

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/340813217>

Silakan loismatojen esiintyminen, isäntälajit ja vaikutus Saaristomeren elinkeinokalatalouteen

Experiment Findings · April 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.29559.16801

CITATIONS

0

READS

87

2 authors:



Johannes Sahlstén

University of Turku

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Jari Hänninen

University of Turku

111 PUBLICATIONS 949 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Training course on Baltic Sea zooplankton identification [View project](#)



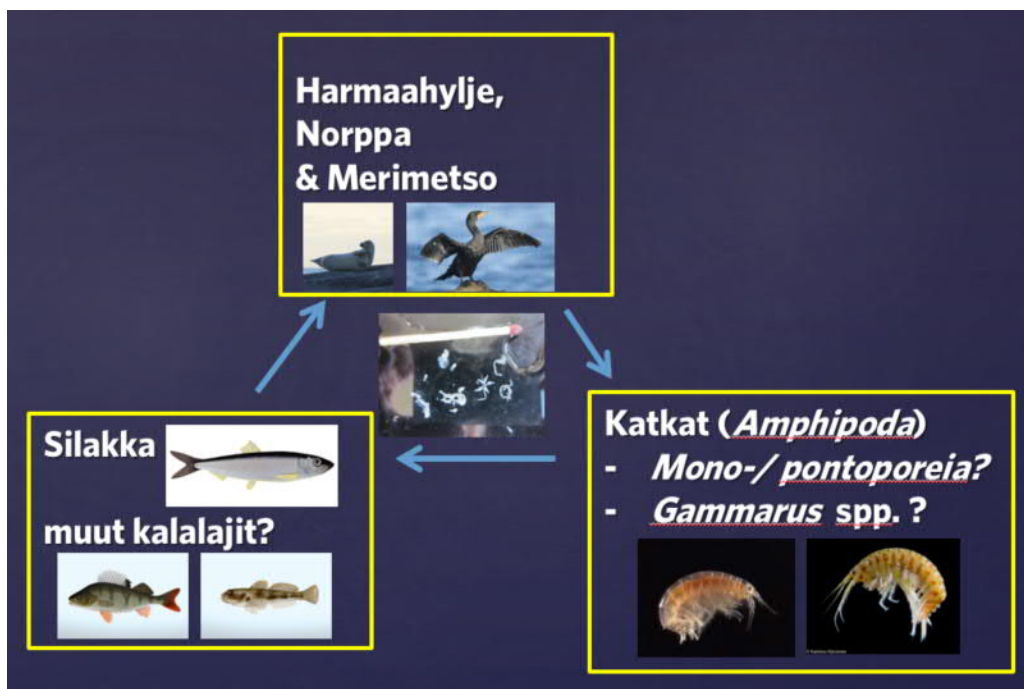
Novel vectors and pathogens [View project](#)

Silakan loismatojen esiintyminen, isäntälajit ja vaikutus Saaristomeren elinkeinokalatalouteen

Loppuraportti: hankenumero 58254

Johannes Sahlstén

Jari Hänninen



TURUN YLIOPISTO | Biodiversiteetti

**SAARISTOMEREN
TUTKIMUSLAITOS**

TURUN SAARISTO - SEILI



Meri- ja
kalatalousverkosto



Euroopan unioni

Tämä tutkimus on toteutettu *Euroopan komission Euroopan meri- ja kalatalousrahaston* rahoittamana. Tutkimusta ovat tukeneet myös *Saaristomeren kalatalouden toimintaryhmä* sekä *Varsinais-Suomen ELY-keskus*.

Kansikuvat:

Yllä: Toinen Varsinais-Suomen ELY-keskuksen tutkimukseen resursoimista koesilakkarystistä toimintakuntoon viritettynä Airiston Aukkomatalalla kesällä 2019 (kuva: Jari Hänninen 2019).

Alla: *Corynosoma* –väkäkärsämadon oletettu elinkierto Saaristomerellä.

Tiivistelmä

Turun yliopiston Saaristomerellä toteuttamassa silakan lisääntymisbiologiaa tutkivassa pitkäaikaisseurannassa havaittiin silakoissa 2014 ensimmäisen kerran *Corynosoma*-suvun väkäransämatoja. Ne ovat selkärankaisia pääisäntinä käyttäviä loisia, joiden elinkierto kuuluu kala siirtoisäntänä. Väkäkärsämatojen pääisäntinä toimivat pääasiassa hylkeet, mutta aikaisemmissa tutkimuksissa muualla Euroopassa niitä on löydetty myös merimetsoista. Viimeisten vuosikymmenien aikana Itämeren suolapitoisuus on laskenut ja samalla alueen silakpopulaatio on kasvanut. Muuttuvat ympäristökijät ja kasvava populaatiotiheys aiheuttavat silakoille stressiä, jolloin niiden kunto heikkenee. Heikentynyt kunto saattaa altistaa silakat helpommin loistartunnalle. Loisten pääisäntien harmaahylkeiden ja itämerennorppien sekä merimetsojen kannat ovat kasvaneet 2000-luvulla. Tutkimuksessa selvitettiin väkäkärsämatojen esiintymistä ja kannankehitystä Saaristomerellä ja Selkämeren silakoissa ja merimetsoissa. Yhteensä 7002 silakkaa tutkittiin vuosien 2014 ja 2019 välillä ja 65 merimetsoa vuosina 2018 ja 2019. Silakoiden pituus mitattiin, paino punnittiin ja ruumiinontelot tarkastettiin loisten varalta. Merimetsot punnittiin ja mitattiin ja suolistoista kerättiin löydetyt loiset. Kerätyille loisille tehtiin DNA-analyysit lajinmäärittämistä varten. Tutkimus osoitti, että suuremmilla silakoilla on suurempi todennäköisyys saada loistartunta. Loistartuntojen määrä on kasvanut vuodesta 2014 vuoteen 2018, mutta väheni vuonna 2019. Loisia löytyi sekä Saaristomerellä että Selkämeren silakoista. Saaristomerellä silakat olivat loisittuja useammin kuin Selkämerellä. Airistolta ammutut ja aikuiset merimetsot olivat useammin loisittuja, kuin nuoret tai Kustavista ammutut. DNA-analyysit osoittivat, että silakoista ja merimetsoista löytyy samoja väkäkärsämatoja, *Corynosoma semerme*-lajin edustajia. Suurikokoisten silakoiden suurempaa loisprevalenssia selittää muun muassa niiden ravinnonkäyttö ja vaelluskäyttäytyminen. Loisten yleistymistä puolestaan saattaa johtua merimetsojen ja hylkeiden yleistymisestä ja muuttuneista ympäristöoloista. Tutkimus osoitti, että hylkeiden lisäksi myös merimetsot toimivat isäntinä silakoista löytyville *Corynosoma*-loisille. Loisten esiintymisestä silakassa ja merimetsossa saattaa aiheutua haitallisia vaikutuksia elinkeinotalouteen.

