3.1. Tutkimusmenetelmät

Toteutuksessa hyödynnettiin RKTL:n Laukaan laitoksella olevia tutkimusmenetelmiä ja tekniikkaa. Koerohut valmistettiin pilotti ekstrudointi- ja vakuuminnoitelaitteella, ruokahalun mittauksessa hyödynnettiin hukkarehun keräysmenetelmää, kasvututkimuksessa kalat tunnistettiin yksilöllisesti PIT-merkkien avulla ja valaistuksen intensiteettiä ja kestoa säädettiin kontrolloidusti. Lisäksi hyödynnettiin Laukaaseen juuri valmistunutta kiertovesikasvatuksen tutkimuslaitteistoa. Veden laatua (°C, pH, O₂ ja typpiyhdisteet) seurattiin mitta-antureiden ja mittalaitteen avulla. Rehu- ja kalanäytteiden kemialliset analyysit toteutettiin EVIRA:n ja Novalabin laboratorioissa. Tuotelaatututkimuksissa hyö-

dynnettiin RKTL:n tuotelaatututkimuksen Paraisten yksikön mittausmenetelmiä ja kokemuksia vastaavanlaisista tutkimushankkeista muilla kalalajeilla.

Kokeissa käytetyt kuhat olivat Vanajaveden (Suuri-Säyneinen) kantaa ja peräisin Saimaan laitoksella olevasta emokalaparvesta. Keväisin osa emokaloista siirrettiin altaaseen, jonka veden lämpötila nostettiin 12–14 asteeseen ja altaan pohjalle asetettiin turoja kutualustaksi. Kutu indusoiittiin antamalla kaloille pistoksena lihakseen koriongonadotropiinia (200 IU/ kala kg). Kututurot ja niissä oleva mätä siirrettiin Laukaan laitokselle, missä tapahtui mädin haudonta ja poikasten kuoriutuminen. Vastakuoriutuneet poikaset kasvatettiin altaissa ja ruokittiin alkuvaiheessa Artemia-äyriäisillä ja kuivarehulla. Tämän jälkeen kuhia kasvatettiin kuivarehulla yhden-kahden vuoden ajan, kunnes ne olivat sopivan kokoisia kokeita varten. Käytetyt menetelmät on kuvattu tarkemmin kirjallisuuskatsauksessa Jokelainen ym. (2009).

Kasvatuskokeet tehtiin kiertovedessä 20–21 °C lämpötilassa ja ympäri vuorokauden (50 – 190 lux) valkoisella valolla valaistuissa vesitilavuudeltaan 400 litran pyöreissä ja väriltään vihreissä lasikuitualtaissa. Kokeiden käsittelyt toistettiin 2 (tiheyskoe/rehukoe) – 4 (muut kokeet) altaassa ja kokeet kestivät 50 – 62 vuorokautta. Lämpötilakoe toteutettiin vesitilavuudeltaan 80 litran läpivirtausaltaissa. Yhden altaan kalamäärä oli kokeesta riippuen 15 - 120 kalaa ja kalojen keskipaino oli kokeen alussa 120 – 300g (lämpötilakoe 20-30 g) ja kalatiheydet muissa kuin tiheyskokeessa alle 20 kg m⁻³. Kalat ruokittiin hihnaruokkimien avulla 6 tunnin ajan vrk (klo 4.00 – 10.00) ruokahalun mukaan siten, että altaan poistoveden mukana tuli hieman hukkarehua. Kiertovedessä kalojen syövä ravintomäärä mitattiin joka toinen viikko 4 vrk ajan. Mittauspäivinä rehuannos punnittiin ja allaspoistosta kerättiin syömättömät rehurakeet. Kalojen syövä rehumäärä laskettiin vähentämällä ruokitusta määrästä hukkarehun määrä. Hukkarehun massa saatiin kertomalla ruokintakuivan rehurakeen paino rakeiden määrällä. Kasvumittaukset tehtiin kokeiden alussa ja lopussa.

Tuotelaatumittaukset tehtiin tuoreesta peratusta kalasta. Lihaksen rakennetta tutkittiin sekä veitsi- että pistotestimenetelmällä käyttäen rakennetestaustilaitteistoa (TA.XTPlus, Stable Micro Systems). Veitsitestiä varten leikattu ruodoton lihaspala leikattiin poikki Warner-Bratzler terää käyttäen Lihaksen kiinteys eli leikkausvoima ilmoitetaan suhteessa leikkauspinta-alaan (N, newton/mm²). Pistotesti tehtiin fileen ruodottomalta alueelta kolmena toistona. Mittapäänä käytettiin sylinteriä (Ø 15,0 mm), joka painettiin 90 % fileen paksuudesta. Painamiseen tarvittava voima (N) rekisteröitiin fileen kovuuksena. Lihaksen vedensidontakyky ja vapautuvan veden %-osuus määritettiin gravimetrisin menetelmin (punnitus, fuugaus, kuivaus, punnitus) ja väri CIELab-väriavaruudessa (L*=vaaleus; a*=punaisuus; b*=keltaisuus, C*=värikylläisyys ja h=sävy) määritettiin fileestä spektrofotometrillä (8 mm aukko, 10° havaintokulma, D65 päivänvalo, malli CM-2600d, Minolta, Japani).

4. Tavoitteiden toteutuminen

Hanke tavoitteena oli tuottaa tietoa kiertovedessä tapahtuvasta kuhan ruokakalakasvatuksesta. Tutkimus keskitettiin tuotantoprosessien ongelmiin, joilla arvioidaan olevan suuri merkitys tuotannon taloudelliselle kannattavuudelle. Tavoitteet palvelevat myös luonnon lämmössä tapahtuvaa kasvatusta, koska tuloksia voidaan soveltaa myös perinteisessä laitokasvatuksessa.

Hankkeella oli kolme päätavoitetta, joista tuotantotekniikan kehittämisisio oli laajin.

