

Opinnäytetyö (AMK)

Kala- ja ympäristötalous

Iktyonomi

2014

Anu-Emilia Niinikorpi

**SIIAN (*COREGONUS
LAVARETUS*) KASVU
KAHDELLA ERI
RUOKINTATASOLLA
TASAISESSA LÄMPÖTILASSA**



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma | Iktyonomi

Opinnäytetyön valmistumisajankohta | Sivumäärä 35

Ohjaajat: Susanna Airaksinen ja Antti Forsman

Anu-Emilia Niinikorpi

SIIAN (*COREGONUS LAVARETUS*) KASVU KAHDELLA ERI RUOKINTATASOLLA TASAISESSA LÄMPÖTILASSA

Kokeessa oli tarkoitus selvittää sopivaa ruokintatasoa siialle (*Coregonus lavaretus*) tasaisessa, 16 C°:n lämpötilassa. Kokeessa käytettiin kahta eri siikakantaa, vaellussiikoja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) Tervon kalantutkimusasemalta ja saaristosiikoja, jotka olivat Saaristomereltä peräisin olevien emojen jälkeläisiä. Myös näiden kahden kannan välisiä eroja tarkasteltiin. Ruokintakoe toteutettiin RKTL:n Rymättylän kalantutkimusaseman Paraisten yksikössä 26.9.2012–23.4.2013.

Ruokinnan pohjana käytettiin Raisioagro Oyj:n siian luonnonolosuhteisiin tehtyä ruokintataulukkoa vuodelta 2004. Kokeessa siiat saivat RaisioAgron Siika Pro -rehua 50 % tai 70 % siitä, mitä ruokintataulukko suosittelee. Olettamuksena oli, että tasaisessa lämpötilassa siian rehunkäyttökyky on pienempi kuin vastaavassa lämpötilassa luonnonoloissa. Kokeen *syksyn jaksolla* kalat punnittiin yhteensä neljä kertaa joukkopunnituksella. *Kevään jaksolla* kalat merkittiin PIT-mikrosiruilla (*passive integrated transponder*), ja punnitukset tehtiin yksilöittäin. Kalat punnittiin *kevään jaksolla* yhteensä kolme kertaa. Punnitustulosten perusteella laskettiin lisäkasvu, päivittäinen kasvukerroinprosentti (*specific growth rate, SGR*) ja rehukerroin. Kokeen lopussa kalat perattiin, ja niiltä määritettiin sukupuoli ja sukukypsyys.

Kokeessa havaittiin, että lisäkasvu ja kasvukerroinprosentti olivat pääasiallisesti korkeampia 70 %:n ruokintatasolla kuin 50 %:n. Tämä oli nähtävissä koko kokeen ajan molemmilla siikakannoilla. Rehukertoimissa ei havaittu tilastollisesti merkittäviä eroja ryhmien välillä. Saaristo- ja vaellussiikojen kasvuerot olivat vähäisiä, eivätkä rehukertoimet juuri poikenneet toisistaan, paitsi saaristosiikojen tullessa sukukypsiksi.

Kokeen tulosten perusteella voidaan päätellä, että kiertovedessä päästään hyviin kasvituloksiin tasaisessa lämpötilassa, vaikka rehua syötettäisiin vain 70 % tai jopa 50 % siitä, mitä kokeessa käytetty ruokintataulukko suosittelee.

ASIASANAT: Siika, ruokintakoe, kiertovesilaitos, kalankasvatus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fisheries and Environmental Care

Completion year of the thesis 2014 | Total number of pages 35

Instructor(s): Susanna Airaksinen, Antti Forsman

Anu-Emilia Niinikorpi

THE GROWTH OF THE EUROPEAN WHITEFISH (*COREGONUS LAVARETUS*) WITH TWO DIFFERENT FEEDING LEVELS AT CONSTANT TEMPERATURE

The purpose of this study was to examine the optimal feeding level for the European whitefish (*Coregonus lavaretus*) at constant temperature of 16 degrees. Two populations were used in the experiment: broodstock originating from wild fish caught in the archipelago and farmed fish from the Finnish Game and Fisheries Research Institute unit of Tervo. The populations were also compared to each other. The feeding experiments were conducted in the Game and Fisheries Research Institute unit of Parainen.

Feeding in this experiment was based on the feeding table of Raisioagro Oyj from year 2004. The feeding table was made for an outdoor hatchery. The proportion of the given feed was 50 % or 70 % of the amount of the recommendations of the feeding tables. The hypothesis was that when constant temperature was maintained, the feed intake would be lower than outdoors where the temperature changes constantly.

The study was conducted in two periods: autumn and spring. In the autumn the whitefish were weighed four times as a biomass per tank. In the spring the whitefish were marked with passive integrated transponder and they were weighed individually. Based on the weight, the growth, food conversion ratio (FCR) and specific growth ratio (SGR) were calculated. At the end of the experiment, the whitefish were gutted and their sex and maturity were determined.

The results showed that in both populations the growth was higher if 70 % of the recommended feed was given. There was no significant difference in the FCR. The differences between the populations were minor.

The present study indicates that at constant temperature it is possible to gain good growth results even if 70 % or even 50 % of the recommended feed is given.

KEYWORDS:

Whitefish, *Coregonus lavaretus*, feeding experiment, recirculating aquaculture system, fish farming

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	8
2.1 Koeaika ja -paikka	8
2.2 Koetilat	8
2.3 Kalat ja koeryhmien muodostaminen	9
2.3.1 Koeryhmien muodostaminen <i>syksyn jaksolla</i>	10
2.3.2 Koeryhmien muodostaminen <i>kevään jaksolla</i>	10
2.4 Rehut ja ruokinta	11
2.4.1 Ruokinta <i>syksyn jaksolla</i>	12
2.4.2 Ruokinta <i>kevään jaksolla</i>	12
2.5 Punnitukset	13
2.6 Muuttajat ja tilastolliset menetelmät	13
3 TULOKSET	16
3.1 Tulokset <i>syksyn jaksolla</i>	16
3.1.1 Kasvu ja kasvukerroinprosentti (SGR)	16
3.1.2 Rehukerroin	18
3.1.3 Samankokoisten vertailu	19
3.2 Tulokset <i>kevään jaksolla</i>	21
3.2.1 Kasvu ja kasvukerroinprosentti (SGR)	21
3.2.2 Rehukerroin	24
3.2.3 Sukukypsyminen	25
4 TULOSTEN TARKASTELU	28
4.1 Tulokset eri ruokintatasoilla	28
4.2 Vaellus- ja saaristosiiokojen väliset erot kasvatuksessa	30
5 YHTEENVETO	32
6 KIITOKSET	34
LÄHTEET	35

LIITTEET

Liite 1. Kokeen pohjana käytetty siian ruokintataulukko.

KUVIOT

Kuvio 1. Altaiden happi- ja lämpötila-arvot kokeen aikana.	8
Kuvio 2. Keskipainoista laskettu lisäkasvu (kuvassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, n = 3).	17
Kuvio 3. SGR <i>syksyn jaksolla</i> (kuvaajassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, n = 3).	18
Kuvio 4. Rehukertoimet ryhmittäin ja punnitusväleittäin kokeen <i>syksyn jaksolla</i> (kuvaajassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, n = 3).	19
Kuvio 5. Samanpainoisten (n. 220 g) siikojen kasvu (keskipainosta) eri punnitusten välillä <i>syksyn jaksolla</i> (kuviossa rinnakkaisten altaiden keskiarvo ja keskihajonta, n = 3).	20
Kuvio 6. Samanpainoisten (220 g) SGR eri punnitusten välillä <i>syksyn jaksolla</i> (kuviossa rinnakkaisten altaiden keskiarvo ja keskihajonta, n = 3).	21
Kuvio 7. Lisäkasvu <i>kevään jaksolla</i> . Kuvaajassa 1 = Vaellus70, 2 = Saaristo70, 3 = Vaellus50 ja 4 = Saaristo50	23
Kuvio 8. SGR ryhmittäin kokeen <i>kevään jaksolla</i> . Kuvaajassa 1 = Vaellus70, 2 = Saaristo70, 3 = Vaellus50 ja 4 = Saaristo50.	24
Kuvio 9. Rehukertoimet <i>kevään jaksolla</i> (kuvaajassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, n = 3).	25
Kuvio 10. Sukukypsien siikojen osuus prosentteina ryhmissä. N kuvaa siikojen kokonaislukumäärää ryhmässä.	26
Kuvio 11. Sukukypsien ja martojen SGR kokeen <i>kevään jaksolla</i> . Suluissa kappalemäärät.	27
Kuvio 12. GSI keskiarvot ja -hajonnat. Suluissa sukukypsien kappalemäärät.	27

TAULUKOT

Taulukko 1. Ravinnearvosuosituksset (Virtanen 2011, 16) ja -mittaustulokset.	9
Taulukko 2. Koeryhmät.	10
Taulukko 3. Silver Pro -rehujen ravintoaineet ja koostumus.	11
Taulukko 4. Ryhmien ruokintasuhteet prosentteina biomassasta ja paastojaksot <i>syksyn jaksolla</i> (koepäivät 1–99).	12
Taulukko 5. Ryhmien ruokintasuhteet prosentteina biomassasta ja paastojaksot <i>kevään jaksolla</i> (Koepäivät 108–203).	13
Taulukko 6. Siikojen keskipainot ja keskipainojen keskihajonnat <i>syksyn jakson</i> aikana (koepäivät 1–104). Arvot ovat rinnakkaisten altaiden keskiarvoja.	16
Taulukko 7. Siikojen painojen keskiarvot, keskihajonta, ryhmän minimi ja maksimipaino <i>kevään jaksolla</i> . Arvot ovat koko ryhmän keskiarvoja.	22

1 JOHDANTO

Siian (*Coregonus lavaretus*) kasvatusta Suomessa on kehitetty jo 1990-luvulta lähtien. Se menestyy Suomen ilmastossa, poikasia on hyvin saatavilla ja sen lihalle on olemassa hyvät markkinat. (Koskela ym. 2002, 5.) Tehdyt tutkimukset ja kehittämishankkeet käsittelevät kuitenkin pääosin meri- ja sisävesikasvatusta, ja esimerkiksi ruokintataulukot on tehty luonnonolosuhteisiin (Koskela & Vaajala 2005, 5). Kiertovesiviljely on Suomessa yleistymässä (Setälä ym. 2013, 15), mutta siitä on vielä vähän tutkittua tietoa saatavilla.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tarkastella siian kasvua kiertovesisysteemissä kahdella eri ruokintatasolla ja siten kehittää kalanviljelymenetelmiä. Oletettavasti kiertovesilaitoksessa, jossa lämpötila ja kasvatusolosuhteet pidetään taseina, optimaalinen kasvu saavutetaan pienemmällä rehumäärällä kuin luonnonolosuhteissa, ja näin ollen rehuvalmistajien taulukot eivät ole suoraan sovellettavissa kiertovesikasvatukseen. Kalankasvatuksen taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttaa eniten rehukustannukset, kasvu ja kuolleisuus (Koskela ym. 2000, 1). Sen vuoksi rehukulutuksen ja kasvun optimointi on tärkeää elinkeinolle.