1. Johdanto

Turun yliopiston Saaristomeren tutkimuslaitoksella on tehty silakkakantojen pitkäaikaisseurantaa 1980-luvulta asti (Rajasilta ym. 2016). Vuonna 2014 Airistolta pyydytyissä silakoissa havaittiin ensimmäisen kerran väkäkärämatoja (*Acanthocephala*). DNA-analysit osoittivat niiden olevan kahta eri *Corynosoma*-suvun loista, *C. semerme* ja *C. strumosum*.

Väkäkärämadot ovat selkärankaisia pääisäntinään käyttäviä, suolistossa loisivia matoja (Valtonen ym. 2012). Niiden elinkiertoon kuuluu äyriäislaji väli-isäntänä ja joillakin lajeilla lisäksi kala siirtoisäntänä. *Corynosoma*-suvun väkäkärämatojen väli-isäntänä toimivat mm. valkokatkat (*Monoporeia affinis*), joista väkäkärämadot siirtyvät kalasiirtoisäntään ennen päätymistään pääisäntään, harmaahylkeeseen (*Halichoerus grypus*) tai itämerennorppaan (*Pusa hispida botnica*) (Sinisalo ja Valtonen 2003).

Saksassa *Corynosoma*-loisia on löydetty myös merimetsojen (*Phalacrocorax carbo*) suolistoista (Oßmann 2008). Merimetsojen kanta Itämerellä on kasvanut voimakkaasti 1900-luvun puolivälin jälkeen (HELCOM 2019). Tuolloin Itämeren alueella pesi noin 4000 paria, mutta 2010-luvulle tultaessa kannan kooksi arvioitiin jo noin 200 000 pesivää paria. Suomessa merimetsa pesi ensimmäisen kerran vuonna 1996 kymmenen parin voimin (Rusanen 1998). Vuonna 2019 Suomen pesimäkannan kooksi arvioitiin jo yli 25 000 paria (SYKE 2019). Merimetsa on muuttolintu (Lehikoinen 2003). Suomessa pesivät merimetsot talvehtivat pääasiassa Länsi-, Keski- ja Etelä-Euroopassa (Rusanen 1998).

Corynosoma-loiset kehittyvät valkokatkoissa kystakanttitoukiksi ja päätyvät kaloihin niiden käyttäessä tartunnan saaneita valkokatkoja ravintonaan (Valtonen 1983). Kalat toimivat kystakanttitoukille vain siirtoisäntänä ja ovat tärkeässä roolissa edistämässä niiden pääsyä pääisännän elimistöön (Valtonen ym. 2012). Toukat eivät kehity kaloissa, vaan elävät niiden ruumiinonteloissa, pääasiassa suoliston ulkopuolella. Kaloissa väkäkärämadot saattavat säilyä toukkina jopa vuosia.

Silakka (*Clupea harengus membras*) on Itämeressä elävä sillikala. Se on Atlantin sillin (*Clupea harengus harengus*) alalaji. Silakkaa tavataan kaikkialla Itämerellä ja se on kaupallisesti merkittävin kala muodostaen suurimman osan Suomen kokonaissaaliista (Luonnonvarakeskus 2016).

Silakan ravinto koostuu eläinplanktonista ja pienistä äyriäisistä (Aneer 1975). Selkämerellä silakan yleinen ravintoeläin on valkokatka (*Monoporeia affinis*) (Rajasilta ym. 2014). Nuoremmat silakat syövät lähes pelkästään eläinplanktonia, mutta vanhempien ja suurempien silakoiden ravinnossa pienten äyriäisten osuus kasvaa (Arrhenius ja Hansson 1993).

Silakan kutu ajoittuu touko–heinäkuulle (Rajasilta 1992). Saaristomeren silakat vaeltavat kudun jälkeen talveksi Selkämerelle tai Itämeren pääaltaalle syönnökselle ja palaavat keväällä kutemaan samoille paikoille (Parmanne 1990, Kaaria ym. 2000).

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää loisten prevalenssia eli esiintymistä Saaristomeren ja Selkämeren alueen silakka- ja merimetsokannoissa ja ovatko merimetsoista ja silakoista löytyvät loiset samaa lajia. Koska Selkämeren ja

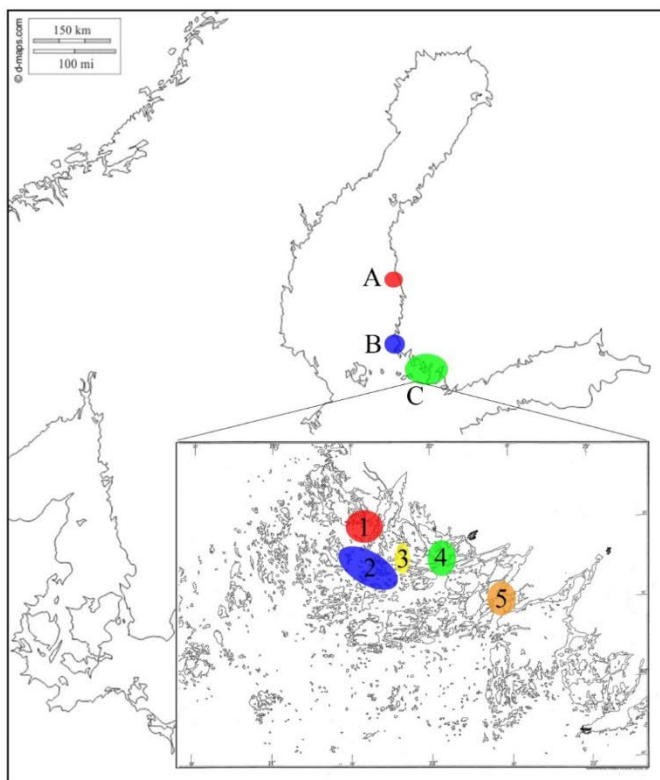
Saaristomeren silakat ovat ainakin osittain omia populaatioitaan, mutta Saaristomeren silakat vaeltavat Selkämerelle (Parmanne 1990; Kääriä ym. 2000), hypoteesina on, että eri alueilta pyydettyjen silakoiden loisinfektioiden määrässä ei ole merkittävää eroa. Toisena hypoteesina on, että loisia esiintyy useammin isommissa silakoissa. Tätä tukee aikaisempi tutkimus (Valtonen 1983). Saman tutkimuksen mukaan loisinfektioiden määrä valkokatkoissa (*Monoporeia affinis*) ei vaihdellut vuodenaikojen mukaan. Koska silakat saavat todennäköisesti tartunnan valkokatkoista, kolmantena hypoteesina on, että silakoidenkaan loisinfektioiden määrässä ei ole merkittävää vuodenaikaisvaihtelua. Neljäs hypoteesi on, että loiset ovat yleistyneet seurantajakson aikana.

