

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 182

*Juha Koskela
Riitta Rahkonen
Leena Forsman
Lars-Gustaf Lönnström
Göran Bylund*

Siian ruokakalaviljely

Yhteistutkimushankkeen loppuraportti

Helsinki 2000



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Tekijä(t)

Juha Koskela, Riitta Rahkonen, Leena Forsman, Lars-Gustaf Lönnström ja Göran Bylund

Julkaisun nimi

Siian ruokakalaviljely. Yhteistutkimushankkeen loppuraportti.

Julkaisun laji

Toimeksiantaja

Toimeksiantopäivämäärä

Tutkimusraportti

Projektin nimi ja numero

Siian ruokakalaviljely (312063)

Tiivistelmä

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos on käynnistänyt tutkimushankekokonaisuuden, jonka tarkoituksena on auttaa ruokakalaviljelyä monipuolistumaan uusien viljelylajien avulla. Hankekokonaisuuteen kuuluvat toteutettavuustutkimukset, joiden avulla arvioidaan eri lajien mahdollisuuksia kehittyä ruokakalaviljelylajiksi, ja tutkimukset, joilla selvitetään keskeiset taloudellisesti kannattavan viljelyn esteenä olevat ongelmat sekä biologiset tutkimukset, joiden avulla tuodaan ratkaisuja viljelyn ongelmiin.

Vuonna 1997 käynnistettiin osahanke, jossa etsittiin ratkaisuja siian viljelyn kannattavuusongelmiin. Hankkeen tavoitteena oli parantaa kalojen kasvua ja alentaa viljelyn aikaista kuolleisuutta. Tarkoitusta varten hankkeessa toteutettiin useita kokeellisia tutkimuksia liittyen kalojen ruokailukäyttäytymiseen, terveydenhoitoon ja kahden kannan kasvuroihin.

Tulosten perusteella hankkeelle asetettu kalojen kasvutavoite saavutettiin koeympäristössä ja myös pilottimittakaavassa, kun viljelyrutiineja optimoitiin yksittäisissä tutkimuksissa saatujen tulosten mukaisesti. Kalojen kuolleisuudelle asetettu alentamistavoite saavutettiin yksittäisissä kokeissa, mutta pilottimittakaavassa se jäi saavuttamatta. Syynä tähän oli ennakoimaton kalojen kuolleisuutta aiheuttava ongelma, joka liittyi häiriöihin mereen siirrettyjen kalojen syömäänoppimisessa.

Asiasanat

Siika, *Coregonus lavaretus*, viljelyn monipuolistaminen, kasvu, ruokailu, kuolleisuus

Sarjan nimi ja numero

ISBN

ISSN

Kala- ja riistaraportteja 182

951-776-267-4

1238-3325

Sivumäärä

Kieli

Hinta

Luottamuksellisuus

13 s.

Suomi

Julkinen

Jakelu

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Elinkeinokalatalouden tutkimus
PL 6
00721 Helsinki
Puh: 0205 7511 Fax: 0205 751 201

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751 201

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
1.1. Tutkimus vaiheistettiin kolmeen vaiheeseen.....	1
1.1.1. Parhaat mahdollisuudet omaavien lajien valinta.....	1
1.1.2. Ratkaistavien viljelyongelmien asettaminen.....	1
1.1.3. Tavoitteiden muotoilu tieteellisiksi tutkimusongelmiksi.....	2
1.2. Siian ruokakalaviljely -hankkeessa tutkittiin ruokailukäyttäytymistä ja tautien vastustuskykyä.....	2
1.3. Organisaatio.....	3
2. TEHDYT TUTKIMUKSET	4
2.1. Tehtyjen kokeiden keskeiset tulokset.....	4
2.1.1. Siialle soveltuva ruokintamäärä ja ruokintatapa	4
2.1.2. Rehun laadun vaikutus siian ruokintaan ja kasvuun.....	5
2.1.3. Siikakannan vaikutus kasvuun.....	5
2.1.4. Tautiseuranta, syyt kuolleisuuteen meriviljelyssä.....	6
2.1.5. Rokotteen antama tautisuoja, paras rokotusajankohta ja rokotussuojan kesto	6
2.1.6. Rokotuksen aiheuttamat sivureaktiot	7
2.1.7. Mereen siirrettyjen siikojen syömäänoppimisongelmat.....	7
3. YHTEENVETO SAADUISTA TULOKSISTA JA NIIDEN MERKITYKSESTÄ SIIAN RUOKAKALAVILJELYLLE	8
3.1. Julkaisut.....	8
3.1.1. Tieteelliset artikkelit.....	8
3.1.2. Muut julkaisut.....	8
3.1.3. Esitelmät ja posterit.....	9
3.2. Viljelyrutiineja optimoimalla parempaan kasvatustulokseen	10
3.3. Hankkeen tavoitteet saavutettiin koeolosuhteissa	10
3.4. Hankkeen tavoitteiden saavuttaminen tulee verifioida vielä pilottimittakaavassa.....	10
4. JATKOTOIMENPITEET	12
4.1. Tulosten julkaiseminen	12
4.2. Siian ruokintaviljelyn jatkotutkimustarpeet	12
Kiitokset	12
KIRJALLISUUS	13

1. Johdanto

1.1. Tutkimus vaiheistettiin kolmeen vaiheeseen

Suomalainen kalankasvatus perustuu lähes yksinomaan kirjolohkeen ja tästä johtuen koko ala on herkkä kirjolohkeen kysynnässä tai hintatasossa tapahtuville muutoksille. Suomen liittyminen Euroopan unioniin on helpottanut kalatuotteiden maahantuontia. Tämä on näkynyt norjalaisen lohen tuonnin voimakkaana kasvuna. Samanaikaisesti kotimaisen kirjolohkeen hintataso ja tuotantomäärät ovat olleet laskussa ja alan kannattavuus vaikeuksissa.