Kuhan kiertovesikasvatus - kuhan ruokakalakasvatuksen tuotantotekniikka ja tuotelaatu

- Tuottaa tietoa tuotantotekniikoista, joilla voidaan parantaa lämminvesi/kiertovesikasvatuksen taloudellista kestävyyttä kalojen hyvinvointia ja tuotelaatua vaarantamatta.
- Tuottaa tietoa Keski-Suomessa ja Pohjois-Suomessa esiintyvien kuhakantojen lämpötilaominaisuuksista kantojen viljelyyn soveltuvuuden selvittämiseksi.
- Tuottaa tietoa luonnonkuhan ja kasvatetun kuhan keskeisistä tuotelaatuominaisuuksista sekä rehun laadun vaikutuksesta siihen.

Hankkeen päätavoitteista voitiin toteuttaa sellaisenaan tuotantotekniikkaa koskeva osio. Kantavertailuosa voitiin toteuttaa vain eteläsuomalaisen (Vanajavesi) kuhakannan osalta, koska Kemijärven kuhakannan mätiä tai poikasia ei ollut saatavilla. Kemijärven kuhan elvyttämishankkeessa (Mustonen 2009) oli tehty emokalapyntejä usean vuoden ajan, mutta toistaiseksi kantaa ei ole saatu viljelyyn. Vuonna 2009 pieni erä Kemijärven kuhan mätiä saatiin Laukaan karanteeniosastolle, mutta alkukasvatuksen jälkeen poikaset kuolivat bakteeri-infektioon. Elvytyshankkeessa Kemijärven kuhia on siirretty myös emokalajärveen. Aikanaan sukukypsyvien kalojen pyynnin oletetaan olevan helpompaa matalasta emokalajärvestä kuin syvästä Kemijärvestä ja pohjoisen kannan mätiä voi olla saatavilla lähivuosien aikana. Tuotelaatuosiossa tuotettiin tietoa kasvatetun ja luonnon kalan tuotelaatuerosta sekä luonnon kalan vuodenaikaisvaihtelusta. Sen sijaan rehun laadun vaikutusta kasvatetun kuhan laatuun ei voitu suunnitellusti tutkia, koska kalanpoikaset menehtyivät äkillisesti kesken koetta.

4.1. Hankkeen tuotoksien toteutuminen

Tuotantotekniikkaosion tarkoituksena oli parantaa kuhan lämminvesi/kiertovesikasvatuksen taloudellista kannattavuutta tutkimalla erityisesti niitä tekijöitä, joilla voidaan tehostaa kalojen kasvua ja lisätä kasvatuksessa käytettävää kalatiheyttä vaarantamatta kalojen hyvinvointia tai tuotelaatua. Hankkeessa suunnitellut tutkimukset liittyivät kalojen ruokintaan, rehustukseen, kasvatustiheyteen ja tuotantoympäristötekijöiden vaikutuksiin.

- Ruokintatutkimuksien tarkoituksena on selvittää ruokahalun ja kasvun kannalta optimaalinen ruokintatekniikka. Tutkimuskohteina ovat ruokinnan ajallinen annostelu ja ravintopartikkelien koko.
- Rehututkimuksen tarkoituksena on selvittää optimaalinen pääraaka-aineiden (kalajauho, öljy ja vehnä) suhde. Tutkimuksessa hyödynnetään seossuunnitteluasetelmaa (mixture design).
- Elinympäristötutkimuksessa selvitetään valaistuksen laadun ja sijoituksen merkitystä kuhan stressiherkkyyteen, ruokahaluun ja kasvuun.
- Tiheystutkimuksen tarkoituksena on selvittää kasvun kannalta optimaalinen kasvatustiheys ja sen vaikutus ruokahaluun ja rehutehokkuuteen.
- Tuotelaatuosion tarkoituksena oli tuottaa tietoa luonnonkuhan ja eri tavalla kasvatetun kuhan tuotelaatuominaisuuksista

Neljä hankesuunnitelmassa esitettyä tutkimusaihetta toteutettiin sellaisenaan (ruokintatekniikka, rehu- ja tiheystutkimus). Elinympäristötutkimuksen aihe muutettiin, koska hankkeen aikana saatujen kokemusten perusteella oli ilmeistä, että kuha ei stressaantunut käytetyssä kasvatusympäristössä. Stressitutkimuksien sijaan selvitettiin lämpötilan vaikutus kuhan kasvuun sekä kasvun optimilämpötila. Lisäksi panostettiin suunniteltua enemmän rehututkimukseen ja otettiin mukaan useampia rehukäsittelyjä.

Luonnonkuhalla selvitettiin vuodenajan (kevät ja syksy) vaikutus tuotelaatuun sekä erot kasvatetun ja luonnon kuhan laadussa syksyllä. Mitattavat tuotelaatuominaisuudet olivat perkuu- ja fiilesaanto, lihasrasva, -rakenne, -väri ja vedensidontakyky. Tuotelaatuosio toteutettiin muutoin suunnitelmien mukaisesti, mutta rehun rasvapitoisuuden vaikutusta ei voitu mitata halutussa laajuus-

nessa, kun tähän tarkoitukseen kasvatetut kalat kuolivat ennen mittausta kiertovesijärjestelmän pumppuun toimintahäiriön takia.

4.2. Hankkeen tulokset

Hankkeen suunniteltuina tuloksina on tuotantomenetelmiä lämminvesi/kiertovesikasvatukseen, tieto kahden kannan lämpötilaominaisuuksista ja soveltuvuudesta luonnonlämpötilassa tapahtuvaan kasvatukseen. Lisäksi tuloksena oli tieto kalastetun ja eri tavoin kasvatetun kuhan tuotelaatuominaisuuksista.

