



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 95/2020

Vaellussiian pituus- ja ikäjakauma Pohjanlahden saaliissa 1981–2017 sekä 2013 alkaneen verkkokalastussäätelyn vaikutus siikakantoihin

Irma Kallio-Nyberg, Lari Veneranta, Erkki Jokikokko ja Ari Leskelä

Vaellussiian pituus- ja ikäjakauma Pohjanlahden saaliissa 1981–2017 sekä 2013 alkaneen verkkokalastussäätelyn vaikutus siikakantoihin

Irma Kallio-Nyberg, Lari Veneranta, Erkki Jokikokko ja Ari Leskelä

Viittausohje:

Kallio-Nyberg, I., Veneranta, L., Jokikokko, E. & Leskelä, A. 2020. Vaellussiian pituus- ja ikäjakauma Pohjanlahden saaliissa 1981–2017 sekä 2013 alkaneen verkkokalastussäätelyn vaikutus siikakantoihin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 44 s.



ISBN 978-952-380-108-0 (Painettu)

ISBN 978-952-380-109-7 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-109-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Irma Kallio-Nyberg, Lari Veneranta, Erkki Jokikokko ja Ari Leskelä

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisu vuosi: 2020

Kannen kuva: Lari Veneranta

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Irma Kallio-Nyberg ¹⁾, Lari Veneranta ²⁾, Erkki Jokikokko ³⁾, Ari Leskelä ⁴⁾

¹⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki

²⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Vaasa

³⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Keminmaa

⁴⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Joensuu

Siiankalastuksen säätelyn vaikutusta kalastettavaan siikakantaan selvitettiin vuosien 1998–2017 kaupallisen kalastuksen saalisnäytteiden ja Kemijoen 1981–2017 emokalapyynteihin liittyvien saalisnäytteiden avulla. Kalastusasetuksessa elokuussa 2013 (451/2013) säädettiin alimmaksi sallituksi solmuväliksi siiankalastuksessa 43 mm lukuun ottamatta Merenkurkkua, jossa alin sallittu solmuväli pysyi ennallaan 40 mm koossa. Lisäksi Perämerellä sallittiin aluekohtaisesti 27–30 mm tai 30–35 mm silmäkoon verkkojen käyttö merikutuisen siian pyynnissä.

Vuonna 2010 ja sen jälkeen syntyneet siiat ovat olleet kalastuksen kohteena pelkästään siika-asetuksen voimaantulon jälkeisenä aikana. Pohjanlahden eteläosassa säätelymuutoksen jälkeisistä vuosiluokista 3–5-vuotiaina saaliiksi saadut siiat olivat suurempia kuin aikaisemmista vuosiluokista vastaavankäisinä saadut siiat. Vastaavaa muutosta ei havaittu Pohjanlahden pohjoisosassa. Pitkällä aikavälillä siikojen ikäjakauma niin Kemijoen emokalapyynnissä kuin merialueen kalastuksessakin on muuttunut siten, että nuorten siikojen osuus saaliissa on kasvanut. Tämän tutkimuksen kahden viimeisimmän tarkasteluajanjakson välillä ikäjakaumassa ei kuitenkaan ole enää havaittavissa sanottavaa muutosta (vuosiluokajakso 2005–2009 ja 2010–2012). Siiankalastuksen säätelyn tavoite, saaliiksi saatavien siikojen keskikoon ja keski-ikä kasvattaminen, on siten osittain toteutunut.

Kemijoen emokalapyynnin saaliissa viisi-, kuusi- ja seitsemänvuotiaiden vaellussiikojen pituus laski aikavälillä 1981–2017. Kuusivuotiaat Kemijokeen nousevat naaraat olivat tarkastelujakson viimeisinä vuosina noin 10 cm lyhyempiä kuin sen alussa. Osa Perämeren vaellussiioista jää syönnösvaelluksellaan Perämerelle ja kasvaa huomattavasti hitaammin kuin etelään vaeltavat siiat. Käytettävissä olevien aineistojen perusteella voidaan otaksua, että lyhyen vaelluksen tekevien yksilöiden osuus Perämeren kutupopulaatioissa on kasvanut. Merenkurkussa sallittu, muuta Pohjanlahtea pienempi silmäkoko (40 mm) ja rannikon tehokas siiankalastus todennäköisesti vaikuttavat Perämeren kutupopulaatioiden koojaukaumaan ja siihen, että solmuvälisäätelystä huolimatta siiankalastuksen säätelyn vaikutus ei näy Perämeren kutupopulaatioissa tai merisaaliissa.

Verkkosilmäkoon muutos siiankalastuksen säätelyyn liittyvän asetuksen yhteydessä oli vähäinen. Siikakantojen tilaan, saaliin määrään ja saaliin ikä- ja kokojakaumaan vaikuttavat monet muutkin tekijät. Havaitut muutokset kuitenkin tukevat ajatusta, että verkkokalastuksen säätelyllä voidaan vaikuttaa saaliiksi saatavien vaellussiikojen ikä- ja kokojakaumaan ja toisaalta myös saaliin määrään. Tosin vuoden 2013 siiankalastuksen säätelyasetuksen jälkeen havaittu muutos siikojen kokojakaumassa on maltillinen.

Tutkimusjakson alkuvuosien ja nykyhetken välisenä ajanjaksona Itämeren hyljekannat ovat moninkertaistuneet. Hylkeiden siikaan kohdistamaa predaatiota on arvioitu tutkimuksissa, ja mikäli arviot hylkeiden siikaan kohdistamasta predaatiosta ovat suurusluokaltaan oikeassa, ei kaupallisen kalastuksen saaliin arvoa voida solmuvälisäätelyllä lisätä. Kutukannan kokoon kalastuksen säätely vaikuttaa edelleen myönteisesti, ja siikakantojen tilan arvioinnissa samoin kuin kalastuksen säätelyssä tulisi kiinnittää huomiota kutupopulaatioiden tilaan, ei niinkään kaupallisen kalastuksen saaliin kehitykseen.

Asiasanat: vaellussiika, pyyntipituus, verkko, solmuväli, kalastus, Pohjanlahti

Sisällys

1. Johdanto	5
1.1. Pohjanlahden siikakantojen tila	5
1.2. Merialueen siiankalastuksen säätely	6
1.3. Säätelyn vaikutusten selvittäminen	7
2. Aineisto ja menetelmät	8
2.1. Meri- ja jokisaalis	8
2.2. Pohjanlahden verkkokalastus ja verkon solmuväli	9
2.3. Aineiston käsittely.....	11
2.4. Arvio hylkeen vaikutuksesta siikakantoihin	11
3. Tulokset	13
3.1. Vaellussiian saalisipituus eri vuosiluokkakajakoilla	13
3.2. Pyyntikoon alueelliset ja ajalliset trendit.....	16
3.3. Naaraiden ja koiraiden pyyntipituus ja saaliskalojen sukupuolijakauma	18
3.4. Vaellussiian pyyntipituus Kemijoessa vuosina 1981–2017	20
3.5. Vaellussiikojen ikäjakauma	21
3.5.1. Hylkeiden vaikutus siiankalastuksen säätelyyn	23
4. Siikakannat muutoksessa	24
4.1. Muutostrendit.....	24
4.1.1. Sukukypsien siikojen ikäkohtaisen koon lasku jokisaaliissa	24
4.1.2. Siikojen koon muutokset merisaaliissa	24
4.1.3. Ikäryhmäkohtaisen keskikoon alueelliset erot.....	25
4.1.4. Verkon solmuvälimuutos ja kasvu.....	26
4.1.5. Vanhojen naaraiden ja koiraiden kokoeron kaventuminen	26
4.1.6. Pyynti-ian lasku tarkastelujakson aikana	26
4.1.7. Hylkeiden vaikutus verkon silmäkokosäätelyn tehokkuuteen	27
5. Johtopäätökset.....	28
5.1. Mahdollisuudet siikakantojen tilanteen parantamiseksi.....	29
5.1.1. Verkon solmuvälisäätelyn tarkastaminen ja kantojen seuranta	29
5.1.2. Mädin hankintapyyntissä käytettävien emokalojen valinta.....	30
5.1.3. Luonnonkudun edistäminen rakennetuissa joissa	30
5.1.4. Hylkeet ja siikakantojen säätelymahdollisuudet.....	30
Viitteet.....	32
Liitteet	36

1. Johdanto

1.1. Pohjanlahden siikakantojen tila

Rannikkoalueen siikasaaliit ovat romahtaneet viime vuosikymmenien aikana. Luonnonvarakeskuksen tilastoissa rannikkoalueen vuotuinen kaupallisen kalastuksen siikasaalis on ollut enimmillään 1 540 tonnia vuonna 1991, mutta vuonna 2018 saalis oli enää 399 tonnia. Vapaa-ajankalastuksen tilastoinnissa siikasaaliit ovat vaihtelevia ja joka toinen vuosi tehtävässä tiedustelussa ne ovat vaihdelleet 339–1 194 tonnien välillä jaksolla 2010–2016. Kaupallisen kalastuksen saaliista suurin osa kalastetaan Selkä- ja Perämereltä ja tärkein pyyntiväline on verkko. Myös vapaa-ajankalastuksessa suurin osa sioista saadaan verkoilla. Merialueen kaupallisten kalastajien määrä on jaksolla 1998–2017 puolittunut, mikä voi olla osasy ssaaliiden pienenemiseen. Kalastajien määrän vähenemiseen puolestaan vaikuttaa pyynnin heikentynyt kannattavuus ja pyynnin vaikeutuminen runsaan hyljekannan vuoksi (Svels ym. 2019).

Pohjanlahden siikasaalis koostuu pääosin kahdesta siikamuodosta, jokeen kudulle nousevasta vaellussiasta sekä merikutuisesta siiasta (Lehtonen 1981; Olsson ym. 2012). Molemmilla siikamuodoilla on perinnöllisesti erilaistuneita kantoja (Säisä ym. 2008; Koljonen ym. 2019). Alkuperäinen vaellussiikakantojen monimuotoisuus sekä jokien välillä että jokikohtaisten kuturyhmien eroissa on kuitenkin pitkälti menetetty jokien rakentamisen ja kantojen sekoittumiseen johtaneen istutustoiminnan myötä (Koljonen ym. 2019). Perämeren joissa kuteva vaellussiika tekee yleensä syönnösvaelluksen Pohjanlahden eteläosaan (Leskelä ym. 2004), mutta osa vaellussioista jää Perämerelle syönnöstämään (Hägerstrand ym. 2016). Perämerellä syönnöstäneiden vaellussiikojen kasvu on huomattavasti hitaampi kuin pitemmän syönnösvaelluksen tekevilla sioilla (Hägerstrand ym. 2016). Merikutuisen karisiian syönnösvaellus voi olla hyvinkin rajoittunut lähelle lisääntymisaluetta (Lehtonen & Himberg 1992), toisaalta osa kannoista käyttäytyy vaellussiian tavoin ja syönnöstää eteläisemmällä merialueilla (Koljonen ym. 2019; Luke, julkaisematon merkintäaineisto). Pidemmän syönnösvaelluksen tehneiden siikojen nopeampi kasvu johtuu pidemmästä kasvukaudesta ja toisaalta myös runsaammista ravintovaroista eteläisemmällä Pohjanlahdella. Myös Pohjanlahden paikalliset siikakannat kasvavat sitä nopeammin, mitä eteläisemmästä siikakannasta on kysymys. Merenkurkun eteläpuolisilla merialueilla niiden kasvunopeus on lähes yhtä hyvä kuin vaellussiikojen (Lehtonen 1981, Kallio-Nyberg ym. 2019).

Lähes kaikki vaellussiikakannat Tornionjoen siikaa lukuun ottamatta ovat joko kokonaan istutusten varassa tai niitä tuetaan istutuksin. Luonnonvaraiset vaellus- ja karisiikakannat ovat heikentyneet jokien patoamisen ja lisääntymisaluiden vähenemisen johdosta (Kallio-Nyberg & Koljonen 1988; Larsson ym. 2013; Veneranta 2013a). Poikastuotannon menetyksiä kompensoidaan istuttamalla siian poikasia joko vastakuoriutuneina tai kesänvanhoina poikasina (Jokikokko & Huhmarniemi 2014; ICES 2018). Istutetut siiat ovat pääosin vaellussiikaa (Leskelä ym. 2004), merikutuista siikaa istutetaan pienehköjä määriä lähinnä Merenkurkussa ja Saaristomerellä. Verrattuna 1980- ja 1990-lukuun istutusmäärät ovat vähentyneet, koska paikallisia luonnonravintolammikkoviljelyyn perustuvia istutuksia toteutetaan nykyään huomattavasti vähemmän kuin aiemmin ja istutuksista Tornionjokeen on luovuttu. Tarkkojen istutusmäärien arviointi rannikkoalueella on kuitenkin hankalaa eri vuosikymmeninä vallinneiden vaihtelevien kirjaamiskäytäntöjen vuoksi. Nykyisellään Suomen rannikkoalueelle istutetaan vuosittain noin 8 miljoonaa kesänvanhaa sekä arviolta noin 30 miljoonaa vastakuoriutunutta siianpoikasta (ICES 2018). Valtaosa siianpoikasista istutetaan Perämerelle, suurimmat yksittäiset istutukset tehdään Kemi- ja Iijoen velvoitehoitoon liittyen, yhteensä 4,4 miljoonaa yksikesäistä poikasta vuosittain. Parinkymmenen vuoden takaisten tutkimusten mukaan siikaistutukset tuottavat Perämerellä muutamien kymmenien kilojen saaliin tuhatta kesänvanhaa istukasta kohden, ja tuotto kasvaa pohjoisesta etelään päin mentäessä (Leskelä ym. 2009). Värimerkintöjen perusteella merialueelle istutetut vaellussiiat hakeutuvat kudulle istutuspaikan läheisyydessä sijaitseviin jokiin (Leskelä 2015).

Merenkurkun eteläpuolisilla merialueilla esiintyvän merikutuisen siian tilanne on huonontunut pääasiassa ympäristöolojen heikentymisen vuoksi (Veneranta ym. 2013a, 2013b). Merikutuisella siialla on kaupalliselle kalastukselle lähinnä paikallista merkitystä niillä alueilla, joilla on vahvoja kutevia kantoja. Toisaalta, jos luontainen lisääntyminen toimisi kuten aiemmin, merikutuisia kantoja voitaisiin hyödyntää nykyistä enemmän ja silti kestävästi. Vielä 1980-luvulla Selkämerellä siikasaalista noin puolet on ollut merikutuista siikaa (Lehtonen 1981).

Siikasaaliiden heikentyminen, siikojen ikäryhmäkohtaisen keskikoon pienentyminen ja jokiin kudulle nousevien siikojen määrän väheneminen on herättänyt huolta ja keskustelua siikakantojen tilasta jo 1990-luvulla alkaneesta siikasaaliiden pienemisestä lähtien. Aiemmin siiankalastuksen säätelyä ja erityisesti nuorten vaellussiikojen kalastuksen rajoittamista on pidetty keinona kasvattaa siikasaaliita ja kasvattaa istutusten tuottoisuutta (Heikinheimo & Mikkola 2004; Jokikokko ym. 2005). Vaellussiian kohdalla säätelypäätökset vaikuttavat saaliin jakautumiseen eri kalastajaryhmien ja eri rannikon osien kesken, mikä lienee ollut yksi syy siihen, ettei yksimielisyyttä säätelytarpeesta ja säätelyn keinoista ole ollut helppoa saavuttaa.

1.2. Merialueen siiankalastuksen säätely

Siikakantojen tila ja siiankalastus on muuttunut paljon Pohjanlahdella sitten Hurmeen (1966) ja Lehtosen (1981) tutkimusten. Muutokset ovat seurausta sekä kalastuksen muutoksista että siian elinympäristömuutoksista (Urho 2011; Veneranta ym. 2013a). Siiankalastuksen ja siikakannan muutosta voi hahmottaa esimerkiksi yleisesti käytettyjen pyyntivälineiden kautta. Pohjanmaan Kalastusvakuutusyhdistyksessä vuonna 1964 vaellussiian kalastukseen vakuutettujen verkkojen solmuvälin keskiarvo oli 48 mm (Anonyymi 1964). Merenkurkussa siiankalastuksessa yleisin käytetty verkon solmuväli on ollut 1980-luvulla 40–45 mm (Anonyymi 1980). Tyypillisesti merikutuisen siian pyynnissä on käytetty kalan pienemmän koon takia tiheitä verkkoja ja erityisesti loppukesästä ja syysaikaan tapahtuvassa vaellussiian pyynnissä harvempia, 45–60 mm verkkoja merialueesta riippuen (Anonyymi 1980). Aiemmin, 1970–1990-luvuilla vaellussiikaa kalastettiin mereltä myös ajoverkoilla huomattavissa määrin, mutta niiden käyttö kiellettiin Itämerellä vuonna 2008. Huolimatta viime vuosina vähentyneestä pyynnistä, merialueen siikasaalis on jo vuosien ajan koostunut pääosin siiosta, jotka eivät ole saavuttaneet sukukypsyyttä. Vuonna 2010 vaellussiika luokiteltiin Suomessa erittäin uhanalaiseksi perustuen Urhon ym. (2010) esittämiin kriteereihin. Luokitus on säilynyt tuoreimmassa (Urho ym. 2019) uhanalaisuusarvioinnissa aiemman kaltaisena, koska muutoksia vaellussiian tilanteessa ei ole tapahtunut.

Vielä vuoden 1982 kalastusasetuksessa merestä pyydetyn siian alamitta oli 25 cm. Alamitan lisäksi käytössä on ollut paikallisia rauhoitusaikoja ja verkkojen solmuvälirajoituksia. Vuonna 2013 merialueen siiankalastusta alettiin säädellä valtioneuvoston asetuksella (451/2013) siten, että pohjaverkkojen solmuvälin tulee rannikkoalueen siiankalastuksessa olla vähintään 43 mm. Poikkeuksena tähän Merenkurkussa sallittiin 40 mm ja Perämerellä alueesta riippuen 27–35 mm solmuvälisen pohjaverkkojen käyttö, jotta paikallisena pidettyjen merikutuisten siikojen kalastus olisi mahdollista. Solmuvälikoon säätelyn tarkoituksena oli vähentää nuorten vaellussiikojen osuutta saaliissa sekä lisätä kudulle selviytyvien siikojen määrää. Samalla siian pyynti syksyllä syyskuun alusta marraskuun loppuun saakka kiellettiin mereen laskevissa joissa ja puroissa poislukien rajoitettu mahdollisuus kalastaa käsivälineillä, kuten lipolla. Ruotsissa mereisten siikakantojen on myös havaittu heikentyneen Selkämerellä ja sen eteläpuolisilla merialueilla. Vuonna 2011 laajahko alue Selkämerellä Ruotsin rannikolla rauhoitettiin kokonaan kalastukselta ja täysrauhoituksen jälkeen vuonna 2016 siikasaaliiden alueella arvioitiin parantuneen (Florin ym. 2016; Bostedt ym. 2020). Nykyisellään alueella on käytössä kuturauhoitus siian kudun aikaan.

Kalastuksen ja sen säätelyn ohella myös ympäristö muuttuu. Suomen rannikkoalueet ovat rehevöityneet, mikä vaikuttaa merikutuisen siian lisääntymisedellytyksiin heikentävästi (Veneranta ym. 2013a

ja 2013b). Ilmaston lämpenemisen johdosta myös Itämeri on muuttunut lämpimämmäksi (Mackenzie ym. 2007; BACC II Author team 2015). Jokaisella eläimellä, kaloillakin on tietty optimilämpötila elinkierron eri vaiheissa ja lämpötilan noustessa ilmastomuutosten vuoksi on vaikea ennustaa miten eri kalalajit kykenevät sopeutuvaan uusiin olosuhteisiin. (Daufresne ym. 2009; Munday ym. 2013). Ympäristön lämpötilamuutosten vaikutus voidaan havaita vaelluskäyttäytymisen tai kasvun muutoksina. Esimerkiksi aikaisempi kevät on kytketty aikaisempaan lohen vaelluspoikasvaellukseen (Otero ym. 2014; Jokikokko ym. 2016) ja lämpötilan nousu on kytketty Pohjanlahden siian nopeutuneeseen kasvuun (Kallio-Nyberg ym. 2019).

Itämeren harmaahylkeiden ja norppien määrä on 1980-luvulta alkaen moninkertaistunut. Hylkeiden runsastuminen vaikuttaa niin kalastajien toimintaan (Svels ym. 2019) kuin myös siikojen luonnolliseen kuolevuuteen. Hyvin karkea arvio hylkeiden ravinnokseen käyttämästä siian määrästä on, että niiden syömä siian määrä vastaa vähintään kaupallisen pyynnin saalismäärää (Hansson ym. 2017).

