



Vesihomeselvitys suomalaisilla kalanviljelylaitoksilla

Loppuraportti

Matti Janhunen (Luke), Perttu Koski (Ruokavirasto), Jarmo Makkonen (Luke)
Jakelu, Suomen Kalankasvattajaliitto ry 28.2.2019

Tiivistelmä	3
1. Johdanto	4
2. Aineiston keräys.....	4
3. Tulokset.....	5
3.1. Vesihomeongelman ajallinen ja paikallinen vaihtelu	5
3.1.1. Koetut haitat	6
3.2. Vesihomeen esiintyminen eri kalalajeissa ja ikäryhmissä	8
3.3. Käsitukset vesihomeongelman syistä	11
3.4. Käytännöt vesihomeen torjumiseksi.....	12
4. Yhteenveto	14
Kiitokset	18
Kirjallisuus	18

Tiivistelmä

Tässä selvityksessä kerättiin tietoja 34 suomalaiselta sisämaan kalanviljelylaitokselta vesihometaudin esiintymisestä sekä ongelmaan vaikuttavista tekijöistä ja torjuntakeinoista. Enemmistöllä laitoksista (59 %) on ollut vesihomeen aiheuttamia ongelmia vähintään yhtenä vuonna väliillä 2016–2018, ja 14:llä haittaa on esiintynyt myös aiemmin. Kaikkina kolmena viimeisimpänä vuonna ongelmallisena koettua vesihomekuolleisuutta on ollut 12 laitoksella, kun taas 13:lla (38 %) ongelmaa ei ole ilmennyt missään vaiheessa nykyisen toimijan aikakautena. Koettu haitan aste on vaihdellut vuosittain huomattavasti paitsi laitosten välillä myös niiden sisällä. Joillain laitoksilla ongelma on alkanut esiintyä laajamittaisena vasta viime vuosina. Taudinkuvan arvaamattomuudesta kertovat tapaukset, joissa sairastuvuus on iskenyt laitoksessa vain tiettyyn kalaparveen tai ilmennyt voimakkaana vain tiettyä vuonna. Luonnonvesien lämpötilanmuutokset aiheuttavat vesihomeinfektioille selvän vuodenaikaisyyklin, ongelman ollessa pahimmillaan syksyn ja kevään aikaan. Ongelmallisina koettiin eritoten pitkittyneet syksyt ja keväät, jolloin lämpötilat pysyvät pitkään vesihomeen tarttumiselle otollisella alueella. Vesihomeella on usein hyvin työllistävä ja kustannuksia kasvattava vaikutus vesiviljelytoiminnalle. Tuottajat eivät ole aina pystyneet vastaamaan mädin ja kalamateriaalin kysyntään, toimitukset ovat estyneet tai viivästyneet, ja kaloja on kasvatettava harvemmissä parvissa. Tiedetyt kalalajit ja -kannat ovat osoittautuneet vesihomeelle erityisen herkiksi (esim. Vuoksen vesistön järviolhi, jolla emokalojen kuolleisuus on ollut usein 80–100 %), mutta ongelma voi koskettaa kaikkia viljeltäviä lohikaloja erityisesti niiden sukukypsyyden ja vaellusvalmiuden kehittymisen seurauksena. Useissa tapauksissa vesihomeelle herkistä kalalajeista tai niiden ikäryhmistä on jouduttu luopumaan. Vallitsevana vesihometartunnalle altistavana tekijänä nostettiin esille kalojen käsittelyt (lajittelut, siirrot, rokotukset, lypsyt, kylvetykset), jotka voivat lisätä kalojen stressiä ja altistaa niitä ihon mekaaniselle vaurioitumiselle. Tämän vuoksi taudin ennaltaehkäisyyn kannalta pidettiin ensisijaisen tärkeänä kalojen kaikenlaisen käsittelyn minimoimista erityisesti vesihomeen runsaimman esiintymisen ja lämmenneiden vesien aikaan. Kuolleiden mätimunien ja kalojen säännöllinen poisto on myös taudin torjunnan kannalta avainasemassa. Vain muutamassa vastauksessa ongelman voimistumisen arveltiin olevan seurausta tuotanto-olosuhteiden tai -menetelmien muutoksista. Noin kolmanneksella (7 kpl) ongelmaa kokeneista laitoksista vesihometauti kytkettiin jonkin muun taudinaiheuttajan tai loisen esiintymiseen. Mädinhaudonnassa formaliini on useimmiten riittävän tehokas mädinkylvetyskemikaali. Muita torjunta-aineita on kokeiltu varsin vähän, eikä niistä ole saatu formaliiniin verrattavia tuloksia. Kaloilla vesihomeen ennaltaehkäisy ja hoito kylvetyksin on huomattavasti mätivaihetta vaikeampaa ja kallista, ja tulos on useimmiten heikko. Kyselyn ainoassa kiertovesilaitoksessa vesihomekuolleisuutta on saatu vähennettyä merkittävästi suola- ja peretikkahappokylvetyksillä. Jatkotutkimuksissa tulisi kerätä tarkempaa tietoa tartuntapaineeseen mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä; mm. erilaisten vesihomekantojen identifiointi, aggressiivisuus ja yhteys muihin taudinaiheuttajiin. Yksittäishavainto flavobakteerirokotuksen kattamasta vesihomesuojasta (emokaloja myöten) kannustaa tarkempaan kokeelliseen tarkasteluun. Lisäksi toimivien kylvetyks- ja lääkintämenetelmien testaamista on hyödyllistä jatkaa erityisesti formaliinia korvaavien aineiden osalta.