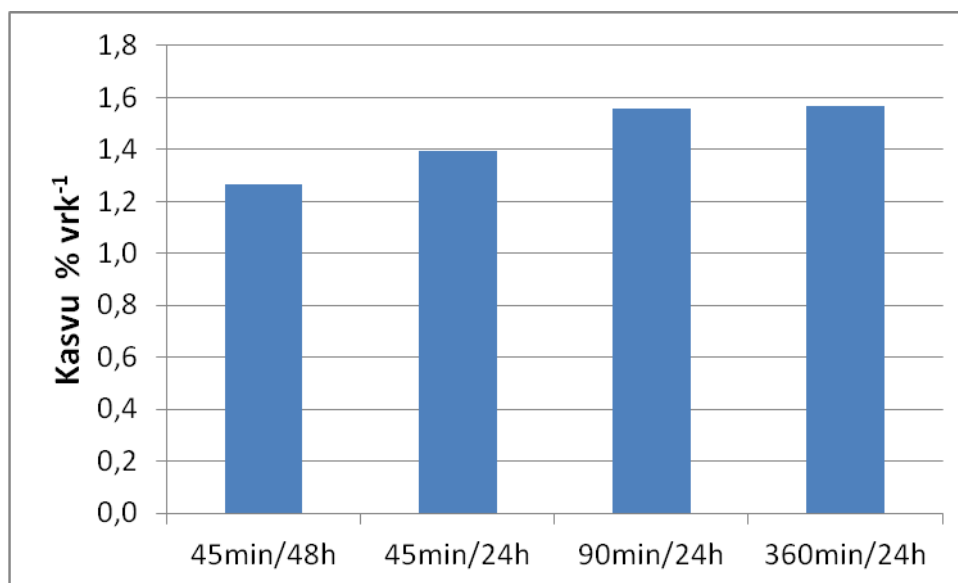
Suunniteltujen tuloksien saavuttamiseksi toteutettiin viisi kasvatuskoea. Neljä kokeista tehtiin kiertovesiympäristössä ja yksi läpivirtausaltaissa (lämpötilakoe). Kaikissa kokeissa käytettiin Saimaan laitoksen emokaloista peräisin olevia kaloja, jotka oli kasvatettu kokeita varten ruokintaviljelyn avulla Laukaan kalalaitoksella. Lisäksi tehtiin mittauksia keväällä ja syksyllä luonnonkuhusta ja viljellyistä kaloista niiden tuotelaadun selvittämiseksi.

Hankkeessa toteutetut kokeet ja mittaukset onnistuivat ja niistä saatiin luotettavaa ja sovellettavaa tietoa kuhan tuotantomenetelmistä. Seuraavissa kappaleissa kuvataan toteutetut kokeet ja niistä saadut keskeiset tulokset.

4.2.1. Ruokinta-aika

Ruokintakokeessa kaloja ruokittiin neljällä eri tavalla; joka toinen vuorokausi 45 minuutin ajan tai kerran vuorokaudessa 45, 90 tai 360 minuutin ajan. Kalat ruokittiin hihnaruokkimien avulla kaupallisella siikarehulla (Royal Silver 5mm, Raisioagro Oy), jota ei ollut jälkirasvattu tehtaalla (raakavalkuainen 43,4 %, raakarasva 10,1 % ja energia 20,6 kJ g⁻¹).

Ruokinta-aika vaikutti kalojen kasvuun ja kalojen syömään rehumäärään (kuva 1 ja taulukko 2).



Kuva 1. Ruokinnan pituuden (45 tai 90 minuuttia) ja ruokintakertojen välin pituuden (24 tai 48 tuntia) vaikutus kuhan kasvuun. Pylväs kuvaa neljän rinnakkaisen altaan keskimääräistä kasvutulosta.

Kun kaloja ruokittiin joka toinen päivä 45 minuutin ajan ne söivät vähemmän ja kasvoivat hitaammin kuin jos niitä ruokittiin joka päivä 90 minuutin tai 360 minuutin ajan. Tulosten perusteella kuhaa (paino yli 100 g) tulee ruokkia päivittäin ja ruokinta-ajan pituuden tulee olla vähintään 90 minuuttia. Tällä varmistetaan se, että kalat ennättävät syödä ruokinta-aikana riittävästi rehua. Sitä vastoin ruokinta-ajalla ei ollut vaikutusta rehukertoimeen vaan se säilyi hyvällä tasolla (0,95 – 0,99, taulukko 2) kaikissa ruokintakäsittelyissä.

Taulukko 2. Ruokinta-ajan vaikutus kalojen kokeen aikana syömään rehumäärään (% kalan painosta vrk⁻¹) ja rehukertoimeen. Käsittelyn tilastollinen merkitsevyys (ANOVA, NS = ei merkitsevää vaikutusta) on annettu p-arvona. Riveittäin eri kirjaimella merkityt ryhmät eroavat toisistaan merkitsevästi (p<0.05).

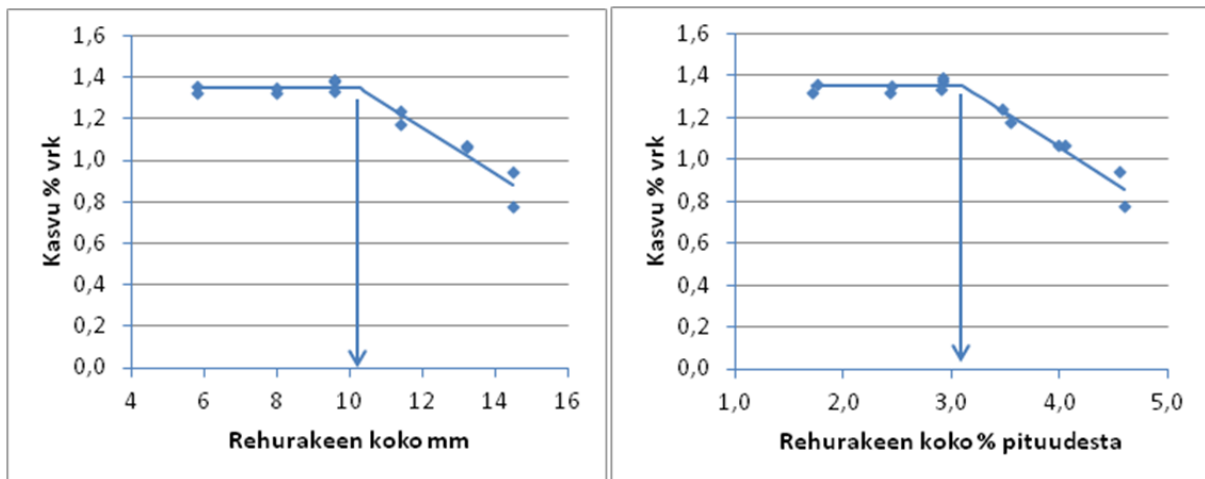
Ominaisuus	Ruokinta-aika				ANOVA
	45min/48h	45min/24h	90min/24h	360min/24h	p-arvo
Ruokailu %/vrk	1,18 ^A	1,31 ^{AB}	1,42 ^B	1,39 ^B	0,008
Rehukerroin	0,98	0,99	0,98	0,95	NS