Väkäkärämädöt eivät ole haitallisia ihmisille (Valtonen ym. 2012). Niiden runsas esiintyminen silakoissa voi kuitenkin vähentää silakan kaupallista arvoa ja haitata siten elinkeinokalastusta (Hänninen 2018).

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Näytteidenkeruu ja preparointi

Vuosien 2014 - 2017 aikana näytesilakat kerättiin ammattikalastajien rysistä Airiston alueelta (Kuva 1). Vuonna 2018 silakat kerättiin ammattikalastajien rysistä Saaristomereltä ja Selkämereltä.



Kuva 1. Näytteenkeruupaikat (A=Merikarvia, B=Uusikaupunki, C=Saaristomeren; 1=Taivassalo, 2= troolialue, 3=Rymättylän länsipuoli, 4=Airisto, 5=Peimarin-aukko). Kartat: Maanmittauslaitos ja d-maps.com.

Taulukko 1. Näytesilakoiden keruupaikat, yksilömäärät ja loisprevalenssit..

Vuosi	alue	silakoita kpl	loisittu kpl	prevalenssi %
2019	Airisto	894	113	12,6
2018	Peimarinaukko	249	55	22,1
	Taivassalo	570	111	19,5
	Rymättylän länsipuoli	348	84	24,1
	Rymättylä (troolisaalis)	635	46	7,2
	Uusikaupunki	542	82	15,1
	Merikarvia	986	130	13,2
2017	Airisto	698	134	19,2
	Rymättylä (troolisaalis)	175	6	3,4
2016	Airisto	1018	38	3,7
2015	Airisto	1031	151	14,6
2014	Airisto	750	83	11,1

Saaristomeren silakat kerättiin Rymättylän länsipuolelta, Taivassalon edustalta ja Peimarinaukolta Paraisten kaakkoispuolelta. Lisäksi näytekaloja kerättiin troolisaalista Rymättylän länsipuolelta. Selkämeren silakat kerättiin rysäsaalista Uudenkaupungin ja Merikarvian edustalta. Yhteensä silakoita preparoitiin 7002 kappaletta (Taulukko 1). Vuoden 2019 näytekalat kalastettiin Saaristomeren tutkimuslaitoksen omilla koerysillä Airistolta. Rysät laskettiin samoille paikoille, joilla ammattikalastajat olivat kalastaneet vuoteen 2017 asti. Jokainen näyte koostui kutukaudella (touko–heinäkuussa) kalastajien lajittelemattomasta saaliista satunnaisesti kerätyistä noin 150–200 kalasta. Yksi troolisilakkanäyte kerättiin tammikuussa 2017. Kalat pakastettiin ja säilytettiin -18 celsiusasteessa käsittelyyn asti. Ennen preparointia kalat sulatettiin.



Kuva 2. Väkäkärsämatoja silakan ruumiinontelossa.

Laboratoriossa kalojen pituus mitattiin ja sukupuoli määritettiin irrotetuista gonadeista eli sukupuolirauhasista. Airistolta, Peimarinaukolta ja Taivassalosta kerätyt kalat punnittiin 0,1 gramman tarkkuudella ja niiden gonadit 0,01 gramman tarkkuudella. Gonadeista määritettiin kalan sukukypsyyssaste. Vuosien 2014–2017 ja 2019 aikana Airistolta kerätyistä kaloista otettiin talteen otoliitit, eli tasapainokivet, myöhempää iänmäärittystä varten.

Kalojen ruumiinontelot tarkastettiin loismatojen varalta gonadien poiston yhteydessä (Kuva 2). Jos loisia löytyi, niiden lukumäärä laskettiin ja kirjattiin ylös. Jokaisen eri alueen silakoista kerättiin loismadot talteen noin 20–30 infektoidusta kalasta kutukauden eri aikoina. Loiset säilöttiin 70-prosenttiseen denaturoituun etanoliin odottamaan myöhempää DNA-analyysia.

Vuosina 2018 ja 2019 ammuttiin Airiston alueelta ja Kustavin Tiiraletton vieressä sijaitsevilta kalankasvatusaltilta yhteensä 65 merimetsoa ammattikalastajien ja kalankasvattajien toimesta (Taulukko 2). Linnut säilytettiin pakastimessa käsittelyyn asti. Ennen käsittelyä ne otettiin huoneenlämpöön sulamaan noin vuorokaudeksi. Jokainen lintu punnittiin gramman tarkkuudella ja niiden pituus ja siipimitta mitattiin millin tarkkuudella. Niiden pää leikattiin irti ja pakastettiin myöhempää alalajimäärittystä varten.

Taulukko 2. Merimetsojen ampumispaikat, lukumäärät ja loisprevalenssit.

Paikka	vuosi	merimetsojen lkm	loisprevalenssi %
Airisto	2018	6	17
	2019	9	67
Kustavi (Tiiraletto)	2019	50	20



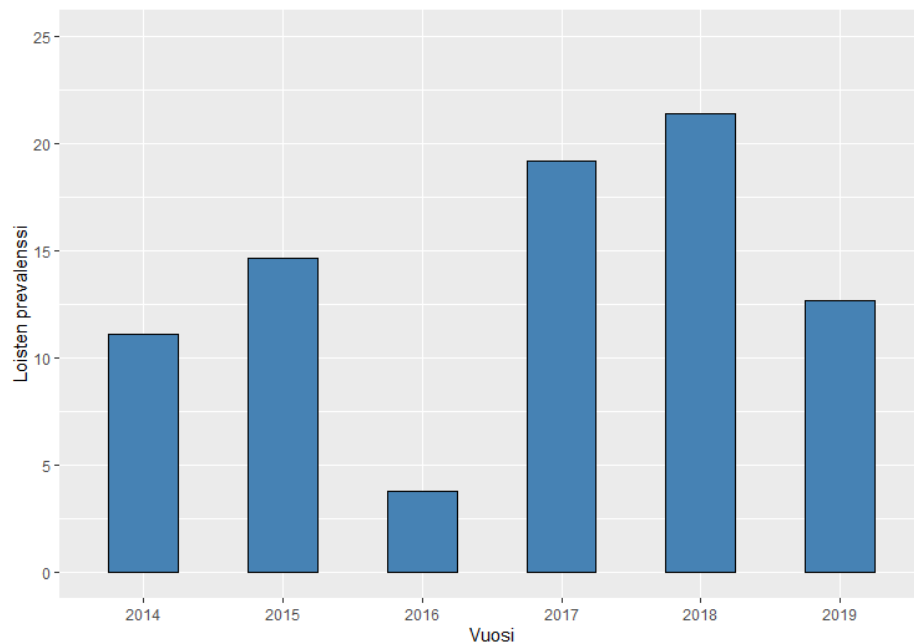
Kuva 3. Väkäkärsämatoja merimetson suolen sisäpinnalla.