Maailmanlaajuisesti uudet viljelylajit ja -tuotteet on nähty mahdollisuudeksi, jonka avulla kalatalouselinkeinot voivat tulevaisuudessa menestyä. Uuden lajin saaminen viljelyyn on kuitenkin pitkäaikainen ja kallis prosessi, jonka onnistumiseen vaikuttaa se, saadanko uuden lajin viljely taloudellisesti kannattavaksi ja löytyykö viljelytuotteelle riittävän suuret markkinat. Tutkimuksen pitää siis kohdistua parhaat mahdollisuudet omaaviin lajeihin ja ratkaista viljelyn taloudellisen kannattavuuden kannalta tärkeimmät ongelmat. Tämän vuoksi viljelyn monipuolistamishanke vaiheistettiin kolmeen vaiheeseen; parhaiden lajien valinta, keskeisten viljelyongelmien löytäminen (= toteutettavuustutkimukset, *feasibility studies*) ja kolmantena vaiheena näiden ongelmien selvittäminen biologisen tutkimuksen keinoin (Koskela ja Rahkonen 1998).

1.1.1. Parhaat mahdollisuudet omaavien lajien valinta

Toteutettavuustutkimuksien avulla pyrittiin löytämään parhaat edellytykset omaavat lajit. Valinnan kriteereinä käytettiin lajien markkinamahdollisuuksia ja viljelyedellytyksiä. Markkinamahdollisuuksia selvitettiin markkinoiden eri tasoille (kuluttajat, suurkeittiöt, kauppa ja tukut) tehtyjen tutkimuksien avulla ja viljelyedellytyksiä kartoitettiin selvittämällä lajien kasvua Suomessa vallitsevissa ilmasto-oloissa. Lisäksi huomioitiin alkumateriaalin saatavuus ja viljelytietämyksen nykytaso (Honkanen 1996, Honkanen ym. 1998, Saarni ym. 1998 ja Koskela ym. 1998). Näiden toteutettavuustutkimuksien perusteella parhaat edellytykset nähtiin olevan siialla, ahvenella ja kuhalla.

1.1.2. Ratkaistavien viljelyongelmien asettaminen

Toteutettavuustutkimuksien avulla etsittiin ne viljelyn ongelmakohdat, joilla on suurin merkitys viljelyn taloudelliselle kannattavuudelle. Tämän jälkeen asetettiin tavoitetasot sille, miten paljon kannattavuuteen vaikuttavaa tekijää tulee parantaa, jotta viljely olisi kannattavaa. Tarkoitusta varten muodostettiin siian ja ahvenen viljelystä talous-biologiset mallit. Mallin avulla kuvattiin viljelyprosessin biologisten ja taloudellisten tekijöiden vaikutusta viljelyn taloudelliseen tulokseen. Herkkyysanalyysien avulla etsittiin ne tekijät, joiden vaikutus taloudelliseen tulokseen oli suurin ja arvioitiin paljonko kyseisiä tekijöitä tulee muuttaa, jotta taloudellisesti kannattava viljely on mahdollista (Mickwitz ym. 1996, Koskela ym. 1996 ja Koskela ym. 1998).

Siian viljelyn taloudelliseen kannattavuuteen vaikutti eniten kalojen kasvu, viljelyn rehukustannukset ja kalojen kuolleisuus. Mallissa käytetyt parhaaseen silloiseen

tietoon perustuvat arviot edellä mainittujen tekijöiden tasoista olivat koko 740 g (kolmen kasvukauden jälkeen), rehukerroin 1.4 (poikasvaiheesta eteenpäin) ja kuolleisuus 12.5 % vuodessa (poikasvaiheesta eteenpäin). Analyysin mukaan taloudellisesti kannattavan viljelyn mahdollistavat tavoitetasot olivat koko 800 g, rehukerroin 1.2 ja kuolleisuus 10 %. Nämä tasot muodostivat hankkeen tavoitteet (Koskela ym. 1996 ja Koskela ym. 1997).

1.1.3. Tavoitteiden muotoilu tieteellisiksi tutkimusongelmiksi

Tavoitteet muotoiltiin tieteellisiksi tutkimusongelmiksi käyttäen asiantuntija-arviota. Lähtökohtana oli ajatus, että optimaaliset siian viljelymenetelmät eroavat kirjolohella menestyksellisesti käytetyistä menetelmistä, joten paremman viljelytuloksen saaminen edellyttää tietoa paremmista viljelymenetelmistä.

Toisena lähtökohtana oli ajatus, että kalojen ruokinnan, rehun laadun ja terveyden hoidon optimoinnilla voidaan vaikuttaa parhaiten kalan kasvuun, rehustus-kustannuksiin ja kalan terveyteen. Edellä esitettyjen viljelytekijöiden optimointi tulee mahdolliseksi, kun tunnetaan kalojen ruokailukäyttäytyminen erilaisissa ympäristöoloissa, ravintoainetarpeet ja ravintoaineiden saatavuus eri raaka-aineista sekä kalojen tautien vastustuskykyyn ja kuolleisuuteen vaikuttavat tekijät (kuva 1).

Hankkeen toiminta perustuu yhtenevään loogiseen kokonaisuuteen. Toisessa päässä on laaja tavoite, saada uusia lajeja ruokakalaviljelyyn, ja toisessa päässä yksittäisiä viljelyongelmia ratkaisevat kokeet, jotka tukevat kokonaistavoitetta.