1.3. Säätelyn vaikutusten selvittäminen

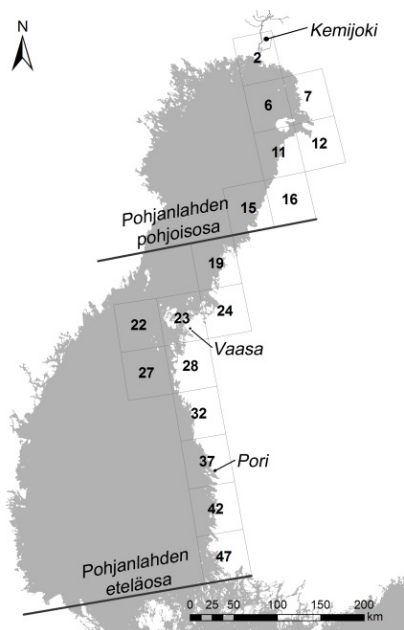
Työssä selvitetään vuonna 2013 alkaneen verkkokalastuksen säätelyn vaikutusta siian kasvuun ja ikäjakaumaan. Aineistoina oli siian kaupallisen kalastuksen saaliista Pohjanlahdelta vuosilta 1998–2017 ja Kemijoen mädinhankintapyynnin saaliista vuosilta 1981–2017 otetut siikanäytteet, joista oli määritetty siikojen ikä, pituus, paino, sukupuoli ja sukukypsyys sekä siivilähampaiden lukumäärä. Vaellussiikojen kasvua tutkittiin suhteessa vuosiluokkajaksoihin eli siikojen syntymävuosiin (1995–1999, 2000–2004, 2005–2009 ja 2010–2012 syntyneet siiat), siian ikään ja pyyntipaikkaan. Vuosiluokkajakson 2010–2012 neljä-, viisi- ja kuusivuotiaat siiat oli pyydetty aikana, jolloin verkon solmuvälirajoitukset olivat voimassa. Lisäksi arvioitiin pyyntikokoa Pohjanlahden eri alueilla, ikäjakaumaa, sukupuolten kasvueroja ja sukupuolijakaumaa. Kemijoesta pyydetty vaellussiiat olivat kudulle saapuvia siikoja. Niiden kasvu- ja ikämuutokset kertovat muutoksista kutupopulaation rakenteessa.

Aikaisempi tutkimus vuosien 1998–2014 saaliista, ennen verkon solmuvälimuutosta, osoitti että nuorten siikojen kasvu oli nopeutunut ja vanhojen siikojen kasvu oli hidastunut (Kallio-Nyberg ym. 2019). Koska kalastusmuutosten lisäksi veden lämpötila on noussut Itämeressä, analysoitiin vuosittaisen ilman lämpötilan ja kasvun yhteyttä.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Meri- ja jokisaalis

Molempien siikamuotojen, vaellussiian ja merikutuisen karisiian lisääntymis- ja syönnösalueita on sekä Perämerellä että Selkämerellä (Larsson ym. 2013; Veneranta ym. 2013a; Koljonen ym. 2019). Näytteet ammattikalastajien siikasaaliista kerättiin Pohjanlahdelta Suomen rannikolta vuosina 1998–2017. Siian saalisnäytteiden kerääminen oli osa EU:n rahoittamaa kalatalouden tiedonkeruuta, joka aloitettiin vuonna 1998. Saaliit kerättiin kattavasti tärkeimmiltä siian kalastusalueilta Pohjanlahden rannikolta. Aikaisemmat tutkimukset osoittivat, että vuosina 1998–2014 kerätyt näytteet olivat ajallisesti ja alueellisesti edustava otos kaupallisesta merikalastuksesta (Kallio-Nyberg ym. 2018; Kallio-Nyberg ym. 2019). Saalisaineisto käsiteltiin Luonnonvarakeskuksessa osana kalatalouden EU-tiedonkeruuhjelmaa. Kaloista mitattiin pituus, paino, sukukypsyyssaste ja niiden ikä sekä siivilähhammasluku määritettiin. Vaellussiikojen mediaani siivilähhammasluku oli 29 (keskiarvo = 29,6; SD = 2,1; mediaani = 29, kvartiilit 28 ja 31, n = 15043). Sukukypsyys määritettiin kolmeen luokkaan, nuori kala, kypsytävä ja sukukypsä. Suurin osa (70 %) tutkituista vaellussiioista oli kypsytäviä tai sukukypsiä. Siika kutee Pohjanlahdella lokamarraskuussa (Veneranta ym. 2013b, Hudd ym. 2013; Veneranta ja Harjunpää 2017), joten käytännössä syksyn kutuun valmistautuvat siikat ovat jo keväällä sukukypsytäviä. Kalastajat ilmoittivat pyyntiajan ja -paikan sekä käytetyn pyydyksen näytteiden keruun yhteydessä. Aineisto jaettiin pyyntipaikan perusteella kahteen alueeseen; Pohjanlahden pohjoisosaan Perämerellä, pyyntiruudut 2–16 (66°N–64°N) ja Pohjanlahden eteläosaan, pyyntiruudut 19–47 (64°N–60°30'N) (Kuva 1). Lisäksi Perämeren siikasaaliita analysoitiin erikseen Suomen puoleisilta ruuduilla 2–7 (66°N–65°N) ja ruuduilla 11–16 (65°N–64°N) (Kuva 1).



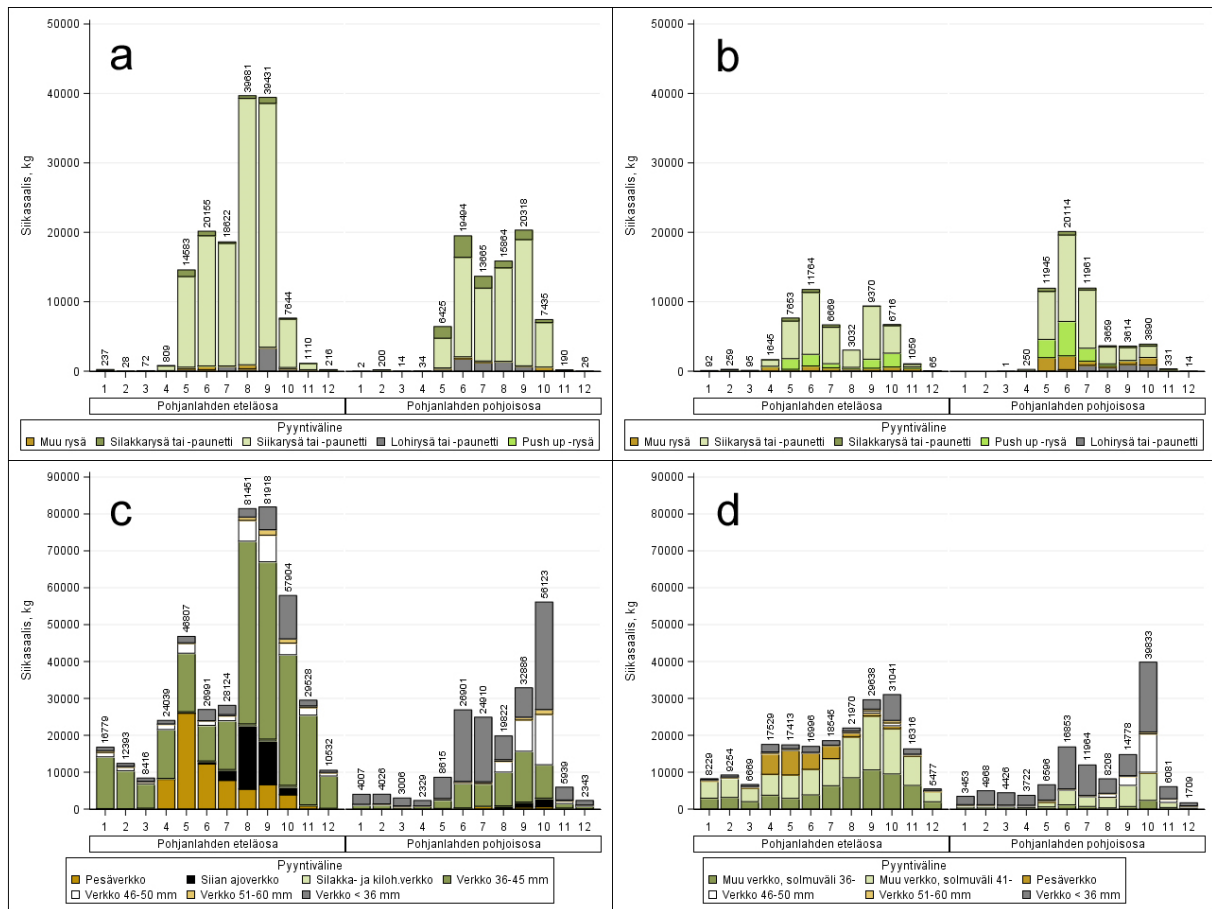
Kuva 1. Pohjanlahti ICES pyyntiruutuineen. Pohjanlahden rannikon alueet, joista merisaalis on kerätty vuosina 1998–2017. Ruudut ovat ICES ruutuja, joiden mukaan saaliit on luokiteltu alueellisesti. Ruudut 2–16 ovat tutkimuksessa Pohjanlahden pohjoisosa ja ruudut 19–47 ovat Pohjanlahden eteläosa. Jokisaalis on kerätty vuosina 1981–2017 Kemijoesta. Lämpötila on mitattu Vaasan mittauspisteestä (ilmatieteenlaitos)

Otoskoko oli kaikkiaan 7 057 vaellussiikaa pohjoiselta alueelta ja 13 578 vaellussiikaa eteläiseltä alueelta, joiden ikä ja pituus oli määritetty. EU-tiedonkeruuhankkeen saalisaineiston vaellussiioista oli pyydetty Perämerellä puolet rysillä ja puolet verkoilla, mutta Pohjanlahden eteläosassa siioista oli pyydetty verkoilla 80 % ja vastaavasti 20 % rysillä. Tärkeimmät kalastuskuukaudet olivat elokuu (18 %) ja syyskuu (27 %) etelässä, ja kesäkuu (17 %) ja syyskuu (37 %) Pohjanlahden pohjoisosassa.

Kutukantanäytteenä käytetyt Kemijoen vaellussiiat oli pyydetty verkoilla vuosina 1981–2017 alimman padon (Isohaara; 65°46'N; 24°26'E) alapuolelta, kun sukukypsät siiat palaavat syksyllä jokeen kutemaan. Pyynnissä verkon solmuväli on 45–50 mm. Kemijoen siikojen siivilähammaslukujen mediaani oli 29 [(28–31), otos = 8768]. Iänmääritys oli tehty 1980- ja 1990-luvulla suomusta, vuosien 2000–2009 aikana operculum-luusta ja vuosien 2010–2017 aikana otoliitistä. Koska vuosien 2000–2009 ikämääritykset saattavat olla poikkeavia määrittystavan vuoksi, analysoitiin vaellussiian kasvutrendejä vain vuosien 1981–1999 ja 2010–2017 aineistoista.

2.2. Pohjanlahden verkkokalastus ja verkon solmuväli

Suurin osa siioista Pohjanlahdella pyydetään verkoilla (Anonyymi 2019). Verkkokalastuksessa tärkeimmät pyyntikuukaudet koko Pohjanlahdella ovat syys-lokakuu, mutta Pohjanlahden eteläosassa pyynti jaksoittuu nykyään (2014–2017) elo-, syys- ja lokakuun ajalle (Kuva 2), jolloin pyyntiä toteutetaan tilastoinnin 36–40 mm ja 41–45 mm silmäkoon verkoilla. Aiemmalla tarkastelujaksolla (1998–2002) verkopyynnin huippu kohdentui pääasiassa toukokuulle. Pääosa syksyn siikasaaliista pyydettiin ennen eteläisen Pohjanlahden alueella siikarysillä tai -pauneteilla. Pohjanlahden pohjoisosassa merkittävä osa siiaista pyydetään pienillä, alle 36 mm verkoilla varsinkin kesä- ja lokakuussa. Pohjanlahden eteläosassa vastaavaa pyyntiä on lähinnä Merenkurkun pohjoispuolisella alueella lokakuussa, merikutuisen siian kudun aikaan. Osittain siiat jäävät saaliiksi ahvenen pyynnin sivutuotteena, jolloin verkon silmäkoko voi olla pienempi kuin asetuksessa säädetty 40 mm Merenkurkussa.



Kuva 2. Rannikkoalueen siikasaaliiden ajoittuminen kuukausittain Pohjanlahden etelä- ja pohjoisosassa rysäpyynnissä kausina a) 1998–2002 ja b) 2014–2017 sekä vastaavasti verkkopyynnissä c) 1998–2002 ja d) 2014–2017 kaupallisen kalastuksen tilastoissa käytettävällä pyydysjaottelulla. Huomaa eri kuvissa a–d poikkeava y-akselin skaala. Ajoverkkojalastus kiellettiin vuonna 2008.

Siiankalastuksessa verkko on valikoiva kalan koon suhteen (Heikinheimo & Mikkola 2004; Kallio-Nyberg ym. 2019). Verkon solmuvälin kasvaessa saaliisin koko kasvaa, mutta myös sukukypsyyssaste vaikuttaa saaliskalan kokoon. Keskimäärin saaliiksi saadun vaellussiian pituus kasvoi 3,2 cm, kun verkon solmuväli kasvoi 5 mm (Kallio-Nyberg ym. 2019). Pohjanlahden pohjoisosassa vuosina 1998–2014 40 mm solmuvälisellä verkolla pyydetty vaellussiikakoiraat olivat keskimäärin 36,7 cm pituisia (Kallio-Nyberg ym. 2019). Tutkimus merisaalisaineistosta osoitti, että kaupallisessa vaellussiian verkkokalastuksessa käytetty verkon solmuväli oli kasvanut ajanjaksolla 1998–2014 (Kallio-Nyberg ym. 2019). Silmäkoon kasvun taustalla on Perämerellä vähentynyt merikutuisen karisiian pyynti. Pienisilmäisillä verkoilla tapahtuvassa karisiian kalastuksessa, varsinkin mikäli se tapahtuu kutuajan ulkopuolella jää jonkin verran saaliiksi myös nuoria vaellusiikoja. Perämeren alueella pienisilmäisiä (<36 mm) verkkoja käytetään varsin yleisesti siian pyynnissä myös muina aikoina kuin lokakuussa kutupyynnin yhteydessä (kuva 2). Pohjanlahden pohjoisosassa pienisilmäisillä verkoilla kalastetaan ja saadaan saaliista myös kesä- ja heinäkuussa, vaikkakin saalismäärät ovat aiemmasta tarkastelujaksosta 1998–2002 heikentyneet huomattavasti jaksolle 2014–2017.

Rysäkalastuksessa pyynti keskittyy Pohjanlahden eteläosassa touko- ja kesäkuulle ja Pohjanlahden pohjoisosassa touko-, kesä- ja heinäkuulle (Kuva 2). Suurin osa sioista saadaan siikarysillä tai paunetilla. Merenkurkun eteläpuolisella alueella, lähinnä Selkämerellä siikaa kalastetaan jonkun verran myös push up -rysillä, joissa hyljevahinkojen määrä jää pienemmäksi kuin perinteisissä pauneteissa ja rysissä. Perämerellä siikoja saadaan myös lohenkalastuksen yhteydessä kesäkuukausina. Siian rysäsaaliiden painottuminen touko-heinäkuulle Pohjanlahden pohjoisosassa liittyykin osaltaan lohenpyyntiin.

2.3. Aineiston käsittely

Vaellussiian kasvua arvioitiin Pohjanlahden ja Kemijoen saalisaineistosta soveltamalla lineaarista regressiota, jossa kalan logaritimuunnettu kokonaispituus oli vastemuuttuja. Selittävinä muuttujina olivat vuosiluokkajaksot (luokkamuuttuja; 1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012), merialue (luokkamuuttuja; ICES ruudut: pohjoisosa 2–16 ja eteläosa 19–47) sekä kalojen ikä (jatkuva muuttuja; 4–6 vuotta). Kuvassa 1 on esitetty ruudut, joista saalisaineistoa oli saatavilla. Kasvumallissa oli mukana 3-, 4-, 5- ja 6-vuotiaat siiat. Saalisaineiston ICES ruuduista 19–47 on mukana verkoilla pyydytetyt vaellussiiat, koska suurin osa (80 %) alueen sioista oli pyydytty verkoilla. Naaraiden ja koiraiden kasvu arvioitiin erikseen. Aineiston perusteella arvioitiin verkon solmuvälimuutoksen vaikutusta kasvuun eri vuosiluokkajaksolla; 1995–1999; 2000–2004 sekä 2005–2009 oli pyydytty ennen solmuvälimuutosta ja vuosiluokka 2010–2012 muutosten jälkeen. Vaellussiian pituusjakauman vinoutta ja normaalisuutta arvioitiin verkkosaaliista. Pituusjakaumien eroja vuosiluokkien ja merialueiden välillä testattiin ikäkohtaisesti (4, 5, 6 vuotta) Kolmogorov-Smirnov -testillä. Seuraavaksi arvioitiin saaliskokoon muutostrendejä vuosiluokkajaksolta toiselle (1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012) Pohjanlahden eri osissa (ruudut 2–16 ja 19–47 tai ruudut 2–7 ja 11–16) soveltaen lineaarista regressiota tai χ^2 -testiä. Aineistona oli rysä- ja verkkosaalis, koska puolet saaliista oli pyydytty verkoilla ja puolet rysillä. Sukukypsien naaraiden ja koiraiden pituuskasvun eroja analysoitiin käyttäen ruutujen 2–16 saalisaineistoa ja soveltamalla lineaarista regressiota ja χ^2 -testiä. Vuodenaikainen (kevät: maaliskuu–toukokuu; kesä: kesä–elokuu; syys: syys–marraskuu) sukupuolijakauman eroja testattiin käyttäen χ^2 -testiä.

Kemijoesta pyydyttyjen vaellussiikojen kasvutrendiä tarkasteltiin käyttäen vuosien 1981–1999 ja 2011–2017 saalisaineistoa ja soveltaen lineaarista regressiota, jossa logaritimuunnettu pituus on vastemuuttujana. Pyyntivuosi ja ikä (5, 6 tai 7 vuotta) olivat selittävinä muuttujina. Jokiaineisto kertoo parhaiten muutokset kutupopulaatioissa, koska saaliissa on vain kutukalaa. Ikäjakamia meri- ja jokisaaliissa verrattiin käyttäen χ^2 -testiä. Kasvun ja ympäristön lämpötilan yhteyttä analysoitiin soveltamalla lineaarista regressiota, jossa vasteena oli vuosiluokkien 1995–2012 neljä- tai viisivuotiaiden logaritimuunnettu saalispituus ja selittäjinä merialue (luokiteltu muuttuja: ruudut 2–16 ja 19–47) ja vuosittainen pyyntivuoden kevään lämpötila Vaasan alueella (Ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961). Mallit tehtiin erikseen naaraille ja koiraille.

2.4. Arvio hylkeen vaikutuksesta siikakantoihin

Siikaistutusten tuottoa ja optimaalista verkon silmäkokoa tarkasteltiin Jokikokkon ym. (2005) tutkimuksessa Y/R-laskelmalla (Ricker 1975). Samalla tapaa laskien voidaan arvioida myös kohonneen luonnollisen kuolevuuden vaikutusta siikakantojen tuottoon eri kalastuskuolevuuksien tasoilla, kun lähtöarvojen perustana käytetään saatavilla olevaa kirjallisuutta. Hansson ym. (2017) esittivät, että hylkeiden (ml. norpat) osuus Itämerestä pyydytystä siikasta on 58 %, kalastuksen 40 % ja lintujen 3 %. Merialueiden välillä on vaihtelua siten, että Ahvenanmaan edustalla hylkeen osuus on suurin, 4,3 kertaa enemmän kuin mitä kalastettu saalis, Selkämerellä vähäisempi, 1,5 kertaa kalastuksen määrä ja Perämerellä vähäisin, 0,5 kertaa kalastuksen määrä. Hanssonin ym. (2017) luvut perustuvat vuoden 2010 kalastukseen ja hylkeiden määrän arvioon. Hyljekannan kasvu on ollut nopeaa, ja nykytilanteessa esimerkiksi koko Itämeren hallin laskentakanta on noin kolmanneksen suurempi kuin vuonna 2010 (Luonnonvarakeskus 2019a). Norpan laskentakannassa on huomattavaa vaihtelua, mutta sen kasvunopeus on ollut noin viisi prosenttia vuodessa ja kannan pääesiintymisalue painottuu Perämerelle (Luonnonvarakeskus 2019a). Hylje käyttää ravinnokseen myös siikaa, ja Lundströmin (2010) sekä Tverinin (2019) arvion mukaan siian osuus ravinnossa voi olla > 10 % ja sitä esiintyy usein ravintokohteena. Hylkeen käyttämän siian kokoluokka on vain hieman pienempi kuin kalastajien tavoittelema vaellussiian kokoluokka (> 450 g, Jokikokko ym. 2005). Siten voidaan arvioida, että hylkeellä on merkittävä vaikutus siian luonnolliseen kuolevuuteen rannikkoalueella.

Leskelän (2004) arvion mukaan siian kalastuskuolevuus rannikolla on vielä 1990-luvulla ollut noin 1, mutta tuolloin rannikkoalueella siianpyynti on ollut erittäin aktiivista ja vuotuiset saaliit suurimmillaan (Anonyymi 2019). Nykyään siikasaaliit ovat noin kolmannes huippuvuosista ja myös siikaa kalastavien kaupallisten kalastajien määrä on vähentynyt huomattavasti. Siten voidaan otaksua, että kalastuskuolevuus on vähäisempi kuin aiemmissa selvityksissä.

Rannikkoalueen vaellussiian luonnollista kuolevuutta on tutkittu vähän, mutta kirjallisuuteen perustuen voidaan arvioida todennäköisin arvo. Luonnolliseen kuolevuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat petojen, kuten kalojen, hylkeiden tai lintujen vaikutus sekä esimerkiksi taudit ja loiset. Hanssonin ym. 2017 tutkimuksen perusteella voidaan arvioida karkeasti, että luonnollinen kuolevuus hylkeiden vuoksi on vähintään kaksinkertainen verrattuna tilanteeseen, jossa hylkeitä on vähän. Jokikokon ym. (2005) tutkimuksessa luonnollisen kuolevuuden arvoina käytettiin 0,1 kaksivuotiaille ja vanhemmille siioille. Vastaavasti Yhdysvalloissa, Suurten järvien alueella Ebener ym. (2009) arvioivat luonnollisen kuolevuuden arvoiksi 0,35–0,6, mutta mukana on mahdollinen merinahkiaisen aiheuttama kuolleisuus. Luonnollinen kuolevuus on suurinta kalojen varhaisvaiheessa ja nuorilla ikäluokilla. Tässä yhteydessä luonnollisen kuolevuuden arvoksi asetettiin 1 istutusvuoden poikasille ja 0,6 yksivuotiaille. Ilman hylkeitä luonnollinen kuolevuus oli 0,3 kaksivuotiaille sekä vanhemmille siioille ja hyljetilanteessa kaksinkertainen (Taulukko 1).