Merimetsojen ikä määritettiin vatsan höyhenpeitteen perusteella. Ruumiinontelo leikattiin auki ja linnuista irrotettiin toinen rintalihas ja maksa myöhempiä analyysejä varten. Samoin vatsalaukku irrotettiin ravintoanalyysia varten. Lintujen sukupuoli määritettiin ja suolisto leikattiin irti. Kaikki irrotetut ruumiinosat pakastettiin yhdessä linnun tietojen kanssa. Merimetsojen suolet sulatettiin huoneenlämmössä ennen niiden avaamista. Suolet leikattiin auki peräaukosta alkaen ja suihkepullon ja veden avulla suolen sisältö pestiin pois. Osasta lintuja myös suolen pituus mitattiin. Puhtaan suolen sisäpinta tarkastettiin loismatojen varalta ja mahdolliset madot laskettiin ja kerättiin talteen (Kuva 3). Ne säilöttiin 70-prosenttiseen denaturoituun alkoholiin odottamaan DNA:n eristystä.

Väkäkärämato leikattiin puoliksi ja etupää säilöttiin uudelleen mahdollista morfologista lajinmäärittystä varten. Peräpäästä käytettiin DNA-eristykseen ja eristys toteutettiin QIAGEN DNeasy Blood & Tissue -kitin avulla. Puhdistetun DNA:n sekvensoinnista vastasi MacroGen-yritys.

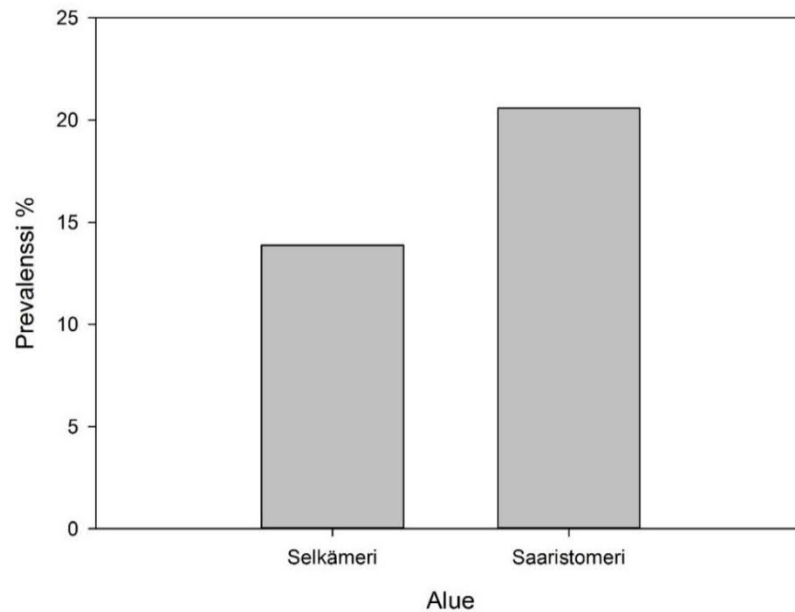
3. Tulokset

Vuodesta 2014 vuoteen 2018 loisten prevalenssi silakoissa lähes kaksinkertaistui (Kuva 4). Vuoden 2016 loisprevalenssi on huomattavasti pienempi kuin muina vuosina. Vuodesta 2018 vuoteen 2019 loisprevalenssi laski hieman.



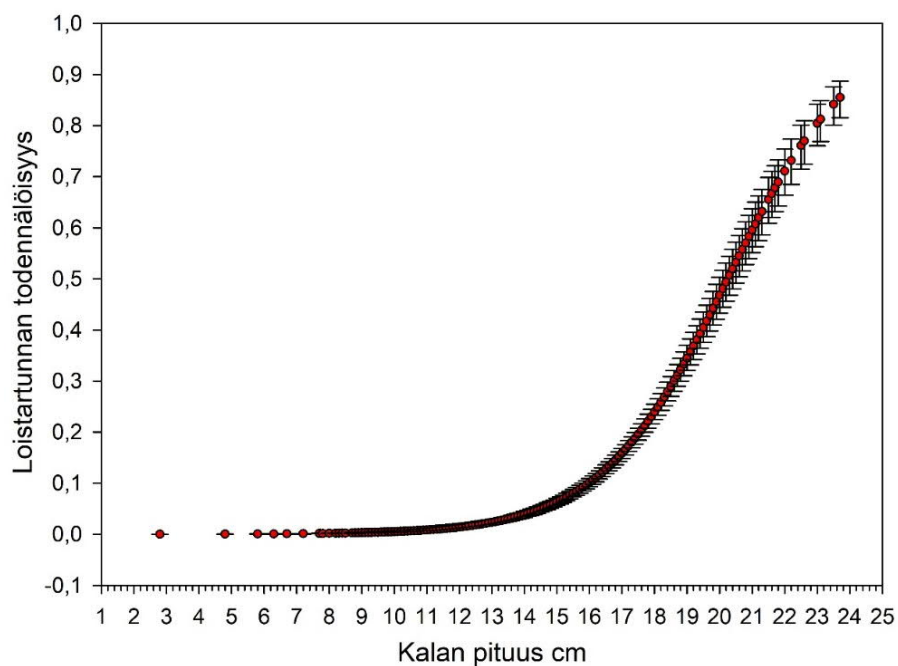
Kuva 4. Väkäkärämatojen vuosittainen esiintyminen Saaristomerellä.

Vuonna 2018 Saaristomeren silakoissa esiintyi enemmän väkäkärämatoja kuin Selkämeren silakoissa. Saaristomeren silakoista yli 20 % kantoi loisia (Kuva 5). Vastaavasti Selkämeren silakoista alle 14 % oli loisittu. Talvella ja kesällä troolisaaliista kerättyjen silakoiden loisprevalensseissä ei ollut merkittävää eroa.



Kuva 5. Väkäkärsämatojen esiintyminen Selkämeren ja Saaristomerren silakoissa 2018.