Kuva 1. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda ratkaisuja siian ruokakalaviljelyn talouden kannalta tärkeimpiin ongelmiin (heikko kasvu, korkeat rehukustannukset ja kuolleisuus) tutkimalla kalojen ruokailukäyttäytymistä, ravintoainetarpeita sekä tautien vastustuskykyä.

1.2. Siian ruokakalaviljely -hankkeessa tutkittiin ruokailukäyttäytymistä ja tautien vastustuskykyä

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos haki maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusvaroista rahoitusta siian ruokailukäyttäytymistä ja tautien vastustuskykyä koskeviin tutkimushankkeisiin yhdessä Åbo Akademin kanssa. Maa-

ja metsätalousministeriö myönsi hankkeen rahoitukseen yhteistutkimusmäärärahaa kolmelle vuodelle (1997-1999) yhteensä 302 000 mk.

Tässä loppuraportissa esitellään hankkeen organisaatio, tehdyt tutkimukset ja tässä vaiheessa tutkimuksista ilmestyneet julkaisut ja esitelmät, sekä arvioidaan miten hyvin hankkeelle asetetut tavoitteet saavutettiin. Johdannossa esitetty siian ravintoainetarvetutkimus organisoitiin omaksi hankekokonaisuudeksi, jota ei käsitellä tässä raportissa.

1.3. Organisaatio

Tutkimushankkeen vetovastuu ja johto oli Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella. Yhteistutkimushankkeeseen osallistui tutkimusyksiköitä kotimaasta ja ulkomailta. Osallistuneet tahot olivat seuraavat.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

- Hankkeen johto, tutkimusten suunnittelu, toteutus ja raportointi

Åbo Akademi

- Tutkimusten suunnittelu, toteutus ja raportointi

Tromssan yliopisto

- Tutkimusten suunnittelu ja raportointi

Upsalan yliopisto

- Erityisanalytiikka ja tutkimusten raportointi

Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteen laitos

- Opinnäytetyöt

Eri tutkimuslaitoksista hankkeeseen osallistuneen vakituisen henkilöstön lisäksi yhteistutkimusvaroilla palkattiin Lars-Gustaf Lönnström 4 kuukauden ajaksi tekemään kaloille altistuskokeita ja Annette Gröndahl 1½ kuukauden ajaksi tekemään vasta-ainemäärittelyksiä. Lisäksi Jyrki Nikki teki opinnäytetyön yhdestä hankkeen tutkimuksesta.

2. Tehdyt tutkimukset

Hankkeen tavoitteena oli parantaa kalojen kasvua ja alentaa viljelyn aikaista kuolleisuutta. Kalojen kasvuun lähdettiin etsimään parannusta tutkimalla kalojen ruokailukäyttäytymistä ja kantojen välisiä kasvueroja. Tarkoituksena oli kehittää sellainen ruokintatapa, joka mahdollistaisi siian kasvupotentiaalin täysimittaisen hyödyntämisen.

Viljelyn aikaiseen kuolleisuuteen etsittiin parannusta tutkimalla siikojen kuolleisuussyitä meriympäristössä ja kaupallisen rokotteen antamaa suojaa sekä erilaisia rokotusmenetelmiä.

Edellä mainittujen päämäärien saavuttamiseksi hankkeessa tehtiin useita kokeita, joiden avulla selvitettiin yksittäisten tekijöiden vaikutusta siian ruokailuun, kasvuun ja eloonjäämiseen (Taulukko 1).

Taulukko 1. Hankkeessa eri vuosina tehdyt kokeet.

	Vuosi		
	1997	1998	1999
Kokeet	Rehun rasvapitoisuus ja ruokahalu	Veden lämpötila ja ruokahalu	Mereen siirrettyjen siikojen syömäänoppimisongelma
	Ruokinta-aika ja ruokahalu	Kantavertailu (kasvukausi 1)	Kantavertailu (kasvukausi 2)
	Rajoitettu ruokinta ja ruokahalu	Kuolleisuusseuranta meriviljelyssä	Kuolleisuusseuranta meriviljelyssä
	Rehupelletin koko ja ruokahalu	Rokotteen antama tautisuoja	Rokotteen antama tautisuoja, rokotusajankohta
	Loiset ja taudit, rokotuksen aih. sivureaktiot/teuraslaatu	Rokotuksen aih. sivureaktiot/teuraslaatu	Rokotuksen aih. sivureaktiot/teuraslaatu

2.1. Tehtyjen kokeiden keskeiset tulokset

2.1.1. Siialle soveltuva ruokintamäärä ja ruokintatapa

Kalojen ruokintaa voidaan säädellä määrällisesti ja ajallisesti. Määrällisen säätelyn tarkoituksena on antaa ruokintajakson aikana kalalle ruokahalun mukainen määrä ravintoa. Ajallisen säätelyn tarkoituksena on rytmittää ruokinta siten, että kalalle tarjotaan ravintoa aina kun sen ruokahalu on palannut edellisen ruokintajakson jälkeen. Ruokinnan määrälliseen säätelyyn vaikuttaa keskeisesti mm. veden lämpötila ja kalojen herkkyys muodostaa sosiaalisia hierarkioita. Ruokinnan ajallisen säätelyyn vaikuttaa ruokintajakson pituus ja ruokintakertojen välinen aika.

Yhdessä kokeessa tutkittiin veden lämpötilan (13-25 °C) vaikutusta kahden siikakannan ruokailuun ja kasvuun tarkoituksena selvittää viljelyn kannalta keskeiset siian lämpötilaominaisuudet. Tulosten perusteella siika viihtyy hyvin korkeissakin lämpötiloissa. Siialla paras kasvu saavutettiin n. 20 °C lämpötilassa ja vielä 25 °C:ssa kalat söivät ja kasvoivat hyvin. Tulosten perusteella voitiin tarkentaa siialle aikaisemmin laadittua (Koskela 1992) ruokintaohjeistusta erityisesti korkeiden lämpötilojen osalta.

