

Pro gradu -tutkielma

**Pyhäjärven siian (*Coregonus lavaretus*) kasvu ja
ikäjakauma rysäpyynnissä kalastuksen säätelyn
perustana**

Tero Forsman



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Kalabiologia ja kalatalous

23.6.2015

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Akvaattiset tieteet

FORSMAN TERO, J.: Pyhäjärven siian (*Coregonus lavaretus*) kasvu ja ikäjakauma rysäpyynnissä kalastuksen säätelyn perustana
Pro gradu: 42 s.
Työn ohjaajat: Dos. Timo Marjomäki, FT Marjo Tarvainen
Tarkastajat: Dos. Timo Marjomäki, Professori Juha Karjalainen
kesäkuu 2015

Hakusanat: ammattikalastus, iänmäärittäminen, kalastus, kalastuksen säätely, kutupyynti, lisääntyminen, rysä, siivilähampaat, sukukypsyys

TIIVISTELMÄ

Siika (*Coregonus lavaretus*) on Säkylän Pyhäjärvellä haluttu ammatti- ja virkistyskalastuksen kohde. Tämä tutkimus keskittyy Pyhäjärven siian kasvun ja kutukannan sekä kuturysäsaaliin rakenteen ja siivilähampasjakauman kuvaamiseen. Lisäksi tutkittiin lokki- (*Diphyllobothrium dendriticum*) ja sukeltajasorsien lapamadon (*D. ditremum*) esiintyvyyttä siiasa. Aineisto kerättiin kutupyynnin yhteydessä syksyllä 2013. Näytteitä otettiin 346 siiaista, joista määritettiin maturiteetti, ikä, kasvu, silmän mykiön muoto, siivilähampaiden lukumäärä, massa, pituus ja sukupuoli. Lisäksi kolme viimeksi mainittua muuttajaa määritettiin 102 siiaista. Loisten (*D. dendriticum* & *D. ditremum*) esiintyvyys tutkittiin 174 siiaista, joista 93 % oli infektoitunut vähintään toisella lajeista. Siivilähampaslaskentojen tulosten ja aiempien tutkimusten havaintojen perusteella Pyhäjärven siiat ovat järvisiikoja. Tutkituissa näytteissä siivilähampaiden lukumäärän keskiarvo ja moodi olivat 39 vaihteluvälin ollessa 28–53 kpl. Siivilähampasmääriä verrattiin neljän vuosikymmenen aikana Pyhäjärveltä kerättyihin siika-aineistoihin ja erot jakaumien välillä jäivät pieniksi, keskimääräisen siivilähampasmäärän vaihteluvälin ollessa 39–41 kpl. Ikäryhmäkohtaisen keskipituuden perusteella siian kasvu Pyhäjärvessä on kohtalaisen nopeaa suomalaisissa järvissä havaittuun siikojen kasvuun verrattuna, eikä merkittävästi 1990- ja 2000-luvun tutkimuksista poikkeavaa. Runsain ikäryhmä siikasaaliissa oli 4+. 2-vuotiaiden kalojen määrä näytteissä sen sijaan oli melko vähäinen. Pyhäjärven siikasaaliit ovat heikentyneet merkittävästi 1990-luvun lopun vuosista ja ovat nykyisin enää viidennes noista ajoista. Tässä tutkimuksessa siikakannan heikentymistä lähestyttiin tarkastelemalla ei-sukukypsien siikojen osuutta siika- ja muikkurysänäytteissä. Ei-sukukypsien kalojen osuuden selvittämisen tarkoituksena oli hahmottaa, kuinka paljon kalastus pyytää sellaisia kaloja, jotka eivät ehdi lisääntymään kertaakaan ennen pyyntiin rekrytoitumista. Ei-sukukypsien kalojen osuus siian kuturysänäytteissä oli melko vähäinen (7 %). Muikkurysänäytteissä ei-sukukypsien kalojen osuus oli selvästi suurempi (31 %). Kalastusmenetelmien vaikutusta siikakantaan arvioitiin Y/R-mallinnuksella, jonka perusteella 0+-ikäryhmän siikojen saaliiksi ottamisen välttäminen kasvattaisi teoriassa vuosittaista siikasaalista (per 1000 kg rekryyttejä) 20 % verrattuna vuoden 2013 kaltaiseen pyyntiin. Pyhäjärvestä tavataan siian ja muikun (*C. albula*) risteymiä. Näytekalojen joukossa olevien hybridien osuutta pyrittiin karkeasti arvioimaan tarkastelemalla kalan ylä- ja

alaleuan pituutta suhteessa toisiinsa ja silmän mykiön muotoa. Tasaleukaisten kalojen osuus näytekaloista oli 5 % ja pyöreämykiöisten 2 %. On kuitenkin huomioitava, että leukojen erotukseen ja mykiön muotoon perustuva erottelu tunnistaa vain ulkonäöllisesti tyypillisestä siiasta eroavat kalat. Menetelmän tehokkuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi selvittämällä kuinka suuri osa risteymistä menetelmän avulla voidaan löytää.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science
Aquatic Sciences

FORSMAN TERO, J.: Growth and age structure of whitefish (*Coregonus lavaretus*) in fyke net fishing as a basis for fisheries management in Lake Pyhäjärvi (SW Finland)

Master of Science Thesis: 42 p.

Supervisors: Doc. Timo Marjomäki, Dr. Marjo Tarvainen, PhD

Inspectors: Doc. Timo Marjomäki, Professor Juha Karjalainen

june 2015

Key Words: fish age determination, fisheries management, fyke net, gill rakers, professional fishing, parasites, maturity, whitefish reproduction

ABSTRACT

The aim of this study is to represent growth, structure of spawning stock, structure of fyke net catch used in spawning areas and number of gill rakers of whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Lake Pyhäjärvi (South West Finland). In addition, prevalence of some parasites in whitefish was also studied. Material for the research was gathered during autumn 2013 from 346 whitefish individuals. Also 102 fish were measured by mass, length, and sex. From first mentioned fish also maturity, age, growth, shape of eye lens and gill raker number were investigated. Prevalence of parasites (*D. dendriticum* & *D. ditremun*) was studied from 174 fish of which 93 % was infected by at least either of mentioned species. The annual yield of whitefish in the Lake Pyhäjärvi has recently decreased to 1/5 of the yield in the late 1990s. In this study one of the aims was to investigate proportion of immature whitefish in the fyke net catch and to assess the effect of fishing on the whitefish stock. Intensive harvesting of immature whitefish may reduce the abundance of spawning stock and consequently also recruitment. However it was found that the proportion of immatures in fyke nets targeting spawning whitefish was insignificant (7 %). Conversely fyke nets targeting vendace caught more significant percentage of immatures (31 %). According to gill raker count and earlier studies, whitefish of the lake Pyhäjärvi belong to typical lake dwelling whitefish form. The average and mode gill raker count was 39 and the number of gill rakers ranged between 28 and 53. Gill raker counts were compared to earlier samples from the same lake and the differences in distributions during the period of 40 years were quite insignificant, while range in mean distributions was between 39–41 pieces. Growth of whitefish is fairly quick compared to observations done in other finnish lakes and not significantly different from observations done 1990s and 2000s. Most abundant age group in the whitefish fyke nets was 4+. Proportion of 2+ aged whitefish was quite small. Impact of fishing methods on whitefish stock was modelled by Y/R-modelling. Avoiding of fishing of 0+ aged whitefish would in theory increase 20 % annual whitefish catch (per 1000 kg recruits) compared to fishing carried out in the year 2013. Some proportion of coregonids in the Lake Pyhäjärvi are hybrids of whitefish and vendace (*C. albula*). In this study the proportion of hybrids was roughly assessed by investigating the ratio of the length of upper and lower jaw and the form of eye lens. 5 % of sampled fish were found to have equally long upper and lower jaws. The proportion of sampled fish with round shaped eye lens was 2 %. However the weakness of the method is that it might not reveal those hybrids which are morphologically similar to

whitefish. The efficiency of the method could be improved by investigating proportion of hybrids found from samples by this method.

Sisältö

1. JOHDANTO	7
2. TUTKIMUKSEN TAUSTA	8
2.1. Siian kalastus Pyhäjärvellä 2013	10
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	10
3.1. Tutkimusalue	10
3.2. Tutkimusaineiston kerääminen ja kenttätyöt.....	11
3.3. Tutkimusaineiston käsittely	13
4. TULOKSET	17
4.1. Siikojen morfologian tarkastelu	17
4.2. Ikä, pituus ja kasvu	20
4.3. Sukupuolijakauma ja sukukypsyyden arviointi.....	25
4.4. Väriainemerkintöjen esiintyvyys näytteissä	27
4.5. Kalastuksen vaikutus siikakantaan	27
4.6. Loiset	31
5. TULOSTEN TARKASTELU	32
5.1. Siikamuodot.....	32
5.2. Iänmääritys, kasvu ja ikärakenne	33
5.3. Sukukypsyys.....	34
5.4. Pyydysten valikoivuus ja pyynnin vaikutus siikakantaan	34
5.5. Muut siikakantaan vaikuttavat tekijät.....	36
5.5.1 Väriainemerkinnät ja istutusten merkitys	36
5.5.2 Loiset	36
5.6. Tutkimukseen vaikuttavat epävarmuudet ja lisätutkimustarpeet	36
Kiitokset	38
Kirjallisuus	38
Liitteet	41

1. JOHDANTO

Säkylän Pyhäjärvi on yksi Suomen kalataloudellisesti merkittävimmistä järvistä. 2010-luvulla ammattimaisen pyynnin tärkeimpiä saalislajeja ovat olleet täpläräpu (*Pacifastacus leniusculus*), muikku ja ahven (*Perca fluviatilis*). Aikaisemmin myös siika muodosti merkittävän osan saaliista (Jori & Ventelä 2013). Siikasaaliit ovat heikentyneet dramaattisesti viimeisen 15 vuoden aikana ollen 2010-luvun alussa enää 21 tonnia/vuosi eli vajaa viidennes 1990-luvun lopun saaliista (Anonyymi 2014a). Yksikkösaaliissa samalla aikajänteellä on havaittavissa samansuuntainen trendi (T. Muuri, Jyväskylän yliopisto, julkaisematon). Myös Jyväskylän yliopiston Pyhäjärvellä toteutettujen siikakalojen poikaspyyntien tuloksissa siian poikasmäärät ovat vähentyneet selvästi verrattaessa viimeaikaisia tuloksia 1990-luvun tuloksiin (Karjalainen ym. 2015). Siikasaaliiden heikentymisen seurauksena myös siikarysien määrät ovat vähentyneet, esimerkiksi vuonna 2004 käytössä oli 38 siikarysää, mutta vuosina 2005–2011 käytössä olleiden siikarysien määrä vaihteli vuosittain välillä 10–24 kappaletta (Jori & Ventelä 2013). Pyhäjärven kalastusalue ei ole rajoittanut siikarysien kokonaislupamäärää, mutta siikarysälupia myönnetään maksimissaan kolme ammattikalastajaa kohden. Kalastusalue on rauhoittanut koko järven siian verkkokalastukselta vuosittain 15.10.–10.11. väliseksi ajaksi (Anonyymi 2014b). Rauhoitus päätös tarkistetaan viiden vuoden välein. Siikarysät saa laskea aikaisintaan 20.10. ja muikkuryvät 10.10., ja niitä saa pitää pyynnissä järven jäätymiseen saakka.

Varhaisimmat Pyhäjärven kalastoa käsittelevät tutkimustulokset ovat peräisin 1920-luvulta, jolloin T. H. Järvi aloitti Pyhäjärven siikakantaa koskevan tutkimuksensa alueella (Järvi 1940). Pyhäjärven kalaston saalisseuranta- ja kannanarviointitietoja on olemassa ainakin vuodesta 1976 lähtien (Hirvonen ym. 1992). Nämä tiedot perustavat talvinuottaukseen, jolla saadaan suurin osa saaliista (Anonyymi 2014b). Talvinen nuottapyynti keskittyy järven ulappaosaan ja avovesikauden pyynti käsittää keväällä rysäpyyntiä sekä siikakalojen rysäpyyntiä. Syksyisin toteutettava vähempiarvoisen kalan avovesinuottaus on viime vuosina muodostunut osaksi Pyhäjärven kalataloutta. Verkkokalastus on Pyhäjärvellä nykyään melko vähäistä. Ammattikalastajat käyttävät verkkoja pääsääntöisesti ravunsiöttien hankintaan ja talvella hauen pyyntiin (Jori & Ventelä 2013) Siikaa saadaan pääasiassa talvinuotalla ja kutuaikaisen rysäpyynnin kautta sekä muikkuryksistä sivusaaliina. Siian vapaa-ajan kalastus Pyhäjärvellä keskittyy pääasiassa verkkokalastukseen ja pilkintään.

Pyhäjärven siikakanta on alun perin lähtöisin 1900-luvun alkupuolella aloitetuista istutuksista, jotka ovat jatkuneet muutamia lyhyitä taukoja lukuun ottamatta näihin päiviin asti (Hirvonen ym. 1992). Aikojen saatossa istutuksissa on käytetty ainakin seuraavia siikamuotoja: merialueen vaellussiika (*C. lavaretus s. str.*), järvisiika (*C. lavaretus nilssonii*), planktonsiika (*C. lavaretus pallasi*) ja järviolueen vaellussiika (*C. lavaretus wartmanni*). Siikakannan kotiuttamisen jälkeen siian kasvussa on havaittu paljon jaksoittaista vaihtelua. 1980-luvulla siian kasvun todettiin olevan järvisiialle jokseenkin nopeaa. 1990-luvun lopulla kasvun havaittiin olevan edelleen tätä hieman nopeampaa (Sarvala ym. 1998). Siian ja muikun on havaittu Pyhäjärvestä risteytyvän keskenään (mm. Vuorinen 1988, Hirvonen ym. 1992).

Pyhäjärven siiolla on havaittu paikoin kohtalaisen runsaasti lokkilapamadon (*Diphyllobothrium dendriticum*) kystoja vatsalaukun pinnalla. Kirjallisia mainintoja (Wikgren 1958) runsaista loisrakkulamääristä löytyy aina 1950-luvulta asti.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa tietoa siikakannan nykytilasta ja edistää siikaan kohdistuvan kalastuksen säätelyn tehokkuutta. Tutkimus keskittyy siian kasvun ja

kutupyynnin saaliin rakenteen kuvaamiseen sekä eri siikamuotojen osuuden tarkasteluun Pyhäjärvässä. Lisäksi tutkimuksessa on selvitetty istutettujen siikojen osuutta saaliissa ja siian loisten esiintyvyyttä mahalaukun pinnalla olevien kystien määrää tarkastelemalla. Loisten esiintyvyyden selvittäminen on tärkeää, koska runsaat loismäärät saattavat lisätä siikojen luonnollista kuolevuutta (Pulkkinen & Valtonen 2012). Saaliin ikärakenteen ja pituusjakauman sekä siian kasvun ja maturoitumisiän selvittämisen tarkoituksena on auttaa siikakannan hoitotoimien suunnittelua. Esimerkiksi kasvun hidastuminen voi kertoa kannan runsastumisesta ja lisääntyneestä kilpailusta. Toisaalta kasvuun voivat vaikuttaa myös muut tekijät, kuten muutokset ympäristössä. Kasvun vaihtelut eri vuosiluokkien välillä ja kasvunopeuden muutokset luovat perustan siikakannan tilan arvioinnille. Kalastuksen vaikutusta siikakantaan arvioitiin käyttämällä Y/R-mallia (Ricker 1975), jonka avulla tarkasteltiin Pyhäjärvellä käytettävien pyydysten vaikutusta siikasaaliiseen ja siian kutukantaan. Mallin avulla simuloitiin erilaisia skenaarioita, joissa siian rekrytoituminen pyydyksiin vaihteli käytettyjen menetelmien ja solmuvälien mukaan. Tarkastelun avulla pyrittiin selvittämään kalastuksen säätelyn mahdollisuuksia ja tarpeita siikakannan hoidossa. Tieto siian maturoitumisiästään auttaa edelleen hoitotoimien suunnittelussa. Siikakannan tuoton ja riittävän lisääntymisen turvaamisen kannalta on tärkeää selvittää, kuinka suuri osuus siioista pyydetään ennen ensimmäistä lisääntymiskertaansa. Siian ja muikun risteymien osuutta näytekaloista on pyritty selvittämään siivilähämmaslukuun ja ulkonäköön perustuvan tarkastelun avulla. Siian siivilähämmasjakauman avulla selvitettiin myös eri siikamuotojen osuutta Pyhäjärvässä. Tutkimus ei keskity siikakantaan vaikuttavan lajien välisen kilpailun vaikutuksiin siikakannassa, mutta kilpailulla saattaa olla merkitystä siikakannan heikkenemisen yhtenä selittäjänä

Tutkimus liittyy RAPI-hankkeeseen (Satakunta – Innovation and research network in changing climate – case crayfish), jossa arvioidaan vieraslajin, täpläravun, istutusten vaikutuksia Säkylän Pyhäjärvässä.

2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

Siika kuuluu lohikaloiden lahkoon ja on lajina varsin monimuotoinen käsittäen useita morfologiaaltaan, elintavoiltaan ja ravinnonkäytöltään erilaisia muotoja (Lehtonen 2006, Koli 1998). Eri siikamuotojen erottamiseksi toisistaan on yleisesti käytetty siian ensimmäisen kiduskaaren siivilähampaiden lukumäärää, joka määräytyy perinnöllisesti. Siikakalojen siivilähampaiden lukumäärän on havaittu määrittävän sitä, minkälaista ja kokoista ravintoa kala käyttää (Kahilainen ym. 2010). Harvasiivilähampaiset muodot, kuten vaellussiika, ovat erikoistuneet ravinnonkäytössä pohjaeläimiin ja tiheäsiivilähampaiset, kuten planktonsiika, käyttävät eniten ravinnokseen eläinplanktonia (Koli 1998). Siivilähämmasmäärä määrittää myös siikakalojen kykyä hyödyntää erilaisia ekolokeroita sekä yksilö- ja lajitasolla vaikuttaen siten myös siikakalojen sopeutumiskykyyn esimerkiksi kilpailutilanteissa (Kahilainen ym. 2010).

Siikamuotojen kasvussa on havaittu eroja (Salonen ym. 2002). Nopeinta kasvu on merialueen vaellussiialla, joka kasvaa myös siikamuodoista suurikokoisimmaksi. Siikakannan tiheys vaikuttaa kasvuun saatavilla olevan ravinnon riittämisen kautta. Näin ollen tiheissä kannoissa esiintyy helpommin siian kääpiöitymistä (Koli 1998). Toisaalta myös lajirajat ylittävä kilpailu voi heikentää siian kasvua ja kuntoa. Esimerkiksi Päijänteellä on havaittu muikulla olevan siikakantaa heikentävä vaikutus lajien välisestä ravintokilpailusta johtuen (Valkeajärvi ym. 2006). Myös Pyhäjärvellä siian on havaittu kilpailevan samasta ravinnosta muikun kanssa, varsinkin ensimmäisellä kasvukaudellaan (Sarvala 1990).

Pyhäjärven siikaistutuksissa on käytetty useita eri kantoja ja muotoja (Hirvonen ym. 1992). Nykyisin Pyhäjärveen istutetaan siikaa, joka on haudottu ainoastaan järven omien kalojen sukutuotteista (M. Mäntyranta, Pyhäjärven kalastusalue, suullinen tiedonanto). Vuosina 2008–2013 vuosittaisten siikaistutusten poikasmäärät vaihtelivat välillä 60 000 – 2,3 miljoonaa kappaletta (Tarvainen ym. 2013). Istutusmäärät riippuvat saatavista mätimääristä. Vuosien 2008–2012 aikana kaikki istutetut siiat merkittiin alitsariini S -kylvetyksessä. Istukkaiden osuutta talvinuottasaaliissa seurattiin näytteenotoin. Merkittyjä siikoja istutettiin sekä vastakuoriutuneina että 1-vuotiaina. Pyhäjärven kalastusalueen siikamerkintähankkeissa selvitettiin siikaistutusten kannattavuutta. Hankkeiden loppuraportissa todetaan, että istutettujen siikojen osuus talvinuottasaaliissa on yleensä pieni, mutta heikkojen vuosiluokkien tai korkean kuolleisuuden aikana tilanne voi olla päinvastainen. Pyhäjärven siian ja muikun vastakuoriutuneiden poikasten runsautta on seurattu Jyväskylän yliopiston (Anonyymi 2014c) poikaspyynneillä vuodesta 1993. Pyhäjärven siian poikasmäärissä on havaittavissa laskeva trendi vuodesta 2002 alkaen (Karjalainen ym. 2015).