Taulukko 1. Y/R-mallin laskentatiedot. Keskipaino on laskettu kunkin ikäryhmän naaraille ja koiraille EU-tiedonkeruun näytesiikojen perusteella, luonnollisen kuolevuuden arvio hylkeillä ja ilman hylkeitä on selostettu tekstissä, siiaista maksettava peratun kalan hinta ja kalastuskuolevuuden korjauskerroin siian koon mukaan on kuvattu Jokikokko ym. 2005 tutkimuksessa.

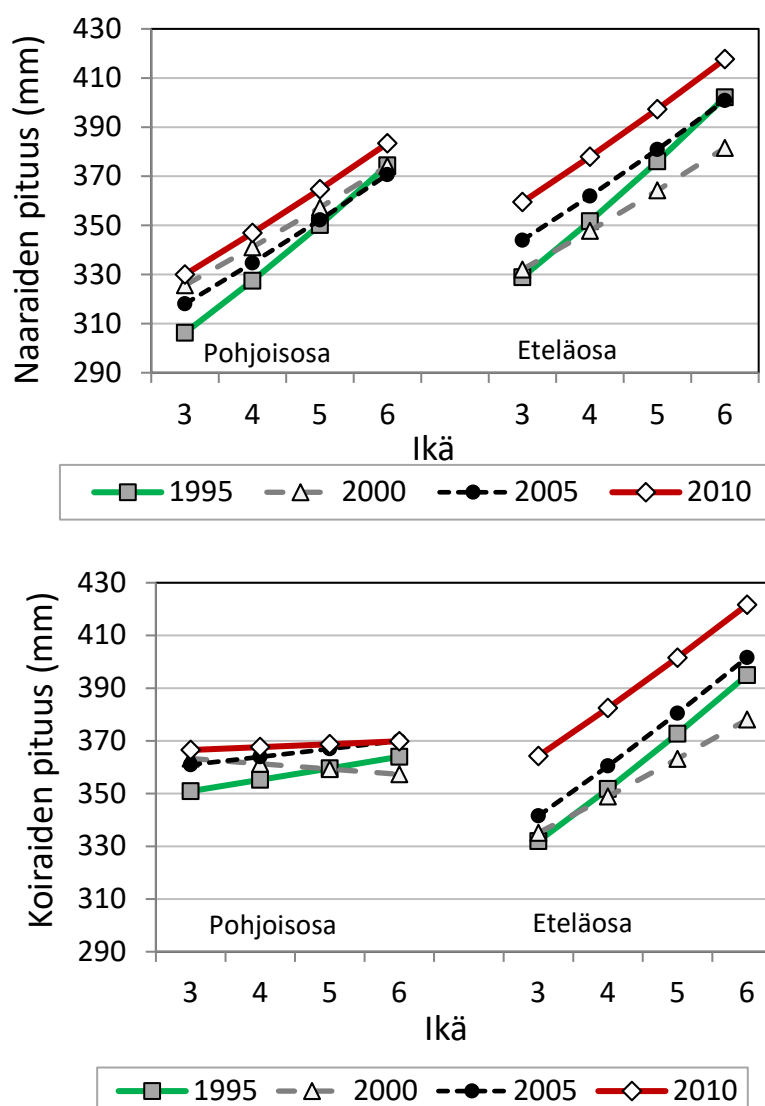
Ikä	Paino (g)	Luonnollinen kuolevuus, hylkeet	Luonnollinen kuolevuus, ei hylkeitä	Hinta, e/kg*	F kerroin
0	0,01	1,00	1,00	0,00	0,00
1	0,02	0,60	0,60	0,00	0,01
2	0,221	0,60	0,30	3,25	0,35
3	0,357	0,60	0,30	4,94	0,80
4	0,438	0,60	0,30	5,78	1,00
5	0,487	0,60	0,30	5,78	1,00
6	0,51	0,60	0,30	5,78	1,00
7	0,52	0,60	0,30	5,78	1,00
8	0,536	0,60	0,30	5,78	1,00
9	0,78	0,60	0,30	5,78	1,00
10	0,83	0,60	0,30	5,78	1,00
11	0,88	0,60	0,30	6,22	1,00
12	0,93	0,60	0,30	6,22	1,00
13	0,98	0,60	0,30	6,22	1,00
14	1,03	0,60	0,30	6,22	1,00
15	1,08	0,60	0,30	6,22	1,00

**hinta perustuu Luonnonvarakeskuksen keräämään kalan tuottajahintatietoon. Vuonna 2018 siiaista maksettava keskimääräinen hinta rannikolla kokoluokittain oli seuraava, I (> 0,8 kg) 6,22 e; II (0,4–0,8 kg) 5,78 e; III (< 0,4 kg) 4,94 e ja IV (< 0,25 kg) 3,25 e.*

3. Tulokset

3.1. Vaellussiian saalispituus eri vuosiluokkajaksoilla

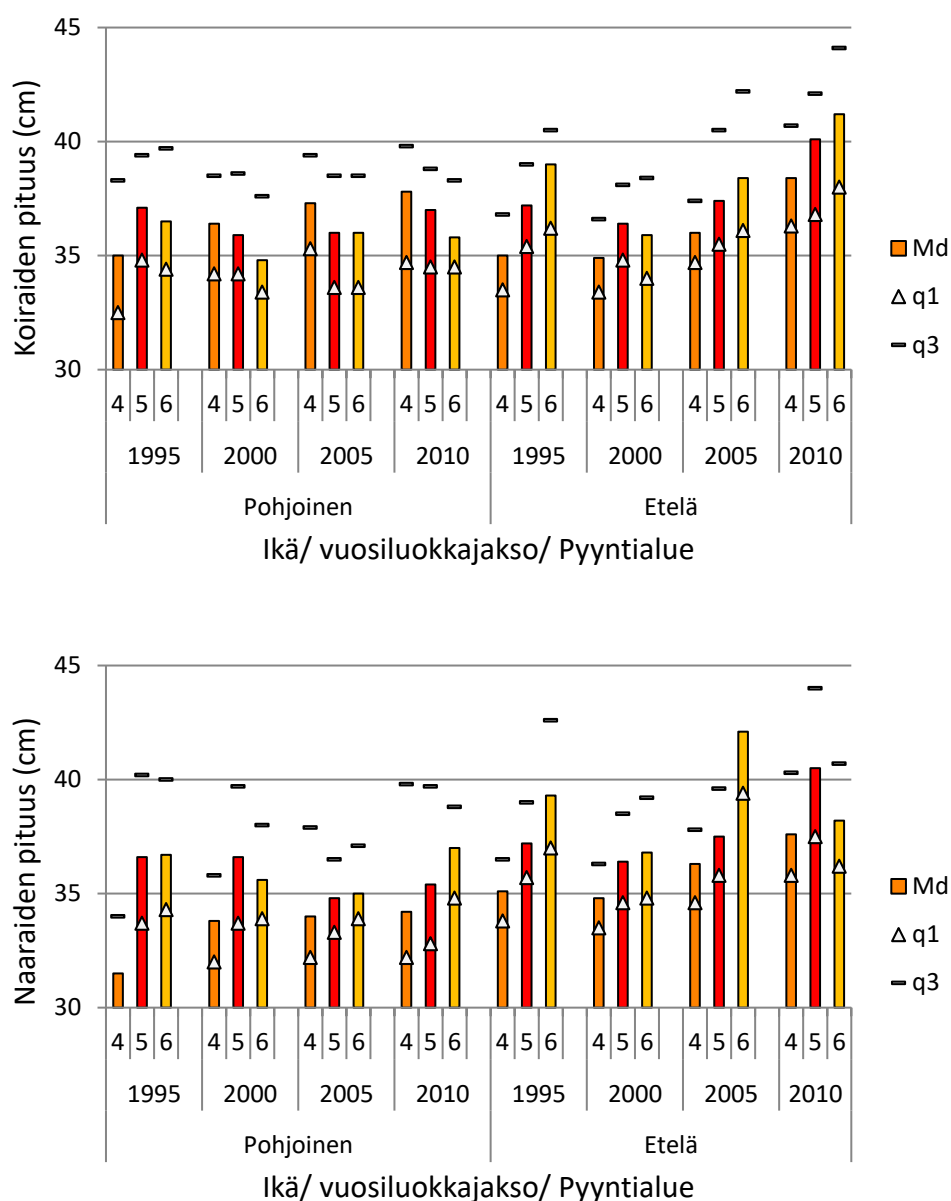
Vaellussiikanaaraiden ennustettu pituus oli erilainen suhteessa kalan ikään (3–6 vuotta) eri vuosiluokkajaksoilla verkkoosaaliissa (vuosiluokat: 1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012; vuorovaikutus vuosiluokan ja iän välillä: $P < 0,001$) (Kuva 3, liitteet: taulukko A.1). Myös ikäkohtaiset mediaanipituudet osoittivat kuten malli (kuva 3), että pyyntipituus nousi verkkojen solmuvälirajoitusten jälkeen. Pyyntipituus nousi etelässä, mutta ei pohjoisessa niissä ikäryhmissä, joista saalis pääasiassa koostui.



Kuva 3. Vaellussiikanaaraiden ja -koiraiden ennustettu pituus vuosiluokkajaksoilla 1995–1999 (= 1995), 2000–2004, 2005–2009 ja 2010–2012 suhteessa ikään (3–6 vuotta meressä) Pohjanlahden pohjois- ja eteläosassa verkkoosaaliissa lineaarisen regressiomallin mukaan (liitteet: taulukko A.1). Vuosiluokkajakso, merialue ja ikä ovat selettäviä muuttujia mallissa. Mallit on tehty erikseen koiraille ja naaraille. Katso vaihtelu Kuva A.1.

Vuosiluokkajakson 2010–2012 neljä- ja viisivuotiaat naaraat (ikä 4: mediaanipituus: 37,6 cm; ikä 5: 40,5 cm) olivat suurempia kuin aikaisemman vuosiluokkajakson 2005–2009 naaraat Pohjanlahden eteläosassa (ruudut 19–47; ikä 4: 36,3 cm; ikä 5: 37,5 cm; Kruskal-Wallis testi: $P < 0,001$), mutta eivät Pohjanlahden pohjoisosassa ikäryhmissä 4–6 (Liitteet: Taulukot A.2; A.3; A.4; A.5) (Kuva 4).

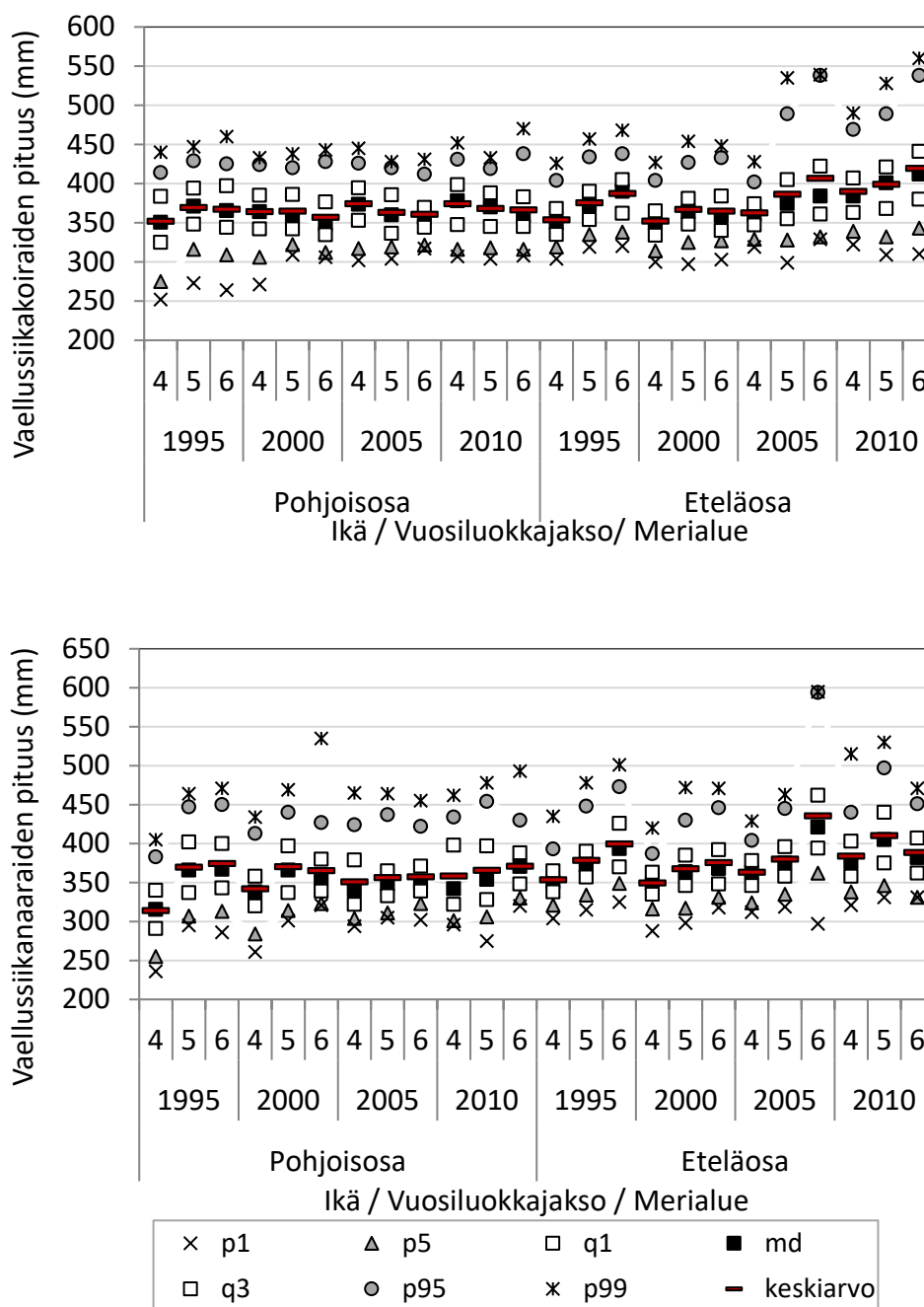
Vuosiluokkajakson 2010–2012 kolme-, neljä-, viisi- ja kuusivuotiaat oli pyydetty sen jälkeen, kun verkkojen solmuvälirajoitukset olivat voimassa vaellussiian pyynnissä.



Kuva 4. Vaellussiikokoiraiden ja -naaraiden mediaanipituus vuosiluokkajaksoilla 1995–1999 (=1995), 2000–2004, 2005–2009 ja 2010–2012 Pohjanlahden pohjois- ja eteläosassa verkkosaaliissa. Kvartiilit on näytetty.

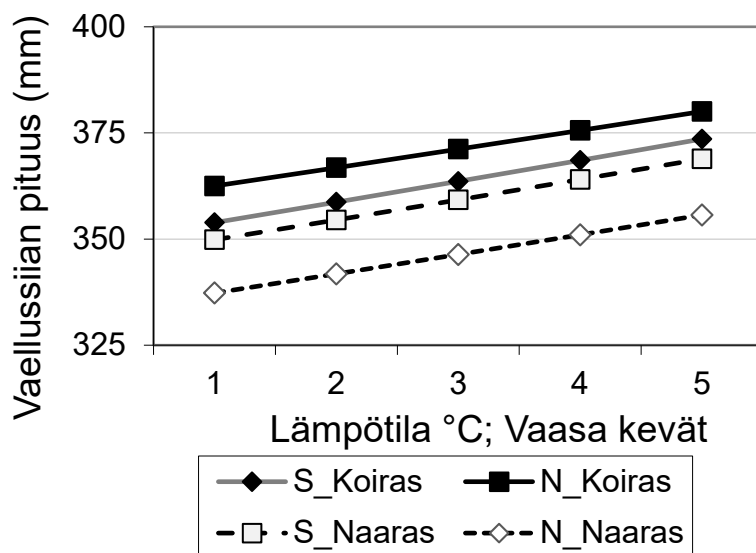
Ensimmäiset nopeakasvuiset vaellussiikat jäivät kalastuksen saaliiksi kolmevuotiaana, joten niiden pituusjakauma ei ole niin voimakkaasti kokoon kohdistuvan kalastuksen muovaama kuin vanhempien ikäryhmien pituusjakaumat. Kolmevuotiaiden pituus kasvoi jaksolta toiselle jo ennen verkon silmäkoon muutosta ja naaraiden sekä koiraiden mediaanipituus oli pienempi vuosiluokkajaksoilla 1995–1999 (naaraat: 32,8 (31,8–34,0) cm; n = 88) kuin jaksolla 2005–2009 (34,3 (33,2–35,4) cm; n = 254) tai jaksolla 2010–2012 (35,3 (33,8–36,7) cm, n = 146) Pohjanlahden eteläosan verkkosaaliissa (Kruskal-Wallis $P < 0,01$ – $P < 0,001$). Vaellussiika pyydettiin noin 40 mm verkoilla Pohjanlahdella etelä- ja pohjoisosassa. Keskimääräinen verkon solmuväli vaellussiian pyynnissä kasvoi säätely päätöksen seurauksena vain vähän (liitteet: taulukko A.6). Vaellussiikokoiraiden ennustettu pyyntipituus suhteessa ikään (3–6 vuotta) oli erilainen Pohjanlahden etelä- ja pohjoisosan verkkosaaliissa (kuva 2) (alue*ikä vuorovaikutus: $P < 0,001$) (liitteet: taulukko A.1). Etelässä pituus kasvoi iän suhteen, mutta pohjoisosassa 3–6-vuotiaat

koiraat olivat lähes samanmittaisia. Koiraiden pituus oli erilainen eri vuosiluokkajaksolla. Pohjanlahden eteläosan verkkosaaliissa koiraiden pituus oli suurempi vuosiluokkajaksolla 2010–2012 ikäryhmissä 3, 4 ja 5 (mediaani pituus, ikä 3: 35,4 cm; ikä 4: 38,4 cm; ikä 5: 40,1 cm) kuin aikaisemmalla jaksolla (2005–2009; ikä 3: 33,8 cm; ikä 4: 36,0 cm; ikä 5: 37,4 cm; Kruskal-Wallis testi: $P < 0,01 - < 0,001$). Pohjoisosan saaliissa ei vastaavaa muutosta näkynyt (kuva 4). Ikäkohtaiset pituusjakaumat poikkesivat yleensä normaalijakaumasta. (liitteet: taulukot A.2 ja A.3). Mediaanipituus oli yleensä pienempi kuin keskiarvo osoittaen, että ikäryhmissä 4–6 pienempien siikojen osuus oli suhteellisesti suuri ja keskiarvo suurempien siikojen osuus oli pieni, mikä voi liittyä kalastusvalinnan vaikutukseen (Kuva 5).



Kuva 5. Neljä-, viisi- ja kuusivuotiaiden naaras- ja koirasvaellussiikojen pituusjakauma verkkosaaliissa Pohjanlahden etelä- (ICES ruudut 19–47) ja pohjoisosassa (ruudut 2–16) vuosiluokkajaksokoittain (1995–1999=1995; 2000–2004=2000; 2005–2009=2005; 2010–2012=2010). Mediaani (md), kvartiilit (q1, q3), keskiarvo ja hajonta on piirretty kullekin ikäryhmälle vuosiluokkajaksolla.

Nuorten ikäryhmien, jotka eivät ole vielä täysimääräisesti rekrytoituneet kalastukseen, kasvun jatkuva nopeutuminen voidaan selittää kasvuolosuhteiden paranemisella, sillä lämpötila siikojen neljäntenä ja viidentenä keväänä oli positiivisesti kytkeytynyt siikojen kasvuun sekä Pohjanlahden etelä- ja pohjoisosassa vuosien 1998–2017 saaliissa (Kuva 6, liitteet: taulukko A.7).



Kuva 6. Neljävuotiaiden vaellussiikojen ennustettu pituus Pohjanlahden etelä- (S) ja pohjoisosassa (N) vuosien 1998–2017 saaliissa suhteessa siikojen neljännen kevään ilman lämpötilaan (°C) (mitattu Vaasan mittauspisteessä, Ilmatieteenlaitos). Mallit Taulukossa A.7.