4.2.2. Rehurakeen koko

Kuhalle soveltuvaa rehurakeen kokoa selvitettiin kokeessa, jossa kaloja ruokittiin koostumukseltaan samanlaisilla, mutta kooltaan erisuurilla, rehurakeilla. Rehurakeiden mitatut halkaisijat olivat 5,8, 8,0, 9,6, 11,4, 13,2 ja 14,5 mm. Kaikki rehut valmistettiin Laukaan toimipaikassa pilot ekstruderilla ja rehujen raaka-aineina käytettiin kalajauhoa ja – öljyä, vehnäjauhoa, vehnägluteiinia ja vitamiini-mineraaliseosta. Rehut sisälsivät raakavalkuaista 47,5 %, raakarasvaa 14,7 % ja energiaa 21,1 kJ/g⁻¹.

Rehurakeen koko vaikutti kalojen ruokahaluun ja kasvuun. Kalojen ruokahalu pysyi samansuuruisena (1,1 – 1,2 % vrk⁻¹), kun niitä ruokittiin halkaisijaltaan 5,8 – 9,6 mm rehurakeella. Kun kaloja ruokittiin tätä suuremmilla rehurakeilla, niin niiden ruokahalu aleni tasolle 1,0 % vrk⁻¹. Broken line - analyysin perusteella suurin rehurakeen koko, joka ei vielä heikennä kalojen ruokahaluja, oli 10,1 mm (3,0 % kalan pituudesta).

Kun kaloja ruokittiin halkaisijaltaan 5,8 – 9,6 mm rehurakeilla, niiden kasvu pysyi samansuuruisena (1,3 % vrk⁻¹) (kuva 2). Kun kaloja ruokittiin tätä suuremmilla rehurakeilla, alkoi niiden kasvu aleneta ja 14,5 mm ruokintaryhmässä kasvu oli enää 0,9 % vrk⁻¹. Kasvutulosten perusteella paras kasvu saavutetaan, kun rehurakeen koko on välillä 5,8 – 10,3 mm. Vastaavasti kalan pituuteen suhteutettuna rehurakeen koon tulee olla 1,7 – 3,1 % kalan pituudesta. Hyvä kasvu voidaan saavuttaa myös kokeessa käytettyä pienemmälläkin rehurakeella.

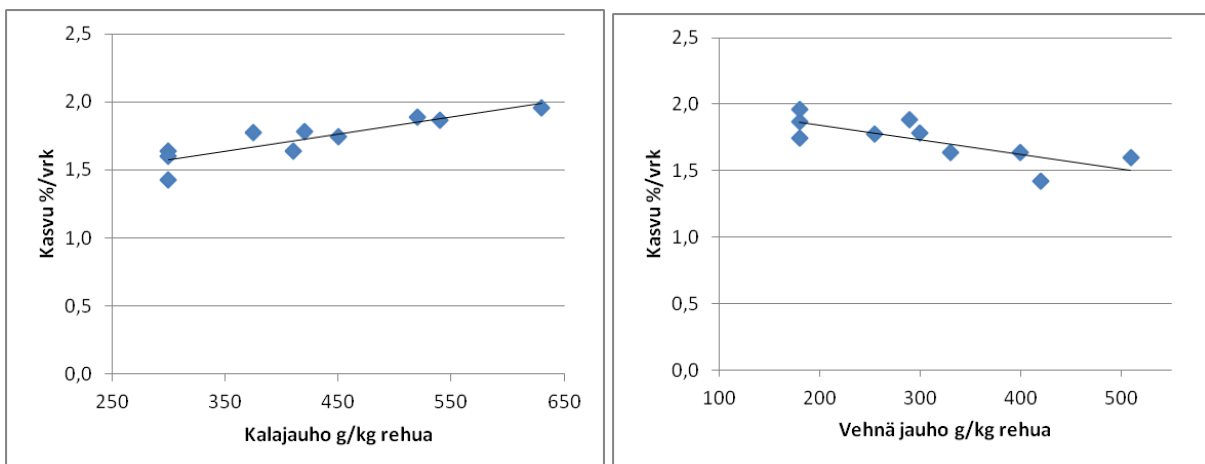


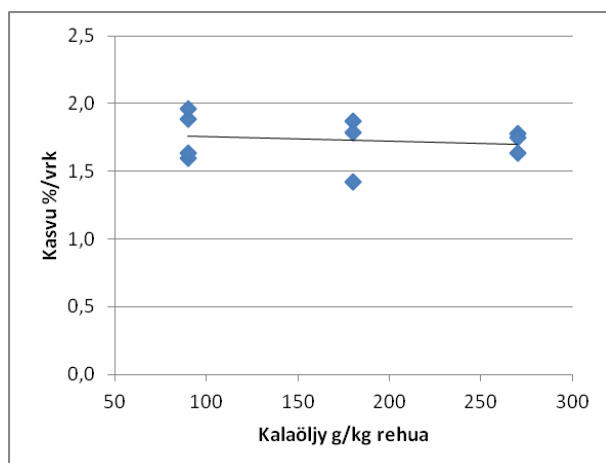
Kuva 2. Rehurakeen koon (mm tai % suhteessa kalan pituuteen) vaikutus kuhan kasvuun. Nuolella on merkitty suurin rehurakeen koko, joka ei vielä hidasta kalojen kasvu. Pisteet kuvaavat yksittäisen altaan kasvutulosta. Kuvan viiva ja optimipiste on laskettu broken line analyysin avulla.

4.2.3. Rehututkimus

Rehututkimuksen tarkoituksena oli selvittää pääraaka-aineiden (kalajauho, kalaöljy ja vehnä) suhteellisen osuuden vaikutus viljelytulokseen. Tutkimuksessa hyödynnetään seos-suunnitteluasetelmaa (mixture design). Koetta varten valmistettiin 10 koostumukseltaan erilaista rehua. Jokaisessa rehussa oli samansuuruinen ja sama koostumuksen omaava vakiokomponentti, joka sisälsi vitamiineja, mineraaleja sekä vehnägluteiinia. Loppuosaa rehusta koostui kalajauhosta, kalaöljystä ja vehnästä. Näiden raaka-aineiden osuudet vaihtelivat eri rehujen välillä (kalajauho; 300 – 630 g kg⁻¹, kalaöljy; 90 – 270 g kg⁻¹, vehnä jauho; 180 – 510 g kg⁻¹).