Vieraiden lajien tuominen voi sekoittaa alkuperäisten lajien geeniperimää risteytymisen vuoksi ja samalla vähentää biodiversiteettiä geneettisen sekoittumisen takia (Seehausen ym. 2008). Myös Pyhäjärvestä muikun istuttaminen on saattanut muuttaa siian perimää. Pyhäjärven tapauksessa on tosin huomioitava, että molemmat, siika ja muikku, esiintyvät järvestä istutettuina lajeina (Anonyymi 2014b). Ensimmäiset havainnot Pyhäjärven siikakannan luontaisesta lisääntymisestä ajoittuvat vuodelle 1910 (Järvi 1940). Muikun arvioidaan kotiutuneen Pyhäjärveen 1957 (Hirvonen ym. 1992). Siian ja muikun risteymiä on havaittu Pyhäjärvestä ainakin 1980-luvulta alkaen (Hirvonen ym. 1992). Viitteitä niiden esiintymisestä saatiin myös heti muikun kotiutumisen aikoihin vuonna 1957, jolloin Wikgren (1958) totesi tutkitun siikasaaliin sisältävän noin 1 % kaloja, joiden ala- ja yläleuka olivat yhtä pitkät ja joita ei voitu määrittää muikuksi tai siikaksi.

Myös takaisinristeytymistä siiksi tai muikuksi voi tapahtua (Kahilainen ym. 2011). Takaisinristeytmällä tarkoitetaan kahden lajin risteymän ja toisen alkuperäisen lajin edustajan lisääntymisen seurauksena syntyneitä jälkeläisiä. Kahilainen ym. (2011) havaitsivat siian ja muikun risteymien ja takaisinristeymien käyttävän samoja ekolokeroita kuin vanhempansa ja niiden morfologia on alkuperäisten lajien piirteiden välimaastossa.

Kalastoon vaikuttavat ympäristön fysikaalis-kemialliset tekijät, joiden rajoittavuus määräytyy kunkin kalalajin sietokyvyn mukaan. Keskeisimpiä elottomaan ympäristöön liittyviä lohikalajien selviytymistä heikentäviä tekijöitä ovat ihmistoiminnan tehostama rehevöityminen, ilmastonmuutoksen tuomat haasteet, kuten ääri-ilmiöt säätilassa, ilmaston lämpeneminen ja lisääntyvien talviaikaisten ravinnevalumiin rehevöitymistä edistävä vaikutus (Jeppesen ym. 2012). Rehevöityminen vähentää arvokkaiden lohikalajien, kuten siian, osuutta kalastossa ja toisaalta vaikuttaa myös epäsuorasti siikakantoihin muokkaamalla kalaston rakennetta epäsuotuisampaan suuntaan muun muassa lisäämällä särkikalajien runsautta (Tammi ym. 1997). Runsaan särkikannan (*Rutilus rutilus*) on todettu eri järvissä olevan yhteydessä siian kasvunopeuteen. Särkeen kohdistetun voimakkaan kalastuksen havaittiin Lahden Vesijärvestä tehostavan siian kasvua (Raitaniemi ym. 1999). Myös täpläravun siian mätimuniin kohdistuva predaatio saattaa vaikuttaa siikakantaa heikentävästi (Karjalainen ym. 2015). Täpläravun predaation merkityksen arvioidaan olevan suurimmillaan heikon siikakannan aikana, ja se saattaa pidentää kannan toipumiseen kuluva aikaa. Ilmaston lämpenemisen vaikutukset kertaantuvat matalissa järvissä, joissa ei ole kesäaikaista lämpötilakerrostuneisuutta, joka mahdollistaisi siikakalojen hakeutumisen lämpimistä pintavesistä viileämpiin vesikerrokseen (Jeppesen ym. 2012). Siikakalojen

kuoriutumisen aikaan keväällä epävakaut saavat myös heikentää poikasten säilyvyyttä (Ventelä ym. 2011).

Ilmaston muutoksen vaikutukset ulottuvat monin tavoin myös kalastuksen säätelyyn. Säkylän Pyhäjärvellä, jossa talvinuottakalastus on merkittävin kalastusmuoto, on havaittu jääpeitteisen ajan järvessä vähenevän (Ventelä ym. 2011). Ilmaston lämpenemisen arvioidaan jatkuvan, ja siten ammattikalastus voi myös olla muutoksen edessä kalastusmenetelmien ja saaliin vuodenaikaisen jakaantumisen osalta.

Kalastuksen teho, kalastuskuolevuus ja kalojen rekrytoituminen pyydyksiin määräytyvät kalastajien ja pyydysten määrän mukaan (Kuikka ym. 2002). Kalastus tulisi säätää sellaiselle tasolle, jossa riittävä määrä kaloja ehtii lisääntyä ja saavuttaa parhaan pyyntikoon ennen kalastukseen rekrytoitumista.

Ylikalastuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa kalastuksen liian suuri kokonaisteho pyytää kalat liian nuorina (Heikinheimo 1999). Kasvun ylikalastuksen seurauksena kalojen kasvua ei käytetä hyväksi optimaalisesti. Jos taas kalat pyydetään ennen ensimmäistä lisääntymiskertaansa, puhutaan lisääntymisen ylikalastuksesta. Kalastuksen kokonaistehoa pienentämällä voidaan vähentää molempien edellä mainittujen ylikalastuksen muotojen haittoja silloin, jos kalastuksen kohteena jokin nopeakasvuinen kalalaji, kuten merialueen vaellussiika. Toisaalta kalastuksen liiallinen rajoittaminen voi johtaa tilanteeseen, jossa heikkokasvuisten kalalajien, kuten joidenkin kääpiöitymiseen taipuvaisten siikamuotojen, kasvu saattaa heikentyä entisestään. Tällaisessa tilanteessa kalastuksen tehon lisääminen lisääisi myös kasvua.

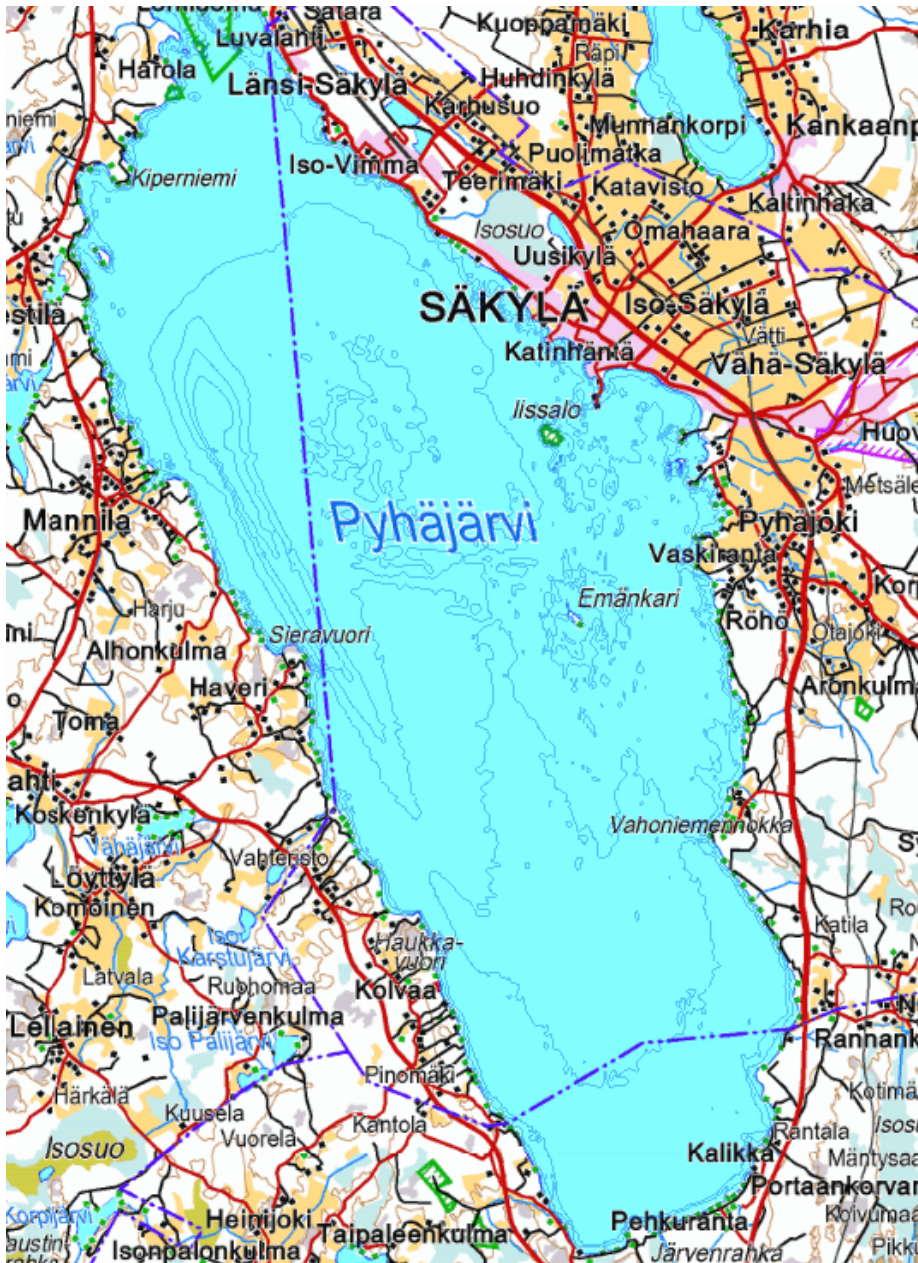
2.1. Siian kalastus Pyhäjärvellä 2013

Siian kokonaissaalis vuonna 2013 oli 16,3 tonnia, eli vajaa 4 tonnia vähemmän kuin edellisenä vuonna. Siikaa pyydettiin yhteensä yhdeksällä kuturysällä. Kalastusalueen arvion mukaan siian kuturysistä saatu siikasaalis oli noin 1600 kg käsittäen kokonaissiikasaaliista n. 10 %. Muikkurysälupia myönnettiin vuonna 2013 kevätpyyntiin 77 kpl, kesäpyyntiin 51 kpl ja syyspyyntiin 75 kpl. Näiden lisäksi hoitokalastusrysälupia myönnettiin 87 kpl. Hoitokalastusrysät on tarkoitettu vähempiarvoisten kalojen pyyntiin keväällä ja kesällä. Muikkurysillä pyydetyn siikasaaliin osuudeksi arvioitiin 49 % kokonaissiikasaaliista. Talvinuotan arvioitiin pyytävän kaikkiaan 40 % ja verkon 1 % kokonaissiikasaaliista. Muikkurysien kokonaissiikasaaliista arvioitiin kertyvän 20 % muikun kevätpyynnin ja 80 % muikun syyspyynnin sivusaaliina. Kevään muikkurysäpyynnissä siikasaalis oli 21 kg ja syksyllä 85 kg rysälupaa kohden. Siikarysien kokonaissiikasaalis oli 181 kg rysälupaa kohden. Muikkurysien pesän solmuväli syksyllä 2013 oli 10–12 mm ja siikarysien 27 mm.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1. Tutkimusalue

Tutkimusalue, Säkylän Pyhäjärvi, sijaitsee Lounais-Suomessa ulottuen Säkylän, Euran ja Pöytyän kuntien alueelle. Pyhäjärvi on pohjan muodoiltaan suhteellisen laakea länsirannan tuntumassa olevaa syvännettä lukuun ottamatta (Kuva 1). Järven itärannan tuntumassa sijaitsee kivikkoisen saaristoalue, muuten järvi on lähes saareton. Järven pinta-ala on 154 km², keskisyvyys 5,4 m ja suurin syvyys 26 m. Pintavesityypiltään Pyhäjärvi kuuluu luokkaan suuret vähähumuksiset järvet, ja sen ekologinen tila on luokitukseltaan hyvä (Anonyymi 2009).



Kuva 1. Säkylän Pyhäjärven kartta (Lähde: Paikkatietoikkuna, tulostettu 6.10.2014, aineistot: peruskarttarasteri & järvien syvyysaineisto).

Kutualueiden sijaintia selvitettiin haastattelemalla kalastajia. Keskeisimmät siian kutualueet sijoittuvat Pyhäjärvellä pääsääntöisesti rannoille ja karikoille järven pohjois- ja itäosissa. Syksyllä 2013 kuturysät sijoituivat Luvalahden, Iso-Vimman, Lissalon- ja Emänkarin saarten ja Pyhäjoen alueille. Pyyntialueilla syvyys oli maksimissaan n. 3 m. Aikaisempina vuosina kutupyyntiä on harjoitettu myös Vahoniemen alueella. Kalastaja Markku Mäntyranan mukaan kutupaikkojen sijainti on osittain muuttunut ajan saatossa. Osa mantereenläheisistä kutualueista on autoitunut. Esimerkiksi Pihlavan saaren tuntumasta saatiin aikaisemmin kutuaikaan saalista, mutta tämä ja muutamat muut vastaavan kaltaiset paikat eivät enää ole olleet kalastuksen kannalta kannattavia pyyntikohteita.

3.2. Tutkimusaineiston kerääminen ja kenttätyöt

Syksyllä 2013 kerättiin somu- ja otoliittinäytteitä 346 siasta, joiden lisäksi massa, pituus ja sukupuoli määritettiin 102 siasta. Kalat poimittiin rysäsaaliista valikoimattomasti

satunnaisotantaan perustuen siten, että saalislaatikko jaettiin tarvittaessa ensin keskeltä kahteen osaan ja arpomalla valitun puolen kalat otettiin näytteeksi. Koska tarkoituksena oli kerätä mahdollisimman kattavasti erikokoisia kaloja, pyrittiin näytteenottokertoittain ottamaan näytteitä aina kymmenestä ensimmäisestä kalasta kutakin saaliissa esiintyvää pituusryhmää kohden. Pituusryhmät jaoteltiin 1 cm:n tarkkuudella. Tällaisen näytteenottokerran loppujen samaan kokoryhmään kuuluvien kalojen osalta määritettiin vain tuoremassa ja pituus. Vähäisistä saaliista ja paikoin tasakokoisista kaloista johtuen useammissa tapauksissa kaikki saaliskalat jouduttiin ottamaan näytteeksi. Tällöin ei ollut näytteenottoteknisistä syistä, näytemäärän täyttymistavoitteen vuoksi ja toisaalta kalan myynnin kannalta järkevää jättää muutamia ylijääviä kaloja pois näytteistä.

Pääosa näytteistä kerättiin siikarysistä kutupyynnin yhteydessä. Osa näytteistä (n=122) haettiin muikunpyyntiin tarkoitetuista rysistä. Kaikki näytteet kerättiin 24.10.–6.11.2013 välisenä aikana. Siikarysät eroavat muikkurysistä rysän pesän solmuvälin suhteen. Muikkurysissä pesän solmuväli on Pyhäjärvellä tyypillisesti 10–12 mm ja siikarysissä kalastusalueen määräyksen mukaan vähintään 25 mm. Rysien pesän solmuväli selvitetään näytteenottotilanteen yhteydessä. Menettelyn tarkoituksena oli selvittää pyydyksen kokovalikoivuutta ei-sukukypsien siikojen osalta. Tähän tutkimukseen kerättiin siikoja siiankuturysistä, joiden solmuväli pesässä oli 27 mm ja muikkurysistä, joissa käytettiin 10–12 mm:n solmuväliä. Näytteenoton aikataulu suunniteltiin niin, että näytteitä saataisiin mahdollisimman kattavasti järven eri osissa pyytäviltä kalastajilta. Siikarysät sijaitsivat Emänkarin saaren alueella, Vaskirannassa ja Iso-Vimmassa. Muikkurysien sijainti oli laajempi käsittäen alueita mm. Issalon saaren tuntumassa, Eenokilla, Vahoniemessä, Käkiniemessä, Iso-Vimmassa ja Nummijolla. Näytteitä kerättiin yhteensä 11 muikkurysän ja 6 siikarysän saaliista. Pyhäjärvellä siian ja muikun kutuajat saattavat limittyä. Tyypillisesti siian kutuhuippu ajoittuu Pyhäjärvellä lokakuun 20. päivän tienoille (M. Mäntyranta, Pyhäjärven kalastusalue, suullinen tiedonanto). Kudun kiivain vaihe kestää yleensä noin 2 viikkoa. Pyhäjärvellä muikun kutuaika on tyypillisesti noin 3 viikkoa siian kutuaikaa myöhemmin.

Kaikki kudulta pyydyt sukukypsät siiat lypsettiin poikastuotantotarkoituksessa Pyhäjärven kalastusalueen toimeksiannosta. Lypsyn nopeuttamiseksi ja toisaalta kalojen mahdollisen elintarvikekäytön mahdollistamiseksi näytekalat käsiteltiin kolmessa vaiheessa ja näytteiden käsittely aloitettiin välittömästi saaliin rantauttamisen yhteydessä. Määritykset ja havainnot kirjattiin kenttälomakkeille.

Ensimmäisessä vaiheessa määritettiin kalojen tuoremassa FW (g) sekä mitattiin kokonaispituus RT (mm) kalan kuonon kärjestä yhteen puristetun pyrstön päähän ja kalat merkittiin yksilökohtaisesti, jotta myöhemmissä määrityksissä tehdyt havainnot voitiin yhdistää. Merkinnässä käytettiin kalan päähän kiinnitettävää nippusidettä, johon kiinnitettiin juoksevalla numerolla merkitty ilmastointiteipin pala. Tämän jälkeen kalastusalueen edustaja lypsi sukutuotteet. Toisessa vaiheessa kalojen vatsaontelo avattiin ja määritettiin gonaditon massa, sukupuoli, kalan ylä- ja alaleuan välinen erotus eli kalan kuonon pituus, silmän mykiön muoto, sukukypsyys ja otettiin suomunäytteet. Gonadittoman massan määrityksen tarkoituksena oli eliminoida kutuprosessin eri vaiheiden ja toisaalta kalojen sukutuotteiden vaikutus massaun. Sukukypsyys määritettiin jakamalla kalat sukukypsiin ja ei-sukukypsiin sukutuotteiden kehitysasteen mukaan. Kolmannessa vaiheessa merkityt kalojen päät kerättiin talteen siivilähampaiden laskua ja otoliittien poistoa varten. Kolmas vaihe tehtiin näytteenottopäivän päätteeksi sisätiloissa.

3.3. Tutkimusaineiston käsittely

Näytekalojen ikää tutkittiin suomunäytteistä, jotka otettiin vatsaevien ja peräaukon väliseltä alueelta. Näytealue puhdistettiin vetäisemällä liinalla pyrstöstä päähän mahdollisten irtosuomujen ja liman poistamiseksi. Tämän jälkeen poistettiin suomuja puukon kärjellä tai pinseteillä. Suomuja pyrittiin ottamaan vähintään 20 kpl kalaa kohden. Poistetut suomut säilöttiin paperiseen suomupussiin, johon kirjattiin päivämäärä ja kalan koodi.

Säilöttyjä suomuja tarkasteltiin Bell & Howell ABR-VIII -mikrokortinlukulaitteella, jossa käytettiin samaa, 25-kertaista, suurennusta kaikille suomuille tulosten vertailtavuuden mahdollistamiseksi. Suomuista määritettiin ikä laskemalla vuosirenkaat. Lisäksi merkittiin muistiin suomun säde keskustasta ulkoreunaan sekä väliin jäävien vuosirenkaiden etäisyys keskustasta. Näitä mittoja hyödynnettiin takautuvassa kasvunmäärityksessä. Etäisyydet mitattiin 1 millimetrin tarkkuudella mikrokortinlukulaitteen näytölle asetetun läpinäkyvän viivottimen avulla. Suomujen keskinäisen vertailtavuuden vuoksi mittaukset tehtiin vastaavasta kohdasta suomua: etuosasta harjanteiden välistä siten, että vuosirenkaat olivat kohtisuorassa mittaan nähden. Pyhäjärven siian iänmäärityksessä aiemmin saatuja havaintoja hyödynnettiin tekemällä vertailua Turun yliopiston keräämiin suomunäytteisiin iänmääritysmenetelmien harmonisoimiseksi. Lisäksi lehtori Timo Marjomäki ja tutkija Tapio Keskinen tarkastivat muutamia satunnaisesti valittuja suomuja. Suomuista tehtyjen iänmääritysten tueksi tutkittiin lisäksi 10 % näytteeksi kerätyistä otoliiteista pistokoeluonteisesti. Otoliitit valittiin niin, että otoliitteja tarkasteltiin eri pituusryhmiin kuuluvista kaloista satunnaisesti.