Eri siikamuotoja ja -kantoja on Suomessa useita, ja ne poikkeavat toisistaan kasvun ja käyttäytymisen suhteen. Tuotanto-ominaisuuksien erot tunnetaan vielä huonosti (Koskela & Vaajala 2005, 5), joten opinnäytetyöhön otettiin vertailtavaksi kaksi eri siikakantaa. Kokeessa tutkitut siikakannat olivat vaellussiika Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) Tervon kalantutkimusasemalta ja niin kutsuttu saaristosiiika ammattiopisto Livialta. Saaristosiiat olivat Saaristomereltä pyydettyjen emojen jälkeläisiä, joiden kantaa ei ollut varmistettu opinnäytetyön valmistuessa. Oikean kannan valinta ruokalanviljelyssä vaikuttaa merkittävästi toiminnan kannattavuuteen. Olettamuksena on, että vaellussiika soveltuu parhaiten kasvatukseen, sillä sen kaltaisia tuloksia on saatu muun muassa Siika 2005 -hankkeessa (Koskela & Vaajala 2005, 4–5). Kokeessa käyte-

tyistä kaloista vaellussiika on jo ollut viljelyssä ja sitä on jalostettu, kun taas saaristiikka on luonnosta ja jalostamaton.

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli RKTL, ja opinnäytetyöhön liittyvät viljelykokeet toteutettiin RKTL:n Rymättylän kalantutkimusaseman Paraisten kiertovesilaitoksella vuoden 2012–2013 aikana.

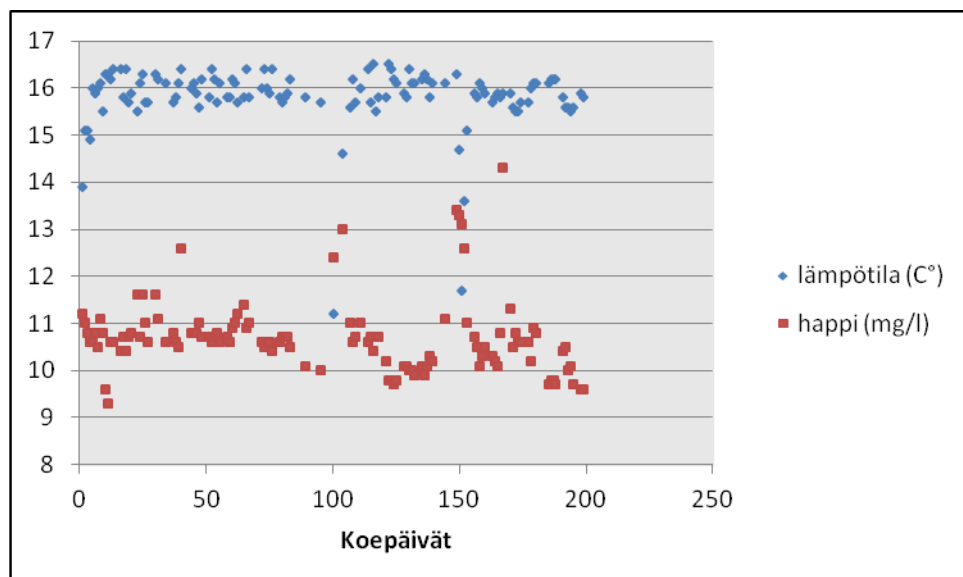
2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Koeaika ja -paikka

Koe tehtiin RKTL:n Rymättylän kalantutkimusaseman Paraisten kiertovesilaitoksella. Kokeen *syksyn jakso* suoritettiin 26.9.2012–7.1.2013 koepäivinä 1–104, ja *kevään jakso* suoritettiin 8.1.–23.4.2013 koepäivinä 105–210. Kalat perattiin 7.5.2013 koepäivänä 224.

2.2 Koetilat

Koe toteutettiin kiertovesilaitoksessa, joka käyttää murtovettä. Koe-altaat olivat pyöreitä ja 1,7 m³ tilavuudeltaan. Kokeen alkaessa altaiden vedenlämpötila oli 13,9 °C, josta se nostettiin 16 °C:een koepäivään 7 mennessä, ja tästä eteenpäin lämpötila pidettiin tasaisena kokeen ajan. Poikkeuksena *kevään jakson* punnituksia ja käsittelyjä edeltäneet ajat, jolloin lämpötilaa pudotettiin. Lämpötilamittausten keskiarvo kokeen aikana oli 15,8 C° (kuvio 1).



Kuvio 1. Altaiden happi- ja lämpötila-arvot kokeen aikana.

Koealtaiden vedenlaatua seurattiin jatkuvasti. Happipitoisuudesta pidettiin kirjaa koko kokeen ajan. Happipitoisuuden keskiarvo kokeen aikana oli 10,7 mg/l (alin 9,3 mg/l ja ylin 14,3 mg/l). Happipitoisuudet on esitetty kuviossa 1. Lisäksi seurattiin veden ammonium-, nitraatti- ja nitriittipitoisuuksia. Kokeen alussa vedessä oli mittausten mukaan pieniä pitoisuuksia ravinteita. Ravinnepitoisuudet ja suositukset on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 1. Ravinnearvosuositukset (Virtanen 2011, 16) ja -mittaustulokset.

	Suositus	Maksimi	Mitattu 28.9.	Mitattu 1.10.	Mitattu 10.10.
Ammoniumia (NH₄⁺)		2,5 mg/l	0,3 mg/l	0,6	0,08
Nitriittiä (NO₂)	0–0,1 mg/l	0,5 mg/l	1,05 mg/l	0,045	0,044
Nitraattia (NO₃⁻)	10–200 mg/l	300 mg/l		2,7	

Kiertovesijärjestelmän saavutettua täyden toimintakyvyn ravinteita ei enää palautunut kiertoon.

Altaat puhdistettiin harjaamalla ennen ensimmäisen kokeen aloitusta. Kokeen aikana altaiden pohjalta poistettiin kerran viikossa lappoamalla sinne kertynyt lika. Tarvittaessa altaiden seinämät myös harjattiin punnitusten yhteydessä.

2.3 Kalat ja koeryhmien muodostaminen

Kokeessa käytettävät vaellussiiat olivat peräisin RKTL:n Tervon kalantutkimusasemalta, josta ne oli toimitettu mätinä ammattiopisto Livian kalanviljelylaitokselle vuoden 2011 alussa. Saaristosiiat olivat Saaristomereltä pyydettyjen siikaemojen jälkeläisiä, jotka oli haudottu (2010–2011) ja kasvatettu ammattiopisto Livian kalanviljelylaitoksella.

2.3.1 Koeryhmien muodostaminen *syksyn jaksolla*

Ennen kokeen alkamista siiat olivat ammattiopisto Livian kalanviljelylaitoksella 28 m²:n lasikuituisissa ulkoaltaissa, joista ne siirrettiin 26.9.2013 kiertovesilaitokseen. Siiat kerättiin ulkoaltaista haavimalla, ja ne massapunnittiin siirron yhteydessä. Siirron yhteydessä saaristosiiikojen keskipaino oli 220 g ja vaellussiikojen 150 g. Kokeessa oli käytössä 12 allasta. Jokaiseen altaaseen siirrettiin 50 kalaa, lukuun ottamatta altaita 3 ja 8, joissa oli 51 kalaa, ja allas 9, jossa oli 52 kalaa, siten että joka toisessa altaassa oli vaellussiikoja ja joka toisessa saaristosiiikoja. Altaasta 7 oli kuollut yksi kala 38. koepäivänä.

Taulukko 2. Koeryhmät.

Siikakanta	Ruokinta	Ryhmän nimi	Altaat
Vaellussiika	70 % taulukon suosittelemasta	Vaellus70	2, 6, 10
Saaristosiiika	70 % taulukon suosittelemasta	Saaristo70	1, 5, 9
Vaellussiika	50 % taulukon suosittelemasta	Vaellus50	4, 8, 12
Saaristosiiika	50 % taulukon suosittelemasta	Saaristo50	3, 7, 11

Kumpaakin siikakantaa ruokittiin kokeessa joko 50 % tai 70 % ruokintataulukon suosittelemasta rehumäärästä. Näin muodostui neljä erillistä ryhmää ja kolme rinnakkaista allasta taulukossa 2 esitetyllä tavalla.

2.3.2 Koeryhmien muodostaminen *kevään jaksolla*

Kevään jaksolle siiosta poistettiin silmämääräisesti pienimmät siten, että jokaiseen altaaseen jäi 40 siikaa. Erehdyksen vuoksi poistetut siiat jäivät punnitsematta. Jäljelle jääneisiin siikoihin asennettiin yksilön tunnistamista varten PIT-mikrosirumerkit, minkä jälkeen siiat yksilöpunnittiin. Mikrosiru asennettiin tekemällä kalan vatsaonteloon viilto leikkausveitsellä. Toimenpidettä varten kalat rauhoitettiin MS-222 -aineella. Muilta osin koejärjestelyt olivat samanlaiset kuin *syksyn jaksolla*.

2.4 Rehut ja ruokinta

Ruokinnan pohjana kokeessa käytettiin Raisioagron siian ruokintataulukkoa, joka on tehty luonnonolosuhteisiin (liite 1). Ruokintataulukoiden suositukset perustuvat prosenttilukuun, joka lasketaan kalojen biomassasta, ja näin saatu tulos on päivittäinen rehuannos altaalle. Ruokintasuositukseen vaikuttaa kalojen biomassan lisäksi kalan koko, veden lämpötila ja vuodenaika. (Raisio Oyj 2013.)

Kokeessa käytettiin Raisioagron Siika pro -rehua, jonka sisältämät ravintoaineet on esitetty taulukossa 3. Kalat ruokittiin ruokinta-automaateilla, joita ohjasi Arvotec-kalanruokintajärjestelmä. Oletusrehukerotoimena käytettiin rehukerointia 0,9. Tämän lukeman perusteella automaatteja ohjaava ruokinnanohjausjärjestelmä laski kullekin päivälle altaassa olevan biomassan ja ohjasi automaatteja ruokkimaan sen perusteella. Jokainen automaatti kalibroitiin kokeen alussa ja kaksi kertaa kokeen aikana. Todellinen rehunkulutus laskettiin punnitsemalla lisätty ja jäljelle jäänyt rehu automaatista 2 g:n tarkkuudella.

Taulukko 3. Silver Pro -rehujen ravintoaineet ja koostumus.

Silver Pro Ravintoaineet	Pellettikoko		
	2,5 mm	3,5 mm	5 mm
Raakasva	25	26	30
Raakavalkuainen	42	40	40
Raakakuitu	1,7	2	2
Hehkutusjäännös	5,5	5	5
Fosfori	0,9	0,9	0,9
Kalsium	0,8	0,6	0,6
Natrium	0,4	0,4	0,4
Kokonaisenergia	23,5	24	24
Koostumus: Kalajauho, vehnä, vehnägluteeni, soijavalkuainen, kalaöljy, rypsiöljy, esiseokset.			