Lohikaloilla ruokinnan rajoittaminen tai muutoin epäedulliset viljelyolosuhteet (pieni parven tiheys, hidas veden virtaus tai pistemäinen yhteen paikkaan tapahtuva

ruokinta) voivat johtaa käyttäytymiseen, jossa osa kaloista estää muita yksilöitä syömästä rehua. Tällöin kalaparven kasvu hidastuu ja kalojen kokoerot kasvavat. Siian herkkyyttä muodostaa tällaisia sosiaalisia hierarkioita tutkittiin kokeessa, jossa rajoitettiin kalojen ruokintaa. Tulosten perusteella ruokinnan rajoittaminen ei siialla johtanut yksilöiden välisiin eroihin ruokailussa tai kasvussa. Johtopäätöksemme oli, että siika ei ole herkkä muodostamaan sosiaalisia hierarkioita ja laji on tältä kannalta ongelmattomampi viljeltävä kuin monet muut lohikalat.

Ruokintamäärän lisäksi viljelyssä säädetään päivittäisen ruokinta-ajan pituutta. Tutkimme neljän ruokinta-ajan (6h, 12h, 18h ja 24h/vrk) vaikutusta siian ruokailuun ja kasvuun tarkoituksena selvittää kasvun kannalta riittävän pitkä ruokinta-aika. Tulosten perusteella kalat saadaan syömään eniten ja kasvamaan parhaiten, jos kaloja ruokitaan ympäri vuorokauden (24h). Kun käytettiin lyhintä ruokinta-aikaa (6h), kalojen kasvu oli jo merkittävästi hitaampaa kuin käytettäessä jatkuvaa ruokintaa.

2.1.2. Rehun laadun vaikutus siian ruokintaan ja kasvuun

Rehun laatutekijöillä, kuten koostumuksella ja ravintopartikkelin koolla, on vaikutusta kalojen syömään ravintomäärään. Tutkimme kahden rehun laatutekijän, rehun rasvapitoisuuden ja rehupelletin koon, vaikutusta siian ruokailukäyttäytymiseen ja kasvuun. Siian luonnolliset ravintokohteet ovat kooltaan ja koostumukseltaan vaihtelevia (eläinplankton, pohjaeläimet ja pienet kalat). Voidaan olettaa, että optimaalinen ravintopartikkelin koko voisi tämän vuoksi olla erilainen kuin mitä käytetään yleisesti petomaisien lohikalojen viljelyssä.

Kokeessa tutkittiin kahden ravinnon rasvapitoisuuden (vähärasvainen 12.0%, normaalirasvainen 28%) vaikutusta kalojen ruokahuuun, kasvuun ja ruhon koostumukseen. Tulosten perusteella rehun rasvapitoisuudella ei ollut vaikutusta kalan kasvuun, mutta kylläkin ruokahuuun ja kalan rasvapitoisuuteen. Enemmän rasvaa (ja energiaa) sisältävää rehua kalat söivät hieman vähemmän ja näissä ryhmissä kalat olivat koostumukseltaan rasvaisempia. Tulosten perusteella siian lihan rasvapitoisuuteen voidaan vaikuttaa ravinnon rasvapitoisuutta muuntelemalla.

Toisessa kokeessa tutkittiin eri kokoisten rehupellettien (1.1 – 8.2 mm) vaikutusta kahden eri kokoisen siian (35 g ja 290 g) kasvuun tarkoituksena löytää lajille optimaalinen ravintopartikkelin koko. Tulosten perusteella siian kasvu oli nopeaa useamman kokoisilla ravintopartikkeleilla. Pienempi kokoisilla ja nopean kasvun vaiheessa olevilla kaloilla parhaaksi ravintopartikkelin kooksi osoittautui pelletti, joka oli n. 2 % kalan pituudesta. Kasvun hidastuessa kalan kasvun myötä ravintopartikkelin koon merkitys väheni ja vain pienimmillä rehupelletteillä ruokittaessa kalojen kasvu jäi selvästi muita ryhmiä heikommaksi.

2.1.3. Siikakannan vaikutus kasvuun

Kokeessa verrattiin kahden siikakannan (Kokemäenjokinen ja Kymijokinen) sekä kantojen molemmiin päin tehtyjen risteymien vaikutusta kalojen kasvuun meriympäristössä (kassikasvatus). Koe päättyi loppuvuodesta 1999 ja aineiston käsittely on meneillään. Aineiston alustavan tarkastelun perusteella Kokemäenjoen siikakanta kasvoi paremmin kuin Kymijoen kanta. Kantojen molemmiin päin tehdyt risteymät kasvoivat vastaavasti kuten Kymijokinen kanta.