1. Johdanto

Vesihome on yleisnimitys leväsieniin (oomykeetit) kuuluvista mikro-organismeista, joista pieni osa aiheuttaa infektoita makeanveden vesieliöille. Lohikaloilla yleisimpiä vesihomeen taudinaiheuttajia ovat *Saprolegnia*-sukuun kuuluvat lajit, joita tavataan makeista vesistä kaikkialla maailmassa (Bangyeekhun ym. 2003; Bruno ym. 2011; Sandoval-Sierra ym. 2014; Thoen ym. 2016). Vesihomeinfektio ilmenee kalan iholla/kiduksissa tai mätimunien pinnalla vaaleana pumpulimaisena kasvustona, joka koostuu suuresta määrästä sienirihmoja eli hyyfejä. Vesihomet kasvat nopeasti kuolleessa kudoksessa, mutta ne eivät yleensä sairastuta stressaantumattomia, hyväkuntoisia isäntäeläimiä. Infektoituneet kalat kuolevat lopulta vesihomeen vaurioittamasta ihosta vuotavien ruumiinnesteiden menetykseen ja/tai hengitysvaikeuksiin. Vesihometautia pidetään uhkana sekä lohikalojen luonnonpopulaatioille että viljeltäville kaloille (van Den Berg ym. 2013).

Vesiviljelyssä vesihometta on kuvattu lohikaloilla ympäri vuoden ja kaikista elinvaiheista. Myös Suomessa vesihome aiheuttaa tuntuvia ongelmia makeanveden kalanviljelylle. Ongelma on alkanut yleistyä kotimaisessa kalanviljelyssä 1990-luvun puolivälistä alkaen, ja erityisen paljon vesihometartuntoja on raportoitu 2000-luvun taitteessa (Vennerström ym. 1999; Pyökkö & Vennerström 2000). Ruokaviraston (aiemmin Evira) vesihomediaagnoosien määrä ei kerro ongelman yleisyydestä, koska kalalaitoksilta ei ole useinkaan lähetetty tautinäytteitä nimenomaisesti vesihomeoireiden perusteella, ja toisaalta selkeästi toissijaisia vesihometartuntoja kirjataan satunnaisesti. Tämä johtuu mm. siitä, että jo tautiin sairastuneen parven hoitotulokset ovat varsin heikkoja, eivätkä kalanviljelylaitokset näe jo silmin havaittavan ongelman kerrasta toiseen tehtävää laboratoriodiagnoosia tarpeelliseksi. Malakiittivihreäoksalaatin kieltämisen jälkeen (Suomessa vuonna 2000) vesihomeongelman torjunta on vaikeutunut huomattavasti, eikä yhtä tehokkaasti toimivaa kemikaalia ole toistaiseksi löytynyt.