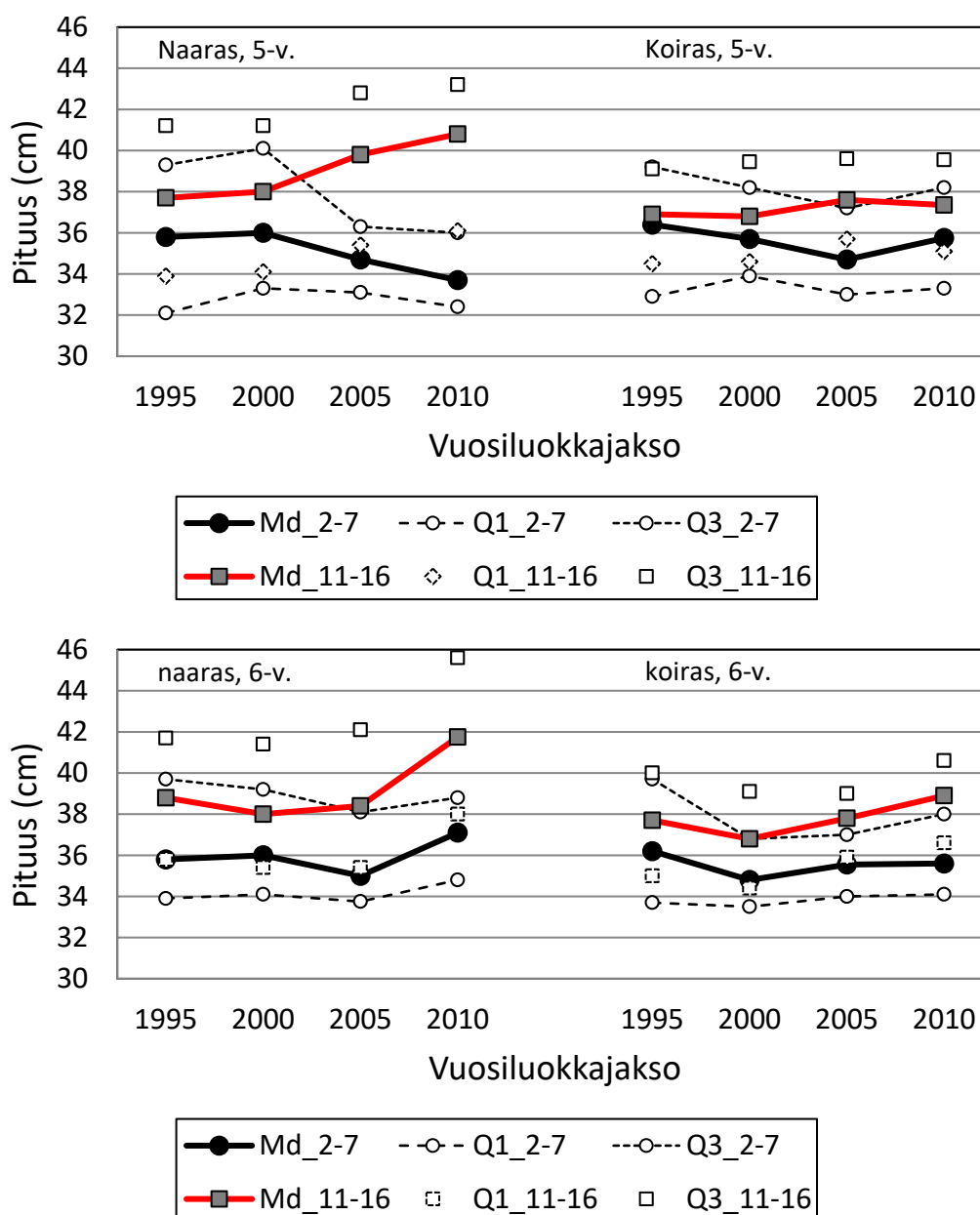
3.2. Pyyntikoon alueelliset ja ajalliset trendit

Siikojen pyyntikoossa havaittiin alueellisia eroja. Vaellussiian ikäkohtainen pyyntikoko laski koko Pohjanlahden alueella etelästä pohjoiseen (ICES ruudut 19–47→2–16) (liitteet: taulukot A.2; A.3 ja A.5) sekä Pohjanlahden pohjoisosassa etelästä pohjoiseen (11–16→2–7) (liitteet: taulukko A.8) jokaisella vuosiluokkajaksolla (1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012) (Kuva 7). Viisivuotiaiden koiraiden pituus oli pienempi pohjoisessa ruuduilla 2–16 kuin etelässä ruuduilla 19–47 kaikilla vuosiluokkajaksolla (Kolmogorov-Smirnov: $P < 0,05$ – $P < 0,001$; viisivuotiaiden koiraiden mediaanipituuden muutos etelästä pohjoiseen tarkastelluilla vuosiluokkajaksolla (ruudut 19–47 → ruudut 2–16): $37,2 \rightarrow 37,1$ (muutos 0,1); $36,4 \rightarrow 35,9$ (0,5); $37,4 \rightarrow 36,0$ (1,4); $40,1 \rightarrow 37,0$ (2,6) cm) (Liitteet: Taulukko A.2). Etelästä ja pohjoisesta pyydettyjen saaliskalojen kokoero kasvoi vuosiluokkajaksolta toiselle.

Pitkän aikavälin trendi on, että vaellussiian pyyntikoko on pienentynyt suhteessa enemmän Perämeren pohjoisosassa kuin eteläosassa. Perämeren saaliissa viisivuotiaat naaraat kaikkien pohjoisimmissa ruuduissa 2–7 olivat lyhyempiä kuin ruuduista 11–16 pyydetyt samanikäiset naaraat (Kruskal-Wallis test: $P < 0,01$ – $P < 0,001$) ja pituusero kasvoi vuosiluokkajaksolta toiselle (kuva 7) (liitteet: taulukot A.8, A.9 ja A.10). Myös viisivuotiaat koiraat olivat pienempiä ruutujen 2–7 saaliissa kuin ruutujen 8–16 saaliissa vuosiluokkajaksolla 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012, mutta ei ensimmäisellä jaksolla 1995–1999 (K-W test: $P < 0,01$ – $P < 0,001$) (Kuva 7).

Verkon solmuvälin rajoittamisen jälkeen viisi- ja kuusivuotiaiden vaellussiikanaaraiden pituus ei kasvanut tilastollisesti merkitsevästi vuosiluokkajaksolta 2005–2009 jaksolle 2010–2012 Perämeren saaliissa (liitteet: taulukko A.9; Kruskal-Wallis test $P = ns$). Kuusivuotiaat naaraat ruutujen 2–7 saaliissa olivat 2 cm pitempiä vuosiluokkien 2010–2012 saaliissa (37,1 cm (34,8–38,3); $n = 43$) kuin aikaisemman jakson saaliissa (35,0 cm (33,7–38,1); $n = 92$ $P = 0,053$). Ruutujen 11–16 saaliissa kuusivuotiaat naaraat olivat

4 cm pidempiä vuosiluokkien 2010–2012 saaliissa (41,7 cm (38,0–45,6); n = 24; P = 0,072) kuin vuosiluokkien 2005–2009 saaliissa (38,4 cm (35,4–42,1); n = 37) (Kuva 7).



Kuva 7. Viisi- ja kuusivuotiaiden vaellussiikanaaraiden ja -koiraiden mediaanipituus (Md) Perämeren eteläosassa (ICES ruudut 11–16; 65°N–64°N) ja Perämeren pohjoisosassa (Ruudut 2–7; 66°N–65°N) vuosiluokkajaksittain (jaksot: 1995–1999 (=1995), 2000–2004 (=2000), 2005–2009 (=2005) ja 2010–2012 (=2010)). Vaihtelu on osoitettu kvartiilien (Q1; Q3) avulla.

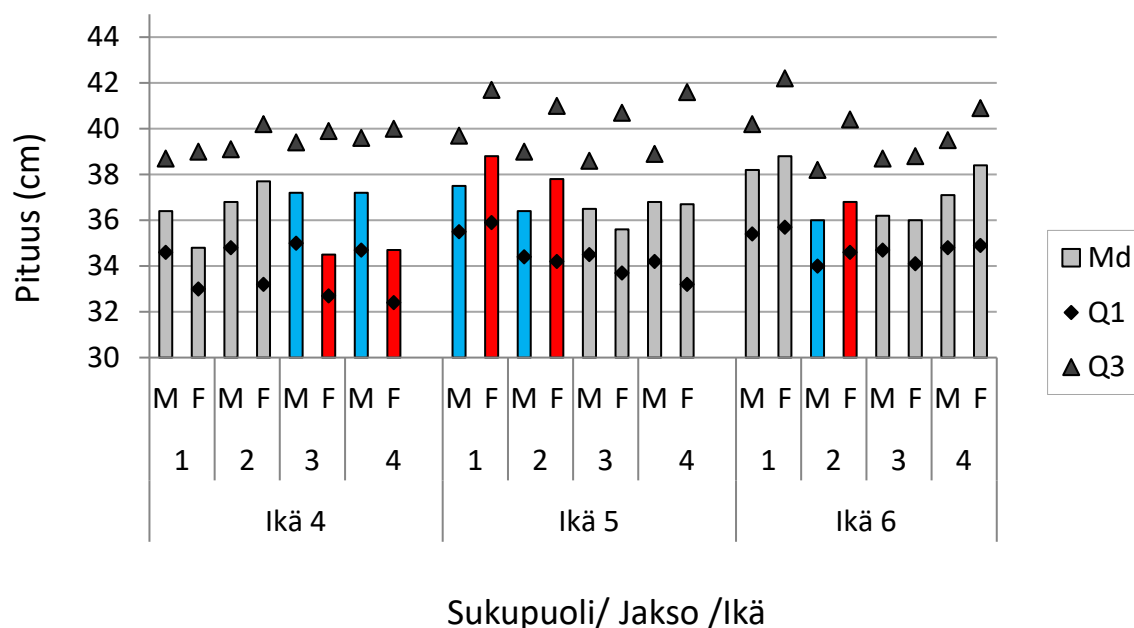
Koiraiden ikäkohtainen pyyntipaino ei noussut tilastollisesti merkitsevästi verkkojen solmurajoitusten jälkeen. Viisivuotiaat koiraat olivat vain 20 g painavampia vuosiluokkajaksolla 2010–2012 (md(q1–q3): 378 g (307–458), n = 110) kuin aikaisemmalla jaksolla 2005–2009 (358 g (311–456), n = 141; Kruskal-Wallis testi: p = 0,538) ruutujen 2–7 verkko- ja rysäsaalissa. Myöskään kuusivuotiaiden koiraiden paino ei kasvanut vuosiluokkajaksolta 2005–2009 jaksolle 2010–2012 (mediaani 365 g (321–454), n = 78 → 370 g (330–451), n = 71; Kruskal-Wallis: P = 0,846).

Viisivuotiaiden naaraiden paino laski kalastussäätelyn jälkeen ruutujen 2–7 verkko- ja rysäsaalissa vuosiluokkajaksolta toiselle (2005–2009: 362 g (312–426), n = 136 ja 2010–2012: 314 g (278–380), n = 64;

$P = 0,001$). Kuusivuotiaiden naaraiden paino ei muuttunut samaan aikaan (2005–2009: 359 g (322–484), $n = 92$ ja 2010–2012: 419 g (346–510), $n = 43$; $P = 0,112$).

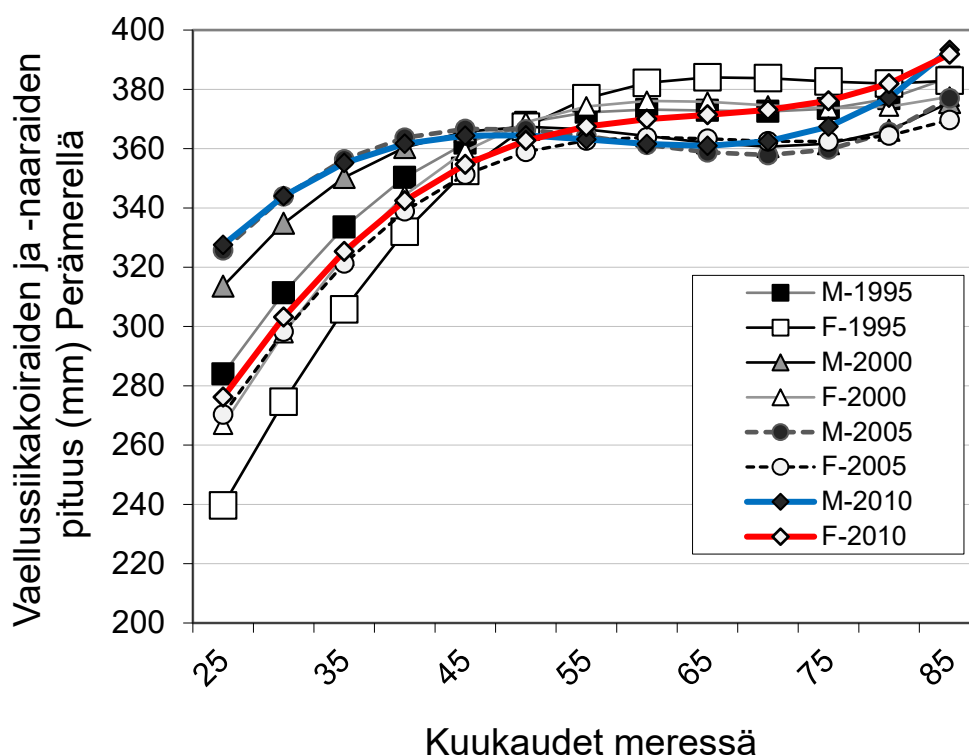
3.3. Naaraiden ja koiraiden pyyntipituus ja saaliskalojen sukupuolijakauma

Koiraat olivat pitempiä kuin naaraat neljäntenä merivuotena, mutta viidentenä ja kuudentena merivuonna naaraiden pituus ohitti koiraiden pituuden vuosiluokkakajakoilla 1995–1999 ja 2000–2004 (Kuva 8). Myöhemmin vuosiluokkakajakoilla 2004–2009 ja 2010–2012 viisi- ja kuusivuotiaiden naaraiden pituus ei enää ylittänyt samanikäisten koiraiden pituutta.



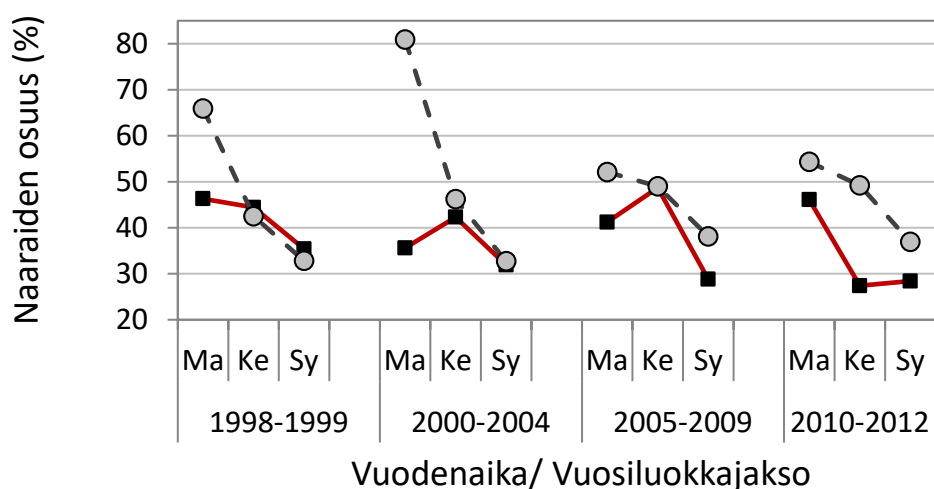
Kuva 8. Sukukypsien vaellussiikanaaraiden ja -koiraiden mediaanipituus (Md; pylväs) Pohjanlahden pohjoisosassa (ruudut 2–16) vuosiluokkakajakoittain (1=1995–1999; 2=2000–2004; 3=2005–2009; 4=2010–2012). Sukupuolten välisiä pituuseroja on testattu käyttäen Kruskal-Wallis testiä. Jos sukupuolet eroavat ovat pylväsparit sinisiä ja punaisia. Vaihtelu on osoitettu kvartiilien (Q1; Q3) avulla.

Sukukypsien naaraiden ja koiraiden pyyntikoko muuttui eri tavalla verkkosilmäkoon muutoksen jälkeen Pohjanlahden pohjoisosan verkko- ja rysäsaaliissa (kuva 9, liitteet: taulukko A.10). Sukupuolten väliset erot olivat erilaisia eri vuosiluokkakajaksolla (vuosiluokkakajako*sukupuoli vuorovaikutus: $P = 0,009$, liitteet: taulukko A.10). Sukukypsien kuusivuotiaiden naaraiden pituus oli suurempi jaksolla 2010–2012 (38,4 cm, $n = 67$) kuin jaksolla 2005–2009 (36,0 cm; $n = 128$) (Kruskal-Wallis testi: $P = 0,009$), mutta vastaavaa lisäystä ei tapahtunut koiraiden pituudessa jaksolta toiselle (36,2 cm; $n = 131$ ja 37,1 cm; $n = 111$) ($P = 0,246$). Sukukypsien kuusivuotiaiden naaraiden pituus oli sama jaksolla 2010–2012 (38,4 cm; $n = 67$) ja 1998–1999 (38,3 cm; $n = 139$) (K-W: $P = 0,311$), mutta koiraat olivat pienempiä jälkimmäisellä jaksolla (1998: 38,2 cm; $n = 181$ → 2010: 37,1 cm; $n = 111$) ($P = 0,019$). Koiraiden kasvu ei täten palautunut samalla tavalla verkon solmuvälin suurentamisen jälkeen kuin naaraiden kasvu (Kuva 9).



Kuva 9. Vaellussiikanaaraiden (F) ja -koiraiden (M) ennustettu pituus suhteessa meressä vietettyihin kuukausiin vuosiluokkajaksosittain (1995–1999 (= 1995), 2000–2004, 2005–2009 ja 2010–2012) rysä- ja verkkosaaliissa Pohjanlahden pohjoisosassa (ruudut 2–16) lineaarisen regression mukaan (Liitteet: Taulukko A.10).

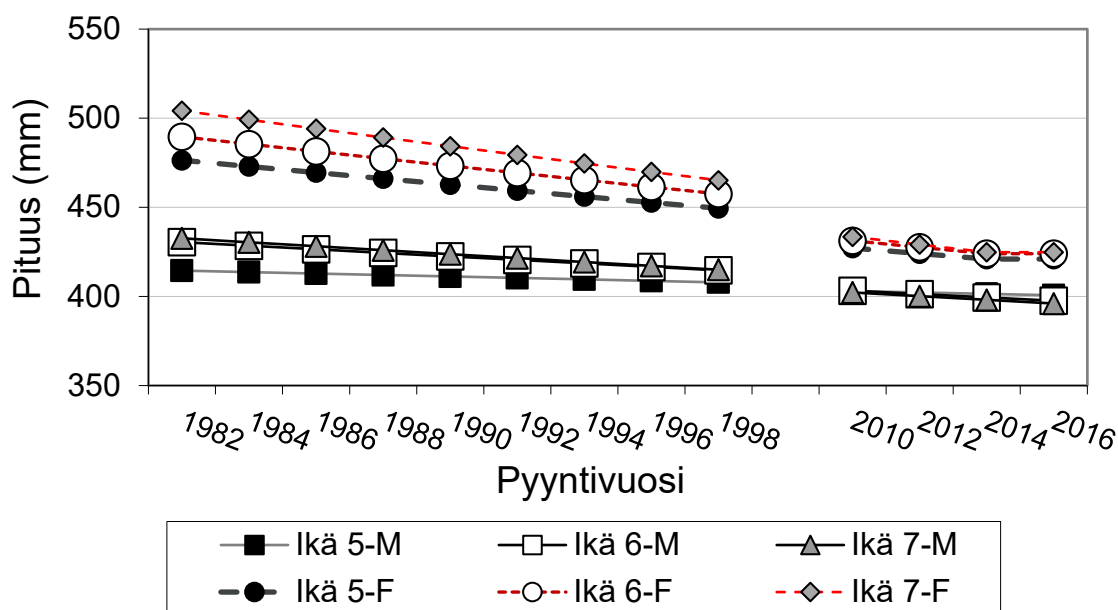
Sukukypsien vaellussiikojen sukupuolijakauma oli erilainen 1990-luvulla ja 2010-luvulla. Naaraiden osuus väheni vuosiluokkajaksolta 1995–1999 (35,4 %) jaksolle 2010–2012 (28,4 %) sukukypsien siikojen joukossa, joka oli pyydetty Pohjanlahden pohjoisosasta syksyllä (syyskuu, lokakuu, marraskuu) (Kuva 10) (1998 & 2010: $\chi^2 = 5,6$; $df = 1$; $P < 0,025$ ja 1998 & 2005: $\chi^2 = 6,2$; $df = 1$; $P < 0,010$).



Kuva 10. Naaraiden vuodenaikainen (kevät (Ma)= maaliskuu, huhti- ja toukokuu; kesä (Ke)= kesä-, heinä- ja elokuu; syksy (Sy)= syys-, loka- ja marraskuu) osuus sukukypsien vaellussiikojen saaliissa Pohjanlahden pohjois- (musta neliö; ICES ruudut 2–16) ja eteläosassa (pallo; ruudut 19–47) vuosiluokkajaksosittain (1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012).