Rehuautomaatit oli säädetty ruokkimaan kaloja kello 5–11.00 ja 14–21.00. Ennen kokeen aikana suoritettuja punnituksia kalat olivat paastolla 5–7 päivää.

2.4.1 Ruokinta syksyn jaksolla

Kun kalat oli siirretty kiertovesilaitoksen altaisiin, niitä totutettiin ruokintaan antamalla viiden päivän ajan pieni rehumäärä (puolet kokeen rehumäärästä). Koepäivästä 6 alkaen ne saivat 50 % tai 70 % taulukon ohjaamasta ruokintaprozentista. Ruokintaprosentteja tarkastettiin tehtyjen punnitusten jälkeen ja ruokintajärjestelmän arvioiman massan perusteella koepäivinä 35, 71 ja 83. Syksyn jakson ruokintaprosentit ja paastojaksot on esitetty taulukossa 4. Käytetyt rehupellettikoot ensimmäisen jakson aikana olivat saaristosiaalalle 3,5 mm ja vaellussiialle 2,5 mm.

Taulukko 4. Ryhmien ruokintasuhteet prosentteina biomassasta ja paastojaksot syksyn jaksolla (koepäivät 1–99).

Koepäivä								
Ryhmä	1–5	6–28	29–34	35–63	64–70	71–82	83–98	99–
Vaellus70	0,48	0,95	Paasto	0,84	Paasto	0,84	0,79	Paasto
Saaristo70	0,42	0,84	Paasto	0,79	Paasto	0,79	0,79	Paasto
Vaellus50	0,34	0,67	Paasto	0,6	Paasto	0,6	0,6	Paasto
Saaristo50	0,30	0,6	Paasto	0,57	Paasto	0,57	0,57	Paasto

2.4.2 Ruokinta kevään jaksolla

Kun kevään jakson alkoi, koepäivänä 108, ruokintaa jatkettiin samoilla ruokintaprosentteilla, joihin syksyn jakso lopetettiin. Ryhmän Saaristo70 ruokintaa laskettiin kokeen 141. päivänä, sillä ruokintataulukko suosittelee rehumäärän vähentämistä kalan saavutettua 500 g:n massan. Rehupellettikooissa siirryttiin myös vaellussiian osalta 3,5 mm halkaisijaltaan olevaan rehuun.

Koepäivänä 155 Saaristo70-ryhmän ruokinta tiputettiin 0,53 %:in altaan biomassasta, koska rehukerroin nousi ja epäiltiin kalojen tulleen sukukypsiksi. Koepäivästä 156 alkaen käytettiin 5,0 mm halkaisijaltaan olevaa rehupellettiä. Kevään jakson ruokintaprozentit ja paastojaksot on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Ryhmien ruokintasuhteet prosentteina biomassasta ja paastojaksot kevään jaksolla (Koepäivät 108–203).

Koepäivä					
Ryhmä	108–140	141–147	148–155	156–202	203–
Vaellus70	0,79	0,79	Paasto	0,79	Paasto
Saaristo70	0,79	0,73	Paasto	0,53	Paasto
Vaellus50	0,57	0,57	Paasto	0,57	Paasto
Saaristo50	0,57	0,57	Paasto	0,57	Paasto

2.5 Punnitukset

Syksyn jaksolla kalat punnittiin massapunnituksena 10 g:n tarkkuudella. Kalat punnittiin koepäivinä 1, 34, 69 ja 104. Biomassan ja kalojen lukumäärän perusteella laskettiin kalojen keskipainot.

Kevään jaksolla kalat yksilöpunnittiin koepäivinä 105–107, 153–155 ja 209–210. Viimeisessä punnituksessa poistettiin ne kalat, joiden PIT-merkki oli pudonnut tai oli lukukelvoton. Kalat perattiin 224. koepäivänä. Perkuun yhteydessä kaloilta luettiin PIT-merkki ja tarkastettiin sukupuoli ja sukukypsyys. Sukupuoli määriteltiin ainoastaan siinä tapauksessa, että sukurauhaset eli gonadit olivat niin kehittyneet, että sukupuoli oli tunnistettavissa paljaalla silmällä.

2.6 Muuttajat ja tilastolliset menetelmät

Kokeessa mitattiin kalojen painoa, ja sen perusteella laskettiin kasvukerroinprosentti SGR (*specific growth rate*). Rehun käyttöä tarkasteltiin rehukertoimen perusteella. *Syksyn jakson* painoa mitattaessa on käytetty altaiden yksilöiden keskiarvoja, sillä kaloja ei oltu yksilömerkitty. *Kevään jaksolla* painoja ja kasvukerroinprosenttia tarkasteltiin myös yksilötasolla. Tuloksissa on kuitenkin esitetty nämä osin keskiarvoina keskihajontoineen selkeyden vuoksi. Rehukerroin on

laskettu biomassan perusteella, sillä ruokittua rehumäärää ei voitu laskea yksilöittäin. Kaikki tuloksissa esitetyt hajonnat ovat keskihajontoja.

Siikojen sukupuolet ja sukukypsyudet määritettiin kokeen jälkeen perkuun yhteydessä. Jotta sukukypsyysä voitiin vertailla, laskettiin kaloille gonadosomaattinen indeksi (GSI) ,joka kuvaa sukurauhasten osuutta kalan painosta.

Muuttujia on kuvattu pylväsdiagrammeilla tai laatikkokaavioilla. Laatikkokaaviossa laatikon alareuna vastaa alaneljännestä ja yläreuna yläneljännestä. Laatikon sisällä oleva vaakaviiva kuvaa mediaania. Pystyviivojen päissä olevat vaakaviivat kuvaavat pienintä ja suurinta arvoa, lukuun ottamatta niin kutsuttuja *poikkeavia*, jotka on esitetty erikseen muusta datasta. (Poikkeavien havaintojen vieressä on havainnon rivinumero SPSS for Windows tiedostossa.)

Tilastolliset analyysit muuttujille tehtiin SPSS for Windows- tilasto-ohjelmalla. Kasvu, SGR ja rehukerroin testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA), josta raportoituna F-suhde (F), vapausasteet (df) ja p-arvo (p). Jos ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkittävä eroavaisuus, käytettiin sen tarkasteluun vielä Tukey HSD -testiä. Ruokintatason vaikutus kalan sukukypsymiseen (sukukypsä tai marto) testattiin Kruskal-Wallis-testillä ja sukukypsien ja martojen SGR t-testillä.

Työssä on käytetty seuraavia kaavoja:

Kasvukerroinprosentti

$$\text{SGR} = 100 * (\ln m_2 - \ln m_1) / t$$

jossa, m_1 on kalojen keskipaino jakson alussa, m_2 on kalojen keskipaino jakson lopussa ja t on jakson kesto päivinä.

Rehukerroin

$$R = Re / (m_2 - m_1),$$

jossa Re on rehunkulutus jakson aikana, m_1 on allaskohtainen biomassa jakson alussa ja m_2 on allaskohtainen biomassa jakson lopussa.

Gonadosomaattinen indeksi

$$\text{GSI} = m_g / m,$$

jossa m_g on gonadien massa ja m on kalan kokonaismassa.

3 TULOKSET

3.1 Tulokset syksyn jaksolla

Koe aloitettiin punnitsemalla kalat koepäivänä 1 (26. syyskuuta). Tuolloin saaristiikojen keskipaino oli 224 g ja vaellussiikojen 150 g. Syksyn jakso kesti 104 päivää. Biomassat ja keskipainot jokaiselta punnitukselta on esitetty taulukossa 6.

3.1.1 Kasvu ja kasvukerroinprosentti (SGR)

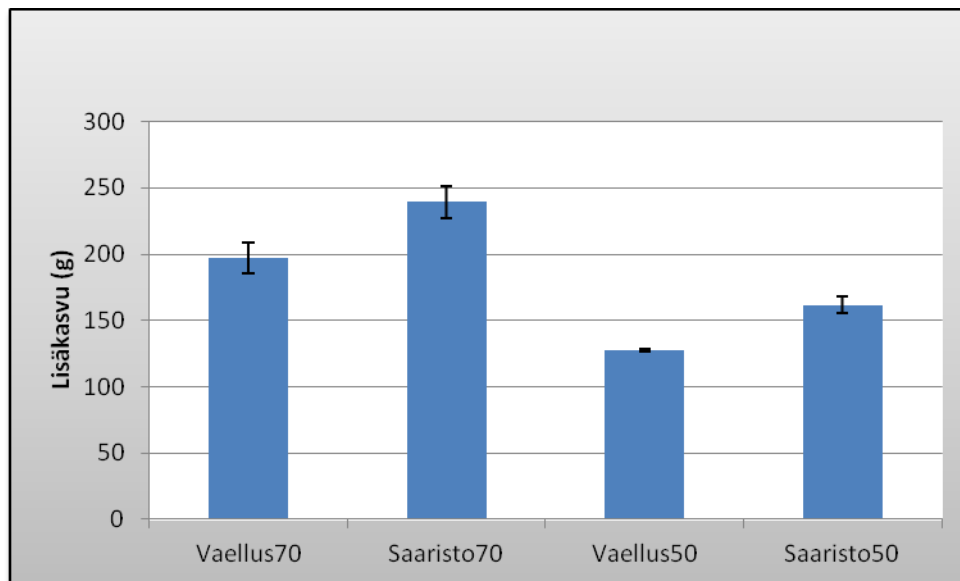
Taulukko 6. Siikojen keskipainot ja keskipainojen keskihajonnat syksyn jakson aikana (koepäivät 1–104). Arvot ovat rinnakkaisten altaiden keskiarvoja.