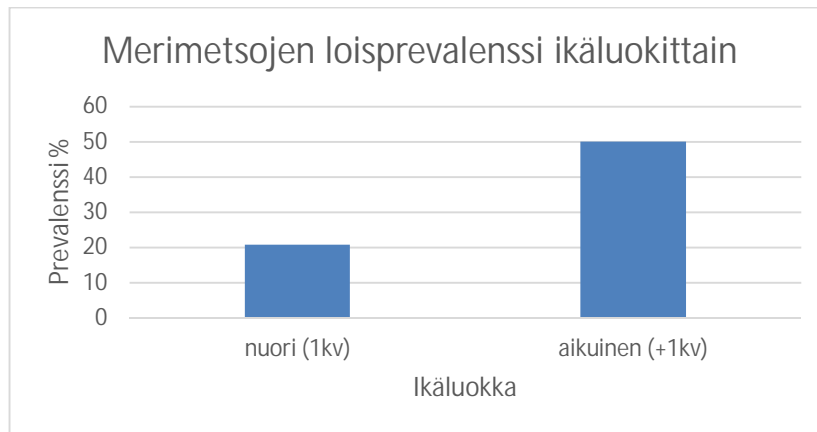
Suurikokoiset silakat saavat todennäköisemmin loistartunnan kuin pienikokoiset (Kuva 6). Pienemmät silakat välttyvät todennäköisemmin loistartunnoilta, mutta pituuden kasvaessa riittävän suureksi tartunnan todennäköisyys kasvaa nopeasti. Vuonna 2018 Selkämereltä kerätyt silakat olivat keskimäärin pienikokoisempia kuin Saaristomerren silakat.



Kuva 6. Pituuden vaikutus loistartunnan todennäköisyyteen.

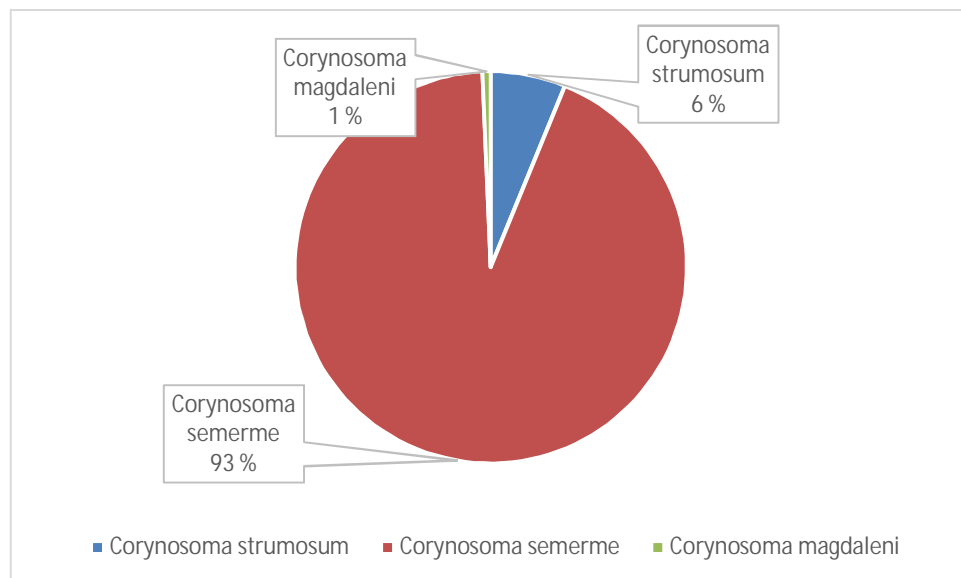
Kaikista ammutuista merimetsoista 26 % kantoi väkäkärsämatoja. Airistolla loispreevalenssi oli vuonna 2018 17 % ja 2019 67 % (Taulukko 2). Kustavista ammutuista linnuista 20 % oli loisittu. Väkäkärsämatojen määrä vaihteli yhdestä yksilöstä aina useisiin kymmeneen yksilöihin.

Aikuiset linnut olivat alttiimpia loistartunnoille (Kuva 7). Samana vuonna syntyneistä merimetsoista vain 20 % kantoi loisia, kun taas sitä vanhemmista yksilöistä puolet oli infektoituneita. Sukupuolella ei ollut merkitystä loistartuntaan.



Kuva 7. Merimetsojen loispreevalenssit ikäluokittain (nuori = samana kesänä syntynyt, aikuinen = aikaisempina kesinä syntynyt).

Silakoiden loisista 146:stä saatiin kelvollinen DNA-sekvenssi. Loisten lajit määritettiin vertaamalla saatuja sekvenssejä tunnettuihin *Corynosoma*-suvun loisten sekvensseihin. Silakoista kerätyistä loisista noin 93 % oli lajia *Corynosoma semerme* ja noin 6 % lajia *Corynosoma strumosum* (Kuva 8). Lisäksi löytyi yksi lajin *C. magdaleni* edustaja. Merimetsojen loisista 21:stä saatiin sekvenssit. Kaikki merimetsojen loiset olivat lajia *Corynosoma semerme*.



Kuva 8. Silakoiden loisista 93 % oli lajia *Corynosoma semerme*, 6 % *C. strumosum* ja 1 % *C. magdaleni*.

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Kalan pituuden vaikutus loistartuntaan

Pidempien silakoiden suurempaa loisprevalenssia selittää niiden käyttämä ravinto ja loisten kertyminen vanhempiin silakoihin. Kuten Arrheniuksen ja Hanssonin tutkimus (1993) osoittaa, nuoret silakat syövät pääasiassa pientä eläinplanktonia. Koska suurikokoisemmat valkokatkat eivät kuulu niiden ruokavalioon, ei niihin voi päätyä valkokatkoissa loisivia väkäkärsämadon toukkia. Silakan kasvaessa ne alkavat käyttää suurempaa ravintoa, kuten valkokatkoja, ja siten altistuvat loisinfektioille.

Koska väkäkärsämadot eivät kehity siirtoisäntänä toimivissa kaloissa, ne voivat säilyä kystakanttitoukkina kalan ruumiinontelossa jopa vuosia (Valtonen ym. 2012). Niinpä suuremmilla ja vanhemmilla silakoilla on suurempi todennäköisyys kantaa loisia, koska ne ovat ehtineet syödä enemmän valkokatkoja.

Valkokatkat ovat yleisempiä syvillä merialueilla kuin matalissa rannikkovesissä (Valtonen 1975; Kangas 1976). Samoin hylkeet, väkäkärsämatojen pääisännät, viettävät enemmän aikaa avomerellä (Helle ja Valtonen 1981). Valtonen (1983) toteaa tutkimuksessaan, että on todennäköistä avomerialueiden valkokatkojen olevan edellä mainituista syistä useammin loisittuja kuin matalien rannikkovesien. Voidaan siis olettaa, että silakat saavat väkäkärsämatotartunnan todennäköisemmin ollessaan syönnöksellä Selkämerellä, kuin kutuaikana rannikon matalissa vesissä. Vanhemmat silakat ovat ehtineet vaeltaa syönnökselle useammin kuin nuoret, rannikolla elävät, joten pitkien silakoiden suurempi loisprevalenssi selittyy myös vaelluskäyttäytymisellä.