2.1.4. Tautiseuranta, syyt kuolleisuuteen meriviljelyssä

Siian ruokakalaviljelyn kehittämishankkeen yksi keskeinen tavoite oli kuolleisuuden vähentäminen. Siian kuolleisuuden syistä merikasvatuksessa on ollut tietoa hyvin vähän. Rymättylän kalantutkimusasemalla toteutettiin kesällä 1997 lois- ja tautiseuranta yhden ja kahden merikesän siioilla, eikä ongelmallisia tauteja tai loisia todettu. Kesällä 1998 ja 1999 Rymättylässä kantavertailukokeessa toteutettu tarkka kuolleisuusseuranta paljasti, että rokotuksesta huolimatta vibriosisi aiheutti lievää kuolleisuutta 1+ ikäisissä kaloissa. Toinen esiin tullut taudinaiheuttaja oli *Pseudomonas anguilliseptica*, jonka on todettu aiheuttaneen jonkin verran kuolleisuutta 1990 luvulla myös kirjolohikasvattamoissa. Kummatkin taudit verottivat pääasiassa niitä siikoja, jotka olivat jääneet kasvussa selvästi jälkeen. Hyvään kasvuvauhtiin päässeiden siikojen kuolleisuus oli erittäin vähäistä. Myös seurannassa olleilla yksityisillä merilaitoksilla kuolleisuus on ollut vähäistä eikä bakteeritauteja ole todettu. Kalatäit ovat joillakin laitoksilla vaurioittaneet siikojen ihoa.

2.1.5. Rokotteen antama tautisuoja, paras rokotusajankohta ja rokotussuojan kesto

Muutaman viimeisen vuoden aikana on yleistynyt tehokas kalojen immunisoiva rokottaminen vibriosisiä ja paisetautia vastaan ensin Norjassa ja sitten muuallakin lohen ja kirjolohen tuottajamaissa, mikä on kääntänyt mikrobilääkkeiden käytön jyrkkään laskuun. Siian osalta kokemukset rokottamisesta, rokotteen antamasta suojasta sekä sivureaktioista ovat olleet vähäisiä. Mereen siirrettävät siiat eivät käytännössä voi välttyä vibriosisiä ja paisetautia aiheuttavilta bakteereilta. Kokemusten mukaan muutamalla yksityisellä laitoksella rokottamattomat siiat ovatkin sairastuneet ja kuolleisuus on ollut 40-50% ennen lääkitystä. Vuonna 1999 toteutettiin laboratorio-oloissa koe, jossa tutkittiin yhden kaupallisen kaksoisrokotteen antamaa suojaa vibriosisiä ja paisetautia vastaan, sekä siikojen puolustusvastetta mittaamalla vasta-ainetuotantoa ja valkosolukuvaa. Tulosten perusteella rokote suojasi erittäin tehokkaasti kummaltakin taudilta, ja kalojen puolustusvaste reagoi hyvin.

Siika saavuttaa rokotuksen vaatiman noin 10-20 gramman painon ensimmäisenä syksynä, ja potentiaalista rokotusaikaa on siten ensimmäinen talvi huhti-toukokuulle saakka. Lämpötilasta riippuen immuniteetin tulee antaa kehittyä 4-6 viikkoa ennen merelle siirtoa. Käytännön viljelyrutiinien kannalta paras rokotusajankohta on usein syksy. Mahdollista rokotusajankohtaa tutkittiin rokottamalla kaloja syksyllä 1998 ja talvella ja keväällä 1999 ja mittaamalla muodostuneita vasta-aineita. Tulosten perusteella siiat voidaan rokottaa hyvin jo mereen siirtoa edeltävänä syksynä.

Nykyinen siian viljely perustuu kolmivuotiskierto, jossa ensimmäisen vuoden kasvatus tapahtuu sisämaassa ja kaksi seuraavaa meressä. Rokotus tapahtuu ensimmäisen syksyn (ikä 0+) tai talven aikana, ja suojan tulisi kestää siten kolmanteen syksyyn saakka (ikä 2+). Rokotussuojan keston tutkimus aloitettiin rokottamalla kalat syksyllä 1998. Sähkökatkoksista aiheutuneiden vesitysongelmien ja koekalojen kuolleisuuden takia koe jouduttiin lopettamaan vuoden kuluttua rokotuksesta. Suunniteltua altistuskoetta ei voitu tehdä. Saadut naytteet analysoidaan Kuopion EELAssa keväällä 2000.

2.1.6. Rokotuksen aiheuttamat sivureaktiot

Syksyllä 1997, 1998 ja 1999 on selvitetty rokotteen aiheuttamia sivureaktioita (kiinnikkeet, tumma pigmentti) Rymättylän kalantutkimusasemalla peratuissa teuraskokoisissa sioissa. Sivureaktioiden aste on hieman vaihdellut, mutta pääosin vauriot ovat olleet lieviä ja kiinnikkeet ja väriaine poistuneet perkauksen myötä. Teuraslaatuun vaikuttavia jälkiä ei ole esiintynyt. Sama tulos on saatu tutkimalla teuraskokoista kalaa yksityisillä siianviljelylaitoksilla.

2.1.7. Mereen siirrettyjen siikojen syömäänoppimisongelmat

Kantavertailukokeen verkkokasseissa viljellyt koeparvet kasvoivat ensimmäisenä kesänä hitaammin kuin sisämaassa allaskasvatetut siiat. Tulosten tarkempi analysointi osoitti, ettei osa (20-50 %) mereen siirretyistä sioista ollut kasvanut kesän aikana juuri lainkaan. Tähän ongelmaan etsittiin ratkaisua vuonna 1999 Rymättylän kalantutkimusasemalla tehtyjen kokeiden avulla. Kokeellisesti tutkittiin viljelytiheyden, rehun raekoon, kalojen siirtoajankohdan ja siikakannan vaikutusta yksilöiden kasvuun. Aineiston käsittely on vielä kesken, mutta alustavien tulosten perusteella näyttää siltä, etteivät nämä kokeet yksin pysty selvittämään syitä siikojen syömäänoppimisen ongelmiin verkkokasseissa. Tutkimusta siian syömäänoppimisen ongelmien selvittämiseksi aiotaan jatkaa.