Kalajauhon määrän kasvattaminen rehussa (300 – 630 g kg rehua) paransi merkittävästi kalojen kasvu (kuva 3) ja vehnän määrän kasvattaminen (180 – 510 g kg rehua) puolestaan heikensi kalojen kasvu. Lisätyllä kalaöljyn määrällä (90 – 270 g kg rehua) ei ollut vaikutusta kuhan kasvuun.





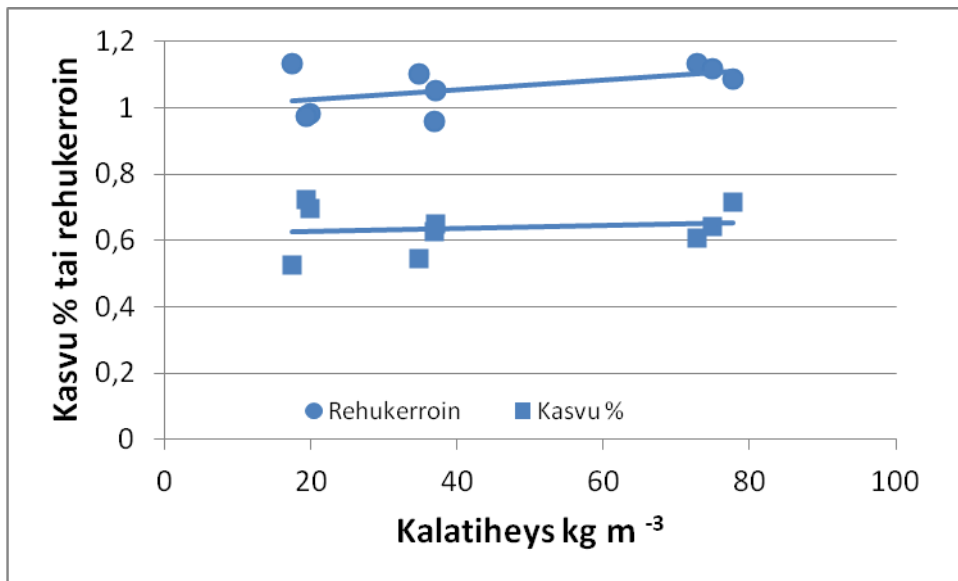
Kuva 3. Rehuun lisätyn kalajauhon, vehnäjäuhon ja kalaöljyn määrän vaikutus kuhan kasvuun. Pisteet kuvaavat yksittäisen altaan kasvutulosta. Kuvan viiva kuvaa raaka-aineen määrän vaikutusta kalojen kasvuun.

Raaka-aineiden määrällä oli merkitsevä vaikutus myös kalojen kokeen aikaiseen rehukertoimeen. Kalajauhon määrän lisääminen ja vehnäjäuhon määrän vähentäminen rehussa pienensi (paransi) rehukerrointa noin yhdestä aina 0,65. Sitä vastoin rehuun lisätun kalaöljyn määrällä ei ollut vaikutusta rehukertoimeen. Tulosten perusteella kuhalle soveltuvan kasvatusrehun tulee sisältää kohtuullisen paljon kalajauhoa ($> 500 \text{ g kg}^{-1}$ rehua) ja niukemmin vehnäjauhoa ($< 250 \text{ g kg}^{-1}$ rehua) ja se voi sisältää melko paljon kalaöljyä.

4.2.4. Kasvatustiheys

Tiheystutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kasvun kannalta optimaalinen kasvatustiheys ja sen vaikutukset tuotanto-ominaisuuksiin. Tarkoitusta varten tehtiin koe, jossa kaloja kasvatettiin kolmessa eri tiheydessä. Kokeen alkutiheydet olivat $14 - 55 \text{ kg m}^{-3}$ ja lopputiheydet $21 - 100 \text{ kg m}^{-3}$. Koe tehtiin $300 - 500 \text{ g}$ kokoisella kuhalla $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Allasveden laatu pysyi kaikissa tiheyksissä hyvänä. Kokeen allasveden keskipitoisuudet olivat: happikyllästys $89,5 - 93,7 \%$, pH $6,7$, ammonium $\text{NH}_3\text{-N} < 0,001 \text{ mg l}^{-1}$, nitriitti NO_2 $0,006 \text{ mg l}^{-1}$ ja nitraatti NO_3 $8,4 \text{ mg l}^{-1}$.

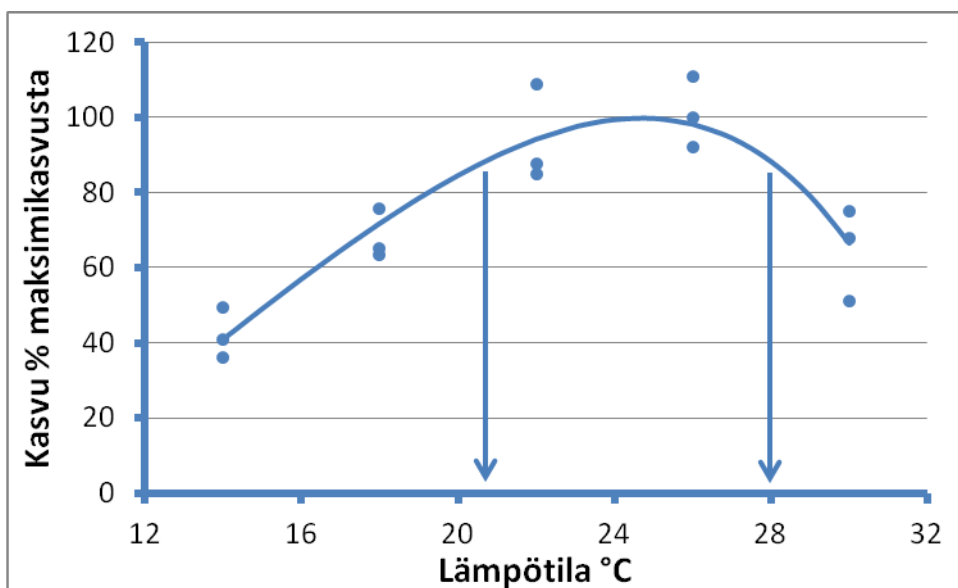
Kokeessa käytetyillä tiheyksillä (keskitiheys $20 - 80 \text{ kg m}^{-3}$) ei ollut merkitsevää vaikutusta kuhan kasvuun tai kasvatuksen aikaiseen rehukertoimeen (kuva 5). Mahdollisesti kalatiheydet voivat viljelyssä olla nyt tutkittua suurempiakin ilman vaikutuksia kasvuun tai rehukertoimeen.