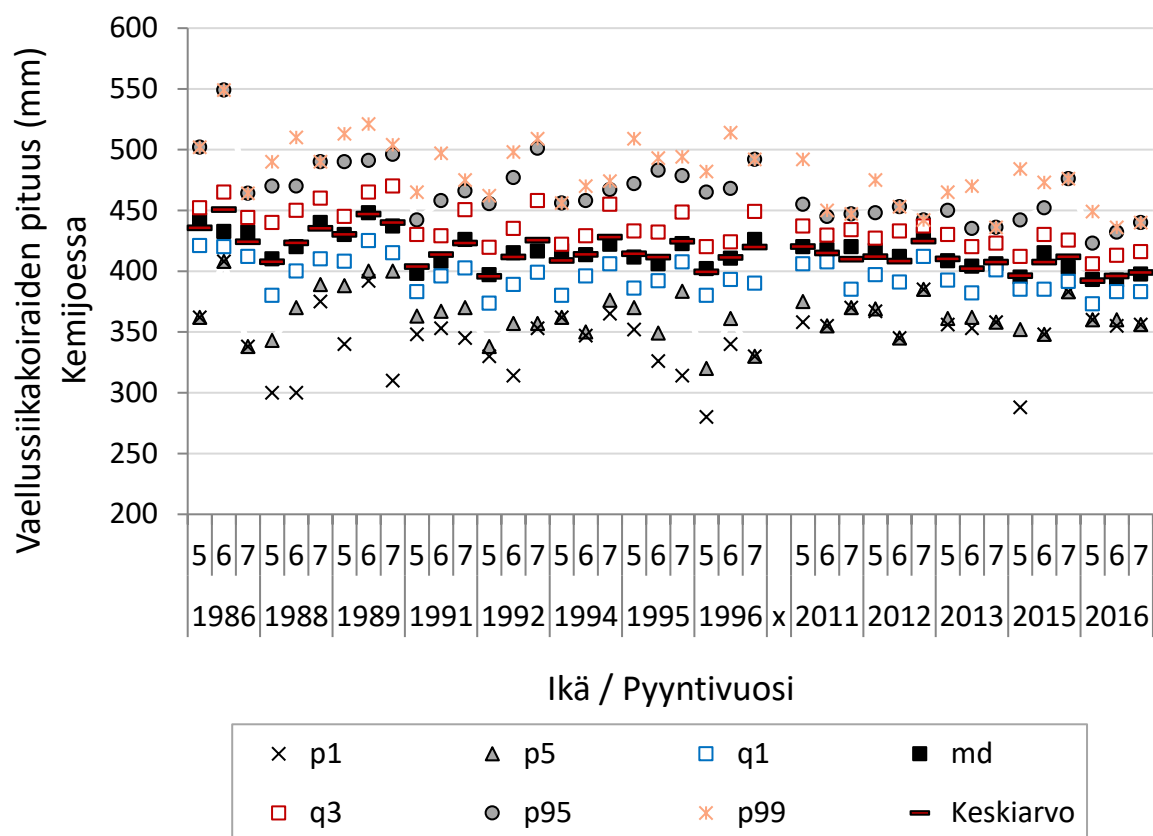
3.4. Vaellussiian pyyntipituus Kemijoessa vuosina 1981–2017

Kudulle Kemijokeen palaavien vaellussiikanaaraiden ja -koiraiden ikäkohtainen pituus aleni vuodesta 1981 vuoteen 2017, kun sekä ikä (5, 6, 7 vuotta) ja vuosi olivat ennustajina lineaarisessa regressiomallissa (Kuva 11, liitteet: taulukko A.11). Kemijoen siiat oli pyydetty solmuväliltään 45–50 mm verkoilla. Siikojen iän kasvaessa sukukypsien siikojen pituus kasvoi suhteellisesti enemmän 1980-luvulla kuin 2000-luvulla (Kuva 10), mikä mallissa näkyi vuoden ja iän vuorovaikutuksena (vuosi *ikä vuorovaikutus: $P_{\text{naaras}} = 0,016$; $P_{\text{koiras}} < 0,001$, liitteet: taulukko A.11).



Kuva 11. Vaellussiikanaaraiden (F) ja -koiraiden (M) ennustettu pituus ikäryhmissä 5, 6 ja 7 Kemijoen vuosien 1981–1999 ja 2010–2017 saalissa lineaarisen regressiomallin mukaan. Vuosien 2000–2009 saalis ei ole mallissa mukana. Mallit on tehty erikseen naaraille ja koiraille (Liitteet: Taulukko A.11)

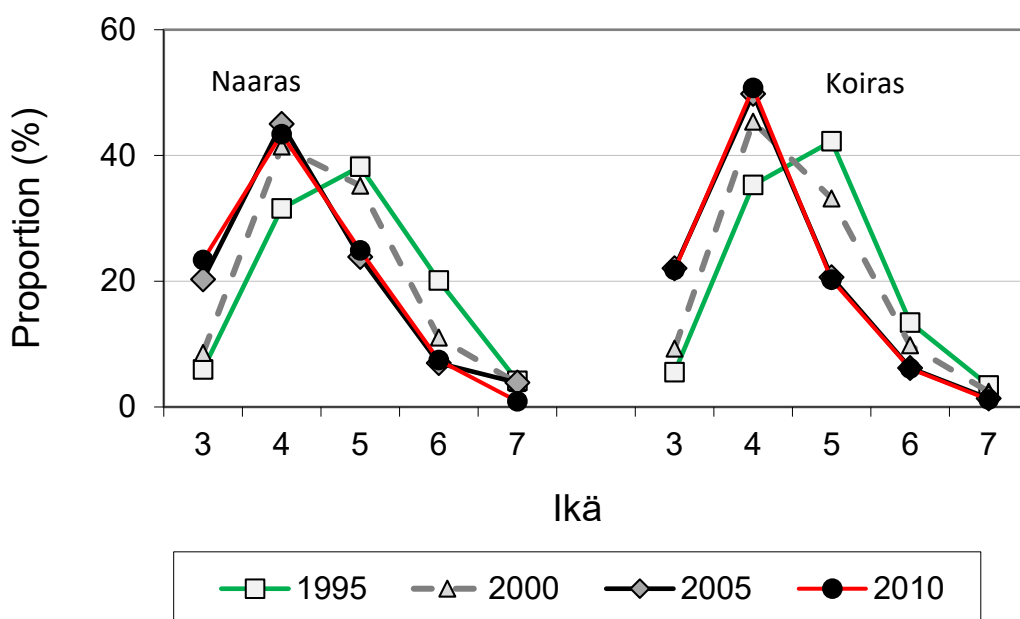
Myös ikäkohtaiset mediaanipituudet laskivat ajan suhteen (Kuva 12). Vuosien 2015–2017 saalissa viisivuotiaat koirat olivat pienempiä ($39,6 \pm 2,7$ cm; $n = 101$) kuin vuosina 2011–2014 ($41,3 \pm 2,6$ cm; $n = 168$; t-testi: $t = 5,2$; $df = 267$; $P < 0,001$). Pituuden ylemmän ja alemman kvartiilin erotus viisivuotiailla koirilla oli 4,4 cm 1980- ja 1990-luvulla, mutta vain 3,2 cm 2010-luvulla (Kuva 12). Myös kuusivuotiaat naaraat olivat pienempiä 2015–2017 kuin 2011–2014 (2011–2014: $43,5 \pm 3,2$ cm; $n = 115$ ja 2015–2017: $42,4 \pm 3,3$ cm; $n = 88$; $t = 2,4$; $df = 201$; $P = 0,016$). Sen sijaan kuusivuotiaiden koiraiden ja viisivuotiaiden naaraiden pyyntipituudessa ei ollut eroja ko. vuosijaksojen välillä (6 v koiras: 2011–2014: $41,1 \pm 2,9$ cm; $n = 87$ → 2015–2017: $40,5 \pm 2,7$ cm; $n = 66$; $P = 0,217$) (5 v naaras: 2011–2014: $42,6 \pm 2,7$ cm; $n = 124$ → 2015–2017: $42,2 \pm 2,5$ cm; $n = 97$; $P = 0,205$).



Kuva 12. Vaellussiikokoiraiden ikäkohtainen pituusjakauma Kemijoen saaliissa vuosina 1986–1996 ja 2011–2016. Kullekin ikäryhmälle on laskettu vuosikohtaisesti mediaani (md), kvartiilit (q1,q3), keskiarvo ja vaihtelun rajat (p1, p5, p95, p99).

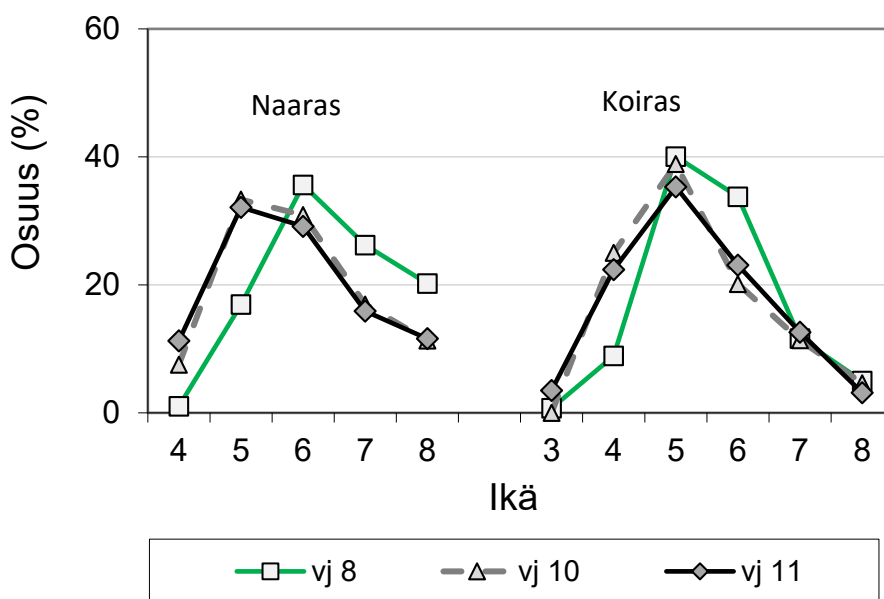
3.5. Vaellussiikojen ikäjakauma

Ikäjakaumat vuosiluokkajaksojen välillä olivat erilaiset verkkosaaliissa (χ^2 -test: $P < 0,01$ – $0,001$), lukuun ottamatta koiraiden ikäjakaumaa jaksoilla 2005–2009 ja 2010–2012 ($P = 0,882$) Pohjanlahden vaellussiikasaaliissa (ruudut 2–47) (Kuva 13). Kuusivuotiaiden naaraiden osuus väheni ajan suhteen, esim. se oli 20,1 % jaksolla 1995–1999 ja vain 7,5 % jaksolla 2010–2012. Suurin ikäryhmä oli viisivuotiaat vuosiluokkajaksolla 1995–1999, mutta myöhemmillä jaksoilla suurin ikäryhmä oli neljävuotiaat siat molemmilla sukupuolilla.



Kuva 13. Naaras- ja koirasvaellussiikojen ikäjakauma verkkosaaliissa vuosiluokkajakoittain (1995–1999 = 1995; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012) Pohjanlahdella. Ikäryhmään 7 on laskettu mukaan myös iät 8 ja 9.

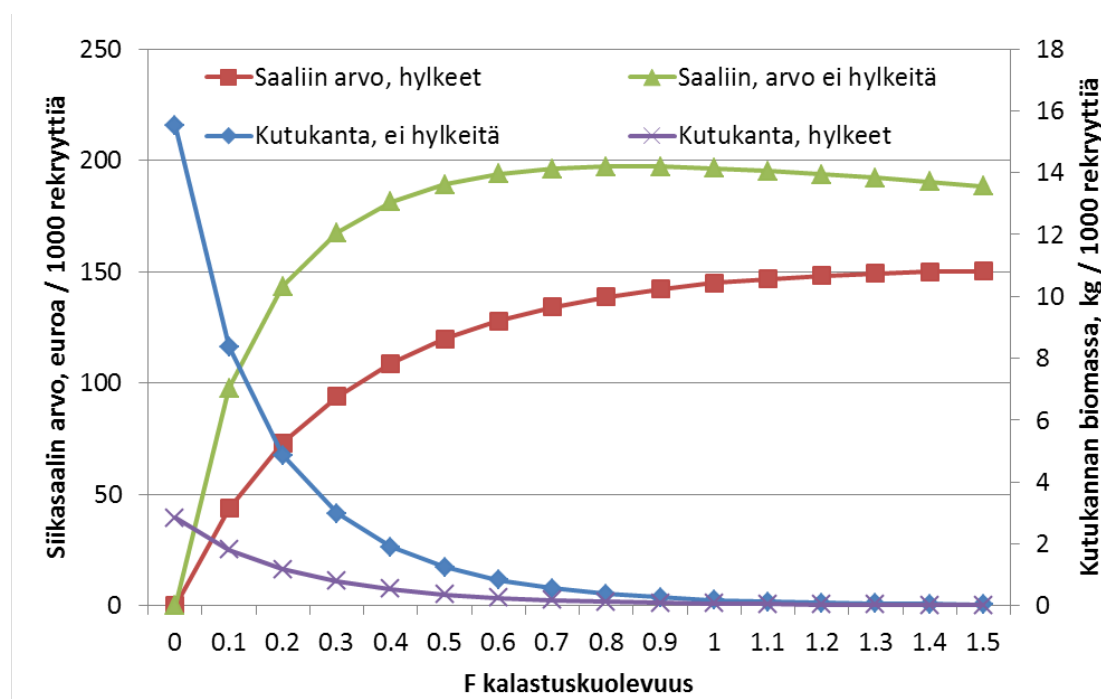
Myös Kemijokeen palaavat vaellussiiat olivat nuorempia nykytilanteessa kuin 1980-luvulla (Kuva 14). Naaraiden ikäjakaumat olivat samanlaisia vuosijaksolla 2011–2014 ja 2015–2017 ja suurin ikäryhmä oli neljävuotiaat siiat, mutta aikaisemmalla vuosijaksolla 1995–1999 suurin ikäryhmä oli kuusivuotiaat siiat ($P < 0,001$). Koirassiiioilla neljävuotiaiden siikojen osuus kasvoi (8,9 % → 22,4 %) ja kuusivuotiaiden siikojen osuus väheni (33,8 % → 23,1 %) koiraiden kutupopulaatiossa jaksolta 1995–1999 jaksolle 2015–2017 ($P < 0,001$). Muutosta ei tapahtunut enää viimeistä edellisen ja viimeisen vuosiluokkajakson välillä.



Kuva 14. Naaras- ja koirasvaellussiikojen ikäjakauma Kemijoen verkkosaaliissa vuosijaksolla 1981–1989 (= vj 8), 2011–2014 (= vj 10) ja 2015–2017 (= vj 11). Ikäryhmään 8 on laskettu mukaan myös ikäryhmät 8–14.

3.5.1. Hylkeiden vaikutus siiankalastuksen säätelyyn

Luonnollisen kuolevuuden arvo vaikuttaa siian saalisarvion suuruuteen Y/R-mallissa. Kun luonnollisen kuolevuuden osuus kasvaa, kalastuskuolevuuden merkitys vähenee. Jokikokko ym. (2005) tutkimuksessa todettiin, että siian kalastuksessa käytettävän verkon silmäkoon kasvattaminen 45 mm tai jopa 50 mm kokoluokkaan kasvattaisi saaliin taloudellista arvoa. Nykytilanteessa, kun otetaan huomioon todennäköinen hyljekannan aiheuttama siian luonnollisen kuolevuuden kasvu, kalastuskuolevuus ei enää vaikuta siikasaaliin arvoon siten, että kalastuskuolevuudelle olisi löydettävissä tietty optimiarvo. Kalastuskuolevuuden ollessa suurempi kuin 0,5 ei laskennallinen saaliin arvo juuri kasva ilman hylkeitä. Sen sijaan nykytilanteessa kalastuskuolevuuden kasvattaminen lisäisi saaliin arvoa, vaikka kuolevuus olisi erittäin korkea, mutta saaliit jäivät hylkeettömään tilanteeseen verrattuna 0,5–1,5 kalastuskuolevuuksilla 37–20 % pienemmiksi. Vastaavasti vahvaa kutukantaa ei pääse muodostumaan, vaikka kalastuskuolevuus olisi pieni, koska hylkeen lisäämä luonnollinen kuolevuus leikkaa siikakannan tuoton (kuva 15). Siiankalastuksen säätelyllä nykyisellä hyljepredaatiolla ei siten todennäköisesti tulla saavuttamaan lisäystä siikasaaliin arvoon.



Kuva 15. Laskennallinen siikasaaliin arvo 1 000 rekryyttiä kohden tilanteessa, jossa ei ole hylkeitä (luonnollinen kuolevuus puolet nykytilanteesta sekä nykytilanteessa hylkeet huomioiden Hanssonin (2017) saalisosuusarvioon perustuen). Vastaavasti on kuvattu kutukannan biomassa 1 000 rekryyttiä kohden.

4. Siikakannat muutoksessa

4.1. Muutostrendit

Pohjanlahden vaellussiian pituus- ja ikäjakaumat vaihtelivat suuresti sekä alueellisesti että ajallisesti vuosien 1998–2017 merisaaliissa sekä vuosien 1981–2017 Kemijoen kutusaaliissa. Verkot, joilla suurin osa sioista pyydettiin Pohjanlahdella ja ympäristön lämpötilan nousu (BACC II 2015) olivat todennäköisesti ne tekijät, jotka vaikuttivat siian kasvuun, saaliiksi saatujen siikojen kokoon ja saaliin ikäkaumaan. Viljelyvaikutusta ja kantojen koostumuksen muutoksia ei voida sulkea pois, sillä vaellussiian merisaalis perustuu merkittävältä osalta istutettuihin siikoihin (Leskelä 2006; Jokikokko & Huhmarniemi 2014; Koljonen ym. 2019).

4.1.1. Sukukypsien siikojen ikäkohtaisen koon lasku jokisaaliissa

Vaellussiian kasvun hidastumisesta on raportoitu jo aikaisemmin (Aronsuu & Huhmarniemi 2004, Lehtonen & Jokikokko 2002, Jokikokko & Huhmarniemi 2014). Tässäkin tutkimuksessa havaittiin, että viisi-, kuusi- ja seitsemänvuotiaiden vaellussiikojen pituus laski verrattaessa 1980-luvun saaliita kahden viime vuosikymmenen Kemijoen saaliissa. Kuusivuotiaat naaraat ovat menettäneet noin 10 cm pituudesta 36 vuoden aikana. Tietyvästi hidaskasvuisia ja pienikokoisia siikoja on esiintynyt useissa vaellussiikajoissa jo ennen havaittua kasvun taantumista (Mikael Himberg, suullinen kommentti), joten sikäli kyse ei ole uudesta ilmiöstä ja tällaisia kasvuryhmiä on havaittu mm. Perhonjoessa (Koljonen ym. 2019). Hägerstrand ym. (2016) ja Jokikokko ym. (2018) osoittivat, että hitaasti kasvaneet ja pienikokoisia Kemi- ja Tornionjokeen kudulle tulevat siiat ovat pysytelleet Perämerellä, ja nopeasti kasvaneet ovat tehneet syönnösvaelluksen etelämmäs Pohjanlahdelle. Ikäryhmäkohtaisten keskipituuksien alenemisen syynä voi olla joko se, että Perämerelle jäävien siikojen osuus kudulle nousevassa populaatiossa on kasvanut tai se, että valikoivan kalastuksen vuoksi myöhään sukukypsyydestä sioista hidaskasvuisilla on suurempi todennäköisyys säilyä hengissä sukukypsyyteen asti, tai molemmat tekijät yhdessä. Koska kutukalat ovat lähes saman mittaisia ikäryhmissä 4, 5, 6 ja 7, nuorempina kudulle saapuvilla sioilla voi olla suhteessa parempi kasvunopeus kuin vanhoina kudulle saapuvilla sioilla. Kemijokiin näytekalat pyydettiin verkolla, joten myös verkon selektiivisyys voi tasata ikäryhmien kokoa jokisaaliissa. Jos meressä vietetty lisääntymisaika ei lisää kalan kokoa ja lisääntymispotentiaalia, sukukypsytymisen aikaistuminen lisää kalan todennäköisyyttä päästä lisääntymään ja siten lisääntymismenestystä (esim. Jonsson & Jonsson 2007), ja aikaisin sukukypsytymisen kalojen osuus populaatiossa kasvaa. Kudulle pääsevien tai keinohedelmöitykseen valikoituneiden kalojen kasvu- ja vaellusominaisuudet periytyvät seuraaville sukupolville.

4.1.2. Siikojen koon muutokset merisaaliissa

Vanhojen ja isojen siikojen ikäkohtaisen koon pienentyminen ja nuorten ja pienten siikojen ikäkohtaisen saalispiteuden nousu voivat johtua näihin ryhmiin kohdistuvasta erilaisesta kalastusvalinnasta. Kolmevuotiaisiin siikoihin ei vielä kohdistu tehokasta kalastusta, joten kasvuolosuhteiden parantuessa muutokset kasvussa tulevat näkyviin. Itämeren pintalämpötila on noussut ja jääpeitteinen kausi on lyhentynyt (BACC II 2015). Ilmaston lämpeneminen on pidentänyt kasvukautta ja lisännyt meren pintalämpötilaa talvikuukausina (Jylhä ym. 2009; Urho 2011). Kasvun optimikasvulämpötilan vaellussiioille on arveltu olevan välillä 15 ja 18 °C (Siikavuopio ym. 2012). Toistaiseksi Itämeren lämpötilan nousu näyttää lisänneen siian kasvua.

Siikojen koon muutokset merisaaliissa kertovat vaellussiikojen fenotyyppisistä kasvu- ja ikämuutoksista, mutta ne eivät kerro mahdollisista perinnöllisistä muutoksista. Kalat voivat sopeutua vallitsevien valintatekijöiden vaikutuksesta uusiin olosuhteisiin mm. evolutiivisilla ja plastisilla muutoksilla (Crozier

& Hutchings 2014; Jørgensen ym. 2009, Nusslé ym. 2011). Vaellussiika ja siika yleensäkin on hyvin muunteleva kala. Sen kasvu riippuu olosuhteista, sukukypsyminen voi tapahtua 3–7 merivuoden jälkeen ja syönnösvaelluksen pituus voi vaihdella, lisäksi sukupuolet ovat ominaisuuksiltaan erilaisia (Lehtonen 1981; Leskelä ym. 2002; Kallio-Nyberg ym. 2019). Fenotyyppinen plastisuus on todennäköisesti siialle yksi keino reagoida muuttuviin olosuhteisiin.