Ryhmä	Vaellus70	Saaristo70	Vaellus50	Saaristo50
	N = 3	N = 3	N = 3	N = 3
Alkupunnitus (koepäivä 1)				
Keskiarvo (g)	148	221	153	223
Keskihajonta	3	3	1	4
1. Välipunnitus (koepäivä 34)				
Keskipaino (g)	207	285	193	270
Keskihajonta	5	11	7	4
2. Välipunnitus (koepäivä 69)				
Keskipaino (g)	274	371	233	324
Keskihajonta	5	8	3	2
Loppupunnitus (koepäivä 104)				
Keskiarvo (g)	345	464	280	385
Keskihajonta	15	10	2	10

Syksyn jaksolla kasvussa (kuva 2) havaittiin tilastollisesti merkittäviä eroja ryhmien välillä (Anova, $F = 131$, $df = 3$, $p < 0,000$). Ruokintason havaittiin vaikutta-

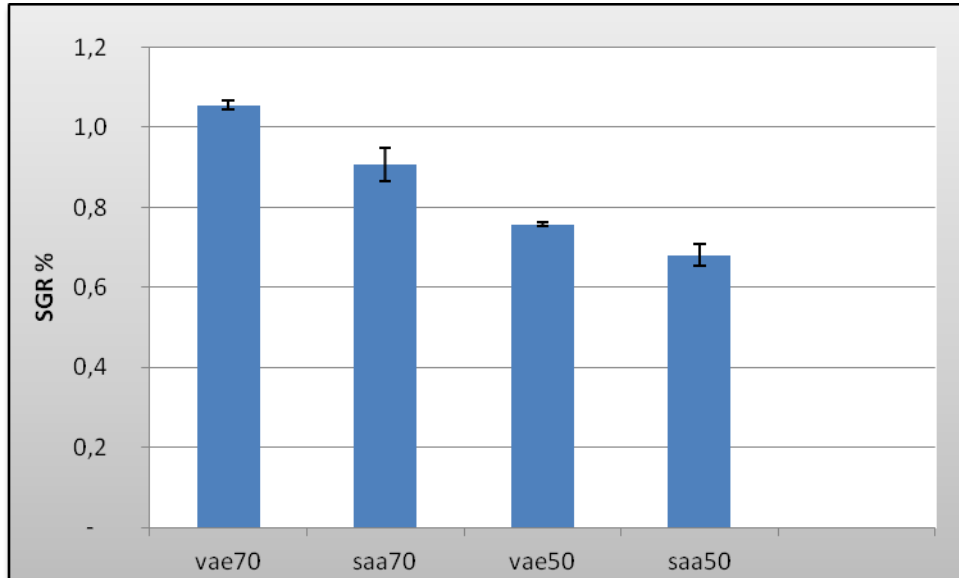
vaan kasvuun merkittävästi. Korkeammalla ruokintatasolla (70 %) kalat kasvoivat enemmän kuin 50 %:n ruokinnalla. (Vaellus70-Vaellus50, Tukey HSD $p < 0,000$, Saaristo70-Saaristo50, $p < 0,000$).

Kantojen havaittiin eroavan toisistaan kasvun suhteen. Saaristosiiat kasvoivat enemmän kuin vaellussiiat (Vaellus70-Saaristo70, Tukey HSD $p = 0,001$, Vaellus70-Saaristo70, Tukey HSD $p = 0,003$).



Kuvio 2. Keskipainoista laskettu lisäkasvu (kuvassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, $n = 3$).

Ryhmät erosivat SGR:n perusteella (kuva 3) toisistaan merkittävästi (Anova, $F = 307$, $df = 3$, $p < 000$).

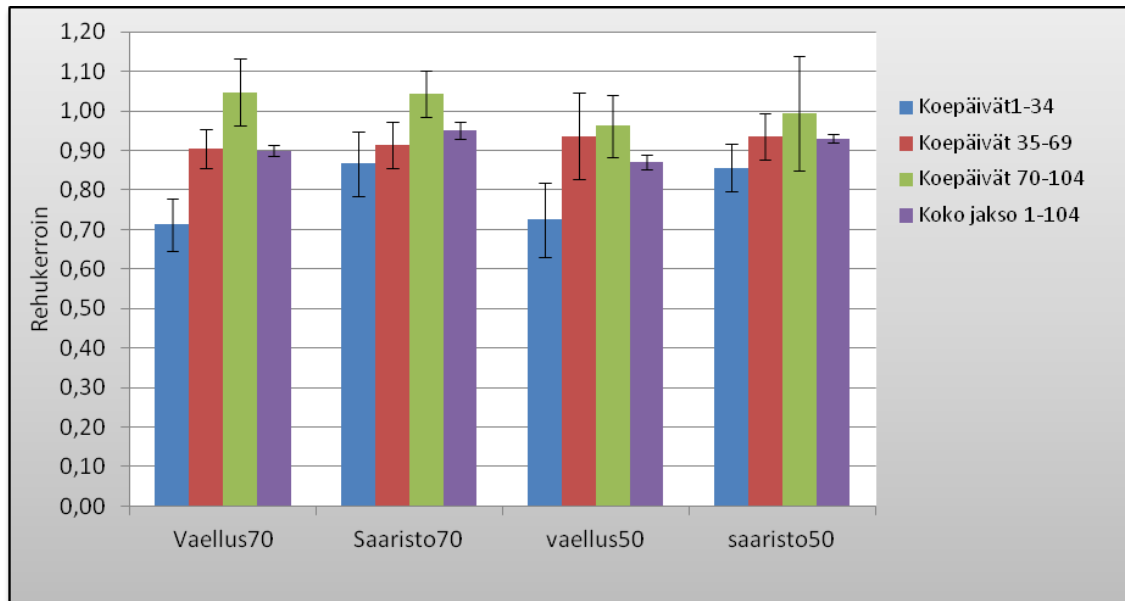


Kuvio 3. SGR syksyn jaksolla (kuvaajassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, $n = 3$).

Molemmilla kannoilla havaittiin, että 70 %:n ruokintatasolla olleet siat saavuttivat korkeamman SGR:n kuin 50 %:n ruokintatasolla olleet ($p < 0,000$). Vaellussiikojen SGR oli korkeampi kuin saaristosiikojen (Vaellus70-Saaristo70, Tukey HSD, $p < 0,000$, Vaellus50-Saaristo50, Tukey HSD, $p = 0,02$).

3.1.2 Rehukerroin

Syksyn jaksolla ryhmän Vaellus70 rehukerroin oli 0,9, Saaristo70 0,95, Vaellus50 0,87 ja Saaristo50 0,93. Rehukertoimet välipunnituksittain ja koko jakson aikana on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Rehukertoimet ryhmittäin ja punnitusväleittäin kokeen *syksyn jaksolla* (kuvaajassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, $n = 3$).

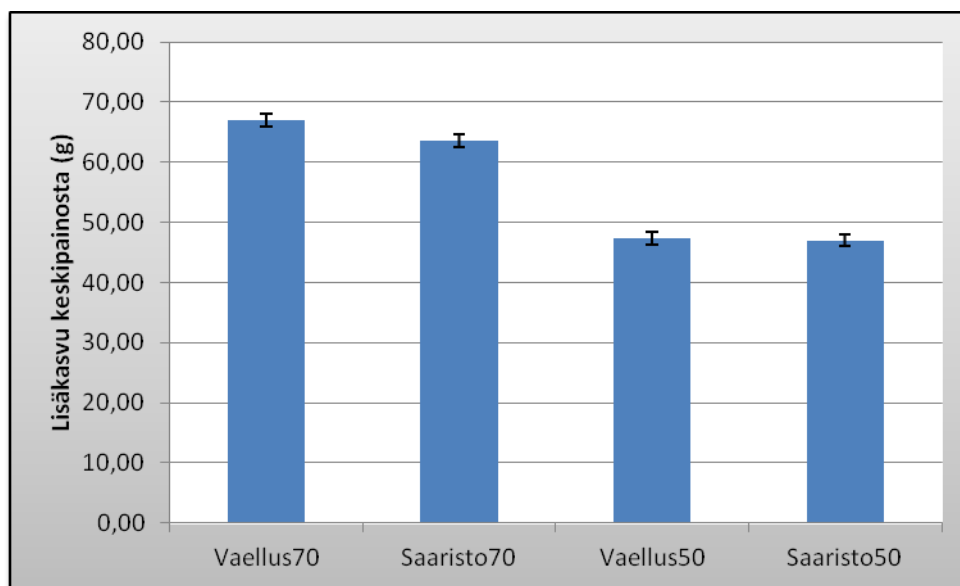
Ryhmien välillä havaittiin tilastollinen ero rehukertoimen osalta ($F = 12,17$, $df = 3$, $p = 0,002$). Ruokintatason ei kuitenkaan havaittu vaikuttavan merkittävästi rehukertoimeen, sillä rehukerroin oli samanlainen 70 %:n ja 50 %:n ruokinnoilla (Vaellus70-Vaellus50, Tukey HSD, $p = 0,39$, Saaristo70-Vaellus50, $p = 0,51$). Sen sijaan kantojen havaittiin eroavan toisistaan rehukertoimen perusteella. Rehukerroin oli molemmilla ruokintatasoilla vaellussiiialla pienempi kuin saaristosiiialla (Vaellus70-Saaristo70, Tukey HSD, $p = 0,02$, Vaellus50-Saaristo50, Tukey HSD, $p = 0,015$).

3.1.3 Samankokoisten vertailu

Koska siiat olivat kokeen alkaessa erikokoisia, verrattiin niitä toisiinsa myös eri punnitusten välillä, jolloin niiden keskipainot olivat lähempänä toisiaan (210–230 g). Kalat kasvavat pienempinä nopeammin kuin suurempina, ja tällä tarkastelulla haluttiin selvittää, johtuvatko havaitut erot todella ruokintatasosta vai muista muuttujista, kuten kannasta tai erilaisista lähtöpainoista.

Saaristosiiioilla (keskipaino vertailujakson alussa 220 g) vertailujakso oli koepäivinä 1–34, johon kuului 23 ruokintapäivää. Vaellus70-ryhmällä (keskipaino vertailujakson alussa 207 g) vertailujakso oli koepäivinä 35–69, joista kaloja ruokittiin 29 päivän ajan ja Vaellus50-ryhmällä (keskipaino vertailujakson alussa 233 g) vertailujakso oli koepäivinä 70–104, joista ruokintapäiviä oli 28. Kasvu on esitetty kuviossa 5.

Vertailtaessa samankokoisia siikoja lisäkasvun suhteen (keskipaino) havaittiin ruokintatason vaikutus kasvuun, 70 %:n ruokintatasolla siiat kasvoivat enemmän kuin 50 %:n ruokinnalla (Vaellus70-Vaellus50, Tukey HSD $p = 0,002$, Saaristo70-Saaristo50, Tukey HSD, $p = 0,007$). Vaellus ja saaristosiiikojen ei havaittu eroavan toisistaan kasvun suhteen niiden ollessa samankokoisia (Vaellus70-Saaristo70, Tukey HSD $p = 0,7$, Vaellus50-Saaristo50, Tukey HSD, $p = 1$).

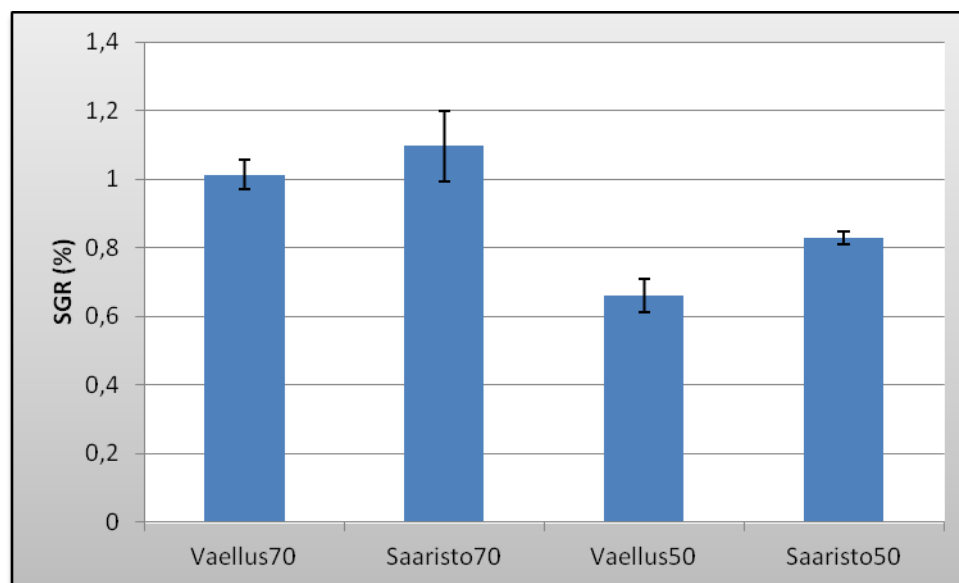


Kuvio 5. Samanpainoisten (n. 220 g) siikojen kasvu (keskipainosta) eri punnintusten välillä syksyn jaksolla (kuviossa rinnakkaisten altaiden keskiarvo ja keskihajonta, $n = 3$).