3. Yhteenveto saaduista tuloksista ja niiden merkityksestä siian ruokakalaviljelylle

3.1. Julkaisut

Hankkeen aikana on jo osa tuloksista saatu julkaistua kansallisella ja kansainvälisellä foorumilla. Osa tuloksista on käsittelyvaiheessa ja ne julkaistaan hankkeen päättymisen jälkeen. Julkaistut tai lähes valmiit julkaisut ovat seuraavat:

3.1.1. Tieteelliset artikkelit

Koskela, J., Pirhonen, J. and Jobling M. 1997. Influence of the length of the daily feeding period on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture* 156:35-44.

Koskela, J., Jobling, M. and Savolainen, R. 1998. Influence of dietary fat level on feed intake, growth and fat deposition in the whitefish *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture International* 6:95-102.

Jobling, M., Koskela, J. and Winberg, S. 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. *Journal of Fish Biology*. 54:437-449.

Lönnström, L.-G., Rahkonen, R., Lundén, T., Pasternack, M. & Koskela, J. 2000. Protection, antibody production and side-effects in European whitefish (*Coregonus lavaretus*) vaccinated against vibriosis and furunculosis (manuscript).

3.1.2. Muut julkaisut

Koskela, J. ja Rahkonen, R. 1998. Monipuolisuutta ruokakalaviljelyyn. *Vesitalous* 5: 15-17.

Koskela, J. 1998. Miten monipuolistaa vesiviljelyä uusien lajien avulla - tutkimusprosessin esille tuomia haasteita ja mahdollisuuksia. S. 18-19 RKTL:n XXII vesiviljelypäivät (Rissanen, I ja Eskelinen, U. Toim.), Vesiviljelytuotannon uudet lajit ja kannat RKTL:n viljelykokemuksia ja kehitystuloksia. RKTL, Kala- ja riistaraportteja nro 115.

Koskela, J., Setälä, J. ja Honkanen, A. 1998. Viljelyn monipuolistaminen uusien lajien avulla - Lajien taloudelliset ja tekniset mahdollisuudet ruokakalaviljelyyn. RKTL, Kala- ja riistaraportteja 111 13 s..

Honkanen, A., Koskela, J., Mickwitz, P., Veitola, K., Lankinen, Y. 1995: Nya odlingsarter? Riskerna förknippade med odling av nya arter kan utvärderas på förhand med hjälp av beslutsmodeller. *Suomen Kalankasvattaja-Fiskodlaren* 24(5):47-48.

Honkanen, A., Koskela, J., Mickwitz, P., Veitola, K., Lankinen, Y. 1995: Uusia lajeja viljelyyn? Uusiin lajeihin liittyvät riskit voidaan punnita ennakolta päätöksentekomallin avulla. *Suomen Kalankasvattaja-Fiskodlaren* 24(5):45-46.

Honkanen, A., Kettunen, J., Koskela, J. ja Setälä, J. 1998. Uusissa viljelylajeissa on imua. *Apaja* 2:2-3.

Saarni, K., Setälä, J. ja Honkanen, A. 1998. Kalakaupan ja jalostuksen odotukset kalanviljelyn monipuolistamiseksi. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 142, 20s.

Koskela, J., Rahkonen, R., Forsman, L. ja Vielma J. 1999. Kohti kannattavaa siian ruokakalaviljelyä. Apaja 2:12-13.

Nikki, J. 1999. Lämpötilan vaikutus siian (*Coregonus lavaretus* L.) ruokahaluun, kasvuun ja ravinnon muuntotehokkuuteen. Pro gradu tutkielma, Jyväskylän yliopisto 32 s.

Koskela, J., Rahkonen, R., Forsman, L. Vielma, J. ja Lönnström, L. 2000. RKTL kehittää siian ruokakalaviljelyn kannattavuutta (Lönsam sikodling). Suomen kalankasvattaja - Fiskodlaren 1/2000, s. 43-47.

Lönnström, L.-G., Rahkonen, R., Gröndahl, A., Pasternack, M., Lundén, T., Koskela, J. ja Bylund, G. 2000. Siian rokottaminen paistetaitia ja vibrioosia vastaan koeolosuhteissa. RKTL, Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar (painossa).

3.1.3. Esitelmät ja posterit

Koskela, J., Jobling, J. and Pirhonen, J. 1997. Influence of feeding regimes on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. III International symposium on nutritional strategies and management of aquaculture waste (NSMAW), 1-4 October, Porto, Portugal. (Posteri)

Koskela, J., Jobling, M. and Pirhonen, J. 1998. Influence of feeding regimes on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. Second Workshop of the COST 827 action on Voluntary Food Intake in Fish. 20-22 August 1998 Umeå, Sweden. (Posteri)

Koskela, J. 1999. Siikatutkimuksien satoa. Siian viljelymahdollisuudet, Naantalin kylpylä, Naantali 11.1. 1999, (esitelmä).

Koskela, J. 2000. Siikatutkimuksen tuloksia, siika ruokakalaksi hankkeen esittelytilaisuus. Naantalin kylpylä, Naantali 17.2. 2000 (esitelmä).

Lönnström, L.-G., Rahkonen, R., Lundén, T., Pasternack, M. and Koskela, J. 1999. The efficacy of vaccination against vibriosis and furunculosis in whitefish (*Coregonus lavaretus*). European association of fish pathologists. 9th International Conference "Diseases of Fish and Shellfish". 19-24 th September 1999, Rhodes, Hellas. P-267 (posteri).

Lönnström, L.-G., Rahkonen, R., Lundén, T., Pasternack, M. and Koskela, J. 1999. The efficacy of vaccination against vibriosis and furunculosis in whitefish (*Coregonus lavaretus*). Pohjanlahden vaelluskalojen tila ja tulevaisuus. Kalantutkimuspäivät 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 167, s. 88.