Vaelluskaloille on tyypillistä, että syönnösalueen vuosittainen valinta riippuu ympäristöolosuhteista (Kallio-Nyberg ym. 1999) tai vaeltavat kalat voivat muuttaa vaellusalueetta pysyvämmiin esimerkiksi ilmasto-olojen muuttumisen vuoksi (Perry ym. 2005; Nicola ym. 2018). On mahdollista, että siikojen, erityisesti koiraiden osuus Perämereltä Selkämerelle vaeltavassa kantojen osassa on vähentynyt myös siksi, että kasvukausi on pidentynyt myös pohjoisessa. Itämeren lohella on havaittu koiraita, jotka vaeltavat vain yhden kesän meressä ja lähellä kotijokea, kun ne yleensä viettivät meressä ainakin yhden meritalven ennen jokeen palaamistaan (Orell ym. 2018). Tulos, että vaellussiikakoiraiden pituus ei kasvanut kuten naaraiden verkon solmuvälin noston jälkeen (Kuva 9), tukee ajatusta, että erityisesti koiraista yhä suurempi osa pysyy Perämerellä hitaamman kasvun alueella. Myös kutukalojen koirasemistön kasvu tukee ajatusta, että naaraiden kuolevuus on noussut suhteessa enemmän kuin koiraiden kuolevuus (Kuva 10).

Neljä-, viisi- ja kuusivuotiaiden siikojen pituusjakaumat olivat yleensä vinoja niin, että hidaskasvuiset dominoivat. Lisäksi vanhojen kalojen osuus saaliissa on vähentynyt. Nopeakasvuisten pieni osuus kuskakin ikäryhmässä ja vanhojen kalojen vähäinen määrä on todennäköisesti seuraus kokoon kohdistuvasta valikoivasta kalastuksesta ja korkeasta kokonaiskuolevuudesta. Suuria, yli 50 cm:n siikoja oli Selkämeren saaliissa, mutta ei Perämeren saaliissa (Kuva 4). Nämä siiat voivat olla peräisin myös eteläisistä kannoista (Selkämerellä erityisesti Kokemäenjoki).

4.1.3. Ikäryhmäkohtaisen keskikoon alueelliset erot

Vaellussiikojen ikäryhmäkohtainen keskikoko pieneni etelästä pohjoiseen. Alueelliset saaliskokoerot voivat liittyä kasvuolosuhteisiin ja vaelluskäyttäytymiseen tai valikoivaan kalastukseen tai molempiin. Naaraiden ja koiraiden erilainen kasvu ja etenkin koiraiden kasvun lähes pysähtyminen kolmen merivuoden jälkeen viittaa siihen, että naarailta ja koirailta voi olla erilainen vaelluskäyttäytyminen. Koiraiden hidas kasvu voi johtua siitä, että ne syönnösvaeltavat osittain Perämerellä, jossa kasvuolosuhteet ovat heikommat kuin Selkämerellä. Otolitiittianalyysit ovat osoittaneet aikaisemmin, että osa vaellussiioista syönnöstää vain Perämerellä (Hägerstrand ym. 2016; Jokikokko ym. 2018) ja kasvaa hitaammin kuin etelämmäs vaeltavat siiat (Jokikokko ym. 2018).

Naaraiden saaliskokoerot alueiden välillä viittaavat siihen, että Perämereltä pyydetyt kudulle palaavat naaraat ovat käyneet Selkämerellä, mutta Perämerelle palanneiden ikäryhmäkohtainen koko on alempi kuin Selkämereltä saatujen. Suurempi pyyntikoko Selkämerellä voi johtua joko kalastusvalinnasta tai Selkämeren nopeakasvuista vaellussiikakannoista, jotka vaeltavat lähellä kotijokea tai istutuspaikkaa (Lehtonen & Himberg 1992; Leskelä 2012). Alueellisten saaliskokojen vertaus paljasti, että pituuserot Perämeren etelä- (ruudut 11–16) ja pohjoisosasta (ruudut 2–7) pyydettyjen vaellussiikojen välillä kasvoivat vuosiluokkajaksolta toiselle (Kuva 6). Kokoeron kasvu voi johtua valikoivan kalastuksen tehon noususta tai vaelluskäyttäytymisen muuttumisesta.

Perämerellä karisiian pyynnissä saa alueesta riippuen käyttää 27–35 mm solmuväliltä olevaa verkkoa. Jokikokko ym. (2018) olettivat, että pienten vaellussiikojen määrä kasvu Tornionjoen lipposaaliissa joutuisi karisiian pyynnin vähentymisestä, jolloin pieniä ja hidaskasvuista vaellussiikoja ei joutuisi saaliiksi kuten aiemmin. Tämä tukisi havaintoa, miksi vaellussiikojen kokoero kasvoi etelän ja pohjoisen välillä.

4.1.4. Verkon solmuvälimuutos ja kasvu

Vuosiluokissa 2010–2012, jotka pyydettiin tiukemman kalastussäätelyn aikana, ikäkohtainen pituus oli suurempi kuin edellisissä vuosiluokissa. Positiivinen muutos pyyntipituuteen voitiin havaita Pohjanlahden eteläosan merisaaliissa. Vastaavaa muutosta, pyyntipituuden nousua, solmuvälirajoitusten jälkeen ei havaittu jokisaaliissa vaan ne olivat entistä hidaskasvuisempia. Kasvu parani vanhoissa ikäryhmissä, jotka ovat olleet valikoivan kalastuksen kohteena voimakkaammin kuin nuoret ikäryhmät (Heikinheimo & Mikkola 2004, Kallio-Nyberg ym. 2019), mikä tukee ajatusta, että kalastuksen selektiivinen vaikutus kasvunopeutta vastaan on alentunut vuosiluokkajaksolla 2010–2012. Tällä jaksolla on saavutettu lähes sama ikäkohtainen pyyntikoko kuin jaksolla 1995–1999, mutta lähtötaso, 3-vuotiaiden pituus, on korkeampi 2010–2012. Kolmevuotiaiden pituus kasvoi ensimmäisestä vuosiluokkajaksosta lähtien (1995–1999), mutta neljä- ja viisivuotiaiden pituus kasvoi vasta verkon solmuvälimuutosten jälkeen.

Vaikka vaellussiian kalastuksessa säädelläänkin silmäharvuutta, tulee kuitenkin osa vaellussiioistakin pyydytyksi tiheämmillä verkoilla, joita käytetään merikutuisen karisiian ja ahvenen pyynnissä (Jokitalo 2019). Vaellussiikaverkkojen solmuvälimuutoksen vaikutus riippuu monien muiden tekijöiden ohella pienisilmäisten verkkojen käytön määrästä ja laajuudesta. Pohjanlahden pohjoisosan saaliissa verkon solmuvälin nosto ei liittynyt ajallisesti saaliskalan ikäkohtaisen koon merkittävään kasvuun. Merenkurkussa siian pyynti on edelleen sallittu 40 mm solmuväliiltään olevilla verkoilla ja kaupallisia kalastajia muihin rannikkoalueisiin verrattuna on runsaasti. Positiivisen vaikutuksen puuttuminen Pohjanlahden pohjoisosassa voi johtua pienisilmäisten verkkojen runsaasta käytöstä karisiian pyynnissä ja Merenkurkun poikkeavasta säätelystä (Kallio-Nyberg 2018; 2019). Pyyntiponnistus pienisilmäisillä verkoilla ja varsinkin niiden saalis on kuitenkin Jokitalon (2019) mukaan vähentynyt ja on todennäköistä, että verkopyynnin ja ylipäätään kalastuksen merkitys siian kokoa valikoivana tekijänä on pienentynyt.

4.1.5. Vanhojen naaraiden ja koiraiden kokoeron kaventuminen

Sukupuolten väliset erot kasvussa muuttuivat. Varhaisemmalla tarkastelujaksolla naaraat olivat isompia kuin vanhat koiraat, mutta nyt sukupuolet ovat samankokoisia kudulle palaavissa saaliskaloissa (Kuva 8). Naaraiden ja koiraiden kokoeron kaventuminen näkyy myös Kemijoen emokalapyynnissä (Kuva 11). Naaraan ja koko populaation lisääntymiskyky on sidoksissa naaraiden kokoon ja määrään kutupopulaatiossa, sillä fekunditeetti kasvaa naaraan koon kasvaessa. Vaellussiian lisääntymispotentiaalia on lisäksi heikentänyt naaraiden suhteellisen määrän väheneminen kudulle palaavassa joukossa Perämeren saaliissa (Kuva 10), tosin näytteenoton satunnainen ajoittuminen saattaa vaikuttaa sukupuolien osuuteen näytteessä.

4.1.6. Pyynti-ian lasku tarkastelujakson aikana

Vanhat sukukypsät siiat pääsääntöisesti puuttuvat nykyään Pohjanlahden vaellussiikasaaliista, ja pääosin pyydyksiin jäävä kala on nuorta ja pienikokoista vaellussiikaa. Muutos on huomattava, koska kuu-sivuotiaiden siikojen osuus saaliissa on vähentynyt 1990-luvulta 2010-luvulle tultaessa noin 13 prosenttiyksikköä. Vastaava ilmiö on havaittavissa Kemijoen kutukantanäytteissä, joissa naaraiden suurin ikäryhmä oli 6-vuotiaat 1980-luvulla ja myöhemmin suurin ikäryhmä oli 5-vuotiaat. Vanhempia kutukaloja, 7- tai 8-vuotiaita siikoja, saadaan nykyisin hyvin vähän. Sekä naarailta että koirailta muutos pyynti-ässä on ilmeinen ja kuvastaa korkeaa kuolevuutta, niin luonnollista- kuin kalastuskuolevuutta-kin sekä nuorten siikojen aiempaa nopeampaa kasvua ja sukukypsymistä.

4.1.7. Hylkeiden vaikutus verkon silmäkokosäätelyn tehokkuuteen

Kalastajat ovat tunnistaneet hylkeen keskeiseksi siiankalastusta ja kalastuksen tuottoa haittaavaksi tekijäksi (Svels ym. 2019) ja niiden vaikutus kalastukseen ja todennäköisesti myös kalakantaan on kasvanut hyljekannan kasvun myötä. Hylkeen ravinnoksi pääosin käyttämä siian kokoluokka on otoliitteihin perustuvan arvion perusteella 15–45 cm (Lundström ym. 2007), joka vastaa osittain myös kalastajien pyydystämien siikojen kokoa. Hylkeiden saalistus ei siten kohdennu siihen siikakannan osaan, pieniin 0–1-vuotiaisiin siikoihin, joiden luonnollinen kuolevuus muuten olisi suurin. Otoliitteihin perustuva saalisosuus voi olla aliarvio, koska suurempia siikoja hylkeet eivät välttämättä käytä ravinnokseen kokonaan. Hylkeet saattavat syödä suuremman saaliskalan vain osittain (Pitcher 1980; Lunneryd 2001; Moore 2003), jolloin pää ja otoliitit eivät päädy ruoansulatukseen ja siten näytteeksi.

Hanssonin ym. (2017) saalisosuusarvion perusteella merialueiden, Perämeren, Selkämeren ja Saaristomerren-Ahvenanmaan välillä on suuria eroja hylkeiden siikoihin kohdentamassa saalistuksessa. Merikintätietojen perusteella (Leskelä 2004) perusteella osa Perämeren vaellussiikakannoista tekee pitkän syönnösvaelluksen syntymäjoesta Saaristomerelle tai Ahvenanmaalle saakka. Syönnösvaellus kestää kalan sukukypsyysskoon saavuttamiseen saakka yleensä neljä- tai viisivuotiaana (Kallio-Nyberg ym. 2019), jolloin vaellussiikat suuntaavat takaisin jokeen kudulle. Siten voidaan arvioida, että pitkälle syönnösvaellukselle lähtevä siikakannan osa on pelkästään hyljepredaatiolle alttiina kaksivuotiaasta neljävuotiaaksi ja sen jälkeen sekä hyljepredaatiolle että kalastuskuolevuudelle.

Luonnollisen kuolevuuden suuren arvon vuoksi kalastuskuolevuuden säätäminen, esimerkiksi pyyntimääriä rajoittamalla tai yleisellä verkon silmäkokosäätelyllä ei kasvata siikasaaliin arvoa. Kasvattamalla pienintä sallittua verkon silmäkokoa koko rannikon mittakaavassa pystytään jonkin verran lisäämään iäkkäämpien ja kookkaaksi kasvavien siikojen osuutta eri kannoissa. Hylje-kalastusongelma kohdentuu erityisesti Perämeren siikakantoihin, koska osa näiden kantojen siioista tekee pitkän syönnösvaelluksen, kasvaa nopeasti ja on siten alttiina sekä hyljepredaatiolle että kalastuskuolevuudelle koko vaellusalueella. Voidaan arvioida, että kasvaneen hyljepredaation vuoksi entistä pienempi osuus nopeakasvuista siioista selviää syönnösvaelluksesta. Merenkurkun alueella kaupallinen siiankalastus on edelleen voimakasta, ja ajanjaksolla 2015–2018 pyyntiruuduilta 22–24 ja 27–28 on kalastettu noin neljännes koko Suomen rannikkoalueen siikasaaliista (Anonyymi 2019). Siten Merenkurkussa toteutettava siian kalastus todennäköisesti vaikuttaa myös Perämereen jokiin suuntaavien siikojen määrään ja kookajakaumaan. Yhdessä hyljepredaation vaikutuksen kanssa kalastus vähentää nopeakasvuisten ja suuremmaksi kasvaneiden siikojen osuutta, mikä saalisnäytteissä on havaittavissa ympäristöolosuhteista johtuvana nuorten, kolme- ja neljävuotiaiden siikojen nopeutuneena kasvuna, mutta vanhempien, 6-vuotiaiden tai vanhempien siikojen puuttumisena.

Luonnollisen kuolevuuden kasvu hyljepredaation vuoksi on todettu myös muilla alueilla, joissa hyljekanta on kasvanut voimakkaasti (Chouinard ym. 2005). St. Lawrence-alueella Kanadassa turskakanta romahti alkujaan liian tehokkaan kalastuksen vuoksi, mutta vaikka kalastusta rajoitettiin voimakkaasti, kannan elpymistä ei ole tapahtunut. Samaan aikaan huomattavasti kasvaneen hyljekannan predaatio kasvatti luonnollisen kuolevuuden moninkertaiseksi erityisesti sukukypsyysskoon saavuttavassa kannan osassa (Neuenhoff ym. 2019). Skotlannin merialueella on tunnistettu vastaava turskakantaan kohdentuva luonnollisen kuolevuuden muutos (Cook & Trijoulet 2016).

5. Johtopäätökset

Vaellussiikasaaliin koko- ja ikäjakaumat ovat muuttuneet vuosiluokkajaksolta 1995–1999 jaksolle 2010–2012. Todennäköiset muutokseen vaikuttavat tekijät ovat olleet valikoiva kalastus ja ympäristön lämpeneminen, mahdollisesti myös predaation myötä kasvanut luonnollinen kuolevuus. Havaitut positiiviset muutokset vuosiluokkien 2010–2012 siikojen koossa tukevat ajatusta, että vaellussiian verkkokalastussäätelyllä on voitu vaikuttaa saaliiksi saatujen vaellussiikojen ikä- ja kokojakaumaan ja ikäryhmäkohtaiseen keskikokoon. Saaliiksi saatujen siikojen koon kasvu on havaittavissa vain Selkämerellä, ei Perämerellä eikä Kemijoesta pyydettyjen kutukalojen koossa. Tähän voi olla useita syitä: 1) vuoden 2013 kalastusasetuksen myötä toteutettu verkon solmuvälin muutos on niin pieni, että muutos näkyy vain Selkämerellä, missä siikat kasvavat nopeammin, 2) Merenkurkun alueella entisenlaisena pysynyt solmuväli rajoitus heikentää solmuvälisäätelyn vaikutusta Perämeren siioissa. 3) Perämerellä siikasaaliissa on mukana Perämerellä syönnöstäviä, hitaammin kasvavia vaellussiikoja.

Selkämerellä havaittu vuosina 2010–2012 syntyneiden siikojen ikäryhmäkohtaisen keskikokoon kasvu voi johtua muistakin tekijöistä kuin verkkokalastussäätelyn muutoksesta. Esimerkiksi hyljevahinkojen vuoksi vähentynyt kalastus vuoksi on voinut vähentää kokoon kohdistuvaa valintaa. Hylkeet haittaavat erityisesti siianpyyntiä (Svels ym. 2019) ja voivat aiheuttaa huomattavia saalismenetyksiä varsinkin verkkokalastuksessa (Königson ym. 2009). Kaupallisten kalastajien poisheittoraportoinneissa hyljehaitta nousee merkittävä esiin, joinakin vuosina pyyntiruutasolla yli 10 % kokonaissaaliista on raportoitu vahingoittuneeksi.

Ilmaston lämpeneminen ja sen mukana muiden ympäristötekijöiden muuttuminen on voinut muuttaa siikojen kasvua ja vaelluskäyttäytymistä. Kasvunopeuden paraneminen nuorissa ikäryhmissä, jotka eivät ole voimakkaan kalastusvalinnan alaisia, johtuu todennäköisesti parantuneista kasvuolosuhteista, sekä avovesikauden pitenemisestä ja ravinnon saatavuudesta lämpötilan nousun ja toisaalta rannikkoalueiden rehevöitymisen myötä.

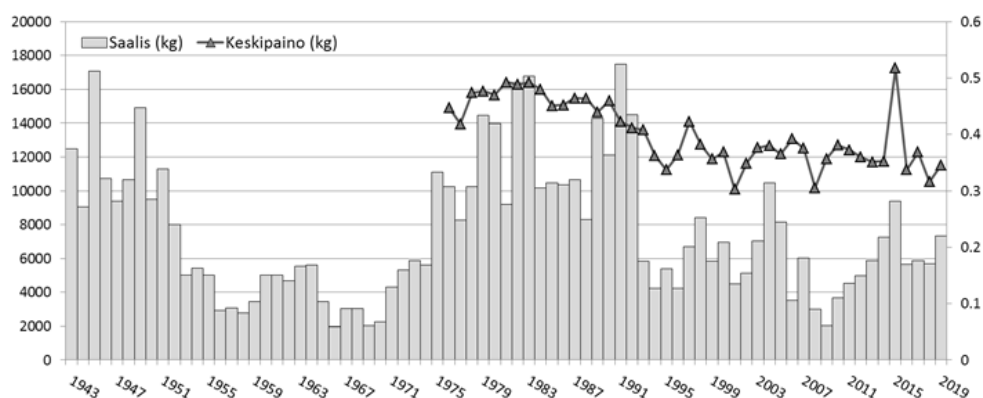
Perämeren kutupopulaatioissa tavataan sekä pitkän syönnösvaelluksen tehneitä että Perämerelle syönnöstämään jääneitä vaellussiikoja (Hägerstrand ym. 2016). Pitkä syönnösvaellus todennäköisesti lisää sekä luonnollista kuolevuutta, varsinkin kun Selkämerellä ja Saaristomerellä hyljekanta on vahva. Vastaavasti pitkä syönnösvaellus altistaa myös suuremmalle kalastuskuolevuudelle kutuvaelluksella oleviin siikoihin kohdistuvan pyynnin vuoksi. Luonnollisen kuolevuuden ja kalastuskuolevuuden kasvessa nuorena ja pienikokoisena sukukypsyvien yksilöiden mahdollisuus tuottaa jälkeläisiä kasvaa suhteessa vanhoina sukukypsyviin yksilöihin. Samoin lyhyen merivaelluksen tekevien yksilöiden mahdollisuus tuottaa jälkeläisiä on kasvanut suhteessa pitkän merivaelluksen tekeviin yksilöihin. Kutevien kalojen koon lisäksi naaraiden osuus kudulle nousevassa populaatiossa on pienentynyt tutkimusjakson aikana. Kaikki yllä mainitut muutokset yhdessä heikentävät siikakannan lisääntymiskapasiteettia ja myös saalistuottoa.

Toisaalta merkittävä osa kalastetuista vaellussiioista on istutuksista peräisin, joten naaraiden vähyydellä ei ole suoraa vaikutusta kalojen lisääntymiseen. Kalataloudellisen tuoton kasvattamisen kannalta suurikokoisten ja nopeasti kasvavien, laajan syönnösvaelluksen tekevän kannanosan suosiminen lisääntymiskierrossa olisi perusteltua, ja siten merialueen kalastuksen säätelyllä voidaan vaikuttaa myös emokalapyyntiin päätyvien siikojen kokoon etenkin jokisuulueiden tuntumassa. Valinta nopeaa kasvua vastaan on tapahtunut jo useita kalasukupolvina, joten kasvuominaisuudet ovat voineet muuttua perinnöllisesti. Valikoivan verkkokalastuksen vähentäminen ei välttämättä palauta siikakantojen ominaisuuksia samanlaisiksi kuin 1980-luvulla etenkin, kun muut ympäristötekijät ovat muuttuneet. Yleisesti ottaen geneettisen monimuotoisuuden vaaliminen esimerkiksi luonnontuotantoa edistämällä edesauttaa kuitenkin kantojen sopeutumiskykyä laaja-alaisiin ympäristömuutoksiin.

5.1. Mahdollisuudet siikakantojen tilanteen parantamiseksi

5.1.1. Verkon solmuvälisäätelyn tarkastaminen ja kantojen seuranta

Vaikkakin siiankalastuksen kokonaisponnistus ja kalastajien määrä on huomattavasti vähentynyt viime vuosikymmenien aikana (Jokitalo 2019), on mahdollista, että aiempaan voimakkaaseen verkkopyyntiin liittyvä kalastusvalinta on vähentänyt pitkälle vaeltavien ja nopeasti kasvavien siikojen osuutta siikakannoissa. Vuoden 2013 siika-asetuksessa määritetty alueittainen verkon solmuvälin nosto oli erittäin maltillinen. Jokikokko ym. (2005) ehdottivat jo aiemmin verkon pienimmän sallitun verkon solmuvälin nostamista 45 mm kokoon vaellussiian kalastuksessa. Silmäharvuuden nostoa on perusteltu sillä, että se siirtymäajan jälkeen kasvattaisi siiankalastuksen saaliista ja erityisesti saaliin arvoa. Mikäli arviot hylkeiden käyttämien siian määrästä (Lundström ym. 2007; Hansson ym. 2017; Tverin ym. 2019) pitävät suunnilleen paikkansa, ei kalastuskuolevuuden vähentäminen kuitenkaan kasvata saaliiden arvoa, koska luonnollinen kuolevuus on varsin korkea. Sen sijaan kudulle selviytyvien siikojen määrää se kasvattaisi. Verkon solmuvälisäätelyn tarvetta onkin arvioitava siltä kannalta, onko jokiin ja jokisuihin palaavan siian määrä nykyisellään riittävän suuri. Siikakantojen arvioidaan jo pelkästään nykyisen verkkojen solmuvälirajoituksen ansiosta vahvistuvan jonkin verran nykytasosta, tosin lähinnä Selkämerellä. Suomen rannikkojoista ainoastaan Tornionjoessa seurataan tällä hetkellä siikakannan tilaa lippo-saaliin kehityksen perusteella ja seuranta pohjautuu paikallisten toimijoiden aktiivisuuteen.