SGR:n (kuvio 6) suhteen havaittiin ryhmien eroavan toisistaan (Anova, $F = 29,3$, $df = 3$, $p < 0,000$) noin 220 g:n keskipainosta eteenpäin. Korkeammalla ruokintatasolla, siikojen SGR oli parempi kuin 50 %:n ruokinnalla (Vaellus70-

Vaellus50, Tukey HSD, $p = 0,001$, Saaristo70-Saaristo50, Tukey HSD, $p = 0,003$).

Samankokoiset saaristo- ja vaellussiikat eivät eronneet toisistaan 70 %:n ruokinnalla (Tukey HSD, $p = 0,1$) mutta matalammalla (50 %) ruokinnalla saaristosii-kojen SGR oli suurempi kuin vaellussiikojen (Tukey HSD, $p = 0,03$).



Kuvio 6. Samanpainoisten (220 g) SGR eri punnitusten välillä *syksyn jaksolla* (kuviossa rinnakkaisten altaiden keskiarvo ja keskihajonta, $n = 3$).

Valittuina tarkastelujaksoina siikojen rehukertoimet olivat seuraavat: Vaellus70 0,9 ($\pm 0,05$), Saaristo70 0,87 ($\pm 0,08$), Vaellus 50 0,96 ($\pm 0,08$) ja Saaristo50 0,86 ($\pm 0,06$). Ryhmien ei havaittu eroavan toisistaan rehukertoimen suhteen (Anova $F = 1,38$, $df = 3$, $p = 0,317$).

3.2 Tulokset *kevään jaksolla*

3.2.1 Kasvu ja kasvukerroinprosentti (SGR)

Kevään jaksolla yksilömerkityt kalat yksilöpunnittiin koepäivinä 105–107, 153–155 ja 209–210. Yksilöpainoista lasketut keskiarvot ja keskihajonnat alussa, välipunnituksessa ja lopussa on esitetty taulukossa 7. Tuloksia tarkasteltiin ai-

noastaan niiden yksilöiden osalta, jotka olivat tunnistettavissa jokaisessa punnituksessa eli ne, joiden Pit-tunnus oli pudonnut tai lukukelvoton, hylättiin.

Kevään jaksolla myös havaittiin, että ryhmä Saaristo70 ei enää pystynyt hyödyntämään syötettyä rehumäärää. Niiden rehukerroin nousi jopa 1,58, jota pidettiin merkinä selvästä ylikuokinnasta, joten ryhmän ruokintaa leikattiin huomattavasti (ks. 2.4). Ruokintamuutosten vuoksi Saaristo70-ryhmä ei enää *kevään jaksolla* ollut vertailukelpoinen muiden ryhmien kanssa, eikä sitä siitä syystä vertailla tässä työssä muihin ryhmiin, vaikka niiden mittaustulokset työssä esitetäänkin.

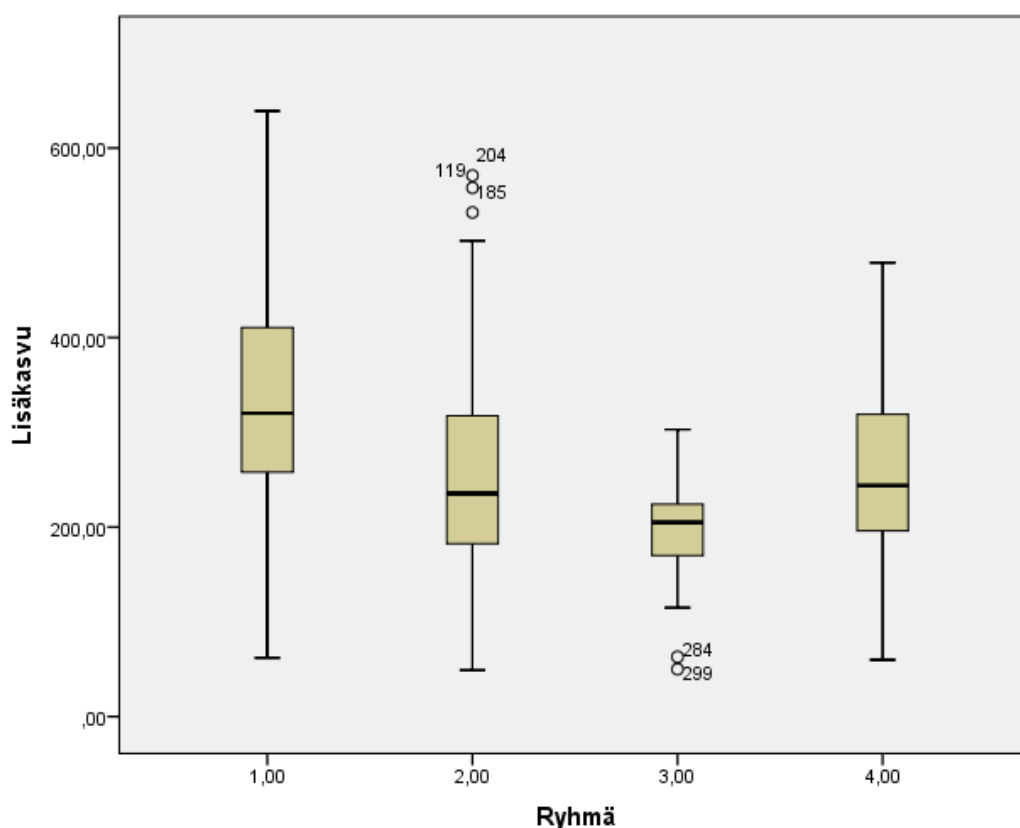
Taulukko 7. Siikojen painojen keskiarvot, keskihajonta, ryhmän minimi ja maksimipaino *kevään jaksolla*. Arvot ovat koko ryhmän keskiarvoja.

Ryhmä	Vaellus70	Saaristo70	Vaellus50	Saaristo50
	N = 108	N = 120	N = 118	N = 114
Alkupunnitus (Koepäivä 105–107)				
Keskiarvo (g)	356	482	290	394
Keskihajonta	57	85	38	61
Minimi (g)	230	318	222	278
Maksimi (g)	488	724	436	612
Välipunnitus (Koepäivä 153–155)				
Keskiarvo (g)	494	609	370	497
Keskihajonta	70	115	54	83
Minimi (g)	303	353	282	337
Maksimi (g)	667	898	557	773
Loppupunnitus (Koepäivä 209–260)				
Keskiarvo (g)	687	739	491	649
Keskihajonta	126	165	69	119
Minimi (g)	402	378	350	398
Maksimi (g)	1103	1178	739	1035

Kevään jaksolla lisäkasvua tarkasteltiin yksilötasolla. Ryhmien lisäkasvujen keskiarvot olivat seuraavat: Vaellus70 331 g (\pm 106), Saaristo70 257 g (\pm 114), Vaellus50 201 g (\pm 45) ja Saaristo 50 255 g (\pm 85). Lisäkasvu on esitetty kuviossa 7.

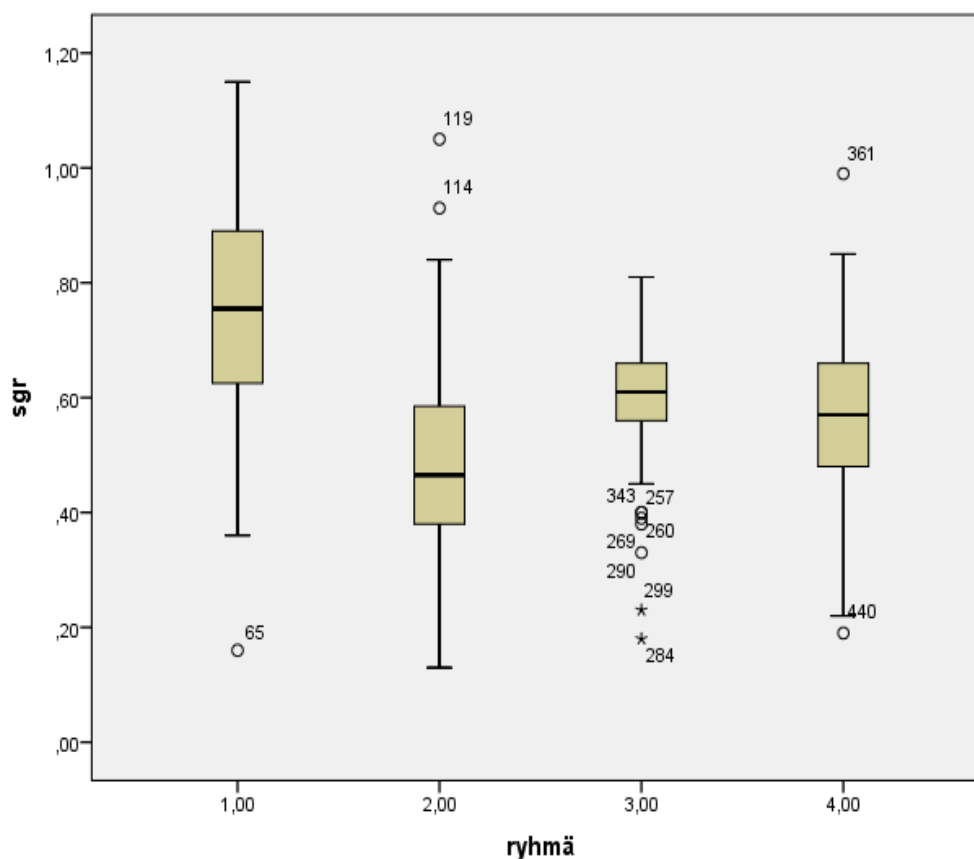
Ryhmien havaittiin eroavan toisistaan lisäkasvun suhteen (Anova, $F = 38$, $df = 3$, $p < 0,000$). Vaellussiioilla 70 %:n ruokintatasolla saavutettiin suurempi kasvu kuin 50 %:n ruokinnalla (Tukey HSD, $p < 0,000$).

Korkeammasta ruokintatasosta ei *kevään jaksolla* ole vertailukelpoista aineistoa, mutta 50 %:n ruokinnalla saaristosiiat kasvoivat enemmän kuin vaellussiiat (Tukey HSD, $p < 0,000$).