Otoliitit (sagitta) poistettiin leikkaamalla saksilla kalan pään yläosa auki sierain – silmän yläosa linjalta, jonka jälkeen otoliitit poimittiin aivojen läpi ja puhdistettiin. Otoliitit katkaistiin keskipisteen kohdalta leveyssuunnassa ja leikkauspinta hiottiin sileäksi, jotta vuosirenkaat voitiin erottaa. Katkaistuja otoliitteja värjättiin liuoksella (A1-Bio 1 % neutraalipuna, 0,5 % etikkahappo) 10–15 minuuttia. Otoliitteja tarkasteltiin preparointimikroskoopilla, jota valaistiin sivuvalolla. Otoliitteja käsiteltiin yhteensä 40 kpl ja ne valittiin satunnaisesti siten, että otos käsitti erikokoisia kaloja. Kaikista otoliiteista tutkittiin lisäksi alitsariini S-merkinnän olemassaolo tarkoituksena selvittää istutettujen kalojen osuutta kutevista kaloista. Väriainemerkinnät tutki Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkija Alpo Huhmarniemi.

Takautuvassa kasvunmäärityksessä käytettiin Monastyrskyn menetelmää, jonka b-arvo, 0,59, (s.e. 0,30) määritettiin tutkimusaineistosta (Kuva 2) (Bagenal & Tesch 1978). Von Bertalanffyn kasvuyhtälö sovitettiin saatuihin ikäryhmäkohtaisiin pituuden keskiarvoihin.

$$L_i = L_{\max} (1 - \exp(-K(I - t_0))),$$

jossa L_i = kalan pituus iässä i , L_{\max} = kalan maksimipituus, K = kasvuvakio, I = kalan ikä, t_0 = kalan pituus iässä 0.

Kasvuyhtälön iteratiivisessa sovituksessa käytettiin aikaisemmin todettuja lähtöarvoja (Fishbase 2014). Parametrit estimoitiin SPSS-ohjelmalla. Ennuste siian keskimääräisestä massasta ikäryhmittäin saatiin tutkimuksen aineistosta lasketusta pituus-massa -regressiosta ja keskimääräisistä takautuvasti määritetyistä ikäryhmäkohtaisista pituuksista sovittamalla ne seuraavaan yhtälöön.

$$W_i = a (L_i)^b$$

jossa W_i = kalan massa iässä i , L_i = kalan pituus iässä i ja a ja b ovat pituus-massa-regressiosta laskettuja vakioita.

Siikarysänäytekaloille laskettiin säilyvyys 4+-ikäryhmästä alkaen Chapman & Robsonin menetelmällä (Robson & Chapman 1961).

$$S = T / (\Sigma n + T - 1),$$

jossa S = säilyvyys, T = ikäryhmien summa. Kuolevuus (A) saatiin yhtälöstä

$$A = 1 - S.$$

Y/R-mallilla (Ricker 1975) arvioitiin kalastuksen vaikutusta siikakantaan simuloimalla kalastuksen alkamista eri ikäryhmissä.

$$Y_E = \sum_{i_r}^{i_{\max}} F_{i-j} \bar{B}_{i-j},$$

jossa Y_E = tasapainosaalis, F = hetkellinen kalastuskuolevuus, \bar{B}_{i-j} = keskibiomassa ikien i ja j välillä.

$$\bar{B}_{i-j} = B_i (\exp (G_{i-j} - F_{i-j} - M_{i-j}) - 1) / (G_{i-j} - F_{i-j} - M_{i-j}),$$

$$G_{i-j} = \ln (w_j / w_i),$$

jossa G = hetkellinen kasvunopeus ikien i ja j välillä, w = keskimassa iässä i ja j ja M = hetkellinen luonnollinen kuolevuus. M :n arvona käytettiin kaikissa ikäryhmissä arvioitua lukua 0,2. Heikinheimon (2000) mukaan siian hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvo kalastukseen rekrytoituvissa ikäluokissa kolmessa suomalaisessa järvenässä arvioitiin olevan enintään 0,1–0,2. Tässä tutkimuksessa käytettiin arvoa 0,2, koska viimeaikaisissa tutkimuksissa on ilmaston muuttumisen arvioitu heikentävän siian selviytymistä Pyhäjärvenässä (Jeppesen ym. 2011). Laskennassa käytettiin alkubiomassana 1000 kg rekryyttejä iässä 0+. Kalastukseen rekrytoimisistä on käytetty jäljempänä lyhennettä ir .

Y/R-mallin taustatietoina käytettiin tutkimuksen aineistosta von Bertalanffyn kasvuyhtälöllä takautuvasti määritettyjen keskipituuksiin perustuvaa keskimassaennustetta 10 ensimmäisen ikäryhmän osalta (liite 1). Siian kasvun oletettiin tapahtuvan aikavälillä kesä-syyskuu. Luonnollisen kuolevuuden arvioitiin pysyvän vakiona tarkastelujaksolla.

Y/R-mallissa pyydysten valikoivuus arvioitiin tutkimusaineiston ja pyydiksissä vuonna 2013 käytettyjen solmuvälien perusteella. Talvinuotan ja muikkurysän arvioitiin pyytävän siikoja 0+-ikäryhmästä alkaen kaikissa ikäryhmissä 100 %:n teholla. Siikarysän arvioitiin pyytävän siikoja 1+-ikäryhmästä alkaen. Siikarysän suhteellinen pyytävyys arvioitiin vertaamalla muikku- ja siikarysän ikäryhmäkohtaisia saaliita suhteessa toisiinsa. Siikarysän ja muikkurysän ikäryhmäkohtaisten saalisnäytteiden perusteella Suhteellinen pyytävyys arvioitiin olevan 0+-ikäryhmässä 0 %, 1+-ikäryhmässä 22 %, 2+-ikäryhmässä 49 % ja 3+-ikäryhmässä ja vanhemmissa ikäryhmissä 100 %.

Y/R-mallinnuksella havainnollistettiin erilaisia skenaarioita, joiden tarkoituksena oli kuvata, miten siian rekrytoitumisiän muuttaminen, eli pyydysten solmuvälien muokkaaminen, eri pyydiksissä vaikuttaa siikasaaliiseen ja siian kutukannan kokoon. Skenaarioilla simuloitiin seuraavia kolmea tilannetta: 1) pyydysten toisiinsa suhteutettu osuus ja pyydysten suhteellinen pyytävyys (kuvattu edellisessä kappaleessa) pysyy nykytilanteen kaltaisena, pyydysten toisiinsa suhteutettu osuus ja pyydysten suhteellinen pyytävyys pysyy nykytilanteen kaltaisena, mutta muikkurysä pyytää siikoja vasta 1+-ikäryhmästä alkaen, 2) pyydysten toisiinsa suhteutettu osuus ja pyydysten suhteellinen pyytävyys pysyy nykytilanteen kaltaisena, mutta talvinuotta pyytää siikoja vasta

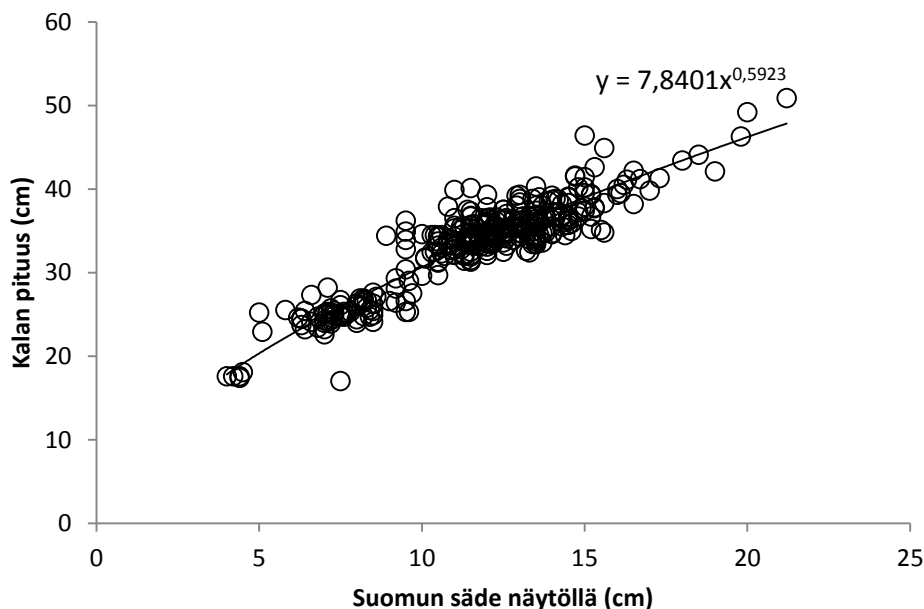
ikäryhmästä 1+-alkaen, 3) kaikki pyydykset pyytävät siika ikäryhmästä 1+-alkaen ja siikaa pyydetään ainoastaan rysillä. Viimeiseksi mainitun skenaarion tarkoituksena oli havainnollistaa tilannetta, jossa talvinuottausta ei enää harjoiteta ollenkaan. Tässä skenaariossa muikkurysien määrän arvioitiin kasvavan 20 % nykyiseen tilanteeseen verrattuna ja siikarysien määrän pysyvän ennallaan. Skenaariot, joissa siikaa pyydetään ikäryhmästä 1+ alkaen, kuvaavat tilannetta, jossa pyydyksen solmuvälit on säädetty sellaiseksi, että 0+-ikäryhmän siikat eivät jää saaliiksi.

Y/R-mallissa ei laskettu erikseen verkkokalastuksen vaikutusta, koska sen arvioitu osuus kokonaissiikasaaliista vuonna 2013 oli vähäinen (1 %). Verkkokalastuksen osuuden oletettiin kuitenkin pysyvän usean pyydyksen yhteisvaikutuksen vertailua kuvaavissa skenaariossa vuoden 2013 kaltaisena ja se huomioitiin pyydystyyppikohtaisia kalastuskuolevuuskertoimia arvioitaessa (liite 2). Skenaario, jossa kalastus koostuu ainoastaan rysäpyynnistä, arvioitiin ilman verkkokalastuksen vaikutusta.

Lisäksi yksittäisten pyydysten tehokkuutta mallinnettiin pyydyskohtaisesti. Tämän tarkoituksena oli havainnollistaa tilannetta, jossa siikaa pyydetäisiin ainoastaan yhdellä pyydystyyppillä. Myös tässä tarkastelussa käytettiin nykytilanteen kaltaista pyydysten suhteellista pyytävyyttä.

Pyydysten suhteellista tehokkuutta siian pyytäjänä arvioitiin suhteuttamalla kullekin pyydystyyppille myönnetty lupamäärä arvioon kunkin pyydystyyppin osuudesta vuoden 2013 kokonaissiikasaalista. Pyydystyyppikohtaiset lupamäärät ja arvio siian kokonaissaaliin jakaumasta pyydystyypeittäin vuonna 2013 on esitetty luvussa 2.1..

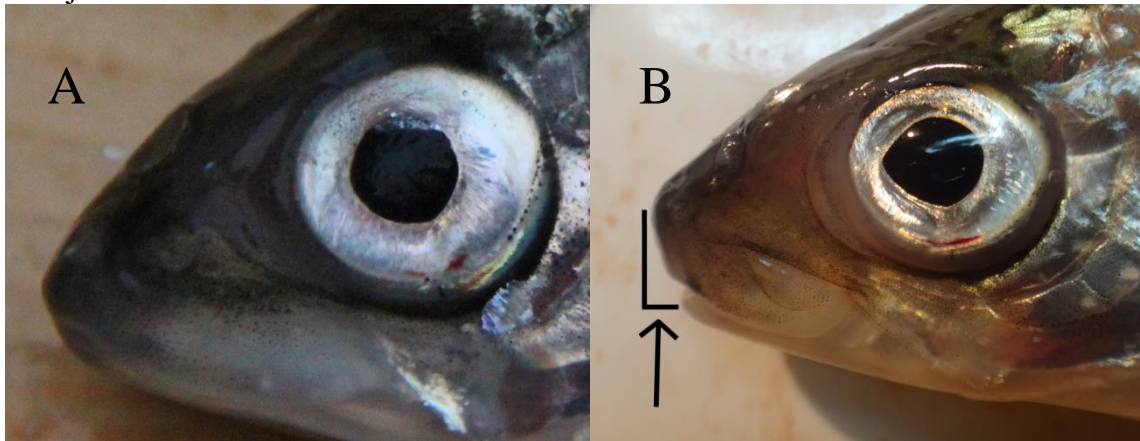
Tutkimuksessa kalan syntymäpäivänä käytettiin päivämäärää 1.1. kunkin kalan kuoriutumivuonna. Kalojen ikä merkittiin +-merkillä, joka osoittaa, että kala on täyttänyt mainitun vuoden ja on seuraavalla kasvukaudella. Tyypillisesti siikat kuoriutuvat keväällä jäiden lähdön tienoilla (Salonen ym. 2002).



Kuva 2. Kalan pituuden ja suomun säteen (25-kertainen suurennus) välinen riippuvuus.

Pyhäjärven tavataan myös siian ja muikun risteymiä (Hirvonen ym. 1992). Siikojen joukossa olevien siikamuikkujen osuutta pyrittiin karkeasti arvioimaan tarkastelemalla kalan ylä- ja alaleuan pituutta suhteessa kalan pituuteen ja silmän mykiön muotoa (Kuva 3). Silmän mykiön muoto on siialla jyvämäinen ja muikulla pyöreä. Aiheesta ei löytynyt

kirjallisuutta. Siian yläleuka on selvästi alaleukaa pidempi, peledsiikaa lukuun ottamatta, jolla alaleuka voi olla hieman yläleukaa pidempi (Anonyymi 2014d, e). Pyhäjärvestä ei kuitenkaan tavata peledsiikaa (Anonyymi 2014b). Eri siikamuodoilla mainittu suhde saattaa hieman vaihdella. Muikulla alaleuka taas on yläleukaa pidempi (Anonyymi 2014f). Pyhäjärvestä tavataan siikoja, joiden ala- ja yläleuka ovat suunnilleen yhtä pitkiä. Tutkimuksessa selvitettiin näiden kalojen osuutta siikanäytteissä. Vuoden 1984 syksyllä otetuissa siikanäytteissä (n = 40) yli 60 % kaikista siioista oli entsyymianalyyseihin perusteella siian ja muikun risteymiä (Vuorinen 1988). Näistä risteymistä osa muistutti ulkonäöltään siikoja.



Kuva 3. Siikamuikkujen osuutta näytteissä pyrittiin arvioimaan silmämääräisellä tarkastelulla. Yhtenä kriteerinä käytettiin mykiön muotoa. Vasemmalla (A) pyöreä mykiö ja oikealla jyvämainen (B) mykiö. Siian leukojen pituuden erotus määritettiin mittaamalla nuolen osoittama pituus.

Näytekalojen leukojen suhdetta tarkasteltiin mittaamalla työntömitalla ylä- ja alaleuan väliin jäävä matka (kuva 3). Mittauksessa kiinnitettiin mittausvirheiden estämiseksi erityistä huomiota siihen, että mitta on suorassa kalan ruumiiseen nähden. Käytetty mittaustarkkuus oli 0,5 mm. Kaikki kalat, joiden leukojen erotus oli alle 0,5 mm tulkittiin tasaleukaisiksi. Kalojen koon vaikutuksen poistamiseksi saadut kuonon pituudet suhteutettiin kalan kokonaispituuteen. Näin saatiin kuonon pituuden prosentuaalinen osuus kalan kokonaispituudesta. Kuonon pituuden ohella tarkasteltiin siian silmän mykiön muotoa. Kalat jaoteltiin silmämääräisesti mykiön muodon mukaan ryhmiin pyöreä tai jyvämainen mykiö.

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että pelkkä kuonon pituuden ja silmän mykiön muodon tarkastelu ei välttämättä yksinään riitä risteymien paljastamiseen, vaan kyseessä on suuntaa-antava tarkastelu. Tässä tutkimuksessa leukojen pituuden, silmän mykiön muodon ja yleisen ulkomuodon perusteella selvästi tunnistettavat muikut rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Siivilähampaiden lukumäärä laskettiin kalan etummaisesta oikeanpuoleisesta kiduskaaresta, joka irrotuksen ja pesun jälkeen asetettiin solumuovi-levyyn kiinni nuppineuloilla tarkastelun helpottamiseksi. Muutamassa tapauksessa jouduttiin käyttämään vasenta kiduskaarta oikean ollessa vioittunut. Tämän jälkeen kiduskaaren siivilähampaat laskettiin suurennuslasilampun alla. Lehtosen (2006) mukaan siikamuodot voidaan erotella viiteen ryhmään uloimman kiduskaaren siivilähampaiden lukumäärän mukaisesti: pohjasiika (17–22), karisiika (24–28), vaellussiika (28–32), Järvisiika (40–45), planktonsiika (41–56). Tutkimuksen tuloksia verrattiin tähän jaotteluun.

Tutkimuksessa tarkasteltiin lisäksi lokkilapamadon (*D. dendriticum*) ja sukeltajasorsien lapamadon (*D. ditremum*) kystien esiintymistä siian vatsaontelossa. (Kuva 4) Lokkilapamadon kystat pystyy erottamaan jäljempänä mainitusta koon ja säilötyn toukan

ulkomuodon perusteella. Kystistä otettiin sattumanvaraisesti näytteitä, joiden avulla varmistettiin lajimääritys. Runsaana esiintyessään ainakin loppilapamadon toukat saattavat lisätä kalojen kuolleisuutta (Pulkkinen & Valtonen 2012). Tässä tutkimuksessa ei arvioitu kystien runsautta vaan ainoastaan niiden esiintyvyyttä kalojen vatsaontelossa. Siikojen vatsaontelosta tavattujen kystien määrä vaihteli muutamista useisiin kymmeneen. Esiintyvyys arvioitiin vatsaontelon avaamisen yhteydessä. Mikäli kaloilla oli nähtävissä selkeitä kystia, merkittiin kala infektoituneeksi. Loisten esiintyvyyttä tarkasteltiin yhteensä 174 siiaista.

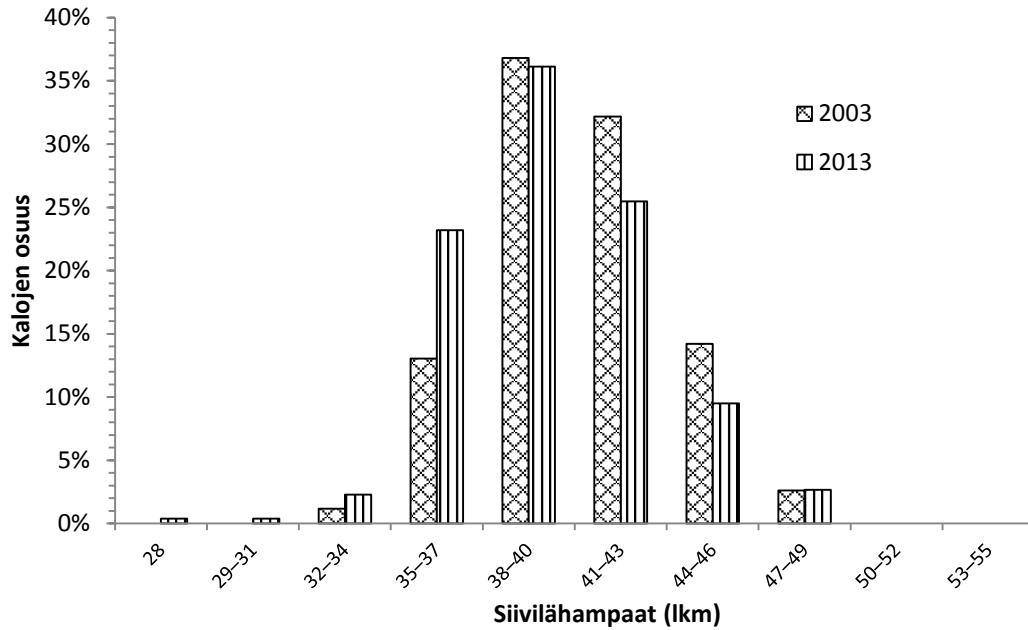


Kuva 4. Osasta siikanäytteistä tarkasteltiin lokki- ja sukeltajasorsien lapamadon kystien esiintyvyyttä vatsaontelossa. Kuvassa oleva vatsalaukku on kauttaaltaan loppilapamadon kystien peitossa. Pienemmät oranssit pallot ovat irronneita mätimunia.