Setälä, J. 1999. Siika kalamarkkinoilla. Siian viljelymahdollisuudet, Naantalin kylpylä, Naantali 11.1. 1999, (esitelmä).

L.-G. Lönnström, R. Rahkonen, T. Lundén M. Pasternack and J. Koskela 2000. Vaccination against furunculosis and vibriosis induced good protection and minor side-effects in whitefish *Coregonus lavaretus*. Aqua 2000 konferenssi 2-6.5.2000, Nizza. (posteri).

Rahkonen, R. 2000. Siian kasvatuksen bakteeritauti- ja rokotetutkimuksista. Euroopan kalapatologijärjestön Suomen osaston kokous, Oulun EELA, 20.1.2000, (esitelmä).

3.2. Viljelyrutiineja optimoimalla parempaan kasvatustulokseen

Tässä hankkeessa tehdyt tutkimukset ovat tuoneet uutta tietoa siian ruokintaviljelyn talouden kannalta keskeisistä viljelybiologisista tekijöistä. Vaikka kerätyn aineiston käsittely on vielä osin kesken, voidaan jo tässä vaiheessa nähdä siian ruokintaviljelyssä selkeitä eroja, mutta myös yhtäläisyyksiä, verrattuna muiden lohikalojen esim. kirjolohen viljelyyn. Käyttämällä siialle parhaiten soveltuvia viljelykäytäntöjä voidaan viljelyn taloudellista tulosta saada aiempaa paremmaksi.

Saatujen tulosten perusteella siian ruokakalaviljelyssä on kiinnitettävä huomiota lajille soveltuvien ruokintamenetelmien käyttöön, koska kirjolohelle hyväksi havaittujen menetelmien soveltaminen ei johda parhaaseen mahdolliseen tulokseen. Erot on havaittavissa erityisesti ruokinnan ja veden lämpötilan välisessä suhteessa, sekä ruokinnan ajallisessa jaksotuksessa.

Tutkitut viljelybiologiset tekijät ovat myös parantaneet käsitystä siian viljelymahdollisuuksista eri viljely-ympäristöissä. Lajin korkea kasvun optimaalilämpötila ja hyvä korkeiden lämpötilojen sieto mahdollistavat menestyksellisen viljelyn merialueellamme myös hellekesien aikana. Näissä olosuhteissa kirjolohen viljely on ollut vaikeuksissa.

3.3. Hankkeen tavoitteet saavutettiin koeolosuhteissa

Hankkeen alussa asetettiin tavoitteet, jotka olivat kasvun parantaminen 740 g:sta 800 grammaan (kolmen kasvukauden jälkeen) ja kuolleisuuden pienentäminen 12.5:sta % vuodessa 10 %:tiin vuodessa.

Koeolosuhteissa voitiin osoittaa tutkimuksen kohteeksi valittujen tekijöiden suuri merkitys siian kasvulle ja eloonjäämiselle. Esimerkiksi optimaalisen pituisella ruokinta-ajalla ja oikean kokoisella rehupelletilla saatiin n. 30 % suurempi kasvu kuin huonoimmalla tutkitulla vaihtoehdolla (6 tuntia ja 1 % kalan pituudesta, vastaavasti). Kalat voitiin myös suojata koeolosuhteissa lähes 100 %:sti furunkuloosilta ja vibrioosilta rokotuksen avulla. Rokottamattomissa ryhmissä vibrioosiin kuoli 60 % ja paisetautiin kaikki kalat. Tehdyillä tutkimuksilla oli merkitystä myös rehukustannustavoitteen saavuttamiselle (rehukerroin 1.4 → 1.2), vaikkakin pääasialliset ratkaisut tähän ongelmaa haettiin toisen hankkeen avulla.

Yksittäisten kokeiden tulosten perusteella siian kasvua on voitu parantaa ja kuolleisuutta bakteeritauteihin alentaa enemmän kuin mitä oli asetettu hankkeen tavoitteeksi.

3.4. Hankkeen tavoitteiden saavuttaminen tulee verifioida vielä pilottimittakaavassa

Hankkeen tavoitteet koskevat siian koko viljelykierron tulosta. Yksittäiset kokeet antavat tuloksen tätä lyhyemmältä ajanjaksolta. Tavoitteiden saavuttamisen arviointia varten tarvitaan vähintään yhden viljelykierron mittainen seurantajakso, jossa käytetään yksittäisten kokeiden perusteella saatuja optimaalisia viljelyrutiineja.

Osittain tällainen verifiointi voitiin toteuttaa siian kantavertailukokeen yhteydessä. Kasvatuksen viimeisenä kasvukautena voitiin hyödyntää muiden kokeiden tuloksia ja viljellä siikoja parhaiden käytettävissä olevien menetelmien avulla.

Vaikkakin optimaalisia viljelymenetelmiä sovellettiin vain osan aikaa viljelykierrosta, kalojen loppupaino ylitti asetetun tavoitteen. Kolmen kasvukauden jälkeen Kokemäenjoen kannan keskipaino oli 962 g ja Kymijoen kannan 850 g. Sitä vastoin kuolleisuustavoitetta ei saavutettu ja kaloja kuoli 40-50 %. Tämä on selvästi enemmän kuin 12.5 %, jota käytettiin lähtötasona talousbiologisessa mallissa. Syynä suureen kuolleisuuteen oli uusi ennakoimaton ongelma, joka johtui mereen siirrettyjen siikojen ruokailuongelmista. Osa kaloista ei alkanut syödä uudessa ympäristössä vaan kalat laihtuivat ja kuolivat. Sisämaan laitoksilla keinoaltaissa kalat jatkavat kasvuaan normaalisti. Kuolleisuuden alentamistavoitteen saavuttamiseen ei siten riitä bakteeritautien hallinta, vaan suurin kuolleisuusongelma liittyy tavalla tai toisella kalojen käyttäytymiseen.