Kuvio 7. Lisäkasvu *kevään jaksolla*. Kuvaajassa 1 = Vaellus70, 2 = Saaristo70, 3 = Vaellus50 ja 4 = Saaristo50

Kevään jaksolla kasvukerroinprosentin (SGR) keskiarvo oli Vaellus70-ryhmällä 0,75 % (\pm 0,20), Saaristo70-ryhmällä 0,48 % (\pm 0,16), Vaellus50-ryhmällä 0,60 % (\pm 0,10) ja Saaristo50-ryhmällä 0,57 % (\pm 0,14). SGR on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. SGR ryhmittäin kokeen *kevään jaksolla*. Kuvaajassa 1 = Vaellus70, 2 = Saaristo70, 3 = Vaellus50 ja 4 = Saaristo50.

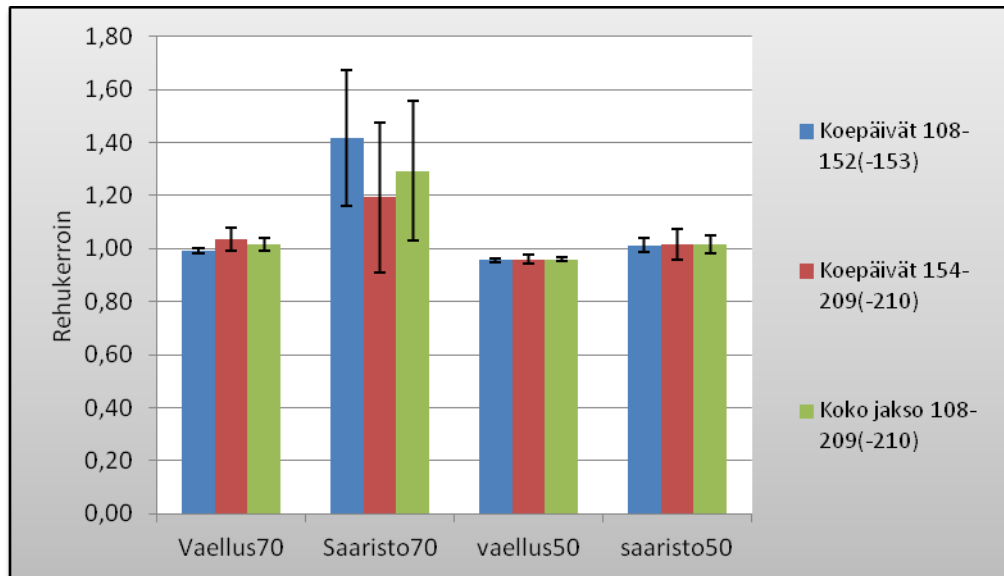
Ryhmien välillä havaittiin tilastollisia eroavaisuuksia SGR:n suhteen (Anova, $F = 58,8$, $df = 3$, $p < 0,00$). Vaellussiikojen osalta 70 %:n ruokinnalla saavutettiin suurempi SGR kuin 50 % ruokinnalla (Tukey HSD $p < 0,000$).

Ryhmien Vaellus50 ja Saaristo50 perusteella kantojen ei havaittu eroavan toisistaan *kevään jaksolla* (Tukey HSD, $p = 0,43$).

3.2.2 Rehukerroin

Kevään jaksolla kaikkien ryhmien rehukertoimet nousivat *syksyn jakson* rehukertoimista. Ryhmän Vaellus70 rehukerroin oli 1,02, Saaristo70 1,29, Vaellus50 0,96 ja Saaristo50 1,02. Rehukerroin alusta välipunnitukseen ja koko jakson

ajalta on esitetty kuviossa 6. Rehukertoimien absoluuttisissa arvoissa näytti olevan eroavaisuuksia, erityisesti ryhmä Saaristo70 erosi muista ryhmistä.

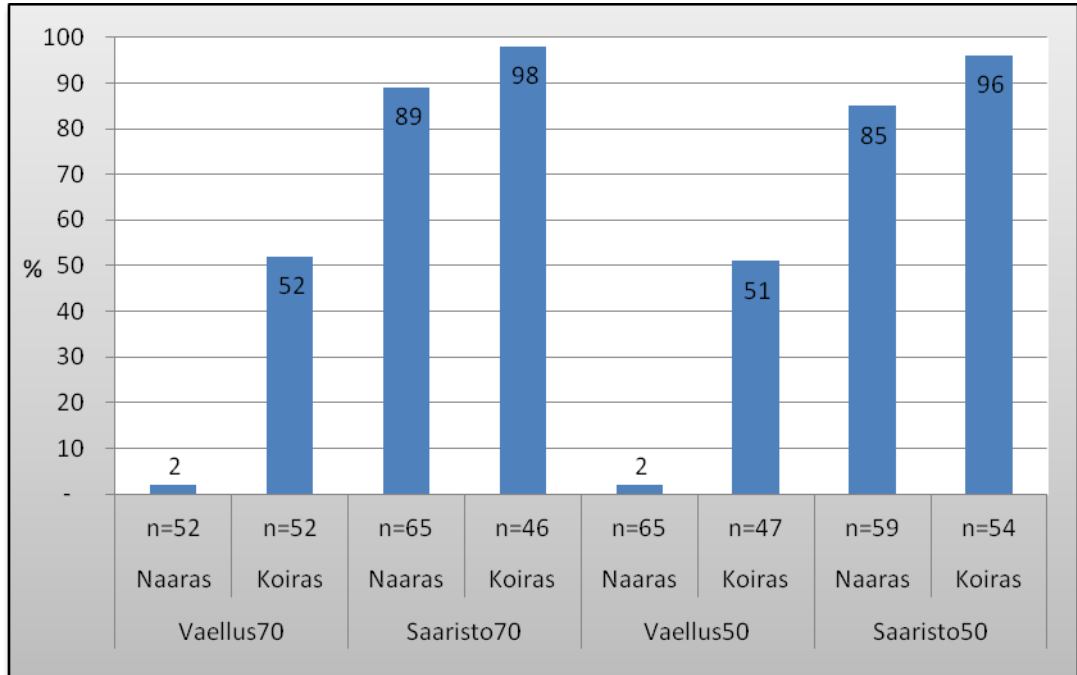


Kuvio 9. Rehukertoimet *kevään jaksolla* (kuvaajassa rinnakkaisten altaiden keskiarvot ja keskihajonta, $n = 3$).

Rehukertoimessa havaittiin olevan tilastollinen ero ryhmien välillä (Anova, $F = 4,27$, $df = 3$, $p = 0,045$), mutta tarkemmassa tarkastellussa havaittiin, että eroa oli ainoastaan sellaisten ryhmien välillä, jotka eivät olleet keskenään vertailukelpoisia (Saaristo70 ja Vaellus50, Tukey HSD, 0,046).

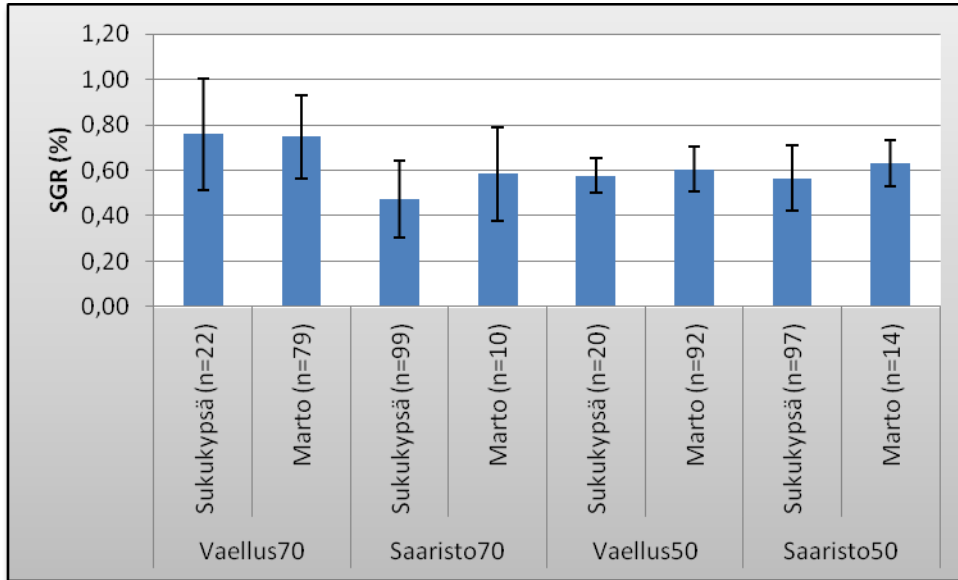
3.2.3 Sukukypsyminen

Sukukypsyminen suhteen havaittiin merkittävä ero vaellus- ja saaristosiiikojen välillä (Kruskall-Wallis, $p < 0,000$). Vaellus70-ryhmästä 29 %, Saaristo70-ryhmästä 93 %, Vaellus50-ryhmästä 21 % ja Saaristo50-ryhmästä 89 % oli sukukypsiä. Sukukypsien siiikojen osuus ryhmistä sukupuolittain on esitetty kuviossa 8.



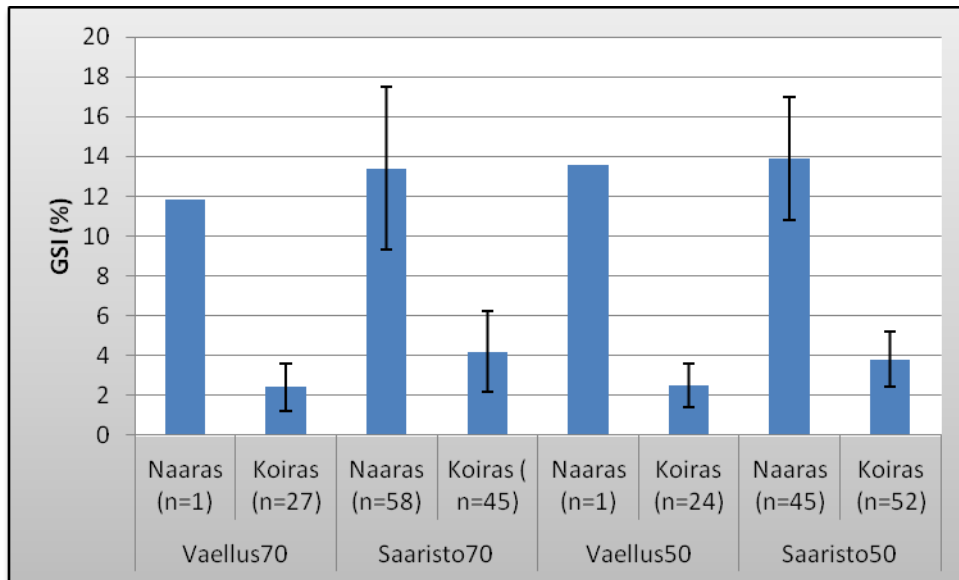
Kuvio 10. Sukukypsien siikojen osuus prosentteina ryhmissä. N kuvaa siikojen kokonaislukumäärää ryhmässä.