4. TULOKSET

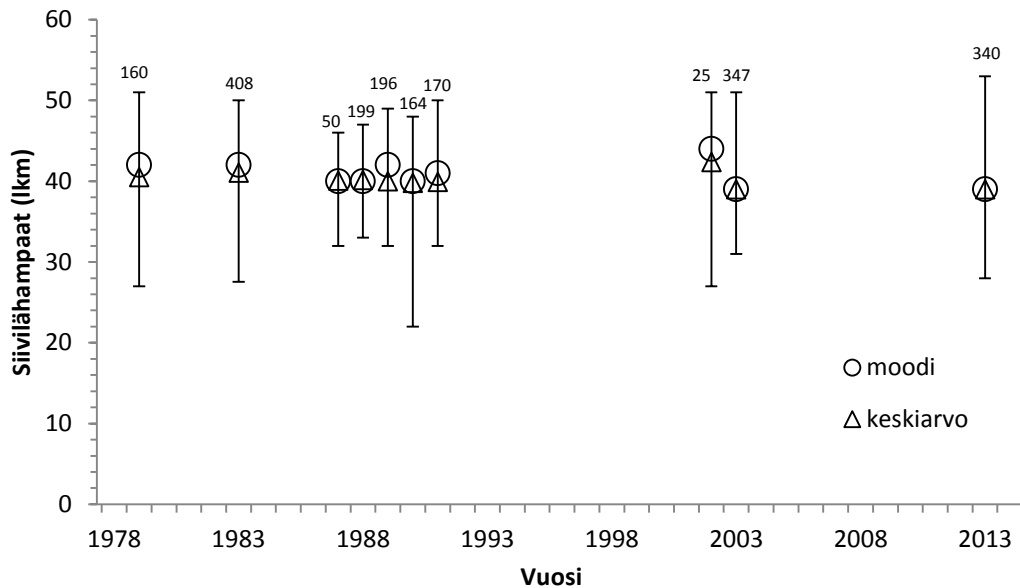
4.1. Siikojen morfologian tarkastelu

Pyhjärven kutukannasta vuonna 2013 otetuissa näytteissä siikojen siivilähammasmäärät vaihtelivat välillä 28–53 kpl (Kuva 5). Tämän tutkimuksen tuloksia verrattiin vuonna 2003 toteutetun siivilähammaslaskennan tuloksiin sen ollessa viimeisin edeltävä tutkimus aiheesta Pyhjärven siian osalta. Siivilähammasluokka 38–40 oli runsaimmin edustettuna molemmissa tutkimuksissa. Siivilähammasjakaumassa vuosien 2003 ja 2013 välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($\chi^2 = 19,21$, $df = 8$, $p = 0,024$). Siivilähammasmäärien keskiarvo ja moodi oli (39 kpl) olivat samat molemmissa tutkimuksissa.



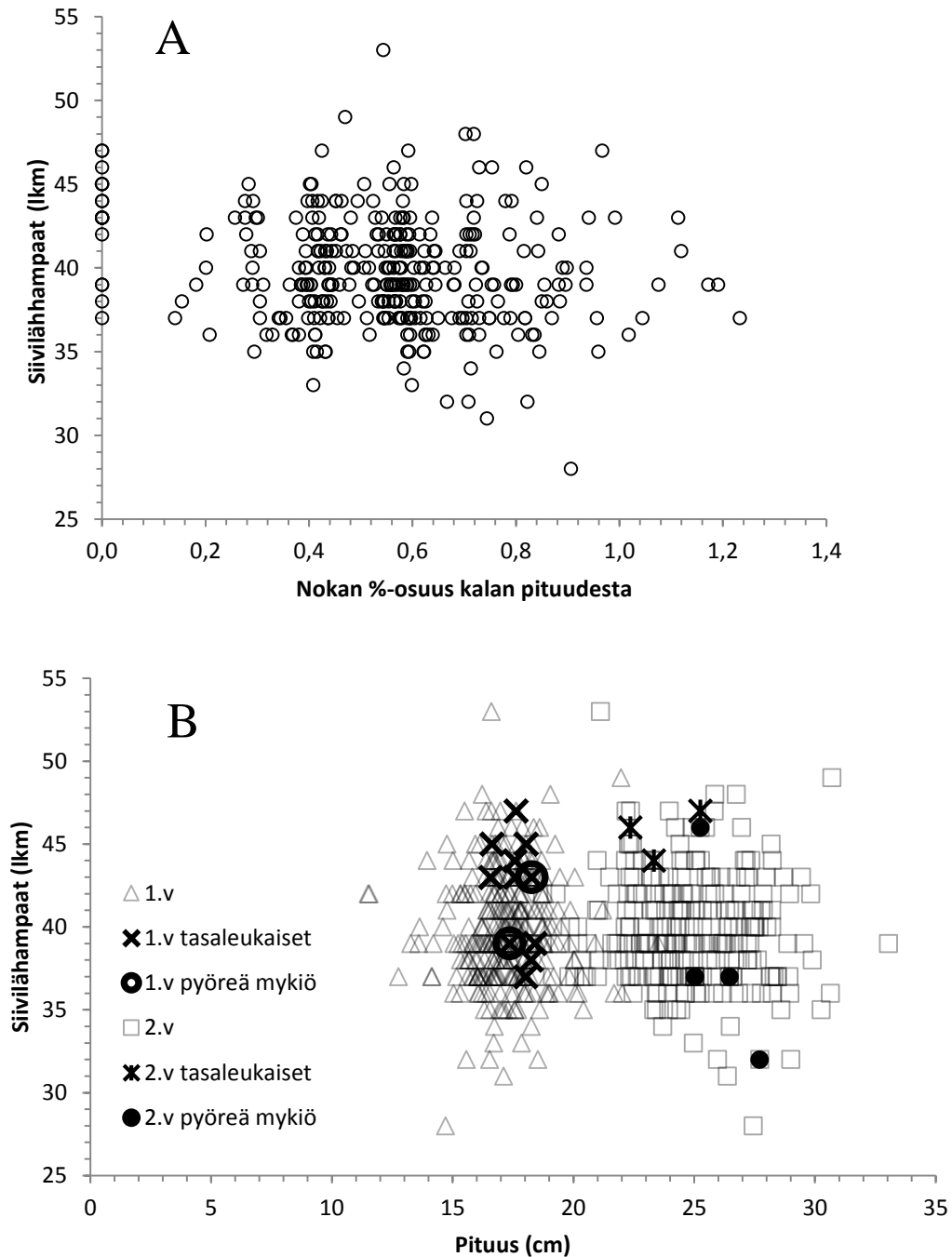
Kuva 5. Säkylän Pyhäjärven rysäsaalisnäytekalojen siivilähampaiden jakauma näytekalosta määritettynä vuonna 2013 (n=340) sekä vuonna 2003 (n=347) (lehtori R. Kääriä, Turun ammattikorkeakoulu, kirjallinen tiedonanto).

Tässä tutkimuksessa kerättyjen siikojen siivilähampaiden keskimääräisiä lukumääriä verrattiin neljän viimeisimmän vuosikymmenen tuloksiin (Kuva 6). Vuonna 1983 (Tukey: $p < 0,001$) kerättyjen siikanäytteiden keskimääräisissä siivilähammasmäärissä havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ja vuosien 2002 (Tukey: $p = 0,006$) ja 2003 (Tukey: $p = 0,029$) tulosten osalta havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero vuoden 2013 tuloksiin verrattaessa. Muiden vuosien kohdalla keskiarvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa vuoteen 2013 verrattuna (1979: Tukey: $p = 0,337$, 1987: Tukey: $p = 1,000$, 1988: Tukey: $p = 0,968$, 1989: Tukey: $p = 0,999$, 1990: Tukey: $p = 1,000$, 1991: Tukey: $p = 1,000$).



Kuva 6. Säkyln Pyhäjärven siian siivilähammasmäärähavaintoja. Vuosikohtainen siivilähampaiden lukumäärän vaihteluväli on kuvattu janalla. Vuosikohtaisten pisteiden yläpuolella on tutkittujen kalojen lukumäärä. Osa-aineistojen lähteet: 1983, 1989–1991: Professori J. Sarvala, Turun yliopisto, julkaisematon; 1979, 1987–1991: tutkija S. Salonen, Turun yliopisto ja riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, julkaisematon; 2002: tutkija N. Ilmast, Venäjän Tiedeakatemia, Karjalan filiaali, julkaisematon; 2003: lehtori R. Kääriä, Turun ammattikorkeakoulu, julkaisematon; vuoden 2013 arvot on kerätty tässä tutkimuksessa.

Tasaleukaisten kalojen osuus kaikista näytekaloista ($n=346$) oli 4,6 %. Näiden kalojen keskimääräinen siivilähammasmäärä oli 41,6 ja ikä vaihteli välillä 1+–3+ (keski-arvo 1,3, mediaani 1). Tasaleukaisten 1+-ikäisten mitattu kokonaispituus oli keskimäärin 24,7 cm (mediaani 24,8) ja kaikkien mitattujen 1+-ikäisten kalojen 25,0 (mediaani 25,1). Tasaleukaisten ja muiden 1+-ikäisten kalojen pituudessa ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Mann-Whitneyn U-testi, $p = 0,149$). Pyöreämykiöisiä kaloja löytyi tarkastelussa ainoastaan 6 kpl (1,7 %), joista 2 kpl (33 %) oli tasaleukaisia. Siivilähampaiden lukumäärän ja nokan prosenttiosuudella siian pituudesta ei havaittu merkitsevää korrelaatiota (t-testi, $p = 0,226$) (Kuva 7). Myöskään siivilähampaiden lukumäärässä ja siian pituudessa ensimmäisen (t-testi, $p = 0,252$) ja toisen kasvukauden (t-testi, $p = 0,143$) kohdalla ei havaittu merkitsevää korrelaatiota. Tutkimuksessa ei ole jäljempänä eroteltu näytekaloja silmän mykiön tai leukojen suhteen perusteella. Menettelyyn päädyttiin, koska ei voitu sulkea pois risteymien esiintymistä myös ulkonäöllisesti siian kaltaisilla kaloilla.

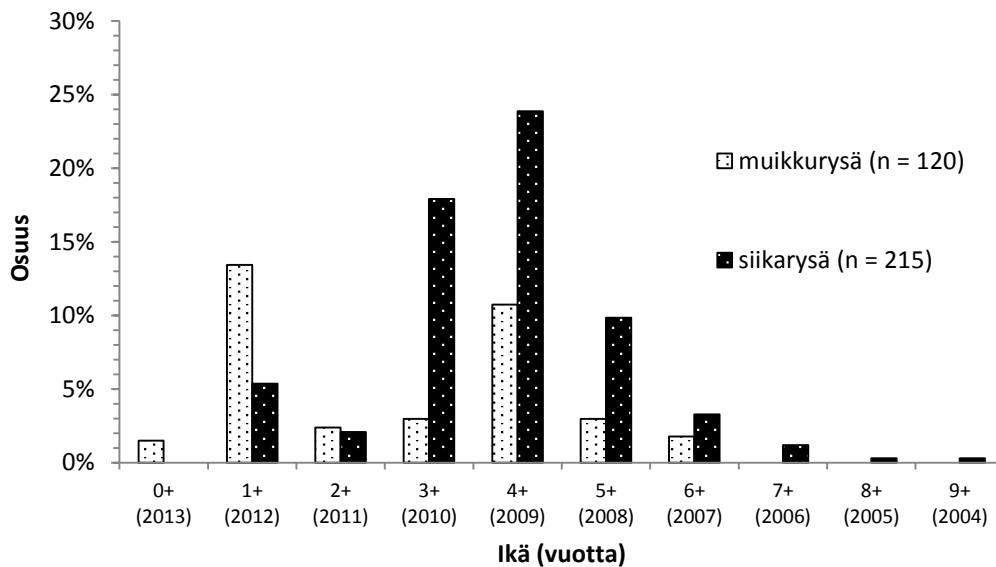


Kuva 7. Säskylän Pyhäjärven rysäsaalisnäytesiikojen siivilähampaiden lukumäärän ja kalan pituuteen suhteutetun leukojen pituuden välinen riippuvuus syksyn 2013 rysäsaaliissa (A), siivilähampaiden ja takautuvasti määritetyn pituuden välinen riippuvuus kahdessa ensimmäisessä ikäryhmässä sekä pyöreämykiöisten ja tasaleukaisten siikojen siivilähampaiden lukumäärän ja takautuvasti määritetyn pituuden riippuvuus 1- ja 2-vuotiaana (B).

4.2. Ikä, pituus ja kasvu

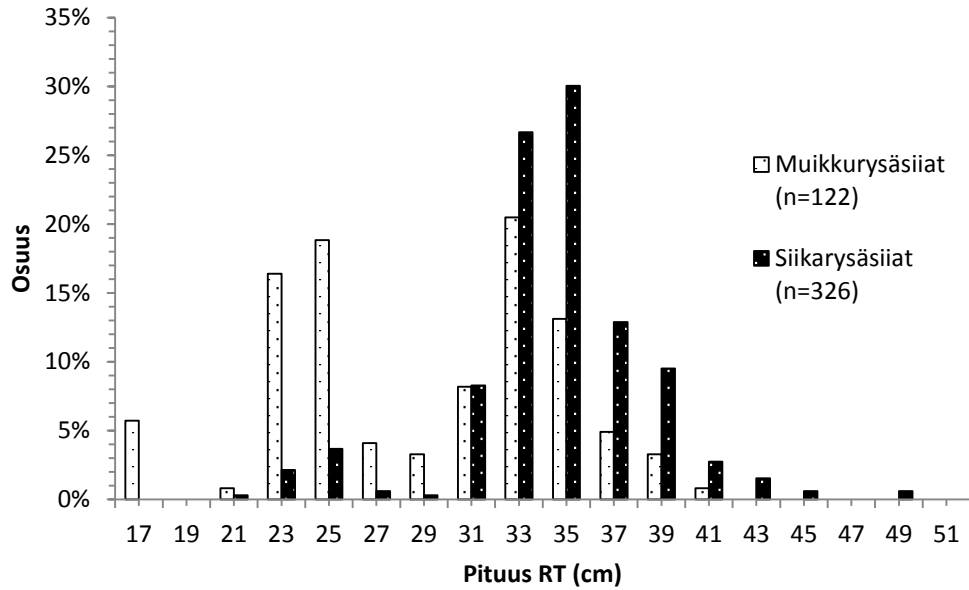
Muikkurysänteissä suurin osa siiioista (38 %) kuului 1+-ikäryhmään ja vajaa kolmannes koostui 4+-ikäryhmästä (Kuva 8). Siikarysänteissä vajaa kolmannes koostui 3+-ikäryhmästä ja suurin osa kuului ikäryhmään 4+. Ikäryhmissä 1+ ($Z = 6,542$, $p < 0,001$) ja 3+ ($Z = -4,225$, $p < 0,001$) havaittiin pyyntivälineiden kesken saaliin suhteellisessa runsaudessa tilastollisesti erittäin merkitsevä ero. Sen sijaan ikäryhmissä 2+ ($Z = 1,447$, $p =$

0,148) ja 4+ ($Z = -1,330$, $p = 0,184$) ei havaittu merkitsevää eroa. Molemmissa rysätyypeissä 2+-ikäryhmän kalojen osuus (muikkurysä 6,7 % ja siikarysä 3,3 %) oli 1+- ja 3+- ikäryhmiä vähäisempi. 48 % muikkurysänäytekaloista kuului 0+–2+-ikäryhmiin, mutta siikarysänäyteistä 12 %. Tässä ikähaarukassa saalisnäytejakaumassa havaittiin pyyntimuotojen välillä erittäin merkitsevä ero ($Z = 7,461$, $p < 0,001$). Kokonaisuudessaan aineisto käsitti ikäryhmät 0+–9+. Vuotuinen kokonaiskuolevuus siikarysänäytekaloilla 4+-ikäryhmästä alkaen oli 48 % ja säilyvyys 52 % (95 % luotettavuusväli säilyvyydelle = 47 % – 57 %). Tämän tutkimuksen aineistossa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa suomun ja otoliitin välillä iänmääritystuloksissa (t-testi, $p = 0,837$).



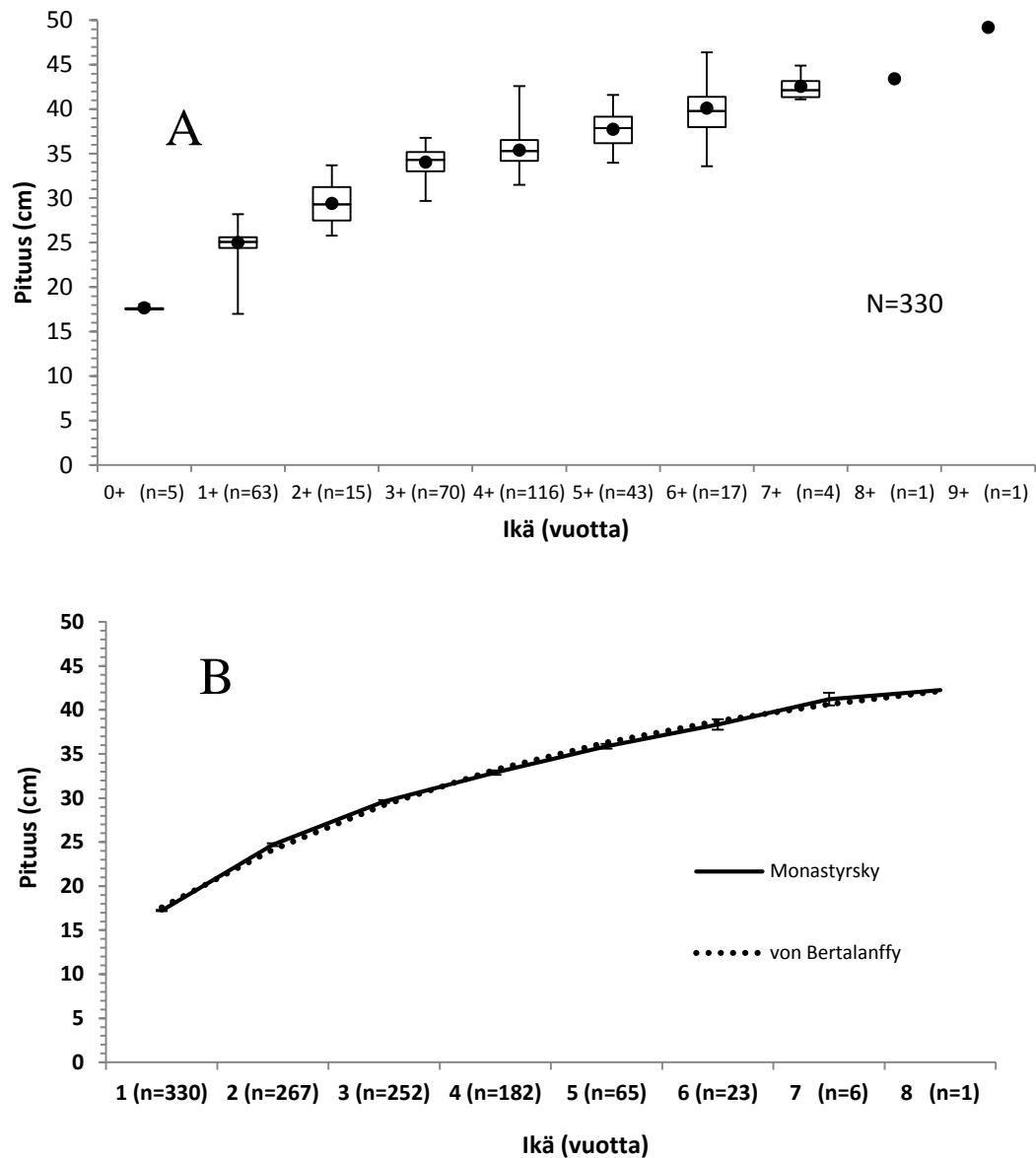
Kuva 8. Säkylän Pyhäjärven siika- ja muikkurysäsaalisnäytesiikojen ikäjakauma syksyllä 2013. Kuva käsittää kaikki kalat, joiden ikä määritettiin suomusta. Vuosiluokat on mainittu vaak-akselilla suluissa.