Kuva 16. Tornionjoen Kukkolankosken lippo-saaliiden kehitys vuodesta 1943 nykypäivään. Aineisto on peräisin Kukkolankosken siiankalastusyhtymän kirjanpidosta.

Sekä siian luonnonlisääntyminen että vastakuoriutuneiden poikasten istuttaminen ovat täysin riippuvaisia kudulle palaavista emosiiioista. Myös viljelylaitoksilla ylläpidettäviin emokalastoihin perustuva siianpoikasten tuotto on pitkällä tähtäimellä mahdollista vain, mikäli emokalastoja täydennetään ja uusitaan luonnosta pyydytyllä materiaalilla.

Siika-asetuksessa Merenkurkun alueella sallittiin siian pyynti 40 mm silmäkoolla, poiketen Perämerestä ja Selkämerestä, missä alimmaksi solmuväliksi asetettiin 43 mm. Poikkeuksen tarkoituksena oli sallia paikallisten, nopeakasvuisten merikutuisten siikakantojen pyynti. Uusien merkintätietojen perusteella (Luke, värimerkinnät 2014–2016, julkaisematon) Merenkurkun alueen nopeakasvuiset merikutuiset siikakannat, kuten Maalahden siikakanta, käyttäytyvät ja kasvavat vaellussiian tavoin. Poikkeukselle ei siten ole juurikaan perusteita näiden kantojen osalta. Vastaava kanta eteläisellä Perämerellä on Luodon alueen saaristosiiika, joka on geneettisesti samankaltainen Maalahden siian kanssa (Koljonen ym. 2019). Varsinainen merikutuinen karisiika Merenkurkussa ja Perämerellä jää pienikokoisemmaksi, ja sen kalastus painottuu loppusyksyyn. Merikutuiseen karisiikkaan kohdentuva pyynti voitaisiin Merenkurkussa sallia pienemmällä silmäkoolla syksyllä kutuajan tuntumassa. Siika on varsin plastinen laji ja muokkautuu elinolosuhteiden muutoksiin nopeasti. Verkon silmäharvuussäätelyn vaikutuksiin ja

niiden arviointiin liittyy paljon epävarmuutta. Mikäli jokeen ja jokisuihin pääsevien kutukalojen määrää halutaan lisätä, kalastuskuolevuuden vähentäminen on yksi keino siihen.

Kutupopulaatioiden osalta alueellisella pyynnin säätelyllä voitaneen jossain määrin vaikuttaa kudulle pääsevien siikojen määrään ja kokojakaumaan. Siikakantojen kalastuksen säätelyn tavoitteena tulisi olla kutukantojen pitäminen riittävän suurella tasolla, mikä koskee lähinnä merikutuisia kantoja sekä jokia, missä edelleen on merkittävässä määrin vaellussiian luontaista lisääntymistä. Vaellussiian osalta kutukantojen tilaa voidaan nykyisin arvioida Tornionjoen lipposaaliin perusteella, mutta seurantatietoa olisi hyvä olla muiltakin vaellussiikajoilta eri merialueilla, koska siikakantojen syönnösalueet ja kalastuksen rakenne eroavat alueittain.

5.1.2. Mädinhankintapyynnissä käytettävien emokalojen valinta

Rakennetuissa joissa vaellussiian luonnonlisääntyminen on pääsääntöisesti erittäin heikkoa. Suomen rannikkoalueella käytännössä vain Tornionjoki tuottaa merkittävässä määrin siianpoikasia. Vaellussiikakannat perustuvat pitkälti useissa rannikon joissa toteutettaviin emokalapynteihin ja istutuskiertoon. Vuosittainen mädinhankintapyynti ja istutus ovat kannan geneettisen monimuotoisuuden näkökulmasta huomattavasti parempi kuin emokalastoon pohjautuva mädintuotanto ja istutus (Koljonen ym. 2019). Mädinhankintapyynnissä ja -lypsyssä olisi kalataloudellisesti perusteltua käyttää mahdollisuuksien mukaan suurikokoisinta kannan osaa lypsyssä ja pyrkiä vapauttamaan lypsetyt kalat takaisin jokeen. Esimerkiksi Kokemäenjoella on nykyisellään käytössä emokalojen lypsy, jossa siiat vapautetaan lypsyn jälkeen. Siikoja on lypsyn yhteydessä merkitty T-ankkurimerkillä ja merkkipalautusten perusteella vapautetut emosiat selviytyvät lypsystä ja niitä saadaan saaliiksi myöhemmin merialueelta uudella syönnösvaelluksella. Yksittäisiä merkittyjä siikoja on myös palannut uudestaan kudulle. Merialueella solmuvälisäätelyn tarkistaminen todennäköisesti mahdollistaisi aiempaa kookkaampien ja iäkäämpien emokalojen pääsyn kutualueelle ja siten saattaisi kasvattaa nopeakasvuisten ja pidemmälle vaeltavien siikojen selviytymistä ja osuutta eri siikakannoissa.

5.1.3. Luonnonkudun edistäminen rakennetuissa joissa

Vaellussiian luonnonlisääntyminen onnistuu jossain määrin myös rakennettujen jokien alimpien patojen alapuolella (Veneranta & Harjunpää 2017). Luontaisesti lisääntyvä siikapopulaatio on monimuotoisuuden säilymisen kannalta tärkeä (Koljonen ym. 2019) ja siksi vähäisiäkkin luonnonlisääntymisen edellytyksiä olisi järkevä vaalia ja edesauttaa. Tutkimustietoa luonnonkudun edistämisen mahdollisuuksista vaellussiikajoista on niukasti, mutta aiheeseen liittyviä selvityksiä on käynnissä Luonnonvarakeskuksessa. Oletettavasti luonnonlisääntymisen edellytyksiä on mahdollista parantaa voimaloiden alapuolisten vesien rakennetta muokkaamalla, esimerkiksi pohjan kiveämisellä, mikäli se on aikanaan voimalaitoksen tarpeita varten perattu ja kanavoitu. Toisaalta kudun onnistumiseen voi vaikuttaa myös merkittävästi talviaikainen virtaamasäätely (Veneranta & Harjunpää 2017). Virtaaman säätelyllä vaellussiian kudun aikaan voitaneen vaikuttaa pääasiallisen kutualueen sijaintiin ja siten myös mädin kehittymisalueeseen ja -edellytyksiin.

5.1.4. Hylkeet ja siikakantojen säätelymahdollisuudet

Kalastajien havaintojen mukaan hylkeet, halli ja norppa, ovat merkittäviä kalastuksen kannattavuuteen heikentävästi vaikuttavia eläimiä (Svels ym. 2019). Hylkeet vaikeuttavat pyyntiä ja vähentävät siten siikasaaliita (Söderkultalahti & Ahvonen 2014). Itämeren alueella hylkeiden vaikutusta siikakantoihin ei ole suoraan arvioitu, mutta ravinnonkäyttöselvitysten (Lundström ym. 2007; Tverin ym. 2019) perusteella vuotuinen nykyisen hyljekannan ravinnokseen käyttämä siikamäärä on huomattava. Ravinnonkäyttöselvitysten perusteella ajalliset ja alueelliset vaihtelut hylkeiden ravinnossa ovat huomattavia, joten voidaan otaksua, että ajoittain hylkeiden vaikutus siikakantoihin voi merkittävä. Hylkeiden

vuoksi todennäköisesti kasvanut siian luonnollinen kuolevuus aiheuttaa sen, että kalastuksen säätelyllä ei juurikaan voida vaikuttaa siikasaaliin arvoon. Hylkeiden vaikutusta siikakantoihin olisi perusteltua selvittää tarkemmin, jotta voidaan arvioida esimerkiksi nykyisten siikaistutusten saalistuottoa ja kannattavuutta. Siikakantojen seuranta tulisi perustua kutukantapohjaiseen arvioon merialueittain, jolloin pystyttäisiin paremmin arvioimaan kannan tilaa esimerkiksi saalis, ikä- ja kokotietojen perusteella.

Viitteet

- Anonyymi 1964. Siian alin mitta Perämerellä. Tilasto siikaverkoista. Suomen Kalastuslehti 71: 146–150.
- Anonyymi 1980. Siikatyöryhmä -80:n muistio. Förslag avlämnade av sikarbetsgruppen -80. 1720/04 MMM 1980.
- Anonyymi 2019. Tilastotietokanta, Luonnonvarakeskus. http://stat.luke.fi/en/commercial-marine-fishery-2015_en, ladattu 29.1.2020.
- Aronsoo, K. & Huhmarniemi, A. 2004. Changes in the European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) population of the Kalajoki – potential consequences of the alterations of fishing patterns in the Gulf of Bothnia. *Annales Zoologici Fennici* 41: 195–204.
- BACC II Author Team (2015) Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer International Publishing, Switzerland. 515 s.
- Bostedt, G., Berkström, C., Brännlund, R., Carlén, O., Florin, A. B., Persson, L. & Bergström, U. 2020. Benefits and costs of two temporary no-take zones. *Marine Policy*, 103883.
- Chouinard, G. A., Swain, D. P., Hammill, M. O. & Poirier, G. A. 2005. Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(9): 1991–2000.
- Cook, R. M. & Trijoulet, V. 2016. The effects of grey seal predation and commercial fishing on the recovery of a depleted cod stock. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(9): 1319–1329.
- Crozier, L. G. & Hutchings, J. A. 2014. Plastic and evolutionary responses to climate change in fish. *Evolutionary Applications*, 7(1): 68–87.
- Daufresne, M., Lengfellner, K. & Sommer, U. 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Science* 106 (31): 12788–12793
- Ebener, M. P., Brenden, T. O. & Jones, M. L. 2010. Estimates of fishing and natural mortality rates for four lake whitefish stocks in northern lakes Huron and Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 36: 110–120.
- Florin, A.-B., Fredriksson, R., Lundström, K. & Bergström, U. 2016. Ett fiskefritt område för skydd av sik i Bottenhavet. *Aqua reports* 20. 45–66 pp.
[<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/radgivning/fiskefria-omraden/delrapporter/ett-fiskefritt-omrade-for-skydd-av-sik-i-bottenhavet--delrapport-1.pdf>], accessed 24.1.2020.
- Hansson, S., Bergström, U., Bonsdorff, E., Härkönen, T., Jepsen, N., Kautsky, L. & Sendek, D. 2017. Competition for the fish–fish extraction from the Baltic Sea by humans, aquatic mammals, and birds. *ICES Journal of Marine Science* 75(3): 999–1008.
- Heikinheimo, O. & Mikkola, J. 2004. Effect of selective gill-net fishing on the length distribution of European whitefish (*Coregonus lavaretus*) in the Gulf of Finland. *Annales Zoologici Fennici* 41: 357–366.
- Hudd, R., Veneranta, L. & Harjunpää, H. 2012. Störvuxen skärgårdslekande sik i Vasa. Vilt- och fiskeriforskningsinstitutes arbetsrapporter 20/2012. 38 s.
- Hurme, S. 1966. Vaellussiian kutujoet Suomen rannikolla. *Suomen Kalastuslehti* 1966 s. 246–248.
- Hägerstrand, H., Heimbrand, Y., von Numers, M., Lill, J. O., Jokikokko, E. & Huhmarniemi, A. 2017. Whole otolith elemental analysis reveals feeding migration patterns causing growth rate differences in anadromous whitefish from the Baltic Sea. *Ecology of Freshwater Fish*, 26(3): 456–461.
- ICES. 2018. Interim Report of the Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO), 7–9 March 2018, Madeira, Portugal. ICES CM 2018/HAPISG:11. 179 pp.

- Jokikokko, E. & Huhmarniemi, A. 2014. The large-scale stocking of young anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus*) and corresponding catches of returning spawners in the River Tornionjoki, northern Baltic Sea. *Fisheries Management and Ecology* 21(3): 250–258.
- Jokikokko, E., Hägerstrand, H. & Lill, J.-O. 2018. Short feeding migration associated with a lower mean size of whitefish in River Tornionjoki, northern Baltic Sea. *Fisheries Management and Ecology* 25: 261–266. DOI: 10.1111/fme12290
- Jokikokko, E., Jutila, E. & Kallio-Nyberg, I. 2016. Changes in smolt traits of Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) and linkages to parr density and water temperature. *Journal of Applied Ichthyology* 32: 832–839. Doi: 10.1111/jai.13113
- Jokikokko, E., Leskelä, A. & Huhmarniemi, A. 2007. Section IV-Fisheries in Europe-Is it possible to increase the stocking results of the whitefish in the Finnish Gulf of Bothnia by means of fisheries management? *Advances in Limnology* 60: 397–404.
- Jokitalo, S. 2019. Pohjanlahden siiankalastuksen nykytila. Hydrobiologian projektityö 28.2.2019. Oulun yliopisto. 31 s.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2007. Sea growth, smolt age and age at sexual maturation in Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 71(1): 245–252.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2019. Phenotypic and epigenetics of fish: embryo temperature affects alter-developing life-history traits. *Aquatic Biology* 28: 21–32.
- Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, S. 2009: Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2009 (4): 102 s.
- Jørgensen, C., Ernande, B. & Fiksen, Ø. 2009. Size-selective fishing gear and life history evolution in the Northeast Arctic cod. *Evolutionary Applications* 2: 356–370. DOI: 10.1111/j.1752-4571.2009.00075.x
- Kallio-Nyberg, I. & Koljonen, M.-L. 1988. A stock registry for Finnish whitefish. *Finnish Fisheries Research* 9: 49–60.
- Kallio-Nyberg, I., Veneranta, L., Saloniemi, I., Jokikokko, E. & Leskelä, A. 2019. Different growth trends of whitefish (*Coregonus lavaretus*) forms in the northern Baltic Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 2019: 1–9. DOI: 10.1111/jai.13898.
- Kallio-Nyberg, I., Veneranta, L., Saloniemi, I. & Salminen, M. 2018. Anadromous trout threatened by whitefish gill-net fisheries in the northern Baltic Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 2018: 1–8. DOI: 10.1111/jai.13771
- Koljonen, M.-L., Veneranta, L., Kallio-Nyberg, I., Koskiniemi, J. & Jokikokko, E. 2019. Pohjanlahden siikakantojen perinnöllinen erilaistuminen ja merialueen siikasaaliiden alkuperä. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 56/ 2019. 52 s.
- Königson, S., Lunneryd, S. G., Stridh, H., & Sundqvist, F. 2009. Grey seal predation in cod gillnet fisheries in the central Baltic Sea. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 42: 41–47.
- Larsson, S., Byström, P., Berglund, J., Carlsson, U., Veneranta, L., Larsson, S.H. & Hudd, R. 2011. Characteristics of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) rivers in the Gulf of Bothnia. *Advances in Limnology* 64: 189–201.
- Lehtonen, H. 1981. Biology and stock assessments of Coregonids by the Baltic coast of Finland. *Finnish Fisheries Research* 3: 31–83.
- Lehtonen, H. & Himberg, M.K.-J. 1992. Baltic Sea migration patterns of anadromous, *Coregonus lavaretus* (L.) s. str., and sea-spawning European whitefish, C.I. widegreni Malmgren. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 39 (3–4): 463–472.
- Lehtonen, H. & Jokikokko, E. 2002. Responses of anadromous European whitefish, *Coregonus lavaretus* (L.) to fishing in the Gulf of Bothnia. *Archiv für Hydrobiologie. Special Issues. Advances in Limnology* 57: 669–676.
- Leskelä, A. 2015. Kokemäenjoen ja Rauman edustan siian velvoiteistutusten tuloksellisuus. Projekti 523036. Loppuraportti. Luonnonvarakeskus. 11 s.

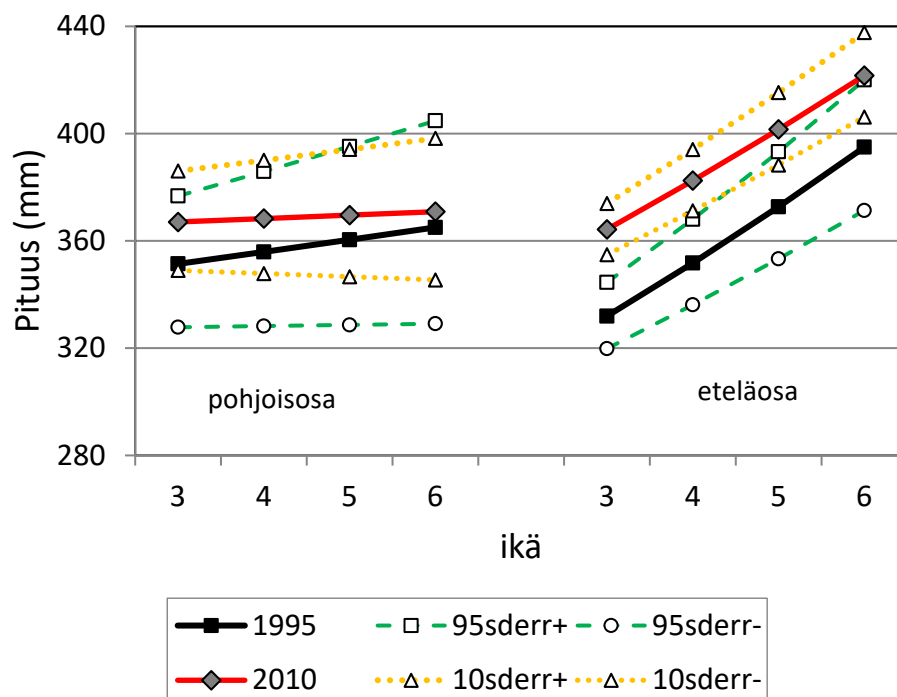
- Leskelä, A., Jokikokko, E. & Huhmarniemi, A. 2002. Sea migration patterns of stocked anadromous European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) fingerlings. *Archives Hydrobiology, Special Issues on Advanced Limnology* 57: 119–128.
- Leskelä, A., Jokikokko, E. & Huhmarniemi, A. 2009. Perämeren vaellussiikaistutusten tulokset. Riista- ja kalatalous – selvityksiä. 7/2009.
- Leskelä, A., Jokikokko, E., Huhmarniemi, A., Siira, A. & Savolainen, H. 2004. Stocking results of spray-marked one-summer old anadromous European whitefish in the Gulf of Bothnia. *Annales Zoologici Fennici* 41: 171–179.
- Lundström, K., Hjerne, O., Alexandersson, K. & Karlsson, O. (2007). Estimation of grey seal (*Halichoerus grypus*) diet composition in the Baltic Sea. NAMMCO Scientific Publications, 6: 177–196.
- Luonnonvarakeskus 2019. Hylkeet. [<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/riista/hylkeet/>], ladattu 29.1.2020.
- Mackenzie, B. R., Gislán, H., Möllmann, C. & Köster, F.W. 2007. Impact of 21st century climate change on the Baltic Sea fish community and fisheries. *Global Change Biology* 13: 1348–1367
- Moore, P.G., 2003. Seals and fisheries in the Clyde sea area (Scotland): traditional knowledge informs science. *Fisheries Research* 63: 51–61.
- Munday, P.L., Warner, R.R. Monro, K., Pandolfi, J.M. & Marshall, D.J. 2013. Predicting evolutionary responses to climate change in the sea. *Ecology Letters* 16: 1488–1500. Doi: 10.1111/ele.12185.
- Neuenhoff, R. D., Swain, D. P., Cox, S. P., McAllister, M. K., Trites, A. W., Walters, C. J. & Hammill, M. O. 2019. Continued decline of a collapsed population of Atlantic cod (*Gadus morhua*) due to predation-driven Allee effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(1): 168–184.
- Nicola, G.G., Elvira, B., Jonsson, B., Ayllón, D. & Almodóvar, A. 2018. Local and global climatic drivers of Atlantic salmon decline in southern Europe. *Fisheries Research* 198: 78–85.
- Nusslé, S., Bréchon, A. & Wedekind, C. 2011. Change in individual growth rate and its link to gill-net fishing in two sympatric whitefish species. *Evolutionary Ecology* 25: 681–693.
- Olsson, J., Florin, A.-B., Mo, K., Aho, T. & Ryman, N. 2012. Genetic structure of whitefish (*Coregonus maraena*) in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 97: 104–113.
- Otero, J., L'abée-Lund, J.H., Castro-Santos, T., Leonardsson, K., Storvik, G.O., Jonsson, B., Dempson, J.B., Russell, I.C., Jensen, A.J., Baglinière, J.-L., Dionne, M., John D Armstrong, J.D., Romakkaniemi, A., Letcher, B.H., Kocik, J.F., Erkinaro, J., Poole, R., Rogan, G., Lundqvist, H., Maclean, J.C., Jokikokko, E., Arnekleiv, J.V., Kennedy, R.J., Niemelä, E., Caballero, P., Music, P.A., Antonsson, T., Gudjonsson, S., Veselov, A.E., Lamberg, A., Groom, S., Taylor, B.H., Taberner, M., Dillane, M., Arnason, F., Horton, G., Hvidsten, N.A., Jonsson, I.R., Jonsson, N., McKelvey, S., Naesje, T.F., Skaala, O., Smith, G.W., Saegrov, H., Stenseth, N.C. & Vøllestad, L.A. 2014. Basin-scale phenology and effects of climate variability on global timing of initial seaward migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Global Change Biology* 20: 61–75. doi: 10.1111/gcb.12363
- Orell, P., Erkinaro, J., Kiljunen, M., Torniainen, J., Sutela, T., Jaukkuri, M. & Mäki-Petäys, A. 2018. Short sea migration and precocious maturation in reared Atlantic salmon post-smolts in the northern Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 75: 1063–1070.
- Perry, A.L., Low, P. J. & Ellis, J.R. Reynolds, J.D. 2005. Climate change and distribution shifts in Marine Fishes. *Science* 308(5730): 1912–1915.
- Pitcher, K. W. (1980). Stomach contents and feces as indicators of harbor seal, *Phoca vitulina*, foods in the Gulf of Alaska. *Fishery Bulletin* 78: 797–798.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. 2010 (toim.). Suomen lajien uhanalaisuus-punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. ISSN: 978-952-11-3806-5.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada* 191: 1–382.
- Siikavuopio, S.I., Knudsen, R., Amundsen, P.-A., Sæthe, B.-S. & James, P. 2012. Effects of high temperature on the growth of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Aquaculture Research* 44: 8–12.