Kuva 5. Kasvatustuksen aikaisen keskimääräisen kalatiheyden vaikutus kuhan kasvuun ja kasvatuksen aikaiseen rehukertoimeen. Pisteet kuvaavat yksittäisen altaan kasvatulosta ja viiva tiheyden vaikutusta.

4.2.5. Kasvu ja lämpötila

Elinympäristötutkimuksessa tarkoituksena oli selvittää veden lämpötila vaikutusta kuhan kasvuun sekä kasvun optimikasvulämpötilaan. Tarkoitusta varten tehtiin n. 50 g painoisilla kaloilla läpivirtausaltaissa koe, jossa käytettiin viittä eri vakiolämpötilaa (14, 18, 22, 26 ja 30 °C).



Kuva 5. Veden lämpötilan vaikutus kuhan kasvuun. Pisteet kuvaavat yksittäisen altaan kasvatulosta ja käyrä aineiston perusteella lasketun kasvumallin antamaa tulosta. Nuolilla on merkitty lämpötilat, joissa kasvu on 90 % maksimikasvusta.

Kasvu nopeutui veden lämpötilan noustessa ja maksimikasvu saavutettiin 24 – 25 asteen lämpötilassa (kuva 5). Lämpötila-alueella 21 – 28 °C kasvu oli 90 % maksimikasvusta ja 15 asteen lämpötilassa kasvu oli enää 50 % maksimikasvusta. Tulosten perusteella kuhan kasvupotentiaali saadaan hyödynnettyä hyvin, kun kasvatuslämpötilan on 21 astetta tai tätä korkeampi. Lohikalojen kasvatuksessa käytetyissä lämpötiloissa kuhan kasvu jää vaatimattomaksi ja tuotantokierron pituus kasvaa huomattavasti.

4.2.6. Kasvatetun ja villin kuhan tuotelaatu

Kasvatuksen tulee tuottaa markkinoiden arvostamaa tuotelaatua. Tämän vuoksi tuotelaadun ja laatuvaatimusten tunteminen on tärkeää, jotta kasvatusta voidaan kehittää oikeaan suuntaan. Kuhan kasvatuksen kehittämisen tueksi mitattiin kasvatetun kalan ja merialueen luonnon kalan keskeisiä tuotelaatuominaisuuksia sekä vuodenaikojen aiheuttamaa vaihtelua luonnon kuhalla. Mitattavat tuotelaatuominaisuudet olivat perkuu- ja fileesaanto, lihasrasva sekä lihaksen rakenne, vedensidontakyky ja väri. Jalostuksessa ongelmalliseksi koettua halkeilua ei hankkeen näytekuhissa havaittu.

Luonnon kuhan saantoprosentit, perkuu- ja etenkin fileesaanto, olivat merkittävästi parempia kuin kasvatetulla kuhalla (taulukko 3). Mittausten lisäksi tämä havainnoitiin käsittelyn yhteydessä muun muassa kasvatetun kuhan huomattavan suurena päänä. Ennalta sovittuina ajankohtina käsiteltiin näytteenä 12 kalaa sen hetkisen ammattikalastajan saaliin sekä kasvatuserän määrittämin rajoituksin. Vuonna 2010 sopivan kokoista kasvatettua kuhaa ei ollut saatavilla, joten luonnon kalan näytteenotot toistettiin vuonna 2011. Luonnon kuhien keskipainot olivat kaikissa näytteenotoissa pienemmät, vaikka saaliista valittiin mitattavaksi suurikokoista kalaa. Myös sukukypsytysaste (gonadipaino suhteessa kalan painoon) oli luonnon kalalla korkeampi ja koiraiden suhteellinen osuus pienempi. Edellä mainittujen taustamuuttujien (sukupuoli ja sukukypsyys) vaikutusta mitattuihin muuttujiin ei tämän kokoisesta aineistosta pysty tarkoin määrittämään.

Taulukko 3. Näytekalojen taustatiedot ja saantoprosentit.

KUHANÄYTTEET n = 12	Luonnon kuha kevät 2010	Luonnon kuha syksy 2010	Luonnon kuha syksy 2011	Kasvatettu kuha syksy 2011
Keskipaino g	465 (387-555)	515 (396-795)	710 (611-1026)	1003 (822-1415)
Sukukypsyvien osuus %	50	58	100	17
Perkuusaanto %	90 (83-96)	90 (84-94)	91 (87-95)	88 (86-90)
Fileesaanto % (perattu)	48	49	51	44
Fileesaanto % (pyöreä)	43	44	46	38

Luonnon kuhalla lihaksen rasvapitoisuus oli pienempi kuin kasvatetulla kuhalla (taulukko 4). Vuodenaika ei näytä vaikuttavat luonnon kuhan lihaksen rasvapitoisuuteen, mutta ruhon rasvapitoisuus oli syksyllä kasvukauden jälkeen suurempi kuin keväällä (taulukko 4). Kasvatetun kalan rasvapitoisuus on yleisesti luonnon kaloja suurempi ravinnon laadusta ja jatkuvasta saatavuudesta johtuen. Suuri lihaksen rasvapitoisuus voi olla lopputuotteen laadulle eduksi, mutta rasvan kertyminen muualle ruuhon tai suolistoon ei ole tuotantopöytä kannalta edullista. Suoliston rasvapitoisuuden määrittämisessä oli teknisiä ongelmia eikä sitä saatu kasvatetulla kalalla määritetyksi lainkaan. Luon-

nonkalallakin suolistorasvan virhevaihtelu oli suurta, mutta sen määrä oli suurempi kasvukauden jälkeen syksyllä kuin keväällä.