Mitattujen siikojen pituusjakauman vaihteluväli oli 17–49 cm (Kuva 9). Muikkurysäsaalisnäytteissä alle 30 cm:n mittaisten siikojen osuus oli 49 % ja alle 33 cm:n mittaisten kalojen osuus oli 57 %. Vastaavissa pituusryhmissä siikarysänäytekalojen osuudet olivat 7 % ja 15 %. Molemmissa pituusryhmissä havaittiin pyydysten välillä erittäin merkitsevä ero (<30 cm: $Z = 10,339$, $p < 0,001$, <33 cm: $Z = 8,945$, $p < 0,001$). Pituusjakaumassa vähäinen havaintojen määrä välillä 26–31 cm viittaa 2+-ikäryhmän siikojen vuosiluokan alhaiseen kokoon. Muikku- ja siikarysän kokovalikoivuudessa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ($\chi^2 = 123,91$, $df = 15$, $p = 0,001$).



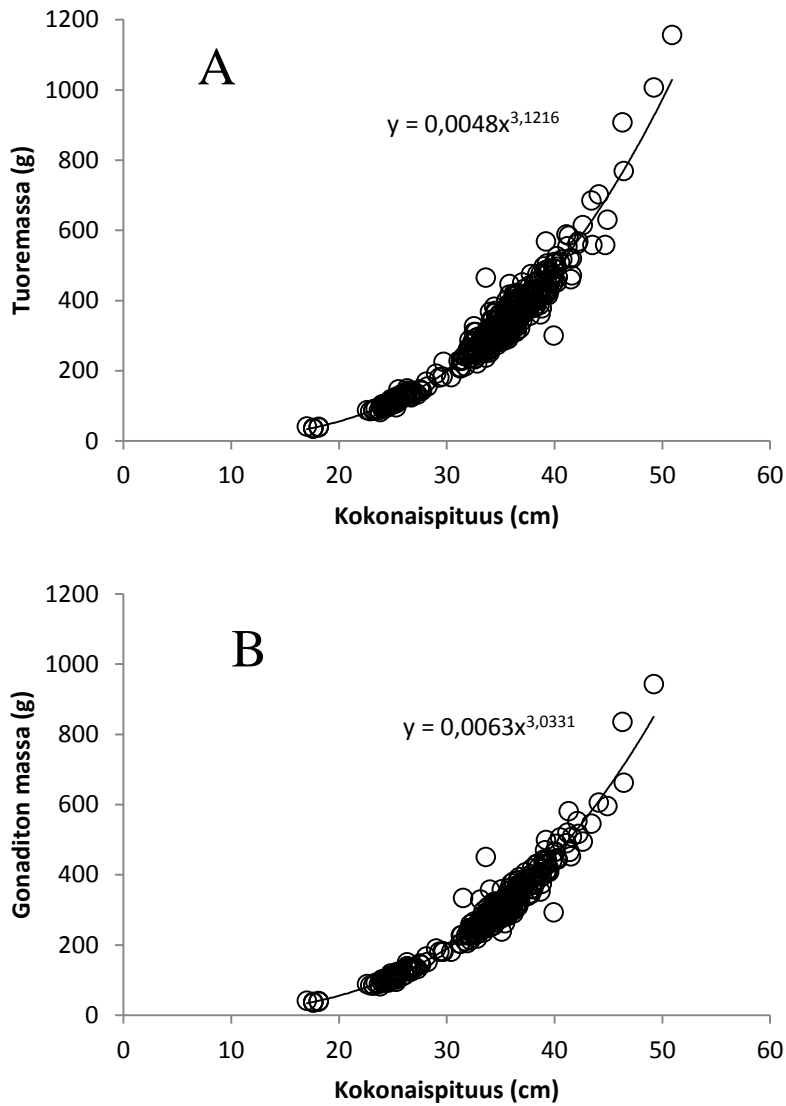
Kuva 9. Säkylän Pyhäjärven muikku- ja siikarysien siikanäytteiden pituusjakauma syksyllä 2013. Vaaka-akselilla näkyvä numero kuvaa kulloisenkin luokan alarajaa.

Vuonna 2013 2+-ikäryhmän kala oli kerätyissä näytteissä keskimäärin 29 cm:n (s.d. = 2,5) ja 3+-ikäryhmän kala 34 cm:n pituinen (s.d. = 1,5). Takautuvan kasvunmäärityksen mukaan kalan pituus kolmannen kasvukauden jälkeen (2+) oli keskimäärin 30 cm, neljännen kasvukauden jälkeen (3+) 33 cm ja kuudennen kasvukauden jälkeen (5+) 38 cm. (Kuva 10). Von Bertalanffyn kasvuyhtälöstä saatiin siialle maksimipituudeksi (L_{max}) 47 cm (95 % luotettavuusväli 43–51, K-arvoksi 0,25 (95 % luotettavuusväli 0,18–0,31). t_0 -arvo oli -0,87 (95 % luotettavuusväli -1,32–0,43).



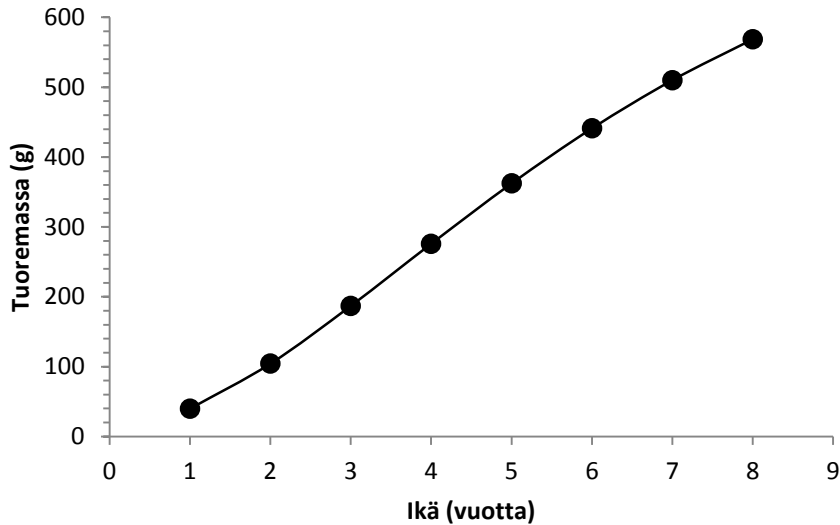
Kuva 10. Säkylän Pyhäjärven siika- ja muikkurysäsaalisnäytesiikojen pituus ikäryhmittäin syksyllä 2013 (A). Janat kuvaavat kunkin ikäryhmän pienimmän ja suurimman arvon. Laatikon alareuna kuvaa alakvartaalia ja yläreuna yläkvartaalia. Viiva keskellä on moodi. Ikäryhmäkohtaiset keskiarvot on kuvattu palloina. Monastyrskyn menetelmällä takautuvasti laskettujen ikäryhmäkohtaisten pituuksien keskiarvo (B). Janat kuvaavat keskiarvon keskivirhettä. Ikäryhmän havaintojen lukumäärä on x-akselilla ikäryhmän vieressä sulkeissa. Von Bertalanffy kuvaa kasvuennustetta.

Mitattujen siikojen tuoremassan vaihteluväli oli 35 – 1157 g. Gonadittoman massan vaihteluväli oli 35 – 943 g (Kuva 11).



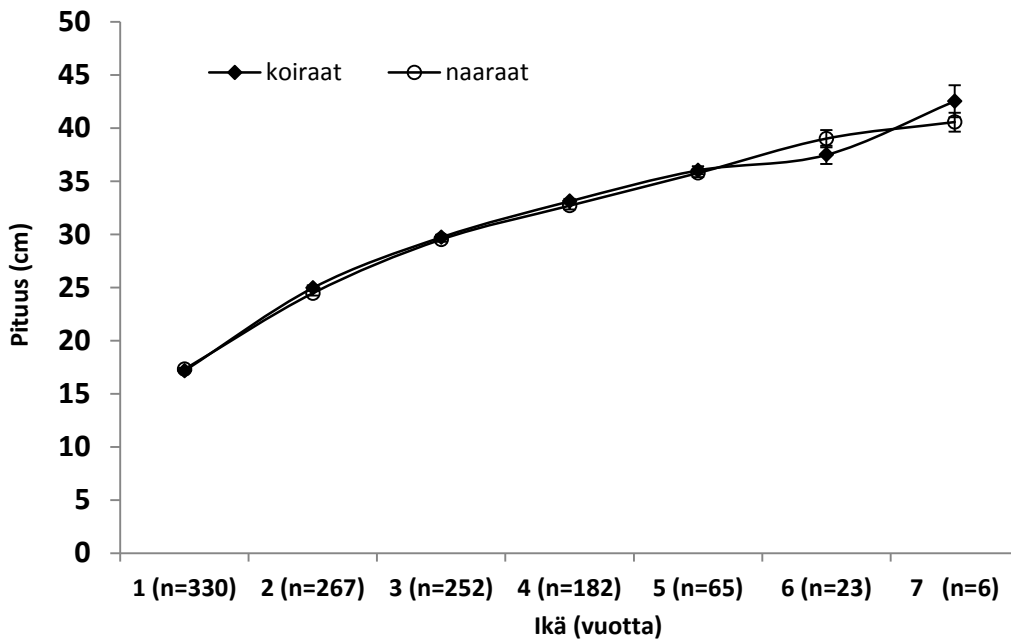
Kuva 11. Säkylän Pyhjärven siika- ja muikkurysäsaalisnäytesiikojen kokonaispituuden ja tuoremassan (n=447) (A) sekä kokonaispituuden ja gonadittoman massan (n=343) (B) välinen riippuvuus syksyllä 2013.

Siian keskimääräisen tuoremassan lisääntyminen on lähes lineaarista ikään suhteutettuna (kuva 12). Kolmen kasvukauden jälkeen siian tuoremassa on keskimäärin 187 g, neljän kasvukauden jälkeen 276 g ja kuuden kasvukauden jälkeen 441 g.



Kuva 12. Säskylän Pyhäjärven rysäsaalisnäytesiikojen tuoremassan estimaatti ikäryhmittäin takautuvasti laskettujen pituuksien keskiarvon (Kuva 10 B) ja pituus-massa-regression (Kuva 11A) perusteella.

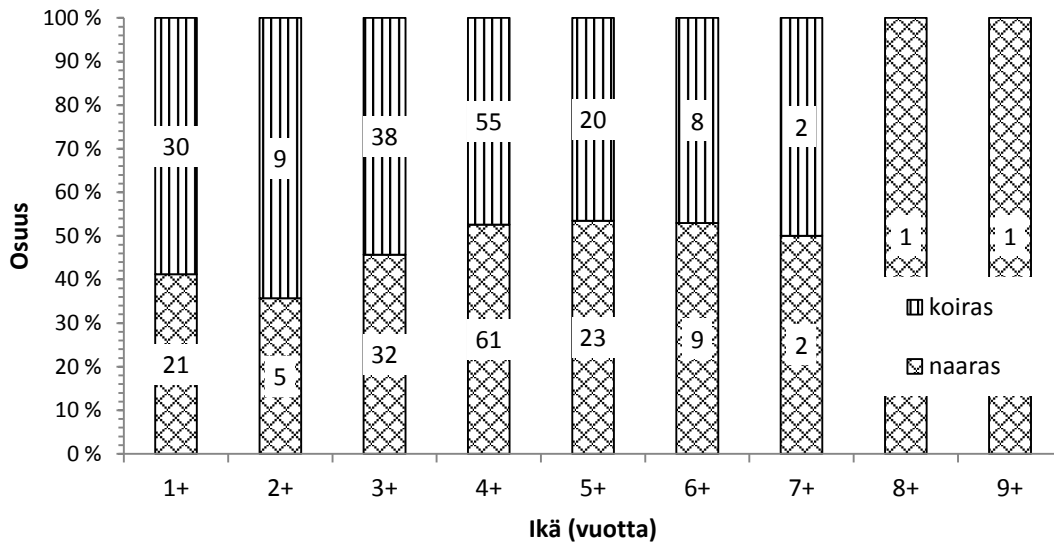
Koiraiden ja naaraiden pituuskasvu on hyvin samankaltaista viiteen ikävuoteen asti (kuva 13). Kasvussa sukupuolten välillä kahdessa vanhimmassa ikäryhmässä ei myöskään havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa (6 v. t-testi, $p = 0,219$ & 7 v. t-testi, $p = 0,233$).



Kuva 13. Säskylän Pyhäjärven siika- ja muikkurysäsaalisnäytesiikojen Monastyrskyn menetelmällä takautuvasti määritettyjen pituuksien keskiarvo iän mukaan sukupuolikohtaisesti. Keskivirhe on kuvattu janoilla.

4.3. Sukupuolijakauma ja sukukypsyuden arviointi

Kaikista kaloista ($n = 432$), joista sukupuoli saatiin määritettyä, oli naaraita 43 % ja koiraita 57 %. Ikäryhmissä 1+–7+ sukupuolijakaumassa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja oletusjakaumaan (1:1) verrattuna (kuva 14).



Kuva 14. Säkylän Pyhäjärven siika- ja muikkurysäsaalisnäytesiikojen (n=317) sukupuolijakauma ikäryhmittäin syksyllä 2013 ($1+ \chi^2 = 1,588$, $df = 1$, $p = 0,208$, $2+ \chi^2 = 1,143$, $df = 1$, $p = 0,285$, $3+ \chi^2 = 0,514$, $df = 1$, $p = 0,473$, $4+ \chi^2 = 0,31$, $df = 1$, $p = 0,577$, $5+ \chi^2 = 0,364$, $df = 1$, $p = 0,546$, $6+ \chi^2 = 0,509$, $df = 1$, $p = 0,808$, $7+ \chi^2 = 0,001$, $df = 1$, $p = 1$). Kalojen sukupuolikohtainen havaintojen lukumäärä on ilmoitettu palkkien keskellä olevissa laatikoissa.

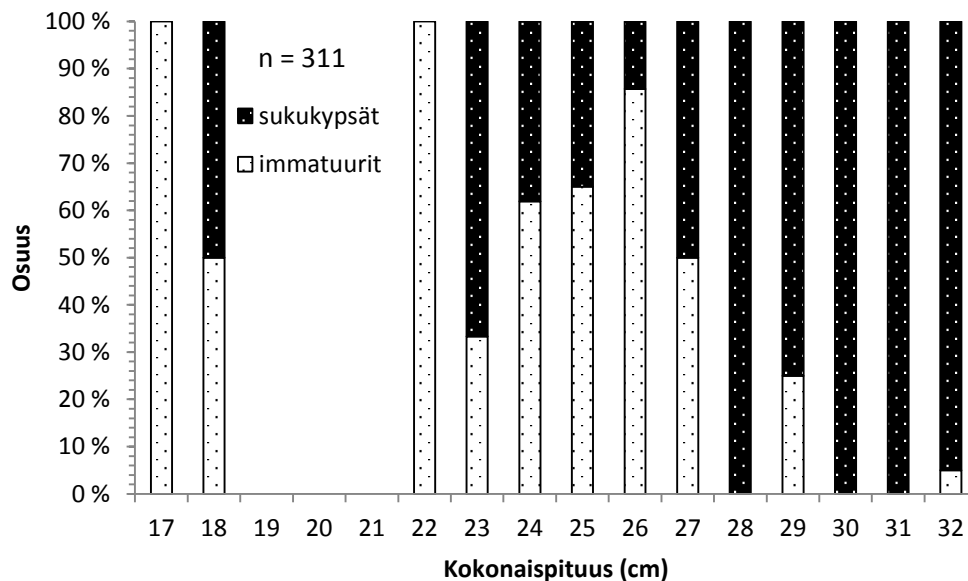
Ei-sukukypsien kalojen osuus kaikista näytekaloista, joista sukukypsyyden tila saatiin määritettyä (n=311) oli 17 % (n=52). Kun huomioidaan pelkästään siian kutupyntiin tarkoitettuista rysistä kerätyt näytteet (n=189), saatiin ei-sukukypsien kalojen osuudeksi 7 %. Muikkurysänäytteissä ei-sukukypsien siikojen osuus oli 31 % (Taulukko 1). Osa siiosta saavuttaa sukukypsyyden jo 1+- tai 2+-ikäisenä. Kolmivuotiaista kaloista 98 % oli sukukypsiä.

1+- ja 2+-ikäryhmien sukukypsien ja ei-sukukypsien kalojen siivilähampasjakaumien samanlaisuutta verrattiin toisiinsa mahdollisten eroavaisuuksien selvittämiseksi. Sukukypsyydellä ja siivilähampaiden mediaaneilla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa 1+- ja 2+-ikäryhmissä (Mann-Whitneyn-testi, $p = 0,471$). 1+-ikäryhmän sukukypsistä kaloista 52 % ja 2+-ikäryhmän kaloista 10 % oli tasaleukaisia. Tasaleukaisten kalojen suhteellisissa osuuksissa näiden ikäryhmien välillä havaittiin tilastollisesti melkein merkitsevä ero ($Z = 2,265$, $p = 0,024$). Molemmissa ikäryhmissä kokonaispituuden keskiarvot olivat eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi sukukypsien ja muiden saman ikäryhmän näytekalojen kesken ($\chi^2 = 0,001$, $df = 1$, $p = 0,985$).

Taulukko 1. Sukukypsien ja ei-sukukypsien Säköylän Pyhäjärven rysäsaalisnäytesiikojen ikäryhmäkohtainen lukumäärä ja osuus pyydystyypeittäin niissä ikäryhmissä, joissa ei-sukukypsiä kaloja esiintyi, sekä kaikkien kalojen lukumäärät eli molempien pyydystyyppien yhteenlasketut havainnot ja havainnot sukukypsien lukumäärästä pyydystyypeittäin.

Ikäryhmä (vuotta)	Muikkurysä			Siikarysä			Molemmat pyydykset yhteensä		
	Sukukypsät, lkm	Ei-sukukypsät, lkm	Ei-sukukypsät, %	sukukypsät, lkm	Ei-sukukypsät, lkm	Ei-sukukypsät, %	sukukypsät, lkm	Ei-sukukypsät, lkm	Ei-sukukypsät, %
0+	–	5	100 %	–	–	0 %	–	5	100 %
1+	15	30	67 %	6	12	67 %	21	42	67 %
2+	5	3	38 %	5	1	17 %	10	4	29 %
3+	10	–	0 %	53	1	2 %	63	1	2 %

96 % kaikista ei-sukukypsistä kaloista oli alle 28 cm:n mittaisia (Kuva 15). Alle 28 cm:n pituusluokissa ei-sukukypsien osuus oli vähintään 50 %, pituusluokkaa 23–24 cm lukuun ottamatta.



Kuva 15. Ei-sukukypsien siikojen esiintyvyys Säköylän Pyhäjärven siika- ja muikkurysäsaalisnäytteissä pituusryhmittäin syksyllä 2013.