Ruokintasolla ei havaittu olevan vaikutusta sukukypsyyteen (Kruskall-Wallis, $p = 0,26$). Sukukypsien ja martojen kalojen havaittiin eroavan toisistaan SGR:n suhteen (t-testi, $df = 432$, $p < 0,000$). Martokaloilla SGR oli suurempi kuin sukukypsillä kaloilla (kuvio 11).



Kuvio 11. Sukukypsien ja martojen SGR kokeen *kevään jaksolla*. Suluissa kappalemäärät.

Vaikutti siltä, että saaristosiiokojen gonadosomaattisen indeksit (GSI) oli suurempia kuin vaellussiiioilla (kuvio 12).



Kuvio 12. GSI keskiarvot ja -hajonnat. Suluissa sukukypsien kappalemäärät.

Sukukypsien otoskoot vaihtelevat kuitenkin ryhmien välillä, joten vertailua ei voida pitää kovin luotettavana. Esimerkiksi ryhmissä Vaellus70 ja Vaellus50 on kummassakin vain yksi sukukypsä naaras.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Kalan kasvu ja käytetyn rehun määrä vaikuttavat merkittävästi kalankasvatuksen taloudelliseen tulokseen (Koskela ym. 2000, 1). Tarkasteltavina muuttujina tässä työssä oli lisäkasvu, kasvukerroinprosentti (SGR) ja rehukerroin. SGR oli lisäkasvua käyttökelpoisempi ryhmien väliseen vertailuun, sillä se kuvaa kalan päivittäistä kasvua suhteessa omaan painoonsa. SGR ilmoitetaan prosentteina (ks. 2.6). Kalan kasvukerroinprosentti on suurimmillaan pienillä kaloilla ja pienee kalan kasvaessa (Känkänen 2008, 319). Lisäkasvu kuvaa nimensä mukaisesti tapahtunutta kasvua, ja lisäksi se tarvitaan rehukertoimen laskemista varten.

Rehukerroin on suhdeluku, joka kertoo, montako kiloa rehua on käytetty, jotta kala kasvaa kilon. Koska rehukustannukset ovat suurin yksittäinen kuluerä kalankasvatuksessa, on tärkeää, että rehun käyttö on optimaalista. Jos rehua käytetään liian vähän, kalat käyttävät rehuista saadun energian ylläpitoon, eivätkä kasva. Jos taas kaloja ruokitaan liikaa, osa rehusta jää hyödyntämättä. Molemmissa tapauksissa rehukerroin nousee. (Karttunen & Vielma 1993, 21–22, Niinimäen 2008, 14 mukaan.)

4.1 Tulokset eri ruokintatasoilla

SGR:n perusteella näytti siltä, että 70 %:n ruokintatasolla kalojen kasvu on suurempaa kuin 50 %:n ruokintatasolla. Tämä oli nähtävissä molemmilla siikakannoilla *syksyn jaksolla* ja vaellussiioilla *kevään jaksolla*. Myös Känkänen (2008, 30) oli saanut samankaltaisia tuloksia tutkiessaan ruokintarytmin vaikutusta siian kasvuun. Eniten rehua kuluttaneet siiat olivat kasvaneet parhaiten (Känkänen 2008, 30).

SGR laskee kalan painon kasvaessa (Känkänen 2008, 31). Myös tässä koeksessa ilmiö oli havaittavissa läpi kokeen ja kaikilla ryhmillä. Kun tiedetään, että pienemmällä kalalla SGR on parempi, olisi kevään keskipainojen perusteella

voitu olettaa, että Vaellus50-ryhmällä olisi pienemmästä keskipainosta johtuen ollut suurempi SGR kuin Vaellus70-ryhmällä. Näin ei kuitenkaan ollut vaan Vaellus50-ryhmän SGR oli 0,6 % ja Vaellus70-ryhmän 0,75 %. Tämän perusteella voidaan olettaa, että ruokintataso rajoitti kasvua.

Lisäkasvu kokeessa oli sitä suurempaa, mitä enemmän kaloja ruokittiin. Koska tietoja siian kiertovesikasvatuksesta on toistaiseksi huonosti saatavilla (Koskela, henkilökohtainen tiedonanto), piti kokeen tuloksia verrata luonnonolosuhteissa tapahtuvaan kasvatukseen, vaikka tulokset eivät olekaan suoraan verrattavissa kiertovesikasvatukseen. Kasvukausi luonnossa (noin 200 päivää, toukokuumarraskuun puoliväli) on suunnilleen yhtä pitkä kuin kokeen kesto (203 päivää).

Kokeessa ei päästy loppupainojen osalta aivan yhtä hyviin tuloksiin kuin Koskelan ym. (2002, 48) mukaan olisi mahdollista yhdellä merikasvukaudella. 150 g painavan siian tulisi saavuttaa noin 720 g:n loppupaino ja 220 g painavan siian 900 g:n loppupaino. (2002, 48.) Kokeen sioista 150 g alussa painaneet vaellussiiat 70 %:n ruokinnalla painoivat kokeen lopussa keskimäärin 687 g ja 220 g alussa painaneet saaristosiiat 70 %:n ruokinnalla painoivat kokeen lopussa 739 g. Matalammalla (50 %) ruokintatasolla vaellussiiat saavuttivat 491 g:n loppupainon ja saaristosiiat 649 g:n loppupainon. Kokeessa oli ruokintapäiviä vain 167 monien punnitusten ja niitä varten pidettyjen paastojen takia, mikä hidasti kasvua. Ilman paastopäiviä kasvu olisi saattanut olla parempaa.

Rehukertoimen tulisi luonnonoloissa 16 C°:ssa olla 50–300 g painavalla siialla olla 0,8 ja 300–800 g painavalla siialla 0,9 (Koskela ym. 2002, 21). Kokeen *syksyn jaksolla* päästin rehukertoimissa lähelle näitä rehukertoimia ja jakson alussa (koepäivät 1–34) rehukertoimet jäivät näiden arvojen alle (kuvio 4). Kasvatuksesta kiertovedessä ei ole juuri tutkimustietoa saatavilla, mutta eräällä kaupallisella viljelylaitoksella noin 150 g painavat siiat kasvavat rehukertoimella 1 kun ne ruokitaan taulukon mukaan ja koko kasvatus tapahtuu biologisella rehukertoimella 1,1 (henkilökohtainen tiedonanto 15.4.2014). Vaikka kokeen siikoja ruokittiin vain 50 % ja 70 % ruokintataulukon määrästä, kaikki ryhmät jäivät *syksyn jaksolla* rehukertoimessa alle 1.

Kevään jaksolla rehukertoimet nousivat kaikilla ryhmillä *syksyn jaksosta*. *Kevään jaksolla* paras rehukerroin absoluuttisia arvoja tarkastellessa oli Vaellus50-ryhmällä. Tämän perusteella saattaa olla, että 70 % taulukon ohjaamasta (ruokintasuhteet esitetty taulukossa 5) on liikaa. Toisaalta Vaellus50-ryhmän kalojen keskipaino kevään jakson alkaessa oli alle 290 g ja Vaellus70-ryhmällä 356 g. Kaupallisessa viljelyssä on havaittu, että yli 300 g painavalla siialla rehukerroin lähtee nousemaan rajusti (henkilökohtainen tiedonanto 15.4.2014), joten ero rehukertoimessa saattaa selittyä keskipainolla.

Syksyn jakson erinomaisiin rehukertoimiin on kalan koon ja ruokinnan rajoittamisen lisäksi saattanut vaikuttaa se, että kalat olivat olleet ulkoaltaissa jo paastolla 1–4 viikkoa ennen siirtoa (tarkka kesto ei ole tiedossa). Siialla esiintyy kompensatiokasvua, eli se pystyy paaston jälkeen lisääntyneeseen ravinnonottoon, mikä johtaa pienempään rehukertoimeen (Känkänen 2008, 34).

4.2 Vaellus- ja saaristosiiikojen väliset erot kasvatuksessa

Syksyn jaksolla SGR:n perusteella vaellussiiat näyttivät kasvavan paremmin kuin saaristosiiat, mutta lisäkasvu oli suurempaa saaristosiiioilla. Koska kokeen alussa kalat olivat erikokoisia, verrattiin ryhmiä toisiinsa myös eri ajanjaksoina (ks. 3.1.3). Näiden vertailuiden perusteella ei havaittu eroa lisäkasvussa kantojen välillä. SRG ei eronnut vaellus- ja saaristosiiioilla korkeammalla ruokintatasolla, mutta matalammalla ruokintatasolla saaristosiiian SGR oli parempi kuin vaellussiiian. Tämän perusteella kokeessa käytetyt saaristosiiat näyttivät olevan nopeampikasvuisia kokeen alkuvaiheessa kuin vaellussiiat tai omaavan paremman kasvupotentiaalin rajoitetullakin ruokinnalla.

Tarkastelujaksojen sijoittuminen eri ajankohtiin saattoi kuitenkin vaikuttaa tuloksiin. Mikäli kokeen alussa esiintyi kompensatiokasvua, se saattoi vaikuttaa saaristosiiikojen kasvukerroinprosenttiin (SGR) ja rehukertoimeen. Vaellussiiioilla tarkasteltiin jaksoja toisesta ja kolmannesta punnituksesta eteenpäin.

Vaikka saaristosiiat kasvoivat alkuvaiheessa enemmän kuin vaellussiiat, *syksyn jakson* edetessä ja *kevään jakson* alussa ryhmän Saaristo70 rehukertoimet

nousivat todella merkittävästi, mistä pääteltiin, etteivät ne pysty syömään annettua rehumäärää, joten ruokintaa leikattiin. Sen vuoksi *kevään jaksolla* verrattiin toisiinsa vain matalammalla ruokintatasolla olleita ryhmiä Vaellus50 ja Saaristo50. Näiden ryhmien välillä ei *kevään jaksolla* havaittu eroa SGR:n tai rehukertoimen suhteen.