Suomen Kalankasvattajaliitto ry:n tilaamassa ja Euroopan meri- ja kalatalousrahaston (EMKR) rahoittamassa osahankkeessa Luonnonvarakeskus (Luke) selvitti yhdessä Ruokaviraston kanssa taustatietoa vesihometaudin esiintymisestä ja laajuudesta sekä ongelman taustalla olevista potentiaalisista ympäristötekijöistä ja hoitotoimenpiteistä suomalaisilla sisävesien kalanviljelylaitoksilla. Tiedustelussa tarkasteltiin laitosten vesihometilannetta pääasiassa kolmen viimeisimmän vuoden (2016–2018) ajalta, mutta samalla siinä pyrittiin hahmottamaan ongelman kehitystä myös pidemmältä ajanjaksolta. Samalla kerättiin materiaalia aiheuttajasiementen molekyylibiologisia tutkimuksia varten. Näiden Åbo Akademiassa ja Ruokavirastossa tehtyjen töiden tuloksia esitellään muussa yhteydessä.

2. Aineiston keräys

Vesihometilanteen kartoittaminen suoritettiin tiedustelututkimuksena, jota varten laadittiin kyselykaavake (Liite 1). Kysely lähetettiin kesäkuun 2018 lopulla postissa saatekirjeen ja palautuskuoren kera 47:lle, pääasiassa Suomen Kalankasvattajaliiton yritysrekisteristä poimitulle sisämaan laitokselle. Kyselyyn vastaamattomille toimijoille lähetettiin myöhemmin muistutusviesti sähköpostilla ja heiltä kerättiin syksyn sekä alkutalven aikana vastauksia puhelinhaastatteluina. Vaihtoehtoisesti pienelle osalle (7 kpl) laitoksista tehtiin myös vierailu, jolloin vastaukset saatiin paikan päällä.

Haastateltavien laitosten tarkempi maantieteellinen erottelu (esim. vesistökohtainen) jätettiin tekemättä tietosuojan säilyttämiseksi. Karkea jako ilmastovyöhykkeisiin kuitenkin tehtiin Ilmatieteenlaitoksen jaottelun mukaisesti (<https://ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet>).

Huomioitavaa on, että yhdeksän vastanneen laitosten osalta huomioidaan myös 2018 loppuvuoden tilanne, koska niiden vastaukset kerättiin vasta myöhäissyksystä tai alkutalvesta (syyskutuisten kalojen lisääntymiskauden jälkeen).

3. Tulokset

3.1. Vesihomeongelman ajallinen ja paikallinen vaihtelu

Vastauksia saatiin kaikkiaan 34 kalanviljelylaitokselta, jotka yhtä kiertovesilaitosta lukuun ottamatta edustivat perinteistä, pääsääntöisesti luonnonlämpöjen varassa toimivaa läpivirtauslaitosta. Kaikissa vastanneissa laitoksissa tuotettiin pääasiassa yhtä tai useampaa lohikalalajia (taimen, lohi, siika, kirjolohi). Läpivirtauslaitokset jakautuivat maantieteellisesti kolmeen ilmastovyöhykkeeseen: eteläboreaalinen 17 kpl, keskiboreaalinen 7 kpl ja pohjoisboreaalinen 9 kpl. Vastaajista 20:lla (59 %) on ollut vesihomeen aiheuttamia ongelmia vähintään yhtenä vuonna aikavälillä 2016–2018. Näistä 14 ilmoitti, että haittaa on esiintynyt myös ennen vuotta 2016. Kahdellatoista laitoksella (35 %) ongelmallisena koettu vesihomekuolleisuus on koskettanut kaikkia kolmea viimeisintä vuotta ja edelleen näistä seitsemällä laitoksella myös tätä aiemmin. Vastaavasti kaksi laitosta ei ole kokenut ongelmaa vesihomeen kanssa viimeisen kolmen vuoden aikana mutta kylläkin aiemmin. Kolmellatoista laitoksella (38 %) ongelmaa ei ole ilmennyt missään vaiheessa (nykyisen toimijan aikana). Näistä laitoksista kuusi kuuluu eteläboreaaliseen, kolme keskiboreaaliseen ja neljä pohjoisboreaaliseen ilmastovyöhykkeeseen.