4.4. Väriainemerkintöjen esiintyvyys näytteissä

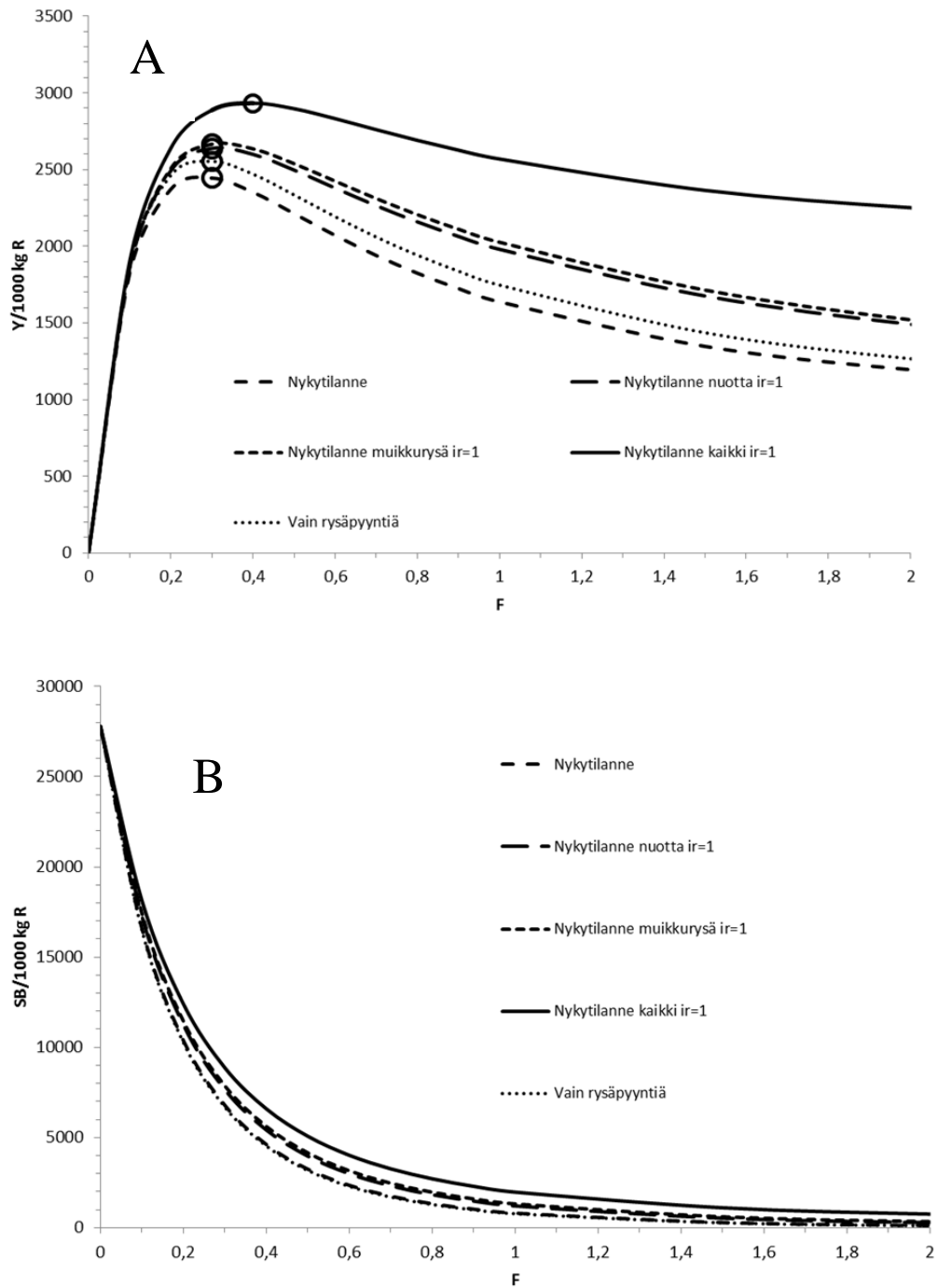
Alitsariini S -merkintä löytyi tarkastelussa yhteensä viideltä siialta (n = 346). Nämä kalat olivat 1+–4+-ikäisiä ja kaloista yksi oli naaras. Merkittyjen kalojen kokonaispituus sijoittui välille 27–33 cm ja siivilähämmasmäärät vaihtelivat välillä 39–53 kpl.

4.5. Kalastuksen vaikutus siikakantaan

Siikaan kohdistuvan pyynnin vaikutusta siikasaaliiseen ja -kantaan arvioitiin Y/R-analyysillä (kuva 16). Nykymuotoinen siikaan kohdistuva pyynti, jossa siikarysä valikoi saalista 1+-ikäryhmästä alkaen ja muikkurysä sekä talvinuotta valikoivat siikojä 0+-ikäryhmästä alkaen, tuottaa kaikkein alhaisimman maksimisaaliin 1000 kg rekryyttejä kohden. Talvinuotan perän solmuvälin kasvattaminen sellaiseksi, että pyydys valikoisi siikaa vasta yli 1 vuoden iässä (ir = 1), kasvattaisi maksimaalista kokonaissaalista 8 % verrattuna nykymuotoisen kaltaisen pyynnin maksimaaliseen kokonaissaaliiseen. Jos talvinuottaan ei tehtäisi muutoksia ja muikkurysän solmuväli säädettäisiin vastaavasti, kokonaissaalimaksimi (per 1000 kg rekryyttejä) nousisi myös 9 %) verrattuna

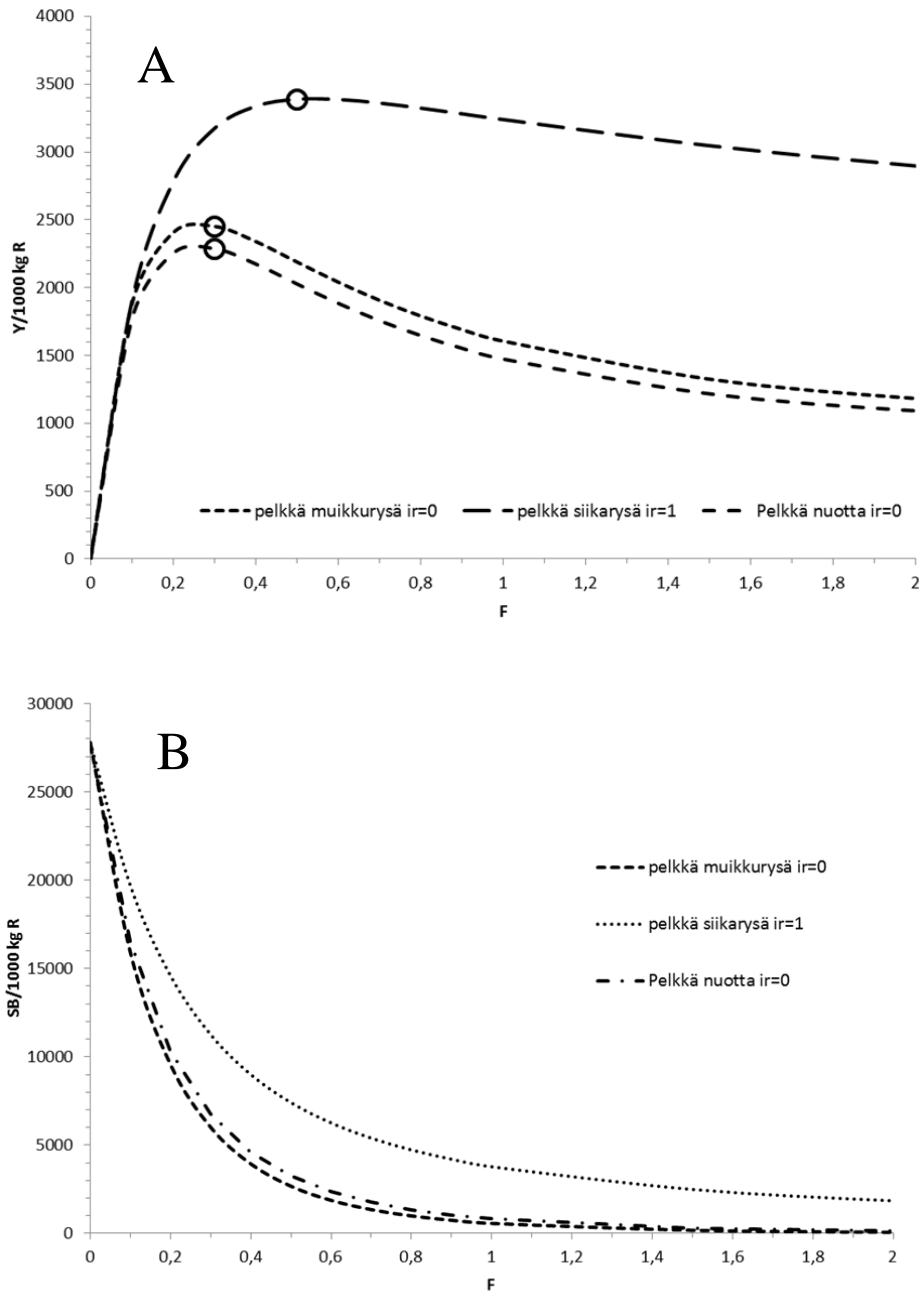
nykymuotoisen kaltaisen pyynnin maksimaaliseen kokonaissaaliiseen. Mikäli kaikkien siikaa pyytävien pyydysten solmuväli säädettäisiin pyytämään siikaa vasta 1+-ikäryhmästä alkaen, maksimisiikasaalis kasvaisi 20 % nykymuotoisen kaltaiseen pyyntiin verrattuna. Siirtyminen pelkkään siika- ja muikkurysäpyyntiin kasvattaisi saaliita (per 1000 kg rekryyttejä) vain 4 % nykymuotoisen kaltaiseen pyyntiin verrattuna. Edellä kuvatut muutokset tarkoittaisivat samalla kuitenkin 0+-ikäryhmän muikun pyytämisen lopettamista. Pyydysten muuttamisen vaikutuksia muuhun kalastukseen on käsitelty tarkemmin tulosten tarkastelun yhteydessä.

Vaikutus kutukannan kokoon on samansuuntainen. Esimerkiksi kalastuskuolevuuden ollessa 0,3, kutukannan teoreettinen koko (per 1000 kg rekryyttejä) olisi nykytilannetta vastaavalla pyynnillä noin 6800 kg. Muuttamalla talvinuottapyyntiä valikoimaan 1+-ikäryhmästä alkaen kutukanta kasvaisi 13 % nykytilannetta vastaavan kalastuksen tuottamaan maksimaalisen kutukannan kokoon verrattuna (/1000 kg rekryyttejä). Mikäli talvinuottakalastus pidettäisiin ennallaan ja muikkurysät valikoisivat 1+-ikäryhmästä alkaen, kutukanta kasvaisi 16 % nykytilannetta vastaavaan pyyntiin verrattuna (per 1000 kg rekryyttejä). Kaikkien pyydysten valikoivuuden muokkaaminen pyytämään siikoja 1+-ikäryhmästä alkaen kasvattaisi kutukantaa 31 % (/1000 kg rekryyttejä) nykymuotoisen kaltaiseen pyyntiin verrattuna. Pelkkään siika- ja muikkurysäpyyntiin perustuva kalastus heikentäisi kutukantaa 2 % nykymuotoisen kaltaiseen pyyntiin verrattuna.



Kuva 16. Kalastuksen vaikutus kokonaissiikasaaliiseen (A) ja kutukantaan (B) riippuen siikojen rekrytoitumisistä (ir). Talvinuotalla ja muikkurysällä on oletettu siikojen rekrytoituvan saaliiksi jo 0+-ikäryhmässä ($ir=0$). Siikarysän kohdalla rekrytoituminen pyydykseen on arvioitu alkavan vasta 1+-ikäryhmässä ($ir=1$). Kuvan selitteessä nykytilanne tarkoittaa edellä mainittua pyydyksen suhteellista pyytävyyttä. Muissa skenaarioissa on simuloitu rekrytoitumisien muutoksia muuttamalla rekrytoitumisikää pyydyksittäin. Skenaariossa vain rysäpyyntiä $ir=0$ ja talvinuotaa ei käytetä. Ympyröidyt pisteet kuvaavat suhteellista arviota suurimmasta saalista 1000 rekryttikiloa kohden ($Y/1000 \text{ kg R}$). $Y/1000 \text{ kg R} = \text{saalis} / 1000 \text{ kg rekryyttejä}$, $SB/1000 \text{ kg R} = \text{kutukanta} / 1000 \text{ kg rekryyttejä}$ ja $F = \text{hetkellinen kalastuskuolevuus } 100\% \text{ rekrytoituneissa ikäryhmissä}$. Tulokset on laskettu Y/R-analyysillä (Ricker 1975). Hetkellisen luonnollisen kuolevuuden (M) on arvioitu olevan 0,2 ja lähtöbiomassana on käytetty arvoa 1000 kg iässä 0+.

Pyydysten merkitystä siikakannalle tarkasteltiin myös vertailemalla keskeisempiä pyydyksiä yksittäin (Kuva 17). Tarkastelussa haluttiin havainnollistaa tilannetta, jossa siikasaalis kertyisi vain yhden pyyntimuodon kautta. Tämän tarkoituksena oli selvittää eri pyydysten vaikutusta siikakannan vahvuuteen. Heikoin maksimaalinen saalis (/1000 kg rekryyttejä) saataisiin käyttämällä talvinuottaa ($F = n. 0,3$), Muikkurysäpyynnillä saataisiin 8 % suurempi maksimaalinen saalis (/1000 kg rekryyttejä) ($F=0,3$) verrattuna nuottasaaliiseen. Pyynnin tapahtuessa siikarysällä maksimaalinen saalis olisi selvästi suurin, 48 % nuottasaalista suurempi ($F=0,5$). Käytettävän pyydyksen vaikutus kutukannan kokoon oli pyydysten välillä vielä suurempi. Pelkkää muikkurysää käyttämällä saadaan kutukannan teoreettiseksi massaksi 6800 kg (/1000 kg rekryyttejä) kalastuskuolevuuden ollessa 0,3. Samalla kalastuskuolevuudella saadaan kutukannan massaksi pelkkää nuottaa käyttämällä 12 % ja pelkkää siikarysää käyttämällä 87 % suurempi massa (/1000 kg rekryyttejä) verrattaessa kutukannan kokoa pelkkään muikkurysäpyyntiin.

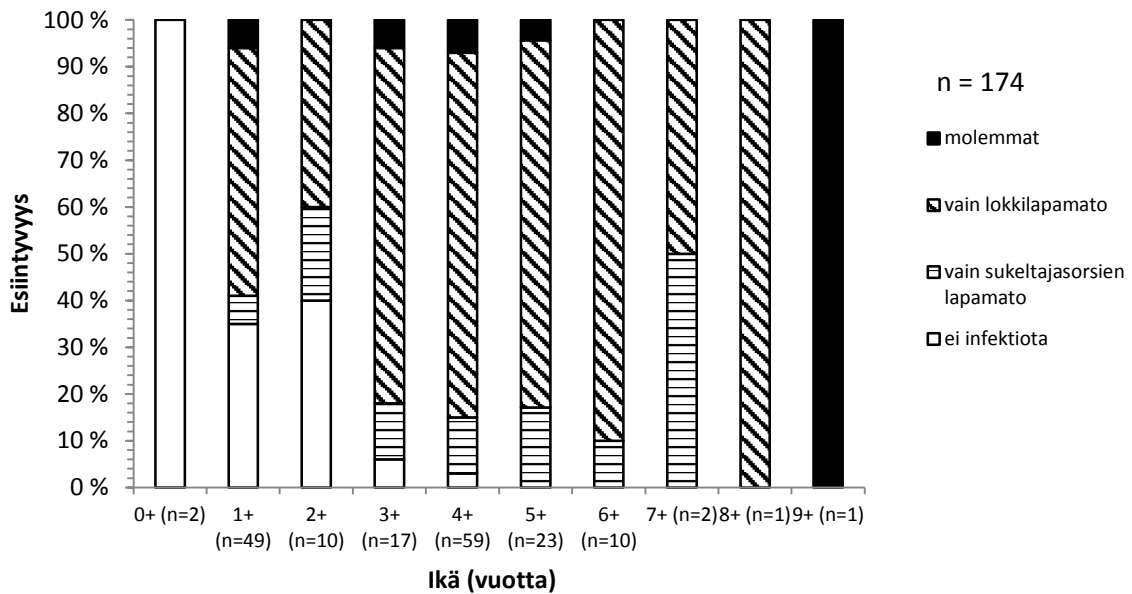


Kuva 17. Käytettävien pyydysten vaikutus siikasaaliin määrään (A) ja siian kutukantaan (B). Talvinuotalla ja muikkurysällä on oletettu siikojen rekrytoituvan saaliiksi jo 0+-ikäryhmässä (ir=0). Siikarysän kohdalla rekrytoituminen pyydykseen on arvioitu alkavan vasta 1+-ikäryhmässä (ir=1). Ympyröidyt pisteet kuvaavat suhteellista arviota suurimmasta kestävästä saalista 1000 rekryyttikiloa kohden (Y/1000 kg R). Y/1000 kg R = saalis 1000 kg rekryyttejä kohden, SB/1000 kg R= kutukanta 1000 kg rekryyttejä kohden ja F= hetkellinen kalastuskuolevuus. Tulokset on laskettu Y/R-analyysillä (Ricker 1975). Hetkellisen luonnollisen kuolevuuden (M) on arvioitu olevan 0,2 ja lähtöbiomassana on käytetty arvoa 1000 kg iässä 0+. R = rekryyttimäärä.

4.6. Loiset

Lokki- ja sukeltajasorsien lapamadon kystien esiintyvyys kasvoi iän lisääntyessä (Kuva 18). Iän ja vähintään toisen loisen aiheuttaman infektiön välillä havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä korrelaatio (Spearman = 0,432, $p < 0,001$) Ikäryhmästä 5+

alkaen kaikki tutkitut kalat olivat infektoituneita. Kaikista tutkituista kaloista (n = 174) infektoituneiden osuus oli 93 %.



Kuva 18. Lokki- ja sukeltajasorsien lapamadon esiintyvyys Säkyllän Pyhäjärven rysäsaalisnäytesiikojen ruuansulatuskanavan seinämässä syksyllä 2013. Ikäryhmäkohtaiset kalanäytemäärät on esitetty sulkeissa.

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1. Siikamuodot

Pyhäjärven siikojen siivilähämmasmääriä on tarkasteltu viime vuosisadan alkupuolelta asti (mm. Järvi 1940). 1920- ja 1930-luvuilla siian keskimääräinen siivilähämmasmäärä ilman vaellussiikanäytteitä oli noin 50 kpl. Keskimääräinen siivilähämmasmäärä on laskenut ensimmäisistä havainnoista huomattavasti. Vuonna 1956 keskimääräinen siivilähämmasmäärä, ilman vaellussiikaa, oli 42 eli suunnilleen samaa suuruusluokkaa 1980-luvun tuloksiin verrattuna (Hirvonen ym. 1990).

Siivilähampaiden keskimääräisessä lukumäärässä havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero vuoden 1983 ja tilastollisesti merkitsevä ero vuosien 2002 ja 2003 tuloksia tämän tutkimuksen aineistoon verrattaessa (Kuva 6). Vuoden 1983 keskimääräinen siivilähämmasmäärä oli 2 yksikköä suurempi vuoden 2013 tuloksiin verrattuna. Myös vuoden 2002 siivilähampaiden lukumäärän keskiarvo oli kolme yksikköä suurempi vuoden 2013 verrattuna, tosin vuonna 2002 otettujen näytteiden lukumäärä oli melko vähäinen. Vuoden 2003 keskiarvo ei poikennut vuoden 2013 keskiarvosta.

Lehtonen (2006) jaottelee siikamuodot viiteen ryhmään. Pyhäjärven siian keskimääräinen siivilähämmasmäärä ei suoraan osu mihinkään näistä ryhmistä, mutta on lähimpänä (yhden yksikön päässä) järvisiialle tyypillistä vaihteluväliä (40–45 kpl). Eri vuosien tuloksia verrattaessa on myös huomioitava, että siivilähampaiden lukumäärän laskemisessa saattaa syntyä eroa määrittäjien kesken. Eri vuosien tulosten vertailtavuuteen saattavat vaikuttaa lisäksi näytemäärä, näytteen keräämiseen käytettyjen pyydysten sijoittuminen järvessä, pyydysten määrä ja erot pyyntivälineissä ja –menetelmissä. Myös eri siikamuotojen erot käyttäytymisessä voivat vaikuttaa siikojen olinpaikkoihin, ja siten eri siikamuotojen osuuteen niissä pyydyksissä, joista saalisnäytteet on kulloinkin kerätty. Hirvonen ym. (1992) totesivat aiemmin, että Pyhäjärven siikakanta vastaa

siivilähampaistoltaan erittäin hyvin muita järvisiikakantoja. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voida osoittaa tilanteen muuttuneen merkittävästi 1980-luvun lopun tuloksiin verrattaessa.