4.2. Alueelliset erot

Selkämeren silakoissa havaittu pienempi loisprevalenssi saattaa selittyä niiden keskimääräistä pienemmällä koolla Saaristomeren silakoihin verrattuna. Silakan pituus vaikuttaa loisinfektion todennäköisyyteen ja isommat silakat ovat alttiimpia loisinnalle, joten Selkämeren pienempiin silakoihin ei ole kertynyt niin paljon loisia, kuin Saaristomeren suurempiin yksilöihin. Todennäköisesti ero ei kuitenkaan selity pelkästään silakoiden kokoeroilla. Jatkotutkimuksia esimerkiksi eri alueiden valkokatkojen loisprevalensseista tarvitaan alueellisten erojen parempaa ymmärtämistä varten.

Merimetsojen kohdalla Kustavin pienempi loisprevalenssi saattaa selittyä sillä, että linnut on ammuttu pesimäluodon ja kalankasvatusaltaiden välittömästä läheisyydestä. Suurin osa Kustavista ammutuista linnuista oli saman vuoden kesällä syntyneitä, joten ne eivät välttämättä vielä olleet saaneet tartuntaa. Vanhempien lintujen suuri loisprevalenssi antaa kuitenkin ymmärtää, että merkittävä osa merimetsoista saa tartunnan elinaikanaan.

4.3. Vuosittaiset erot

Kuten Oßmannin tutkimuksesta (2008) käy ilmi, merimetsot toimivat väkäkärsämatojen isäntinä. Tutkimuksessa itäsaksalaiselta kalankasvatuslammelta pyydystetyistä merimetsoista löytyi *Corynosoma strumosum* -väkäkärsämatoja. Myös tämän

tutkimuksen tulokset osoittavat, että jopa joka neljäs merimetso on saanut väkäkärämatoinfektion. Merimetso on muuttolintu (Lehikoinen 2003). Suomessa pesivät yksilöt talvehtivat Länsi-, Keski- ja Etelä-Euroopassa. On siis mahdollista, että Suomessa pesivät merimetsot ovat saaneet tartunnan Saksan kalankasvatuslammilla talvehtiessaan. Palatessaan Suomeen pesimään, ne ovat tuoneet mukanaan väkäkärämatoja, joiden munat ovat siirtyneet ulosteiden mukana mereen. Meressä munat ovat päätyneet valkokatkoihin ja sitä kautta silakoihin.

Kuten Sinisalo ja Valtonen tutkimuksessaan (2003) toteavat, myös itämerennorppa ja harmaahylje toimivat *Corynosoma*-väkäkärämatojen pääisäntinä. Harmaahylje- ja itämerennorppakannat ovat kasvaneet 2000-luvulla noin viiden prosentin vuosivauhtia (Luonnonvarakeskus 2017). Itämeren harmaahylkeen laskentakanta on noin 38 000 yksilöä, joista Suomen merialueilla elää noin 14 000 yksilöä (Luonnonvarakeskus 2019). Itämerennorppakanta Perämerellä on noin 13 600 yksilöä. Väkäkärsämatojen molemmat pääisännät ovat siis runsastuneet 2000-luvulla. Väkäkärsämatoinfektioiden yleistyminen selittyy todennäköisesti suurimmalta osin niiden pääisäntien yleistymisellä.

Itämeren suolapitoisuus on laskenut 1970-luvulta lähtien (Hänninen ja Vuorinen 2015). Tutkimusten mukaan kalojen energiasta 10–50 prosenttia kuluu osmoregulaatioon eli nestetasapainon säätelyyn ympäröivän veden suolapitoisuuden mukaan (Boeuf ja Payan 2001). Suolapitoisuuden muutos pakottaa silakat sopeutumaan uusiin olosuhteisiin ja käyttämään enemmän energiaa suolapitoisuuden säätelyyn. Pohjanlahden silakkakanta kasvoi nopeasti vuodesta 1981 vuoteen 1994 (ICES 2017). Vuodesta 1994 vuoteen 2002 kanta pieneni, jonka jälkeen kasvu jatkui. Vuonna 2014 syntynyt vuosiluokka oli ennätysasuuri. Suuri populaatiotiheys saattaa johtaa kalojen kunnan heikkenemiseen voimistuneen ravintokilpailun, stressin ym. tekijöiden vaikutuksesta. Silakan rasvapitoisuus on laskenut viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana 5–6 prosentista 1.5 prosenttiin (Rajasilta ym. 2018). Huonossa kunnossa olevat yksilöt ovat alttiimpia loisille (Lafferty ja Kuris 1999). Kasvava ja tihenevä populaatio ja muuttuneet ympäristöolot saattoivat siis heikentää silakoiden kuntoa ja edesauttaa väkäkärämatojen yleistymistä. ICES:n raportin (2017) mukaan myös vuonna 2015 silakkaa syntyi runsaasti, joten populaatiotiheys pysyi suurena. Näiden suurien vuosiluokkien kasvaessa ja alkaessa käyttää ravintonaan väkäkärämatoja levittäviä valkokatkoja, loiset pääsivät leviämään ja yleistymään.

Koska silakka on rasvainen kala, siihen kertyy helposti pysyviä orgaanisia ympäristömyrkkyjä, kuten dioksiinia, polykloorattuja bifenyylejä ja polybromattuja difenyyliettereitä (Airaksinen ym. 2014). Ympäristömyrkyt mm. hidastavat kalojen kasvua ja heikentävät niiden kuntoa (Johnson ym. 2014). Heikossa kunnossa olevat silakat saattavat olla alttiimpia väkäkärämatotartunnalle. Väkäkärsämatoja kuitenkin havaittiin Saaristomeren silakoissa ensimmäistä kertaa vasta vuonna 2014, minkä jälkeen ovat yleistyneet. Ympäristömyrkkyjen määrä Itämeren silakoissa oli korkeimmillaan 1980- ja 1990- lukujen taitteessa ja sen jälkeen niiden pitoisuudet ovat laskeneet yli 80-prosentilla (Airaksinen ym. 2014). Koska väkäkärsämadot ovat yleistyneet vasta muutaman viimeisen vuoden aikana, eivät korkeat ympäristömyrkkypitoisuudet ja siitä aiheutunut silakoiden heikompi kunto todennäköisesti selitä kasvavaa loisprevalenssia.