- Säisä, M., Rönn, J., Aho, T., Björklund, M., Pasanen, P. & Koljonen, M-L. 2008. Genetic differentiation among European whitefish ecotypes based on microsatellite data. *Hereditas* 145: 69–83.
- Svels, K., Salmi, P., Mellanoura, J. & Niukko, J. 2019. The impacts of seals and cormorants experienced by Baltic Sea commercial fishers. *Natural resources and bioeconomy studies* 77/2019. Natural Resources Institute Finland, Helsinki 2019.
- Söderkultalahti P. & Ahvonen A. 2014. Hylkeiden ammattikalastukselle aiheuttamat saalisvahingot vuonna 2013. RKT:n työraportteja 32: 1–12.
- Tverin, M., Esparza-Salas, R., Strömberg, A., Tang, P., Kokkonen, I., Herrero, A., ... & Sinisalo, T. (2019). Complementary methods assessing short and long-term prey of a marine top predator—Application to the grey seal-fishery conflict in the Baltic Sea. *PloS one* 14(1): e0208694.
- Urho, L., Pennanen, J. T. & Koljonen, M. L. 2010. Kalat. Julkaisussa: Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.). Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. s. 336–343.
- Urho, L., Koljonen, M.-L., Saura, A., Savikko, A., Veneranta, L. & Janatuinen, A. 2019. Kalat. Julk.: Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. S. 549–555.
- Urho, L. 2011. Kalasto-, kalakantamuutokset ja vieraslajit ilmaston muuttuessa. RKT:n työraportteja 6/2011. [In Finnish] Assess method: www.rktl.fi/www/uploads/pdf/uudet%20julkaisut/tyoraportit/kalasto_ilmastomuutos.
- Veneranta, L. & Harjunpää, H. 2017. Kokemäenjoen vaellussiika – kutualueet ja poikasten esiintyminen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 27/2017.
- Veneranta, L., Hudd, R. & Vanhatalo, J. 2013a. Reproduction of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Marine Ecology Progress Series* 477: 231–250.
- Veneranta, L., Urho, L., Koho, J. & Hudd, R. 2013b. Spawning and hatching temperatures of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) in the Northern Baltic Sea. *Advances in Limnology* 64: 39–55.

Liitteet

Taulukko A.1. Naaras- ja koirasvaellussiikojen pituus (vastemuuttuja) selitetty lineaarisen regressiolla, jossa vuosiluokkakajako (1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012), siian ikä (3–6), pyyntialue ja niiden vuorovaikutus ovat selittävinä muuttujina. Pyyntialueet ovat Pohjanlahden etelä- (ICES ruudut 19–47) ja pohjoisosa (2–16). Vastemuuttuja pituus on logaritmimuunnettu mallia varten. Mallissa otos on verkkosaalis (katso Kuva 2 ja Kuva A.1.).

Pyydys	Sukupuoli	Selittäjä	DF	F	p	AIC
verkko	naaras	Vuosiluokkakajako	3, 5191	16,9	<0,001	-10632,6
		Ikä	1, 5191	1160,6	<0,001	
		Merialue	1, 5191	362,7	<0,001	
		Vuosil.*ikä	3, 5191	12,2	<0,001	
		Vuosil.* alue	4, 5191	22,9	<0,001	
verkko	koiras	Vuosiluokkakajako	3, 5918	9,7	<0,001	-12162,4
		Ikä	1, 5918	296,7	<0,001	
		Merialue	1, 5918	165,4	<0,001	
		Vuosil.*ikä	3, 5918	8,4	<0,001	
		Vuosil.* Merialue	3, 5918	31,3	<0,001	
		Ikä* Merialue	1, 5918	202,8	<0,001	



Kuva A.1. Vaellussiikakoiraiden ennustettu pituus vuosiluokkakajakoilla 1995–1999 (= 1995) ja 2010–2012 (=2010) suhteessa ikään (3–6 vuotta meressä) Pohjanlahden pohjois- ja eteläosassa verkkosaa- liissa lineaarisen regressiomallin mukaan (Liitteet: Taulukko A.1). Vuosiluokkakajako, merialue ja ikä ovat selittäviä muuttujia mallissa. Ennustetun trendin lisäksi on esitetty vaihtelu keskiarvon keskivir- heen avulla.

Taulukko A.2. Vaellussiikakoiraiden ikäkohtainen pituusjakauma keskilukuineen Pohjanlahden etelä- (S; ICES ruudut 19–47) ja pohjoisosassa (N; ruudut 2–16) vuosiluokkajakoittain (1995–1999= 1995; 2000–2004= 2000; 2005–2009 =2005; 2010–2012= 2010) verkkoosaaliissa. Jakauman vinous (=skew). Jakauman normaalisuutta (P) on testattu käyttäen Kolmogorov-Smirnov testiä. Keskiarvo= X; mediani= Md. Kvartiilit= q1-q3. Kun Md<X, Md punaisella.

Alue	Vuosi- luokka	Ikä	Otos, koiraat	X ±SD (cm)	Md (cm)	q1-q3	Skew	P
N	1995	4	104	35,1±4,2	35,0	32,5-38,3	-0,135	>0,150
	1995	5	163	36,9±3,6	37,1	34,8-39,4	-0,217	>0,150
	1995	6	90	36,7±3,8	36,5	34,4-39,7	-0,046	>0,150
	2000	4	194	36,3±3,4	36,4	34,2-38,5	-0,178	>0,150
	2000	5	172	36,4±3,2	35,9	34,2-38,6	0,450	<0,010
	2000	6	92	35,6±3,1	34,8	33,4-37,6	0,912	<0,010
	2005	4	264	37,4±3,2	37,3	35,3-39,4	-0,020	>0,150
	2005	5	128	36,2±3,1	36,0	33,6-38,5	0,301	0,023
	2005	6	60	36,0±2,6	35,6	34,4-36,9	0,671	<0,010
	2010	4	168	37,4±3,4	37,8	34,7-39,8	-0,071	>0,150
	2010	5	103	36,8±3,1	37,0	34,5-38,8	-0,070	>0,150
	2010	6	30	36,6±3,4	35,8	34,5-38,3	1,079	>0,150
S	1995	4	530	35,3±2,5	35,0	33,5-36,8	0,879	<0,010
	1995	5	595	37,5±2,9	37,2	35,4-39,0	0,811	<0,010
	1995	6	151	38,7±3,1	39,0	36,2-40,5	0,292	>0,150
	2000	4	649	35,1±2,6	34,9	33,4-36,6	0,672	<0,010
	2000	5	444	36,6±3,0	36,4	34,8-38,1	0,565	<0,010
	2000	6	90	36,4±3,2	35,9	34,0-38,4	0,803	<0,010
	2005	4	441	36,2±2,2	36,0	34,7-37,4	0,750	<0,010
	2005	5	170	38,6±4,8	37,4	35,5-40,5	1,109	<0,010
	2005	6	31	40,6±6,7	38,4	36,1-42,2	1,122	<0,010
	2010	4	332	38,9±3,8	38,4	36,3-40,7	0,796	<0,010
	2010	5	96	39,8±4,4	40,1	36,8-42,1	0,565	0,100
	2010	6	29	41,9±5,5	41,2	38,0-44,1	0,683	>0,150

Taulukko A.3. Vaellussiikanaaraiden ikäkohtainen pituusjakauma keskilukuineen Pohjanlahden etelä- (S) ja pohjoisosassa (N) vuosiluokkajakoittain (1995–1999= 1995; 2000–2004= 2000; 2005–2009 =2005; 2010–2012= 2010) verkkosaaliissa. Jakauman vinous (=skew). Jakauman normaalisuutta (P) on testattu käyttäen Kolmogorov-Smirnov testiä. Keskiarvo= X; mediaani= Md. Kvartiilit= q1-q3. Kun $Md < X$, Md punaisella.

Alue	Vuosi- luokka	Ikä	Otos, naaras	X±SD (cm)	Md (cm)	q1-q3 (cm)	Skew	P
N	1995	4	58	31,3±3,6	31,5	29,1-34,0	0,174	>0,150
	1995	5	105	36,9±4,4	36,6	33,7-40,2	0,297	>0,150
	1995	6	89	37,4±4,1	36,7	34,3-40,0	0,292	>0,150
	2000	4	63	34,1±3,5	33,8	32,0-35,8	0,517	0,034
	2000	5	129	37,1±4,1	36,6	33,7-39,7	0,537	<0,010
	2000	6	75	36,5±3,6	35,6	33,9-38,0	1,808	<0,010
	2005	4	68	35,0±3,8	34,0	32,2-37,9	0,872	<0,010
	2005	5	114	35,6±3,7	34,8	33,3-36,5	1,285	<0,010
	2005	6	64	35,7±3,0	35,0	33,9-37,1	1,092	<0,010
	2010	4	71	35,8±4,4	34,2	32,2-39,8	0,586	<0,010
	2010	5	62	36,5±4,7	35,4	32,8-39,7	0,607	0,043
	2010	6	26	37,0±3,5	37,0	34,8-38,8	1,643	0,123
S	1995	4	498	35,3±2,4	35,1	33,8-36,5	1,022	<0,010
	1995	5	566	37,8±3,3	37,2	35,7-39,0	1,089	<0,010
	1995	6	264	39,9±3,9	39,3	37,0-42,6	0,590	<0,010
	2000	4	636	34,9±2,3	34,8	33,5-36,3	0,385	<0,010
	2000	5	465	36,7±3,3	36,4	34,6-38,5	0,760	<0,010
	2000	6	111	37,4±3,5	36,8	34,8-39,2	0,942	<0,010
	2005	4	479	36,3±2,4	36,3	34,6-37,8	0,727	0,023
	2005	5	183	37,9±3,2	37,5	35,8-39,6	0,552	0,011
	2005	6	25	43,5±7,2	42,1	39,4-46,2	0,974	0,016
	2010	4	239	38,3±3,6	37,6	35,8-40,3	1,303	<0,010
	2010	5	119	41,0±4,4	40,5	37,5-44,0	0,595	0,022
	2010	6	30	38,8±3,7	38,2	36,2-40,7	0,567	>0,150

Taulukko A.4. Vaellussiian ikäkohtaisten pituusjakaumien ero eri vuosiluokkajaksojen (1995–1999=1995; 2000–2004, 2005–2009; 2010–2012) välillä Pohjanlahden pohjoisosan saaliissa. Eroja on testattu Kolmogorov-Smirnov testillä (KSa). Jakaumat ovat Taulukoissa A.2 ja A.3. Eri väreillä, punainen ja vihreä, on merkitty vuosiluokkajaksot.

Vuosiluokka-jakso	Ikä	Sukupuoli	Otokset	KSa	Pr > KSa
1995 & 2000	4	koiras	104 & 194	1,594	0,012
2005 & 2010	4	koiras	264 & 168	0,652	0,788
1995 & 2010	4	koiras	104 & 168	2,231	<0,001
1995 & 2000	5	koiras	163 & 172	1,369	0,047
2005 & 2010	5	koiras	128 & 103	1,061	0,209
1995 & 2010	5	koiras	163 & 103	0,520	0,949
1995 & 2000	6	koiras	90 & 92	1,564	0,015
2005 & 2010	6	koiras	60 & 30	0,819	0,512
1995 & 2010	6	koiras	90 & 30	0,843	0,475
1995 & 2000	4	naaras	58 & 63	1,947	0,001
2005 & 2010	4	naaras	68 & 71	0,786	0,566
1995 & 2010	4	naaras	58 & 71	2,207	0,001
1995 & 2000	5	naaras	105 & 129	0,741	0,641
2005 & 2010	5	naaras	114 & 62	1,296	0,069
1995 & 2010	5	naaras	105 & 62	0,820	0,510
1995 & 2000	6	naaras	89 & 75	1,095	0,181
2005 & 2010	6	naaras	64 & 26	1,173	0,127
1995 & 2010	6	naaras	89 & 26	0,922	0,362

Taulukko A.5. Vaellussiikakoiraiden pituusjakaumien erojen testaus pohjoisen (ICES ruudut 2–16) ja eteläisen (ruudut 19–47) pyyntialueen välillä vuosiluokkajakoittain (1995–1999=1995; 2000–2004, 2005–2009; 2010–2012) ja ikäkohtaisesti käyttäen Kolmogorov-Smirnov testiä (P). Jakaumat Taulukoissa A.2.

Vuosi- luokka	Ikä	Otokset pohjoinen & etelä	Kolmogorov- Smirnov
		n	P
1995	4	104 & 530	0,009
	5	163 & 595	0,004
	6	90 & 151	<0,001
2000	4	194 & 649	<0,001
	5	172 & 444	0,040
	6	92 & 90	0,230
2005	4	264 & 441	<0,001
	5	128 & 170	<0,001
	6	60 & 31	<0,001
2010	4	168 & 332	0,012
	5	103 & 96	<0,001
	6	30 & 29	<0,001

Taulukko A.6. Verkko- ja rysäsaaliin otoskoko (n) ja verkon solmuväli (mediaani ja kvartiilit) vuosiluokkajakoittain (1995–1999= 1995, 2000–2004, 2005–2009 ja 2010–2012) Pohjanlahden etelä- (S; ICES ruudut 19–47) ja pohjoisosassa (N; ruudut 2–16). Otoksissa ovat mukana kolme-, neljä-, viisi- ja kuusivuotiaat vaellussiikat.

Vuosi- luokka- jakso	Alue	Naaras (verkko)	Naaras (verkko, rysä)	Koiras (verkko)	Koiras (verkko, rysä)	Solmuväli verkoissa
		(%)	n	(%)	n	
1995	N	53,4	504	47,9	760	40 (38–40)
2000	N	54,1	514	48,5	966	38 (38–40)
2005	N	55,2	460	56,1	871	40 (38–43)
2010	N	51,9	318	54,7	622	40 (38–45)
1995	S	82,9	1709	72,1	1899	40 (40–42)
2000	S	77,3	1742	68,9	1951	40 (38–40)
2005	S	73,2	1286	61,1	1520	40 (38–40)
2010	S	68,9	775	59,7	1049	40 (40–43)

Taulukko A.7. Neljä- tai viisivuotiaiden vaellussiikanaaraiden ja -koiraiden pituutta (vastemuuttuja) selitetty lineaarisen regression avulla, jossa selittävinä muuttujina ovat pyyntialue ja kevään lämpötilan. Pyyntialueet ovat Pohjanlahden etelä- (ICES ruudut 19–47) ja pohjoisosa (2–16). Lämpötila on kevään ilmalämpötila tutkitun ryhmän neljäntenä tai viidentenä keväänä mitattuna Vaasan mittauspisteestä (ilmatieteenlaitos). Raportin kuvassa 5 on neljävuotiaiden siikojen malli.

Sukupuoli	Ikä	Selittäjä	DF	F	P	AIC
Koiras	4	Alue	2, 4772	798616	<0,001	-9134,4
		Lämpötila	1, 4772	49,71	<0,001	
		Alue*lämpöt.	1, 4772	6,45	0,011	
Naaras	4	Alue	2, 2991	455580	<0,001	-5373,0
		Lämpötila	1, 2991	57,30	<0,001	
Koiras	5	Alue	2, 3492	679909	<0,001	-6534,2
		Lämpötila	1, 3492	7,14	0,008	
		Alue*lämpöt.	1, 3492	13,49	<0,001	
Naaras	5	Alue	2, 2907	409423	<0,001	-4414,9
		Lämpötila	1, 2907	30,06	<0,001	

Taulukko A.8. Viisi- ja kuusivuotiaiden vaellussiikanaaraiden mediaanipituus (Md) Pohjanlahden pohjoisosassa ruutujen 2–7 ja 11–16 verkko- ja rysäsaaliissa. Mediaanit on laskettu kaikki naaraille (kai) sukukypsyydestä riippumatta ja vain sukukypsille (mat) naaraille. Pituuden vaihtelu kvartiileina (q1; q3). Pituuseroja pyyntialueiden välillä on testattu Kruskal-Wallis testillä vuosiluokkajaksokohtaisesti.

Ikä Tila	Jakso	ICES Ruudut 2–7		ICES Ruudut 11–16		Kruskal-Wallis	
		Pituus		Pituus		Chi	P
		N	Md (q1–q3) cm	N	Md (q1–q3) cm		
5 kai	1995–1999	60	35,8 (32,1–39,3)	171	37,7 (33,9–41,2)	4,2	0,041
5 kai	2000–2004	124	36,0 (33,3–40,1)	192	38,0 (34,1–41,2)	5,4	0,020
5 kai	2005–2009	136	34,7 (33,1–36,3)	86	39,8 (35,4–42,8)	41,2	<0,001
5 kai	2010–2012	64	33,7 (32,4–36,0)	75	40,8 (36,1–43,2)	33,3	<0,001
6 kai	1995–1999	89	35,8 (33,9–39,7)	109	38,8 (35,8–41,7)	8,1	0,004
6 kai	2000–2004	106	36,0 (34,1–39,4)	74	38,0 (35,4–41,4)	10,1	0,002
6 kai	2005–2009	92	35,0 (33,7–38,1)	37	38,4 (35,4–42,1)	14,3	<0,001
6 kai	2010–2012	43	37,1 (34,8–38,8)	24	41,7 (38,0–45,6)	13,7	<0,001
5 mat	1995–1999	45	36,8 (32,4–40,2)	81	39,7 (37,1–42,2)	11,8	<0,001
5 mat	2000–2004	117	36,2 (33,7–40,3)	174	38,4 (35,3–41,7)	9,8	0,002
5 mat	2005–2009	134	34,8 (33,2–36,5)	85	40,4 (35,8–42,8)	42,4	<0,001
5 mat	2010–2012	63	33,8 (32,4–36,0)	73	40,9 (36,8–43,2)	36,9	<0,001
6 mat	1995–1999	68	37,0 (34,5–40,8)	71	40,2 (37,2–42,8)	12,5	<0,001
6 mat	2000–2004	104	36,0 (34,2–39,3)	71	38,0 (35,4–41,4)	9,1	0,002
6 mat	2005–2009	92	35,0 (33,7–38,1)	36	38,4 (35,7–42,4)	15,9	<0,001
6 mat	2010–2012	43	37,1 (34,8–38,8)	24	41,7 (38,0–45,6)	13,7	<0,001

Taulukko. A.9. Pohjanlahden pohjoisosasta pyydettyjen vaellussiikojen pituutta (vastemuuttuja) selitetty lineaarisen regression avulla, jossa vuosiluokkakajako (1995–1999; 2000–2004; 2005–2009; 2010–2012), kuukausi (kk), kuukausi² (=kuukausi* kuukausi), sukupuoli ja niiden vuorovaikutus ovat selittävinä muuttujina. Aineistona on ikäryhmien 3–7 siiat rysä- ja verkkosaaliista. Katso kuva 9.

Selittäjä	DF	F	P	AIC
Vuosiluokkakajako	3, 5049	3,68	0,012	-9051,1
Kuukausi	1, 5049	52,69	<0,001	
Kuukausi ²	1, 5049	43,45	<0,001	
Sukupuoli	1, 5049	40,86	<0,001	
Vuosil.*kk	3, 5049	3,86	0,009	
Vuosil.*kk ²	3, 5049	3,61	0,013	
Vuosil* sukupuoli	3, 5049	3,86	0,009	
Kk* kk ²	1, 5049	37,10	<0,001	
Kk*sukupuoli	1, 5049	34,46	<0,001	
Kk ² *sukupuoli	1, 5049	26,75	<0,001	

Taulukko A.10. Kemijoesta vuosina 1981–2017 pyydettyjen vaellussiikojen pituus (vastemuuttuja) selitetty lineaarisella regressiolla, jossa pyyntivuosi, ikä (viisi-, kuusi- ja seitsemänvuotiaat kalat) ja niiden vuorovaikutus ovat selittävinä muuttujina (katso Kuva 11)

Sukupuoli	Selittäjä	DF	F	P	AIC
Naaras	Vuosi	1, 1848	522,2	<0,001	-3311,6
	Ikä	3, 1848	524,2	<0,001	
	Vuosi*ikä	2, 1848	4,1	0,016	
Koiras	Vuosi	1, 2205	94,7	<0,001	-4324,8
	Ikä	3, 2205	226,5	<0,001	
	Vuosi*ikä	2, 2205	7,7	<0,001	



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000