Ulkonäön tarkastelussa siialle epätyypillisiä ominaisuuksia oli 6 %:lla näytekalosta (vajaa 5 % oli tasaleukaisia, alle 2 % pyöreämykiöisiä). Kaikki pyöreämykiöiset kalat olivat myös tasaleukaisia. Vuonna 1983 kutukaudelta otetuista Säkylän Pyhäjärven siikanäytteistä (n=525) vajaa viidesosa tulkittiin siian ja muikun risteymiksi morfologiaan perustuen (Hirvonen ym. 1992). Kriteerinä tuolloin käytettiin leukojen pituussuhteita ja vain selvästi tasaleukaiset kalat luokiteltiin risteymiksi (Professori J. Sarvala, Turun yliopisto, kirjallinen tiedonanto). Risteymien keskimääräiseksi siivilähammasmääräksi vuonna 1983 saatiin 43,4, joka oli siian (41,1) ja ison muikun (46,6) välillä. Vuoden 1984 syksyllä kerätyistä siikanäytteistä (n=40) tulkittiin entsyymianalyysien perusteella 32,5 % sioiksi, 5 % muikuiksi ja jopa 62,5 % siian ja muikun risteymiksi (Vuorinen 1988). Kutukalojen lypsystä tulisi välttää ulkonäöllisesti risteymiä muistuttavien kalojen sukutuotteiden käyttöä siian perimän vahvistamiseksi,

Mykiön muotoon perustuvaa tarkastelua olisi voitu tarkentaa jakamalla kalat kolmeen ryhmään, jossa olisi eroteltu myös jyvämäisen ja pyöreän mykiön välimuodot. Menettelyä ei kuitenkaan sovellettu tulkintavirheiden välttämiseksi. Siikanäytteenoton yhteydessä havaittiin myös joillain muikun näköisillä kaloilla jyvämäisiä mykiöitä. Näitä kaloja ei tämän tutkimuksen puitteissa käsitelty. Mykiön muotoon perustuva risteymien tunnistaminen tarvitsisi lisäselvityksiä kalojen perimästä, jolloin voitaisiin varmistua näiden ominaisuuksien olevan selviä merkkejä perimän sekoittumisesta kahden lajin välillä. Siian mykiön muotoon liittyvää kirjallisuutta ei löytynyt.

5.2. Iänmääritys, kasvu ja ikärakenne

Hirvonen ym. (1992) mukaan Pyhäjärven siika saavutti 1980-luvulla neljän kasvukauden jälkeen (3+) 30 cm:n ja kuuden kasvukauden jälkeen (5+) 35 cm:n pituuden massan ollessa samoissa ikäryhmissä 200 g ja 300–350 g. Vuonna 2013 neljän kasvukauden jälkeen (3+) siika oli takautuvan iänmäärityksen mukaan keskimäärin 33 cm:n pituinen ja 276 g:n painoinen. Vastaavat luvut kuudennen kasvukauden jälkeen (5+) olivat 38 cm ja 440 g. Siian kasvu vaikuttaisi selvästi nopeutuneen 1980-luvun tilanteeseen verrattuna ollen järvisiialle kohtalaisen nopeaa (Hirvonen ym. 1992). Siikayksilön maksimipituus on hidaskasvuissimmissä kannoissa välillä 20–30 cm ja toisaalta parhaimmillaan pituutta saattaa kertyä 5-6 vuoden aikana 40–50 cm (Raitaniemi ym. 2000). Sarvala ym. (1998) havaitsivat siian kasvun nopeutumista 2. kasvukauden ja sitä vanhempien kalojen ikäryhmissä myös vuosina 1997–1998 kerätyssä aineistossa 1980-luvun tuloksiin verrattuna. Edelleen Sarvalan (2008) mukaan siian kasvu vuosina 1997 ja 2007 oli lievästi nopeampaa verrattuna 1980-luvun tuloksiin. Silmämääräisen tarkastelun perusteella kasvu vuosina 1997 ja 2007 näyttäisi olevan suunnilleen samalla tasolla tämän tutkimuksen tulosten kanssa. Iänmäärityksen vuosien väliseen vertailtavuuteen ovat saattaneet vaikuttaa samat epävarmuustekijät kuin siivilähammastarkasteluun (lueteltu edellä).

Siian kasvun paranemisen taustalla yhtenä tekijänä 1980-luvun tilanteeseen verrattuna voi olla siika- ja muikkukannan tiheyden aleneminen ja siitä johtuva ravintokilpailun väheneminen. Toisaalta vesien lämpeneminen on todennäköisesti edesauttanut särkikaloiden ja ahvenen menestymistä järvessä ja siten kasvattanut lajien välistä, mahdollisesti paikoin myös siian kasvuun vaikuttavaa, ravintokilpailua. Voimaperäinen hoitokalastus ja kaupallinen kalastus ovat poistaneet järvestä runsaasti kuoretta, särkikaloja ja ahventa (Anonyymi 2014a). Tämä on saattanut hieman tasoittaa kilpailutilannetta siian kasvua ajatellen. Myös ahvenen siikaan kohdistuva saalistus, jolla lienee vaikutusta siian

kuoriutumisesta ainakin toisen kasvukauden alkupuolelle saakka, on saattanut heikentää siikakannan tiheyttä ja siten tehostaa kasvua. On myös mahdollista, että korkeampi vedenlämpötila on pidentänyt siian kasvukautta, vaikkakin korkeat veden maksimilämpötilat saattavat olla siialle kohtalokkaita (Jeppesen ym. 2011).

Otoliiteista ja suomuista tehdyssä iänmäärittelyssä havaittiin maksimissaan yhden vuoden ero. Otoliiteista tehdyissä iänmäärittelyissä (n=40) tulkittiin 8 % näytteistä vuoden nuoremaksi ja 13 % vuoden vanhemmaksi verratessa suomusta määritettyyn ikään. Erot havaittiin näytekalloissa, jotka kuuluivat suomusta määritettyinä ikäryhmiin 2–6. Aikaisemmissa tutkimuksissa (mm. Honkanen 2006) on havaittu, että siikakalojen iänmäärittelyssä suomuista tehtävät määrittelyt saattavat aliarvioida kalan ikää otoliiteista tehtyihin määrittelyihin verrattuna. Iänmäärittely suomusta onnistui hyvin. Vuosirenkaat olivat useimmiten selvästi nähtävillä. Myös otoliittien kohdalla iänmäärittely onnistui kohtalaisen hyvin, mutta iän määrittäminen suomusta koettiin helpommaksi. Vanhempien kalojen iänmäärittelyssä virheiden mahdollisuus on suurempi.

2+-ikäryhmän (vuosiluokka 2011) osuus näytekalloista oli vähäinen (5 %). Verrattaessa vuosiluokkavahvuuksia Jyväskylän yliopiston siikakalojen poikaspyyntien tuloksiin ei havaittu yhtenevyyttä tältä osin: vuonna 2011 arvioitu siian poikasmäärä ei ollut erityisen alhainen ympäröivien vuosien aikana havaittuihin poikasmääriin verrattuna (Karjalainen ym. 2015). On kuitenkin otettava huomioon, että poikasmääräarvioissa on suuret luotettavuusvälit. Myös siikamerkintätutkimuksen talvinuottanäytteissä havaittiin talvella 2012 poikkeuksellisen runsaasti istutettuja siikoja. Tuolloin 0+-ikäiset siiat olivat vuosiluokkaa 2011. Syynä heikkoon vuosiluokkaan saattavat olla poikaspyyntien jälkeisen ajan mahdollisesti epäsuotuisat säät tai poikasiin kohdistuva saalistus.

5.3. Sukukypsyys

Tämän tutkimuksen perusteella siika saavuttaa Säskylän Pyhäjärvestä sukukypsyyden aikaisimmallaan jo toisen kasvukauden (1+-ikäryhmä) lopulla. Molemmissa rysätyypeissä tässä ikäryhmässä sukukypsien osuus siikanäytekalloista oli 33 %. Kolmannen kasvukauden kaloista (2+) 71 % oli sukukypsiä. Neljännen kasvukauden lopussa (3+) kaloista 98 % oli sukukypsiä. Päijänteen Tehinselällä 89 % vaellussiikanaaraista ja koiraista 92 % saavutti sukukypsyyden neljännen kasvukauden lopussa (3+) (Valkeajärvi 2012). 2+-ikäryhmässä naaraista noin 25 % ja koiraista 60 % oli sukukypsiä. Tulokset ovat samansuuntaisia tämän tutkimuksen havaintojen kanssa lukuun ottamatta Pyhäjärven 1+-ikäryhmän havaintoja. On myös huomioitava, että Pyhäjärven siikojen nuoremmista ikäryhmissä osa kaloista oli todennäköisesti siian ja muikun risteymiä. Merialueen vaellussiikakoiras tulee sukukypsäksi 3–5-vuotiaana ja naaraat vuotta myöhemmin (Anonyymi 2014d). Inarin pohjansiialla tyypillinen sukukypsyyssikä on 5–7 vuotta. Kahilainen ym. (2011) havaitsivat siian saavuttavan Rahajärvestä sukukypsyyden 6+-ikäryhmässä ja siian takaisinristeymien 4+-ikäryhmässä. Rahajärven muikku saavutti sukukypsyyden 2+-ikäryhmässä. Pyhäjärven muikun kutukanta koostuu tyypillisesti 1+-ikäryhmän kaloista (Sarvala ym. 1998). Pyhäjärvellä siian varhain saavutettu sukukypsyys sopisi hyvin yhteen risteymäoletuksen kanssa.

5.4. Pyydysten valikoivuus ja pyynnin vaikutus siikakantaan

Tämän tutkimuksen aineiston perusteella siikarysän merkitys ei-sukukypsien siikojen kuolevuuden aiheuttajana on vähäinen. Muikkuryssänteissä ei-sukukypsien osuus oli merkittävämpi. Kun otetaan huomioon, että muikkuryssäntä pyytävät suurimman osan siikasaliista niiden merkitys siikakannalle korostuu entisestään. Pyydysten todellisen merkityksen selvittämiseksi tarvittaisiin lisää tietoa pyydysten pyytävyydestä ja

pyyntiponnistuksesta. Myös rysien sijainti näyttäisi vaikuttavan keskeisesti ei-sukukypsien osuuteen. Tässä tutkimuksessa kaikki siikarysäsaaliista kerätyt ei-sukukypsät kalat tulivat samasta rysästä. Pyhäjärven siian kokonaissaaliin ikäryhmäkohtaista jakaumaa vuonna 2014 ei ollut saatavilla talvinuotan osalta. Nämä tiedot olisivat ensiarvoisen tärkeitä siian kalastuksen säätelyn kannalta, jolloin voitaisiin muodostaa tarkempi arvio eri pyydysten todellisesta merkityksestä siikakannalle.

Kolmatta kasvukauttaan elävien (2+) ja sitä nuorempien siikojen saaliiksi ottamista tulisi välttää mahdollisuuksien mukaan edes yhden kutukerran turvaamiseksi valtaosalle siioista. Kahden kasvukauden jälkeen siian keskimääräinen pituus takautuvasti määritettynä oli 25 cm ja massa 100 g. Kolmannen kasvukauden lopussa kalat olivat takautuvasti määritettynä keskimäärin 29 cm pituisia ja 190 g painoisia. Y/R-mallinnuksen perusteella 0+-ikäryhmän siikojen saaliiksi ottamisen välttäminen kasvattaisi teoriassa vuosittaista siikasaalista (per 1000 kg rekryyttejä) 20 % verrattuna vuoden 2013 kaltaiseen pyyntiin. Muuttamalla pelkästään muikkurysien valikoivuus 0+-ikäryhmän siian säästäväksi, kasvaisi siian kutukanta (per 1000 kg rekryyttejä) teoriassa 16 % vuoden 2013 kaltaiseen pyyntiin verrattuna. Siikarysien perän solmuväliä ei tämän tutkimuksen aineiston perusteella tarvitsisi muuttaa, koska ei-sukukypsien kalojen osuus siikarysissä oli vähäinen. On kuitenkin huomioitava, että siikarysä pyytää siikoja 1+-ikäryhmästä alkaen ja 2+-ikäryhmän osuus vuoden 2013 näytteissä oli vähäinen. Näin ollen 2+-ikäryhmän kaloja saattaa valikoitua kuturysiin hieman enemmän sellaisina vuosina, jolloin kyseinen ikäryhmä on runsaampi.

Pyhäjärvellä 0+-ikäryhmän siikojen erottelu nuotta- ja muikkurysäsaaliista elävänä ei ole mahdollista pyyntiteknisistä syistä, koska saalis lajitellaan vasta satamassa. Mikäli pyydysten solmuväliä kasvatettaisiin esimerkiksi sellaiseksi, että siian kaksi ensimmäistä ikäryhmää välttyisivät pyynniltä, voisi myös muiden lajien osalta kalaston rakenne muuttua kalastuksen ja vedenlaadun kannalta epäedulliseksi. On mahdollista, että lajien välisen kilpailun lisääntyminen heikentäisi myös siian kasvua.

Pyhäjärven kalatalouden luonne ei tällaisenaan mahdollista alamittarajoituksen asettamista nuorempien sukukypsien ikäryhmien suojelemiseksi. Kalastusalueen arvion mukaan valtaosa siikasaaliista (vuonna 2013 89 %) saadaan sivusaaliina muikun rysäpyynnin yhteydessä ja talvinuotalla. Nämä pyyntitavat ovat keskeisessä roolissa Pyhäjärven kalatalouden kannalta. Näin ollen jo 0+-ikäryhmän siialle ja samalla saman ikäryhmän muikulle soveltuvien solmuvälien käyttökielto aiheuttaisi mittavan remontin pyydyksissä, solmuvälimuutoksen seurauksena nykyisen kaltainen muikunpyynti tai talvinuotan kohdalla hoitokalastus ei myöskään olisi mahdollista. Toisaalta pelkästään muikkurysien perän solmuvälin nosto tasolle, jossa 0+-ikäinen siika välttyisi pyynniltä, saattaisi elvyttää siikakantaa. Käytännössä tämä tarkoittaisi muikkurysien pienimmän solmuvälin muuttamista siikarysästä vastaavaksi, jolloin pienin sallittu solmuväli olisi luokkaa 25 mm. Mikäli muikkurysien solmuväliä kasvatettaisiin, tulisi tarkkaan arvioida, miten muutos vaikuttaisi muikkukantaan ja -saaliiseen sekä ammattikalastuksen edellytyksiin Pyhäjärvellä. Kalastusrajoitusten asettaminen vaatii lisää tarkentavaa tutkimusta parhaiten soveltuvien ratkaisujen löytämiseksi ja toisaalta kalataloudellisten ja ekosysteemin toimintaan liittyvien tavoitteiden tärkeysjärjestyksen arviointia.

Pyhäjärvellä on voimassa siian kuturauhoitus, joka vähentää siikaan kohdistuvaa kalastuspainetta verkkokalastuksen osalta. Kuturauhoituksen aikana myönnetään rajoitetusti lupia siian kutupyyntiin rysällä. Menettelyn tarkoituksena on mahdollistaa siian sukutuotteiden kerääminen järven omasta siikakannasta istutuksia varten. Verkkopyynnin osuus vuosittaisesta kokonaissiikasaaliista onkin vähäinen. Kalastusalueen mukaan vuonna 2013 verkolla pyydettyjen siikojen osuus kokonaissiikasaaliista arvioitiin olevan noin 1 %.

5.5. Muut siikakantaan vaikuttavat tekijät

5.5.1 Väriainemerkinnät ja istutusten merkitys

Alitsariini S -merkittyjen istutettujen siikojen osuus jäi hyvin pieneksi tässä tutkimuksessa käsitellyissä näytekaloissa. Merkkejä löytyi 1,4 % näytekaloista. Pyhäjärven siikamerkintähankkeissa (Tarvainen ym. 2013) tehtyjen tutkimusten mukaan istutettujen kalojen osuus talvinuottasaaliissa on vaihdellut suuresti. Vuoden 2012 talvinuottasaaliista kerätyissä siikanäytteissä (n=125) merkittyjen kalojen osuus oli 60 %. Tätä vuotta lukuun ottamatta merkittyjen osuus talvinuottasaaliissa vuosina 2009–2013 vaihteli välillä 0,8–2,4 %. Vuonna 2012 suuri merkittyjen siikojen osuus viittaa omalta osaltaan siihen, että luontaisesti lisääntynyt vuosiluokka 2011 oli heikko. Siikamerkintähankkeiden tulosten perusteella on todettu, että siikaistutuksilla saattaa olla merkitystä siikakannalle sellaisina vuosina, jolloin luontainen lisääntyminen on heikkoa. Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaisi siltä, että istutusten merkitys siian kutukannan vahvistajana vuonna 2013 oli pieni.

5.5.2 Loiset

Sukeltajasorsien- ja lokkilapamadon esiintyvyys kasvoi kalan iän myötä. Jo 3+-ikäryhmän kaloista 94 % oli infektoituneita, ja 5+-ikäryhmästä alkaen kaikki siikat olivat infektoituneita. Kaikkiaan tutkituista kaloista 93 % oli infektoituneita vähintään jommallakummalla. Ainakin lokkilapamadon on todettu lisäävän runsaina esiintymistä kalojen kuolleisuutta (Pulkkinen & Valtonen 2012). Heisimadon kystia esiintyi Pyhäjärven siialla ainakin jo vuonna 1955 (Wikgren 1958). Infektoituneiden siikojen osuus vuosina 1955–1957 kerätyissä näytteissä oli 80 % (n=250). Tutkimuksessa ei käy ilmi, mistä ikäryhmistä näytteet koostuivat. Sukeltajasorsien- ja lokkilapamato ovat olleet osana Pyhäjärven ekosysteemiä luultavammin myös näiden tutkimusten välisenä aikana, joten niiden runsaus tuskin selittää siikasaaliiden heikkenemistä, joskin sillä saattaa olla merkitystä siikakannan ollessa erityisen heikko. Lokkilapamato esiintyy Suomen sioissa vaihtelevasti (Pulkkinen & Valtonen 2012). Saimaalla kolmannes sioista on loisittu ja Kitkajärvellä loisittujen siikojen osuus on ollut noin 1 %. Toisaalta Lokalla ja Porttipahdalla lähes kaikilla kaloilla on havaittu lokkilapamatoa (Leinonen & Mutenia 2009). Kumpikaan loinen ei laske saaliin kaupallista arvoa, koska siika kykenee koteloimaan loiset ruumiinontelossa (Leinonen & Mutenia 2009). Molempien lajien leviämistä voi ehkäistä välttämällä kalanperkeiden joutumista vesilintujen saataville (Pulkkinen & Valtonen 2012).

5.6. Tutkimukseen vaikuttavat epävarmuudet ja lisätutkimustarpeet

Siikamuotojen tarkastelua voitaisiin syventää toistamalla vuonna 2003 tehty entsyymitarkastelu tai dna-analyysi, jolloin päästäisiin paremmin selville risteymien todellisesta määrästä järvessä ja siten voitaisiin hahmottaa risteymien osuuden muutosta ajassa. Vertailemalla leukojen suhdetta ja mykiön muotoa tarkempien menetelmien tuloksiin voitaisiin arvioida myös menetelmän soveltuvuutta risteymien etsintään paremmin. Samalla voitaisiin tutkia myös muikkujen perimää, jolloin voitaisiin selvittää muikun ja siian risteymien osuutta muikkukannassa. Vuonna 1982 Pyhäjärveltä kerätyissä muikkunäytteissä (n = 60) havaittiin noin 3 % sekä muikun ja siian risteymiä että siikoja (Vuorinen 1988).

Tämän tutkimuksen perusteella muikkurysä pyydystä selvästi siikarysää enemmän ei-sukukypsiä siikoja, joten olisi tärkeää selvittää laajemmassa mittakaavassa muikkurysällä saatavat siikasaalismäärät. Myös talvinuotan roolia ei-sukukypsien siikojen pyytäjänä tulisi selvittää tarkemmin. 0+-ikäryhmän siikat erotellaan saaliin lajittelun yhteydessä vähempiarvoisten kalojen tai 0+-ikäryhmän muikkujen joukkoon, jolloin niiden todellinen

määrä ei näy kalastajien kirjanpidossa. Pyhäjärven talvinuottasaaliista kerätään kalastonrakennäyhteitä (Anonyymi 2014b). Tämän seurannan aineistoja voitaisiin tutkia ei-sukukypsien siikojen osuuden tarkentamiseksi.

Avovesikauden kalanäytteenotto tulisi ottaa mukaan Pyhäjärven kalastonseurantaohjelmaan. Kalastuksessa, kalastustavoissa ja -menetelmissä sekä pyydysten pyytävyydessä tapahtuneita muutoksia olisi myös tarpeen selvittää tarkemmin ammatti- ja vapaa-ajan kalastuksen osalta, jolloin niiden roolia siikasaaliiden vähentymisessä voitaisiin arvioida tarkemmin. Nämä tiedot palvelisivat myös muuta kalatutkimusta ja kalastuksen säätelyä Pyhäjärvellä.