4.4. Virhelähteet

Vuosien 2017 ja 2018 näytesilakoissa havaittu loisprevalenssi pitää todennäköisesti melko hyvin paikkansa, koska ne tutkittiin varta vasten loisten varalta. Lisäksi samat henkilöt käsittelivät näytteet, joten käsittelijöiden eroista syntyvien virheiden mahdollisuus on pieni. Vuosien 2014–2016 näytteitä on käsitellyt useampi eri henkilö, ja seurannassa on keskitytty enemmän muun muassa gonadien epämuodostumien tutkimiseen. Vuoden 2016 poikkeava tulos saattaa selittyä kyseisen vuoden käsittelijöiden vaikeuksilla havaita pieniä loisia.

Troolisaaliista kerätyt silakat eivät edusta täysin puhdasta satunnaisotosta. Troolisaaliissa pienimmät silakat litistyvät ja murskautuvat, kun niitä vedetään useampi tunti aluksen perässä. Osa kaikkein pienimmistä silakoista oli niin murskautuneita, että niitä oli mahdotonta edes ottaa mukaan tutkimukseen. Tämä saattaa vääristää hieman loisprevalenssia troolisilakkanäytteissä, koska pidemmät silakat ovat saaneet loistartunnan todennäköisemmin kuin lyhyemmät.

4.5. Yhteenveto ja merkitys elinkeinokalatalouteen

Kuten tutkimus osoittaa, väkäkärämatoja esiintyy erityisesti suurissa silakoissa. Niitä löytyi sekä Saaristomereltä että Selkämereltä kerätyistä näytteistä niin talvella kuin kesälläkin. Loispreevalenssi on kasvanut viiden vuoden aikana 11 prosentista 21 prosenttiin. Väkäkärämatojen yleistymisen on tapahtunut samaan aikaan kun niiden pääisännät harmaahylkeet, itämerennorpat ja merimetso ovat yleistyneet. Harmaahylkeiden ja itämerennorppien tiedetään kantavan väkäkärämatoja Suomessa (Sinisalo ja Valtonen 2003). Saksassa merimetsosta on löydetty väkäkärämatoja (Oßmann 2008) ja tämä tutkimus osoittaa, että niitä löytyy myös Suomessa pesivistä merimetsosta. Saksassa löydetyt väkäkärämadot olivat lajia *C. strumosum*, joita tutkimuksessamme ei löytynyt suomalaisista merimetsosta. Koska yli 90 prosenttia silakoiden loisista oli lajia *C. semerme* ja kaikki merimetsosta löytyneet loiset olivat myös lajia *C. semerme*, voidaan pitää todennäköisenä, että merimetsa toimii hylkeiden ohella silakan suolistoloisten pääisäntänä.

Vaikka väkäkärämadot eivät ole ihmiselle haitallisia, niiden runsas esiintyminen silakoissa saattaa huolestuttaa kuluttajia ja laskea tuoresilakkatuotteiden (mm. fileet, mäti, jne.) kaupallista arvoa vähentäen silakan kalastusta ja haitaten siten elinkeinokalataloutta. Koska silakka on kaupallisesti merkittävä kala, on loisten yleistymistä seurattava ja syitä sen takana tutkittava tarkemmin. Väkäkärämatoja on löydetty myös muista kalalajeista, kuten turskasta (Valtonen 1983). Jatkotutkimuksiin on tärkeää ottaa mukaan myös muita kalalajeja silakan lisäksi ja laajentaa tutkimusaluetta myös Saaristo- ja Selkämeren ulkopuolelle.

Maa- ja metsätalousministeriössä on parhaillaan valmisteilla *Kotimaisen kalan edistämisohjelma*, jonka yhtenä tavoitteena on mm. saada aikaan kuluttajien ostokäyttäytymiseen perustuva silakkatuotteiden kysynnän kasvu. MMM:n mukaan tämä edellyttää tuotekehitystä ja uusia tuoteinnovaatioita. Tämä ei kuitenkaan ole riittävää mikäli tietoisuus silakan loisista samanaikaisesti haittaa ihmisten ostokäyttäytymistä.

Edistämishjelmassa tarvitaan myös voimakasta panostusta viestintään, opastukseen ja tutkimukseen, joilla kuluttajille tiedotetaan loisten haitattomuus ihmiselle sekä opastetaan oikeat kalankäsittelytavat mm. jalostettaessa ja varmistetaan sitä kautta oikea tietoisuus kotimaisen kalan käyttökelpoisuudesta ravinnonlähteenä.

Lisäksi on huomioitava loisten potentiaalinen vaikutus muuhun elinkeinotalouteen. On mahdollista että silakan käyttö käsittelemättömänä rehuna esim. turkistarhauksessa voi aiheuttaa tarhattavissa eläimissä väkäkärsämatojen tartunnan, mikä saattaa vaikuttaa haitallisesti eläinten yleiskuntoon ja sitä kautta turkisten laatuun. Loisten potentiaalisesta iskostua turkiseläimiin on aiemmin havaittu esimerkki yhdellä Saaristomeren minkkitarhalla vuonna 1966, jolloin minkkiin iskostuneet tässä tutkimuksessa kohteena olevat väkäkärsämadot aiheuttivat turkiseläimissä ripuliperäistä anemiaa, joka johti minkkien yleiskunnan heikkenemiseen ja joidenkin eläinten kohdalla jopa kuolemiin (Nuorteva 1966). Koska väkäkärsämadot ovat kuitenkin Suomessa uusi ilmiö, ei tutkimustietoa niiden yleisemmästä merkityksestä turkiseläinten kuntoon saati turkiselinkeinon ole enempää saatavilla. Myöskään tietoa käsittelymenetelmistä, joilla loiset voitaisiin rehusta poistaa esim. pakastamalla, ei löydy mainintoja kirjallisuudessa.

Oma merkityksensä loisten esiintymisellä merimetsossa ja hylkeissä on lisäksi myös saaristossa asuvien ja siellä elantonsa ansaitsevien asukkaisen suhtautumisessa kyseisiin loisten pääisäntälajeihin, jotka viime vuosina ovat hyvin voimakkaasti kasvattaneet kantojaan. Merimetsan ja hylkeiden mm. ammattikalastukseen aiheuttamien haittojen vuoksi niihin suhtaudutaan saariston kalatalouselinkeinossa muutoinkin jo valmiiksi varsin kielteisesti, jolloin tietoisuus loisten isäntäeläinten kantamista loisista ja haitallisista vaikutuksista kaupallisesti merkittäviin kalalajeihin on omiaan kasvattamaan perusteluita ja painetta viranomaisten suuntaan alueella koetun merimetso- ja hyljeongelman ratkaisemiseksi.