4. Jatkotoimenpiteet

4.1. Tulosten julkaiseminen

Hankkeessa tehtyjen tutkimustulosten julkaisemista jatketaan erillistehtävänä. Tuloksia julkaistaan siian viljelyn käsikirjassa sekä erillisinä tieteellisinä kansainvälisinä ja kotimaisina julkaisuina. Tähän mennessä on julkaistu noin puolet hankkeen tuloksista.

4.2. Siian ruokintaviljelyn jatkotutkimustarpeet

Kansainvälinen ja kotimainen siian viljelybiologinen tutkimus on ollut ennen tätä hanketta hyvin vähäistä verrattuna esim. lohta ja kirjolohta käsittelevään tutkimukseen. Tässä hankkeessa tehdyt ja aikaisemmin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen toteuttamat siikatutkimukset muodostavatkin valtaosan siitä tietotaidosta, mikä tällä hetkellä on olemassa siian intensiiviviljelystä.

On selvää, että yhden kolmivuotisen hankkeen aikana ei voida ratkoa kaikkia viljelyn ongelmia, vaikkakin merkittävimpiin ongelmiin on voitu tuoda uusia ratkaisuja. Valtaosa viljelyn optimointiongelmistä on edelleen ratkaisematta, eikä siian kasvatuksessa tämän vuoksi voida hyödyntää täysin lajin geneettistä kasvupotentiaalia. Tällä hetkellä siikaa viljelee kaupallisesti vain muutama viljelijä. Jäljellä olevat ongelmat tulevat rajoittamaan lajin viljelystä varsinkin siinä vaiheessa, jos siian hintataso kalamarkkinoilla laskee lisääntyneen tuotannon myötä. Tuotantokustannusten pienentäminen nykyisestään tulee tällöin välttämättömäksi. Tämä tilanne voi olla vastassa hyvinkin pian, jos lajin tuotanto kasvaa nopeasti. Tutkimuksen on siis pystyttävä ennakoimaan viljelyn lähitulevaisuuden ongelmia ja voitava tuoda niihin ratkaisuja.

Tällä hetkellä jo näköpiirissä olevat ongelmat liittyvät siian kassikasvatukseen meriolosuhteissa. Eräät tärkeät viljelytalouteen vaikuttavat tekijät ovat ratkaisematta, kuten mereen siirrettyjen siikojen syömäänoppiminen, kasvua rajoittava viljelytiheys sekä merikasvatuksen alkumateriaaliin kohdistuvat vaatimukset. Näiden ongelmien ratkaisemista varten kokeita tulee tehdä laboratorio-olosuhteiden lisäksi myös pilotti- sekä tuotantomittakaavassa ja tehtävää varten tarvitaan erillinen tutkimus-hankekokonaisuus.

Kiitokset

Tämän hankkeen menestykselliseen läpiviemiseen on osallistunut suuri joukko ihmisiä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksesta ja muista tutkimuslaitoksista, liikeyrityksistä ja yliopistoista. Lämmin kiitos heille kaikilla tärkeästä työpanoksesta ja tuesta hankkeen eri vaiheissa.

Kirjallisuus

- Honkanen, A. 1996. Suurtalouksien kalankäyttö EU:n muutospainessa: Kyselytutkimuksia vuosilta 1988-1995. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 64, 27 s.
- Honkanen, A., Eerola, E. & Setälä, J. 1998. Kalan käyttö eri väestöryhmissä. Kotitalouksien haastattelututkimuksien satoa. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 141, 38 s. + liitteet.
- Koskela, J. 1992. Growth rate and feeding level of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) under hatchery conditions. In T. N. Todd and M. Luczynski (eds.) Biology and Management of Coregonid Fishes. Pol. Arch. Hydrobiol. 39(3/4): 3:731-738.
- Koskela, J. ja Rahkonen, R. 1998. Monipuolisuutta ruokakalaviljelyyn. Vesitalous 5: 15-17.
- Koskela, J., Pirhonen, J., Rahkonen, R. ja Savolainen, R. 1996. Siian ruokakalaviljelyn hankesuunnitelma vuodelle 1997 - 2000. Moniste, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 23.11.1996, 18 s.
- Koskela, J., Rahkonen, R. ja Bylund, G. 1997. Siian ruokakalaviljely tutkimussuunnitelma vuodelle 1998. Moniste, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 24.11.1997, 5 s.
- Koskela, J., Rahkonen, R. ja Bylund, G. 1998. Siian ruokakalaviljely tutkimussuunnitelma vuodelle 1999. Moniste, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 27.10.1998, 5 s.
- Koskela, J., Setälä, J. & Honkanen, A. 1998. Viljelyn monipuolistaminen uusien lajien avulla. Lajien taloudelliset ja tekniset mahdollisuudet ruokaviljelyyn. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 111, 13 s.
- Koskela, J., Setälä, J., Honkanen, A. ja Forsman, L. 1998. Ahvenen viljelyn kannattavuus. Talous-biologinen analyysi. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 151, 21 s.
- Mickwitz, P., Veitola, K., Honkanen, A. and Koskela, J. 1996. Setting priorities for the research and development of new products - exemplified by aquaculture. IIFET symposium, Marrakech, Marokko 1-4. July 1996.
- Saarni, K., Setälä, J. & Honkanen, A. 1998. Kalakaupan ja jalostuksen odotukset kalaviljelyn monipuolistamiseksi. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 143, 22 s.