Taulukko 4. Rasvan osuus (%) tuorepainosta villin ja kasvatetun kuhan lihas- ja ruhonäytteissä (Evira). Kukin näyte on kokoomanäyte 12:sta näytekalasta.

Alkuperä	Vuodenaika	Lihäs	Ruho
luonnon kuha	kevät	0,69	2,18
luonnon kuha	syksy	0,72	3,55
kasvatettu kuha	syksy	1,36	6,00

Tuotelaatuominaisuuksissa havaittiin eroja sekä vuoden aikaan että kalan alkuperään liittyen. Syksyllä luonnon kuhan lihas oli tummempi, väriltään intensiivisempi ja sävyltään sinertävämpi kuin keväällä (taulukko 5). Kasvatetun kuhan väriarvot asettuivat luonnon kevät- ja syyskuhan välille ja kasvatettu kuha vastasi vaaleudeltaan syksyllä merestä kalastettua kuhaa. Lihaksen rakenne ja vedensidontakyky ovat tuotelaatuominaisuuksia, jotka kytkeytyvät läheisesti kalan käsittelyyn ja sen kokemaan stressiin ennen lopetusta sekä säilytysaikoihin ennen ja jälkeen perkuuta. Edellä mainittuja taustamuuttujia ei pystytty hankkeen koeasetelmassa täysin vakioimaan. Siksi luonnon kalan ja kasvatetun kalan vertailua näiden ominaisuuksien suhteen on haasteellista. Käytetyillä pyyntimenetelmillä (verkko tai altaasta haavinta, jota seurasi välitön kolkkaus) kasvatettu kuha oli rakenteeltaan kiinteämpi ja pidätti paremmin lihakseen sitoutunutta vettä kuin luonnon kuha.

Taulukko 5. Tuotelaatuominaisuuksien erot kasvatetulla ja villillä kuhalla. Muuttujien keskiarvot ryhmittäin on ilmoitettu taulukossa. Riveittäin eri kirjaimella merkityt ryhmät eroavat toisistaan merkitsevästi ($p < 0.05$).

Laatu- ominaisuus	Luonnon kuha kevät	Luonnon kuha syksy	Kasvatettu kuha syksy
Lihaksen vaaleus L*	43,7 ^A	40,2 ^B	39,3 ^B
Väriin intensiteetti C*	5,7 ^A	6,4 ^B	6,0 ^{AB}
Värisävy h	207,5 ^A	224,0 ^B	212,0 ^A
Kovuus N/mm	1,8 ^A	1,3 ^B	2,2 ^C
Vedensidontakyky %		91,5 ^A	93,3 ^B

Kasvatetun kalan laadulle voidaan asettaa tuotannollisten vaatimusten lisäksi keskeiset laadulliset kriteerit, joita ovat luonnon kalaa jäljittelevä maku ja ilmiäsu, sekä käyttöön ja jalostukseen sopiva lihakseen koostumus, väri ja rakenne. Kasvatettu kuha täyttäneenä tässä vaiheessa tuotekehitystä pääosan kriteereistä ominaisuuksien suhteen. Kasvatetulla kalalla on myös selkeitä etuja luonnon kaloihin verrattuna, kun menetelmien ja käytäntöjen kehittyessä voidaan oikein toimittaessa tarjota tasaista laatua. Näin on havaittu aikaisemmin muun muassa villiä ja kasvatettua siikaa verrattaessa (Airaksinen, 2008). Mikäli luonnon kuhaa muistuttavaa ilmiäsuä pidetään kasvatetulla kuhalla tärkeänä tavoitteena, tulee siihen kiinnittää jatkossa huomiota. Nyt näytteinä analysoidut kasvatetut kuhat olivat huomattavan isopäisiä ja tummia ja niiden kuntokerroin oli huonompi kuin luonnon kuhalla. Ne poikkesivat siten ilmiäsultaan lajitovereistaan luonnossa.

5. Hankkeen vaikutusten arviointi

Uuden lajin tuominen viljelyyn on kallis ja pitkäkestoinen prosessi, jonka toteuttamiseen yksittäisten yritysten taloudelliset ja/tai tutkimukselliset resurssit ovat heikot. Hankesuunnitelmassa arviointiin, että hankkeessa tuotettavat tiedot parantavat yritysten edellytyksiä arvioida mahdollisuuksia sekä käynnistää kaupallinen kuhan ruokakalakasvatus. Lisäksi oletettiin, että hankkeen myötä kasvatus käynnistyy pioneeriyrityksissä.

Laaja-alaisten kehittämishankkeiden vaikuttavuuden arviointi on yleisesti ottaen vaikeaa, koska myös monet muut tekijät, hankkeen tuottaman tiedon lisäksi, vaikuttavat yritysten päätöksiin. Uuden lajin viljelyn käynnistämiseksi edetään usein viljelykokeilujen ja kokemusten keräämisen kautta laajempaan tuotantoon. Tämän vuoksi hankkeen vaikutuksia tulisi arvioida pidemmän ajanjakson aikana kuin pelkästään hankkeen keston ajalta. Esimerkiksi siian kasvatustutkimuksia tehtiin vuosien 1998 – 2005 aikana ja lajin kaupallinen ruokakalakasvatus saavutti nykyiset mittasuhteet vuosien 2007 – 2009 aikana.

Yrityksillä on mielenkiintoa kuhan ruokakalakasvatusta kohtaan ja tätä kiinnostusta on todennäköisesti lisännyt hankkeen tuottamat tulokset lajin kasvatuksesta. Tuloksia on julkistettu mahdollisimman nopeasti elinkeinon toimijoiden käyttöön hankkeen ohjausryhmässä ja kalanviljelyä käsittelevissä tapahtumissa. Kuhan kiertovesikasvatus on käynnistymässä maassamme ja vuosien 2009 – 2011 aikana kiertovesikasvatukseen myönnettyissä kolmessa uudessa ympäristöluvassa ovat hakijat mainineet yhtenä kasvatuslajina kuhan. Kahdessa näistä kasvattamoissa on jo käynnistynyt kuhan ruokakalakasvatus ja tuotantoarvio vuodelle 2012 on n. 40 tonnia ja vuodelle 2013 noin 60 – 80 tonnia.