5. Kirjallisuus

Airaksinen, R., Hallikainen, A., Rantakokko, P., Ruokojärvi, P., Vuorinen, P. J., Parmanne, R., Verta, M., Mannio, J., Kiviranta, H. (2014) Time trends and congener profiles of PCDD/Fs, PCBs, and PBDEs in Baltic herring off the coast of Finland during 1978-2009. *Chemosphere* 114:165–171.

Aneer, G. (1975) Composition of food of the Baltic herring (*Clupea harengus var membras* L.), fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis* L.) and eel-pout (*Zoarces viviparus* L.) from deep soft bottom trawling in the Asko-Landsort area during two consecutive years. *Merentutkimuslaitoksen Julkaisuja*. 239:146–154.

Arrhenius, F., Hansson, S. (1993) Food consumption of larval, young and adult herring and sprat in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 96:125-137.

Boeuf, G. & Payan, P. (2001) How should salinity influence fish growth? How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology-Part C: Toxicology and Pharmacology* 130:411–423.

HELCOM (2019) Population Development of Great Cormorant. <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/biodiversity/population-development-of-great-cormorant/> 14.3.2020

Helle, E. & Valtonen, E. T. (1981) Comparison between spring and autumn infection by *Corynosoma* (Acanthocephala) in the ringed seal *Pusa hispida* in the Bothnian Bay of the Baltic Sea. *Parasitology* 82:287–296.

Hänninen J. (2018) Silakasta löytyi loisiva väkäkärsämato. <<http://saaristo.ts.fi/luonto/silakasta-loytyi-loisiva-vakakarsamato>> 10.4.2018

- Hänninen, J. & Vuorinen, I. (2015) Riverine tot-P loading and seawater concentrations in the Baltic Sea during the 1970s to 2000—transfer function modelling based on the total runoff. *Environmental Monitoring and Assessment* 187:343.
- ICES (2017) Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS)
- Johnson, L., Anulacion, B. F., Arkoosh, M. R., Burrows, D. G., Da Silva, D., Dietrich, J., Myers, M. S., Spromberg, J. A., Ylitalo, G. M. (2013) Effects of legacy persistent organic pollutants (POPs) in fish—current and future challenges. *Fish Physiology* 33:53–140.
- Kaaria, J., Naarminen, M., Eklund, J., Jonsson, N., Aneer, G. and Rajasilta, M. (2000) A tagging experiment on spring-spawning Baltic Herring (*Clupea harengus membras*) in Southwest Finland in 1990–1998, *University of Alaska Sea Grant, Fairbanks*.
- Kangas, P. (1976) Littoral stony-bottom invertebrates in the Krunnit area of the Bothnian Bay. *Acta Universitatis Ouluensis A. 42. Biology* 3:97–106.
- Lafferty, K. D. & Kuris, A. M. (1999) How environmental stress affects the impacts of parasites. *Limnology and Oceanography* 44:925–931.
- Lehikoinen, A. (2003) Merimetson kannankehitys Suomessa – pesintämenestys, ravinto ja vaikutus muuhun pesimälinnustoon. *Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Ekologian ja systematiikan laitos, Populaatiobiologian osasto*.
- Luonnonvarakeskus (2016) Commercial fishery <<https://www.luke.fi/en/natural-resources/fish-and-the-fishing-industry/commercial-fishery/>> 15.1.2018
- Luonnonvarakeskus (2017) Hylkeet. <<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/riista/hylkeet/>> 9.1.2019
- Luonnonvarakeskus (2019) Hylkeet. <<https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/riista/hylkeet/>> 27.3.2020
- Merimetsotyöryhmä (2016) Merimetsotyöryhmän raportti.
- Nuorteva, P. 1966. *Corynosoma strumosum* (Rud.) and *C.semerne* (Forssell) (Acanthocephala) as pathogenic parasites of farmed minks in Finland. *Journal of Helminthology* 40 (1-2): 77-80. doi: 10.1017/S0022149X00034106
- Oßmann S. (2008) Untersuchungen zum Helminthenbefall beim Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) und Graureiher (*Ardea cinerea*) aus sächsischen Teichwirtschaften - ein Beitrag zu Parasitenbefall, Epidemiologie und Schadwirkung. *Universitätsbibliothek Leipzig. Vaitöskirja, Leipzigin yliopisto*.
- Parmanne, P. (1990) Growth, morphological variation and migrations of herring (*Clupea harengus* L.) in the northern Baltic Sea. *Finnish Fisheries Research* 10:1–48.
- Rajasilta, M. (1992) Timing of spawning in the Baltic herring (*Clupea harengus membras*) in the Archipelago Sea, SW Finland: regulatory mechanisms and consequences for offspring production. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A 81. Vaitöskirja, Biologian laitos, Turun yliopisto*.
- Rajasilta, M., Elfving, M., Hänninen, J., Laine, P., Vuorinen, I. & Paranko, J. (2016) Morphological abnormalities in gonads of the Baltic herring (*Clupea harengus membras*): Description of types and prevalence in the northern Baltic Sea. *Ambio* 45:205–214.
- Rajasilta, M., Hänninen, J., Laaksonen, L., Suomela, J-P., Vuorinen, I., Mäkinen, K. (2018) Influence of environmental conditions, population density, and prey type on the lipid reserves of Baltic herring in the northern Baltic Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0504>.
- Rajasilta, M., Hänninen, J., Vuorinen, I. (2014) Decreasing salinity improves the feeding conditions of the Baltic herring (*Clupea harengus membras*) during spring in the Bothnian Sea, northern Baltic. *ICES Journal of Marine Science* 71:1–10.
- Rusanen, P., Mikkola-Roos, M. & Asanti, T. (1998) *Merimetsä Phalacrocorax carbo — Musta viikinki. Merimetson kannan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät Itämeren piirissä ja Euroopassa*. Suomen ympäristö, luonto ja luonnonvarat sarja 182. Suomen ympäristökeskus. Oy Edita Ab. Helsinki
- Sinisalo, T. & Valtonen, E. T. (2003) *Corynosoma* Acanthocephalans in their paratenic fish hosts in the northern Baltic Sea. *Parasite* 10:227–233.
- Suomen ympäristökeskus (2019) Merimetsökanta pieneni hieman. < https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Merimetsökanta_pieneni_hieman%2851198%29 > 14.3.2020

Valtonen, E. T. (1983) Relationships between *Corynosoma semerme* and *C. strumosum* (Acanthocephala) and their paratenic fish hosts in the Bothnian Bay, Baltic Sea, University of Oulu. *Acta Universitatis Ouluensis A. 155. Biol 21. Väitöskirja, Oulun yliopisto*.

Valtonen, E. T., Hakalahti-Sirén T., Karvonen, A., Pulkkinen, K. (2012) Suomen kalojen loiset. s. 167–181.