Pyydysten roolia siiankalastuksessa mallinnettiin Y/R-mallilla. Menetelmä ei välttämättä huomioi oikein valikoivuutta kalojen liikehdinnän suhteen ja esimerkiksi muikkurysän kohdalla olisi tärkeää toteuttaa laajempi tutkimus ei-sukukypsien kalojen osuudesta ja todellisista saalismääristä. Vuosi 2013 oli jääpeitteisyyden osalta tavanomainen ja voidaan olettaa, että se kuvastaa keskiarvovuotta siian pyynnin osalta ja on siten hyvin yleistettävissä. Kalojen luonnollisen kuolevuuden arvioinnin on todettu riippuvan paljon ympäristöolosuhteista ja olevan vaikeasti määritettävä tekijä (Heikinheimo 1999). Myös tässä tutkimuksessa hetkellisen luonnollisen kuolevuuden arvio saattaa poiketa todellisesta tilanteesta ja voi siten myös vaikuttaa Y/R-mallin tuloksiin. Y/R-mallin avulla voidaan karkeasti arvioida kalastuksen vaikutuksia siikakantaan, mutta tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että mallin taustalla on paljon muuttujia, jotka saattavat poiketa todellisesta tilanteesta. Näin ollen Y/R-analyysiin tulee suhtautua suuntaa-antavana tarkasteluna.

Kutupaikkatarkastelua olisi hyvä tarkentaa jatkotutkimuksilla esimerkiksi selvittämällä siian mädin runsautta ja esiintyvyyttä sukelluksilla. Kutualueita voitaisiin kartoittaa myös kutuaikana tehtävällä potentiaalisille alueille kohdennetulla vesistötarkasteluilla. Potentiaalisia, mutta kalastuksessa hyödyntämättömiä alueita voitaisiin jossain määrin kartoittaa myös kutuaikaisilla koekalastuksilla. Myös aiempia kutupaikkoja ja nyt mahdollisesti huomioimattomia kutualueita voitaisiin kartoittaa laajemmilla haastatteluilla. Haastattelujen tuloksia voitaisiin peilata esimerkiksi vesikasvien ja rihmamaisten levien runsauden ja lajiston vaihtelun tarkasteluun.

Käytössä oleva siian istutuskäytäntö kannattaisi arvioida uudelleen. Istutuksissa on aiemmin suositeltu käytettäväksi ainoastaan Pyhäjärvestä pyydettyjen siikojen sukutuotteita (Anonyymi 2014b). On kuitenkin huomioitava, että nykyisen siikakannan historia Pyhäjärvessä on melko lyhyt (ensimmäiset istutukset vuonna 1908) ja valtaosan tästä ajasta istutuksissa on käytetty useita eri siikamuotoja ja -kantoja (Hirvonen ym. 1992). Lisäksi osa siikakannasta käsittää siian ja muikun eriasteisia risteymiä. Viime vuosina istutusten yhtenä ongelmana ovat olleet myös alhaiset siian kuturysäsaaliit ja siten istutuksiin käytettävien mätimäärien vähentyminen (Tarvainen ym. 2013). Siikakannan vahvistamiseksi voitaisiin selvittää mahdollisuuksia käyttää istutuksissa muiden järvien kantaa olevia järvikutuisia siikamuotoja nykyisen käytännön ohella. Siian istutushistorian vaiheet, käytetyt siikamuodot ja vuosittaiset istutusmäärät kannattaisi kerätä yhdeksi raportiksi, jolloin istutusten kannattavuutta ja merkitystä siikakannan kotiuttamisessa voitaisiin arvioida tarkemmin. Nämä tiedot auttaisivat myös siikakannan hoitotoimenpiteiden suunnittelussa.

Vuoden 2016 alussa voimaan tuleva uusi kalastuslaki (379/2015) edellyttää sisävesien kaupallisia kalastajia ilmoittamaan pyytämänsä saaliit kerran kalenterivuoden aikana luonnonvarakeskukselle. Kalastusalue on kerännyt pitkään Pyhäjärven ammattikalastuksen saalistietoja ja varsinkin talvinuotan osalta tietojen koetaan vastaavan hyvin todellista tilannetta (Anonyymi 2014b). Tietojen toimittamisessa on kuitenkin viivettä ja erityisesti rysä- ja verkkopyynnin osalta tarkempaa tietoa saaliin jakaumasta, pyydysten koosta ja

pyyntiponnistuksesta tarvittaisiin. Vapaa-ajan kalastuksen saalista ja kalastusmenetelmiä seurataan nykyisellään luvan lunastaneille lähetettävällä tiedustelulla. Myös vapaa-ajan kalastajien osalta olisi tärkeää saada tarkempaa tietoa pyydyskohtaisista saaliin lajijakaumista. Tällä hetkellä saaliseurannassa kaikki aktiivipydykset ovat yhden nimikkeen alla. Myös tätä käytäntöä kannattaisi muuttaa esimerkiksi jakamalla aktiivipyyntitavat muutamaan alaryhmään. Vapaa-ajan kalastuksen saaliissa myös catch and release -kalojen osuus voitaisiin erotella perinteiseen tapaan pyydetyistä kaloista. Siian kohdalla kalojen vapautus lienee vähäistä, mutta esimerkiksi haukea todennäköisesti pyydetään kohtalaisen paljon pelkän elämyksen vuoksi. Pilkkisaaliita voitaisiin kartoittaa jäällä pilkkijöille jaettavalla saalistiedustelulla ja samalla voitaisiin kerätä pilkkijöiden yhteystietoja seuraavien vuosien saalistiedustelun lähettämistä varten. Ammattikalastajia voitaisiin motivoida tarkempaa seurantaan lisäämällä kannustimia. On kuitenkin huomioitava, että seuranta-aineistojen ja raportoinnin kasvaessa myös kustannukset lisääntyvät.

KIITOKSET

Erityiskiitos ohjaajilleni Timo Marjomäelle ja Marjo Tarvaiselle tehokkaasta ja perinpohjaisesta ohjauksesta sekä lukuisista arvokkaista neuvoista. Kiitos Jouko Sarvalle aineistoista ja monista hyvistä vinkeistä, Raisa Kääriälle aineistoista, Alpo Huhmarniemelle otoliittien väriainemerkintöjen tutkimisesta, Ossi Siivoselle avustamisesta kalanäytteenotossa ja Seppo Luodolle kalastusalueen tilastojen toimittamisesta. Kiitos myös Pyhäjärven kalastajille Janne Jalavalle, Einari Levonmaalle, Markku Levonmaalle, Markku Mäntyrannalle, Jani Pesoselle, Pentti Salolle ja Miika Tammiselle saalisnäytteistä. Erityiskiitos Markku Mäntyrannalle kalastukseen liittyvän tietotaidon jakamisesta ja monista muista vinkeistä. Lisäksi haluan kiittää Anne-Mari Ventelää ja Teija Kirkkalaa sekä kalanäytteenoton rahoituksesta Pyhjärvi-instituutin Rapu-hanketta. Suuri kiitos kuuluu myös vaimolleni Tiina Ryömälle kannustuksesta ja ymmärryksestä muun muassa keittiömme ajoittain muuttuessa kalalaboratorioksi.

KIRJALLISUUS

- Anonyymi 2014a. *Arvio Pyhäjärven kala- ja rapusaaliista vuosina 1998–2015* <http://www.sakylanpyhajarvi.fi/porkkana/sites/kylayhdistys.fi.porkkana/files/files/SAALIS1998-2015.pdf> Luettu 8.8.2014
- Anonyymi 2014b. *Säkylän Pyhäjärven käyttö- ja hoitosuunnitelma vuosille 2009–2015* http://www.sakylanpyhajarvi.fi/porkkana/sites/kylayhdistys.fi.porkkana/files/files/pyhajarven_kalastusalueen_Hoitosuunnitelma.pdf Luettu 8.12.2014
- Anonyymi 2014c. *Cornet* <http://www.paijanne.org/paijanne/cornet/tuloksia.htm> Luettu 5.12.2014
- Anonyymi 2014d. *Siika (Coregonus lavaretus)* http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/siika/ Luettu 8.8.2014
- Anonyymi 2014e. *Peledsiika (Coregonus peled)* http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/peledsiika/ Luettu 30.11.2014
- Anonyymi 2014f. *Muikku (Coregonus albula)* http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/muikku/ Luettu 8.8.2014
- Anonyymi 2009. *Ehdotus Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuoteen 2015.* [http://www.ymparisto.fi/FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoitoalueet/Kokemaen_jokiSaaristomeriSelkameri/Vesienhoitosuunnitelma_ja_taukaselvitykset/KokemaenjoenSaaristomerenSelkameren_vesi\(24029\)](http://www.ymparisto.fi/FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoitoalueet/Kokemaen_jokiSaaristomeriSelkameri/Vesienhoitosuunnitelma_ja_taukaselvitykset/KokemaenjoenSaaristomerenSelkameren_vesi(24029)) Luettu 23.2.2015.

- Bagenal T.B. & Tesch F.W. 1978. Age and Growth. Teoksessa: Bagenal T.B. (toim.), *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*, Blackwell Scientific publications Ltd, Oxford: 101–136.
- Fishbase 2014.
<http://www.fishbase.org/PopDyn/PopGrowthList.php?ID=232&GenusName=Coregonus&SpeciesName=lavaretus&fc=76> Luettu 4.8.2014
- Heikinheimo O. 2000. *Management of Coregonid Fisheries: Multiform and Multispecies problem*. Väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopisto
- Heikinheimo O. 1999. Siian kalastuksen säätely sisävesissä. *Kalatutkimuksia - fiskundersökningar* 153: 1–30.
- Hirvonen A., Helminen H. & Sarvala J. 1992. Säkylän Pyhäjärven ekologinen tila ja kalastus 1980-luvulla. *Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja* 6: 1–65.
- Honkanen V. 2006. *Suomu ja otoliitti siikakalojen iänmäärittämisessä*. Akvaattisten tieteiden Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Jeppesen E., Mehner T., Winfield I. J., Kangur K., Sarvala J., Gerdeaux D., Rask M., Malmquist H. J., Holmgren K., Volta P., Romo S., Eckmann R., Sandström A., Blanco S., Kangur A., Ragnarsson Stabo R.H., Tarvainen M., Ventelä A.-M., Søndergaard M., Lauridsen T.L. & Meerhoff M. 2012. Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. *Hydrobiologia* 694: 1–39.
- Jori M. & Ventelä A.-M. 2013. *Satakunnan kalatalouden kehittäminen* http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/yhtvedet/kalatalous_pyhajarvi_selvitys_nettiin280613.pdf Luettu 10.11.2014
- Järvi T.H. 1940. Pyhäjärven siikakanta. *Maataloushallituksen tiedonantoja* 269. Valtioneuvoston kirjapaino, Helsinki: 5–57.
- Kahilainen K.K., Siwertsson A., Gjelland K. Ø., Knudsen R., Bohn T. & Amundsen P.-E. 2010. The role of gill raker number variability in adaptive radiation of coregonid fish. *Evol. Ecol.* 25: 573–588.
- Kahilainen K.K., Østbye K., Harrod C., Shikano T., Malinen T. & Merilä J. 2011. Species introduction promotes hybridization and introgression in *Coregonus*: is there sign of selection against hybrids? *Mol. Ecol.* 20: 3838–3855.
- Karjalainen J., Ruokonen T.J., Marjomäki T.J., Martikainen A., Pursiainen M., Sarvala J., Tarvainen M. & Ventelä A.-M. 2015. Predation by signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* on fish eggs and its consequences for coregonid recruitment. *J. Fish Biol.* doi:10.1111/jfb.12588.
- Koli L. 1998. *Suomen kalat*. WS Bookwell Oy, Porvoo.
- Kuikka S., Autio J., Auvinen H. & Salminen M. 2002. Kalastuksen ohjaus. Teoksessa: Salminen M. & Böhling P. (toim.), *Kalavedet kuntoon*, F.G. Lönnberg, Helsinki: 78–107.
- Lehtonen H. 2006. *Suomalainen kalaopas*. WSOY, Helsinki.
- Leinonen K. & Mutenia A. 2009. Siikakantojen ja kalaston rakenteen parantaminen Lokan ja Porttipahdan tekojärvillä. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos*, Helsinki.
- Pulkkinen K. & Valtonen E.T. 2012. 5.Pääjakso Laakamadot: Luokka Heisimadot (Cestoda). Teoksessa: Valtonen E.T., Hakalahti-Sirén T., Karvonen A. & Pulkkinen K. (toim.), *Suomen kalojen loiset*, Gaudeamus, Helsinki: 87–110.
- Raitaniemi J., Nyberg K. & Torvi I. 2000. *Kalojen iän ja kasvun määrittäminen*. F. G. Lönnberg Oy, Helsinki.
- Raitaniemi J., Malinen T., Nyberg K. & Rask K. 1999. The growth of whitefish in relation to water quality and fish species composition. *J. Fish Biol.* 54: 741–756

- Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *B. Fish Res. Board Can.* 191: 1–382.
- Robson D.S. & Chapman D.G. 1961. Catch curves and mortality rates. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90:181–189.
- Salonen E., Heikinheimo O. & Miinalainen M. 2002. Hoitokalalajeja, Siika. Teoksessa: Salminen M. & Böhling P. (toim.), *Kalavedet kuntoon*, F.G. Lönnberg, Helsinki: 148–154.
- Sarvala J. 1990. *Kalojen ja eläinplanktonin vuorovaikutussuhteet*. Moniste, 40 s.
- Sarvala J., Hirvonen A., Helminen H. & Sydänoja A. 1998. Pyhäjärven talvinuottasaalis ja muikkukannan tila vuosina 1996–1997. *Turun yliopiston Biologianlaitoksen julkaisuja* 19: 1–30.
- Sarvala J., Helminen H. & Salonen S. 2008. Whitefish (*Coregonus lavaretus*) growth and recruitment in Lake Pyhäjärvi, southwest Finland – long-term development relative to the vendace (*Coregonus albula*) population. 10th International Symposium on the Biology and Management of Coregonid Fishes Winnipeg 25–29 Aug 2008. Powerpoint-esitys.
- Seehausen O., Takimoto G., Roy D. & Jokela J. 2008. Speciation reversal and biodiversity dynamics with hybridization in changing environments. *Mol. Ecol.* 17: 30–44.
- Tammi J., Lappalainen A., Mannio J., Rask M. & Vuorenmaa J. 1997. Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia* 132: 1–60.
- Tarvainen M., Vaarala H., Leskelä A., Sarvala J., Jaakkola M., & Mäntyranta M. 2013. *Säkylän Pyhäjärven siikamerkinnot – loppuraportti*. Moniste.
- Valkeajärvi P., Marjomäki T.J. & Heikinheimo O. 2006. Muikku siikakannan säätelijänä Päijänteessä. *Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja* 145: 216–217.
- Ventelä A.-M., Kirkkala T., Lendasse A., Tarvainen M., Helminen H. & Sarvala J. 2011. Climate-related challenges in long-term management of Säkylän Pyhäjärvi (SW Finland). *Hydrobiologia* 660: 49–58.
- Vuorinen J. 1988. Enzyme genes as interspecific hybridization probes in Coregoninae fishes. *Finn. Fish. Res.* 9: 31–37.
- Wikgren B. J. 1958. Pyhäjärven siiasta. *Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja* 3. Helsinki: 19–23.

LIITTEET

Liite 1. Ote Y/R taulukosta esimerkkinä nykytilannetta vastaavan pyynnin (vuoden 2013 pyydysten määrälliset suhteet ja solmuvälit käytössä) kaltainen vaikutus kutukantaan ja saaliiseen ikäryhmittäin olettaen, että kalastuskuolevuus jakaantuu kokonaissiikasaliin pyydyskohtaisten saalisosuuksien mukaan (liite 2).

jakso	ikä	w	G	M	pyydysten suhteellinen pyytävyyys			kalastuskuolevuus			SB	saalis				
					nuotta	muikkurysä	siikarysä	nuotta	muikkurysä	siikarysä		nuotta	muikkurysä	siikarysä	yhteensä	
loka-joulukuu	0+	40	0	0,05	0 %	100 %	0 %	0	0,392	0,1	0	0	0	316,837427	0	316,83743
tammi-huhtikuu	1	40	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	205,447	0	0	0	205,44716
touko-syyskuu	1+	40	0,9625	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	59,8692109	0	59,869211	
loka-joulukuu	1+	104	0	0,05	0 %	100 %	22 %	0	0,392	0,1	232,4122	0	276,077526	15,49415	291,57167	
tammi-huhtikuu	2	104	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	176,912	0	0	0	176,9123
touko-syyskuu	2+	104	0,5842	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	41,8854766	0	41,885477	
loka-joulukuu	2+	187	0	0,05	0 %	100 %	49 %	0	0,392	0,1	270,80645	0	160,842619	20,10533	180,94795	
tammi-huhtikuu	3	187	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	101,578	0	0	0	101,57815
touko-syyskuu	3+	187	0,3889	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	21,7048171	0	21,704817	
loka-joulukuu	3+	276	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	189,33844	0	74,2206668	18,93384	93,15451	
tammi-huhtikuu	4	276	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	45,5932	0	0	0	45,593234
touko-syyskuu	4+	276	0,2724	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	9,1775457	0	9,1775457	
loka-joulukuu	4+	362	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	75,637725	0	29,6499882	7,563773	37,213761	
tammi-huhtikuu	5	362	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	18,2138	0	0	0	18,21378
touko-syyskuu	5+	362	0,1969	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	3,52923232	0	3,5292323	
loka-joulukuu	5+	441	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	28,018034	0	10,9830691	2,801803	13,784872	
tammi-huhtikuu	6	441	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	6,74682	0	0	0	6,7468222
touko-syyskuu	6+	441	0,1453	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	1,27407537	0	1,2740754	
loka-joulukuu	6+	510	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	9,8566645	0	3,86381248	0,985666	4,8494789	
tammi-huhtikuu	7	510	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	2,37351	0	0	0	2,3735129
touko-syyskuu	7+	510	0,1088	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	0,44017996	0	0,44018	
loka-joulukuu	7+	569	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	3,3432163	0	1,31054077	0,334322	1,6448624	
tammi-huhtikuu	8	569	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	0,80506	0	0	0	0,805056
touko-syyskuu	8+	569	0,1303	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	0,15090321	0	0,1509032	
loka-joulukuu	8+	648	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	1,1586781	0	0,45420182	0,115868	0,5700696	
tammi-huhtikuu	9	648	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	0,27901	0	0	0	0,279013
touko-syyskuu	9+	648	0,1335	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	0,05238029	0	0,0523803	
loka-joulukuu	9+	740	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	0,4028231	0	0,15790665	0,040282	0,198189	
tammi-huhtikuu	10	740	0	0,0667	100 %	0 %	0 %	0,4	0	0	0	0,097	0	0	0	0,0970009
touko-syyskuu	10+	740	0,1107	0,0833	0 %	100 %	0 %	0	0,098	0	0	0	0,0180067	0	0,0180067	
loka-joulukuu	10+	827	0	0,05	0 %	100 %	100 %	0	0,392	0,1	0	0	0	0	0	0

Liite 2. Säskylän Pyhäjärven kalastusalueen arvio Säskylän Pyhäjärven kokonaissiikasaaliin jakautumisesta pyydystyyppikohtaisesti ja Y/R-mallinnuksessa käytetyt pyydystyyppikohtaiset kertoimet kalastuskuolevuudelle vuoden 2013 pyydystyyppikohtaisen saalisjakauman mukaan. Muikkurysän osalta kevätpyynnin osuus kokonaissaaliista on arvioitu olevan 20 % muikkurysillä saatavasta kokonaissiikasaaliista ja syyspyynnin olevan siitä 80 %.

pyydys	siikasaalis (kg)	osuus kokonaissiikasaaliista	kalastuskuolevuuden kerroin
muikkurysä, kevät	1597	10 %	0,098
muikkurysä, syksy	6390	39 %	0,392
siikarysä, syksy	1630	10 %	0,1
nuotta	6520	40 %	0,4
verkko	163	1 %	0,01
yhteensä	16300	100 %	1