Viljelyn kehittyessä keskiössä on myös tuotteiston kehittäminen. Tuotelaatuominaisuuksien tunteminen on tässä työssä avainasemassa. Laadun parantamisen lisäksi on tärkeää, ettei käytäntöjen muuttuessa laatu pääse tahattomasti heikkenemään.

6. Jatkotoimet ja ehdotukset

Tässä ja aikaisemmassa kuhan kiertovesikasvatusta käsittelevässä hankkeessa on tuotettu paljon tietoa lajin kasvatukseen ja tuotantotalouteen liittyvistä tekijöistä. Näitä tietoja on julkistettu eri yhteyksissä ja tiedon hyödyntäjien kannalta aihepiirin kokonaisuuden hahmottaminen voi olla vaikeata. Tietojen koostaminen ”kuhan kiertovesikasvatuksen opas” – muotoon parantaisi kasvattajien mahdollisuuksia hyödyntää kotimaisissa ja kansainvälisissä tutkimuksissa tuotettua tietoa lajin kasvatuksesta.

Kiertovesikasvatus mahdollistaa usean eri lajin nopeakiertoisen tuotannon Suomen ilmasto-oloissa. Teknisenä tuotantomuotona kasvatusympäristön hallintaa liittyy kuitenkin paljon haasteita. Veden laadun hallinta ja veden laadun lajikohtaiset optimit sekä sietorajat ovat uusien tuotantolajien osalta heikosti tunnettuja, mutta tärkeitä tuotantotulokseen, kuten kuolleisuuteen, kasvuun ja myyntituotteen makuvirheisiin, vaikuttavia tekijöitä. Ratkaisujen tuominen näihin ongelmiin auttaisi kiertovesikasvatusta kehittämään elinkeinona.

Kasvatukseen tarvitaan tuotanto-ominaisuuksiltaan hyvää alkumateriaalia. Tällä hetkellä kasvatukseen perustuu muutaman villiin ja massavalittuun kuhakantaa. Ensivaiheessa kasvatukseen perustaksi olisi saatava maamme kuhakannoista parhaiten kasvatukseen soveltuva kanta. Mikäli kuhan kasvatukseen lisäantyy voimakkaasti, parhaan kannan tuotanto-ominaisuuksia voitaisiin kehittää valintajalostuksen avulla.

7. Tuotokset

Hankkeen tuotokset muodostuvat kirjoituksista ja esitelmistä

- Jokelainen, Teemu; Koskela, Juha; Suomalainen, Lotta-Riina. 2009. Kuhan kasvatus ruokakalaksi: kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalous. Selvityksiä 3/2009:1-54.
- Koskela, Juha. 2008. Kalojen kasvatusta tutkitaan kiertovesiympäristössä. Apaja 1/2008:17.
- Koskela, Juha. 2010. Kuha tulossa kasvatukseen - mitä seuraavaksi. Apaja 1/2010:10.
- Koskela, J. 2010. Kuha tulossa kasvatukseen. Evä lokakuu 2010. <http://mmm.multiedition.fi/eva/2010/3-2010/index.php>.
- Koskela, Juha; Lankinen, Yrjö. 2008. Ahvenkalojen tutkijat koolla Belgiassa. Suomen Kalankasvattaja - Fiskodlaren 2/2008:12.
- Koskela, Juha; Lankinen, Yrjö. 2008. Forskare samlades i Belgien kring temat abborrfiskar. Suomen Kalankasvattaja - Fiskodlaren 2/2008:12-13.
- Koskela, Juha. 2010. Mångsidigare fiskodling effektiverar branschens konkurrenskraft. Fiskeritidskrift för Finland 4/2010:26-27.
- Koskela, J. 2010. Ruokakalaviljelyn uudet lajit. Kalaviikko 20-21.01.2010, Viking Mariella. Esitelmä
- Koskela, J. 2010. Ruokakalaviljelyn uudet lajit. Suomen kalankasvattajaliiton yrittäjäpäivät, 26.03.2010, Jyväskylä. Esitelmä
- Koskela, J. 2012. Uudet vesiviljelylajit kiertovesikasvatuksessa. Kalaviikko 29 30 3. 2012, Tallinna, esitelmä.

Viitteet

- S. Airaksinen (2008). Siian laatu kalan tarjontaketjussa 2006-2008, KOR-hankkeen loppuraportti, 7s.
- FAO 2010. The state of world fisheries and aquaculture. Rome, FAO, 197 s.
- Jokelainen, T., Koskela, J. & Suomalainen L-R. 2009. Kuhan kasvatus ruokakalaksi – kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. Riista- ja kalatalous – Selvityksiä No 3, 54s.
- Koskela, J., Setälä, J. ja Honkanen, A. 1998. Viljelyn monipuolistaminen uusien lajien avulla - Lajien taloudelliset ja tekniset mahdollisuudet ruokakalaviljelyyn. Kala- ja riistaraportteja 111.
- Koskela, J., Määttä, V., Vielma, J., Rahkonen, R., Forsman, L., Setälä, J. & Honkanen, A. 2002. Siian kasvatus ruokakalaksi. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos*, 48 s.
- Koskela, J., Setälä, J., Saarni, K. & Kankainen, M. 2005. Esiselvitys kuhan kasvatuksen mahdollisuuksista. Kala- ja riistaraportteja nro 348, 19 s + liite.
- Koskela, J., Kankainen, M., Setälä, J., Naukkarinen, M. & Vielma, J. 2007. Kuhan ruokakalakasvatuksen kannattavuus verkkoallaskasvatuksessa ja lämminvesiviljelyssä. Kala- ja riistaraportteja 403, 27s.
- Mustonen, S. 2009. Kemijärven kuhan elvyttäminen, väliraportti vuoden 2009 toiminnasta, 6s.
- Setälä, J., Vielma, J., Koskela, J., Honkanen, A., Saarni, K., Jokelainen, T., Suvanto, M., Kankainen, M. ja Virtanen, J. 2007. Ahvenanmaan kestävä kalankasvatuksen kehittämismahdollisuuksia. Kala- ja Riistaraportteja nro 412, 38s.