Saaristosiiat tulivat huomattavasti aiemmin sukukypsiksi kuin vaellussiiat (ks. 3.2.3). Etenkin saaristosiiioilla havaittiin, että sukukypsillä kaloilla SGR oli pienempi kuin sukukypsymättömillä. Kuviosta 12 nähdään, että saaristosiiioilla GSI oli suurempi kuin vaellussiiioilla. Näin ollen voidaan olettaa, että sukukypsytminen vaikutti etenkin saaristosiiian kasvun hidastumiseen ja rehukertoimen nousuun, sillä yleisesti tiedetään, että rehukertoimet nousevat huomattavasti kalan sukukypsyydessä. Sukukypsyyteen saattoi vaikuttaa etenkin saaristosiiikojen osalta perimä (mereltä pyydetyt emot) tai ja molempien kantojen osalta se, että ne ehtivät vuonna 2012 olla hetken kylmemmässä vedessä ennen siirtoa. Tämä on saattanut käynnistää sukukypsytymisen tai nopeuttaa sitä. Saaristosiiikanaaraista 85 % (50 %:n ruokinnalla) ja 89 % (70 %:n ruokinnalla) oli sukukypsiä. Luonnonolosuhteissa osan isokokoisista naaraista voidaan odottaa tulevan sukukypsiksi kolmen kasvukauden jälkeen, jos olosuhteet ovat hyvät (Koskela ym. 2000, 47). Kokeen siiat olivat kasvaneet kaksikesäisiksi luonnonlämmössä ja siirretty sitten kiertoveteen. Tähän verrattuna sukukypsien määrä oli yllättävän suuri.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön perusteella kalojen kasvussa saavutetaan kohtuullisen hyvä kasvu, vaikka siikaa ruokittiin vain 70 % tai jopa 50 % siitä, mitä vuonna 2004 päivitetty Raisioagron taulukko kyseiseen lämpötilaan ohjeistaa. Opinnäytetyön valmistumiseen mennessä taulukot oli kuitenkin jo päivitetty, ja prosenttilukemat ovatkin riippuvaisia siitä, mitä taulukkoa käytetään. Kokeessa käytetyt ruokintasuhteet esitettiin taulukoissa 4 ja 5.

Mikäli ruokittiin vain 50 % taulukon määrästä, vaikutti etenkin *syksyn jaksolla* siltä, että kaloilla ei riittänyt energiaa kasvuun. Tämä näkyi kasvun hidastumisena, eivätkä rehukertoimet olleet merkittävästi parempia matalammalla ruokintasolla. *Kevään jaksolla* Vaellus-50-ryhmällä oli kuitenkin parempi rehukerroin kuin Vaellus70-ryhmällä, joten isommalla kalalla ruokintaa voitaisiin ehkä leikata vielä rajumminkin. Kuitenkin, kuten luvussa 4.1 esitettiin, rehukertoimeen saattaa vaikuttaa Vaellus50-ryhmän pienempi keskipaino.

Saaristo- ja vaellussiikojen ei kokeen *syksyn jaksolla* havaittu eroavan toisistaan, kun niiden kasvua tarkasteltiin niiden ollessa samanpainoisia, ja näin oli suljettu pois lähtöpainon ja kannan vaikutus kasvuun. Saaristosiiioilla rehukerroin kuitenkin nousi merkittävästi *kevään jaksolla*. Tämän kokeen perusteella sitä ei voidakaan pitää jalostetun vaellussiian veroisena ruokakalan tuotannossa. Kalojen sukukypsymisen voidaan olettaa vaikuttaneen tuloksien luotettavuuteen negatiivisesti, sillä se vaikeutti ryhmien vertailua toisiinsa. Mikäli tarkoituksena olisi tuottaa mätiä, tulokset olisivat kuitenkin kiinnostavia.

Kokeessa vedenlaatu ja kasvatusolosuhteet olivat kasvun kannalta otolliset ja onkin perusteltua olettaa, että viljelyolosuhteet eivät vaikuttaneet kasvuun rajoitavasti. Altaissa oli enimmillään 40 kalaa, joiden yhteispaino oli 31 kg (tiheys 18 kg/m³). Happipitoisuus oli keskimäärin 10,7 mg/l, ja sen perusteella kyllästeisyysaste yli 100 %, jota voidaan pitää ruokahalun ja kasvun kannalta riittävänä (Koskela ym. 2000, 25–26). Koealtaiden lämpötila (15.8 C°) oli kasvun kannalta

optimaalinen, sillä Siikavuopion ym. (2013, 10) mukaan paras lämpötila siialle on 15–18 C°. Vedessä ei esiintynyt kaloille haitallisia typpiyhdisteitä.

Koeasetelma oli siten onnistunut, että tulosten perusteella voidaan kierto-vesikasvatuksessa ja tasaisessa lämpötilassa saavuttaa hyvä kasvu alhaisemalla ruokinnalla, ja siltä osin opinnäytetyö onnistui tavoitteessaan. Vieläkin luotettavampia tuloksia saavutettaisiin, jos koeasetelma ei sisältäisi niin monia epävarmuustekijöitä. Jos vastaavanlainen koe tehdään uudelleen, olisi suositeltavaa, että kaikki vertailtavana olevat kalat olisivat samankokoisia kokeen alussa. Tässä kokeessa tuloksiin saattoi vaikuttaa myös koetta edeltänyt paasto ja matalampi lämpötila. Nämä muuttujat voitaisiin sulkea pois pitämällä kaikki kalat ennen koetta kokeen aikaisessa lämpötilassa ja samanlaisella ruokinnalla tai paastolla esimerkiksi kahden viikon ajan ennen kokeen varsinaista aloitusta.

Vaikka opinnäytetyössä tarkasteltujen ruokintatasojen perusteella voidaan päätellä, että ainakin pienellä siialla (*syksyn jakso*) 70 % ruokintaulukon ohjaamasta rehumäärästä antaa paremman tuloksen kuin 50 % ruokintataulukon rehumäärästä, saattaa optimaalisin ruokintasuhde olla vielä jotain muuta. Koska 50 %:n ruokintatasolla näytti siltä, että kalat olivat aliruokinnalla, voisi ruokintatasoja vielä tarkentaa toistamalla koe esimerkiksi 65 %:n ruokinnalla.

6 KIITOKSET

Kiitokset RKTL:n Susanna Airaksiselle opastuksesta tutkimustyöhön ja raportointiin sekä Jari Riihimäelle kärsivällisestä kenttäohjauksesta ja vesiviljelyn käytännön osaamisen jakamisesta. Lämmin kiitos myös Antti Forsmanille opin-
näytetyön kirjallisen työn luotsaamisesta ja ajatuksia herättävien kysymyksien esittämisestä.

LÄHTEET

Koskela, J.; Määttä, V.; Vielma, J.; Rahkonen, R.; Forsman, L.; Setälä, J. & Honkanen, A. 2002. Siian kasvatusta ruokakalaksi. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Koskela, J.; Rahkonen, R.; Forsman, L.; Lönnström, L.-G. & Bylund, G. 2000. Siian ruokaviljely. Yhteistutkimushankkeen loppuraportti. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Saatavissa myös <http://www.rktl.fi/?id=421&view=publications> > Lataa julkaisu PDF-muodossa.

Koskela, J. & Vaajala, M. 2005. Kalanviljelyeläinrakenteellinen monipuolistaminen uuden lajin avulla. Loppuraportti. Siika 2005-hanke. Rehuraisio Oy, Savon Taimen Oy, Lyckans Fisk, Kalastusyhtymä Valtanen, Köklot lax, Varsinais-Suomen TE-keskus & Kalatalouden ohjausrahasto KOR. Viitattu 29.1.2014 <http://www.mmm.fi/fi/index/ektr/Loppuraportit.html> > Siika 2005 konsortio - Siika 2005.

Känkänen, M. 2008. Ruokintarytmin vaikutus siian (*Coregonus lavaretus* L.) kasvuun. Pro gradu -tutkielma. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Jyväskylän yliopisto.

Niinimäki, S. 2008. Suomalaisen kirjohenviljelyn bioekonominen mallintaminen ja epävarmuus. Pro gradu -tutkielma. Taloustieteen laitos. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Raisio Oyj 2013. Siika, ruokintaulukot. Viitattu 5.12.2013 <http://www.raisioagro.com/> > Kala > Ruokinta ja kasvu > Siika, ruokintaulukot.

Siikavuopio, S.; Knudsen R.; Amundsen, P.; Sæther B. & James, P. 2013. Effects of high temperature on the growth of european whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Aquaculture Research* 2013, 44, 8–12. Blackwell Publishing Ltd.

Setälä, J.; Kankainen, M.; Suomela, J.; Vielma, J. & Tarkki, V. 2013. Vesiviljelyn sijainninhajausuunnitelman ympäristöselostus, luonnos 11.01.2013. RKTL:n työraportteja. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Viitattu 16.3.2014 http://www.mmm.fi/attachments/mmm/6EOdNoNal/Sijainninhajausuunnitelman_ymparistoselostus.pdf.

Virtanen, M. 2011. Kiertovesilaitoksen käynnistäminen - RKTL:n Rymättylän kalantutkimusosaston Paraisten yksikkö. Opinnäytetyö. Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Kokeen pohjana käytetty siian ruokintataulukko

ELO - SYYS - LOKA / AUGUSTI - SEPTEMBER - OKTOBER



Siian ruokintataulukko

Utfodringstabell för sik

3 / 2004

Kalan paino, Fiskens storlek	Lämpötila / Temperatur °C							
	9	6	8	10	12	14	16	18
1	2,03	2,63	3,00	3,45	3,75	4,13	4,13	3,75
5	1,28	1,65	2,03	2,33	2,63	2,85	2,85	2,63
10	0,98	1,43	1,73	2,03	2,33	2,55	2,55	2,33
20	0,83	1,05	1,35	1,58	1,80	1,88	1,88	1,73
30	0,83	1,05	1,20	1,50	1,73	1,80	1,80	1,65
40	0,75	0,98	1,13	1,31	1,65	1,73	1,73	1,58
50	0,68	0,90	1,05	1,28	1,58	1,65	1,65	1,50
60	0,68	0,90	1,05	1,20	1,50	1,58	1,58	1,43
80	0,68	0,90	1,05	1,20	1,50	1,58	1,58	1,43
100	0,68	0,90	1,01	1,16	1,43	1,50	1,50	1,35
120	0,60	0,83	0,98	1,13	1,35	1,43	1,35	1,20
150	0,60	0,83	0,98	1,13	1,28	1,35	1,28	1,13
180	0,60	0,83	0,90	1,05	1,20	1,28	1,20	1,05
210	0,60	0,83	0,90	1,05	1,13	1,20	1,13	0,98
250	0,60	0,83	0,90	1,05	1,13	1,20	1,13	0,98
300	0,53	0,75	0,83	1,30	1,09	1,13	1,05	0,90
350	0,53	0,75	0,83	1,30	1,09	1,13	1,05	0,90
400	0,53	0,75	0,83	0,98	1,09	1,13	1,05	0,90
450	0,53	0,75	0,83	0,98	1,09	1,13	1,05	0,90
500	0,53	0,68	0,75	0,90	1,05	1,09	0,98	0,83
550	0,53	0,68	0,75	0,90	1,05	1,09	0,98	0,83
600	0,53	0,68	0,68	0,86	1,01	1,05	0,94	0,83
650	0,53	0,68	0,68	0,86	1,01	1,05	0,94	0,83
700	0,45	0,53	0,60	0,79	0,90	0,94	0,83	0,68
750	0,45	0,53	0,60	0,79	0,90	0,94	0,83	0,68
800	0,45	0,53	0,60	0,79	0,83	0,86	0,75	0,60
1000	0,45	0,53	0,60	0,75	0,79	0,79	0,68	0,53

Taulukkoa käytettäessä ottaisiin poistuvan veden happipitoisuus huomioon. **puh. (02) 443 2111, telefax (02) 443 2360**
 Då utfodring sker enligt tabellen bör syretypiten på det utgående vattnet vara minst 7 mg/l
www.rehurasia.com