Vesihome-esiintymien huippu on tyypillisesti veden lämpötilan voimakkaiden muutosten aikaan keväällä ja syksyllä. Esim. lohen ja taimenen vaellusvalmiuden saavuttavilla poikasilla eli smolteilla kuolleisuus on suurinta keväällä, mutta sitä voi esiintyä vähäisemmässä määrin myös syksyllä. Aineiston mediaani alimmalle ilmoitetulle lämpötilalle, jossa vesihometautia on esiintynyt, on 2,5 °C (keskiarvo 4 °C ja vaihteluväli 0.1–12 °C; lkm = 24 laitosta), ja vastaava arvo ylimmälle homelämpötilalle on 14 °C (keskiarvo 14 ja vaihteluväli 8–18 °C; 25 laitosta). Joillain laitoksilla vesihome on vaivannut myös huomattavan laajalla lämpötilavälillä. Suurin ilmoitettu vaihteluväli oli 1–18 °C, ja tässä yksittäistapauksessa vesihometta on esiintynyt kuteneissa järviolhissa ja taimenissa läpi talven vuosien 2017 ja 2018 aikana (ongelma ilmennyt ko. laitoksella ensimmäisen kerran vuonna 2016, lämpötilavälillä 8–16 °C). Suppein läpivirtauslaitoksessa ilmoitettu lämpötilaväli hometaudin esiintymiselle oli vain vajaan celsiusasteen verran (>9–10 °C). Vesihomeongelman lämpötilaväli voi olla hieman erilainen keväällä kuin syksyllä (esim. 4–13 °C ja 10–2 °C).

Lohen, taimenen ja siian emokaloissa vesihomekuolleisuutta esiintyy etenkin lypsyjen aikaan/jälkeen syksyllä sekä talvella mutta joissain tapauksissa myös viivästyneenä tai pitkittyneenä seuraavana keväänä tai alkukesällä. Vastaavasti kirjolohilla emokalojen pitäminen lämmitetyssä vedessä ennen lypsyjä voi laukaista home-epidemian, mutta tartunta voi ilmetä vasta huomattavasti myöhemminkin lypsyjenjälkeisellä ajalla (keväällä tai kesällä). Kyselyyn vastanneista laitoksista 16:lta kerrottiin lähetetyn näytteitä vesihomeisista kaloista tai mädistä laboratoriotutkimuksiin ainakin kertaalleen, mutta usein jopa vuosittain tai niinä vuosina, kun tautia on esiintynyt.

Vesihome vaivaa yleisesti myös mädinseudontaa, joskin se on tällöin kohtalaisen tehokkaasti formaliinilla hoidettavissa (kts. osio 3.4.). Siihalla homeentorjunta on mädin suppilohaudonnasta johtuen hankalaa. Vesihomeen esiintymisessä havaittiin eroa mädinseudonnassa kahdella laitoksella viidestä, mikäli vesitysratkaisuna käytettiin sekä läpivirtausta että kierrätystä. Näistä toisessa mädinseudonnassa on tarvittu enemmän kylvetyksiä, kun vettä on uudelleenkäytetty. Toisessa tapauksessa ongelma on mädinseudonnassa sitä vastoin hieman kasvanut vasta myöhemmin keväällä kierrosta läpivirtaukseen siirryttäessä, kun luonnonlämmöt ovat ehtineet nousta vesihomeelle otollisiin lukemiin, 6–12(–15) °C:seen. Talvella lämmityksessä oleva kiertävä vesi ei ole kuitenkaan aiheuttanut ongelmia. Vastaavasti yhdellä laitoksella kymmenestä vesihomeen havaittiin voimistuvan kaloissa (kirjolohiemot), kun niille kierrätettiin käytettyä vettä (mädinseudonnan kautta ohjattu). Vain neljällä laitoksella mädinseudonta tapahtui puhtaasti pohjavedellä, ja 18 laitoksella käytettiin pintavettä. Yhdellä laitoksella haudonnassa olivat käytössä molemmat vesilähteet. Vähäisten mädin kuolevuuksien vuoksi ei voida arvioida, aiheuttaako vesihome vähemmän ongelmaa pohjavesihaudonnassa.

3.1.1. Koetut haitat

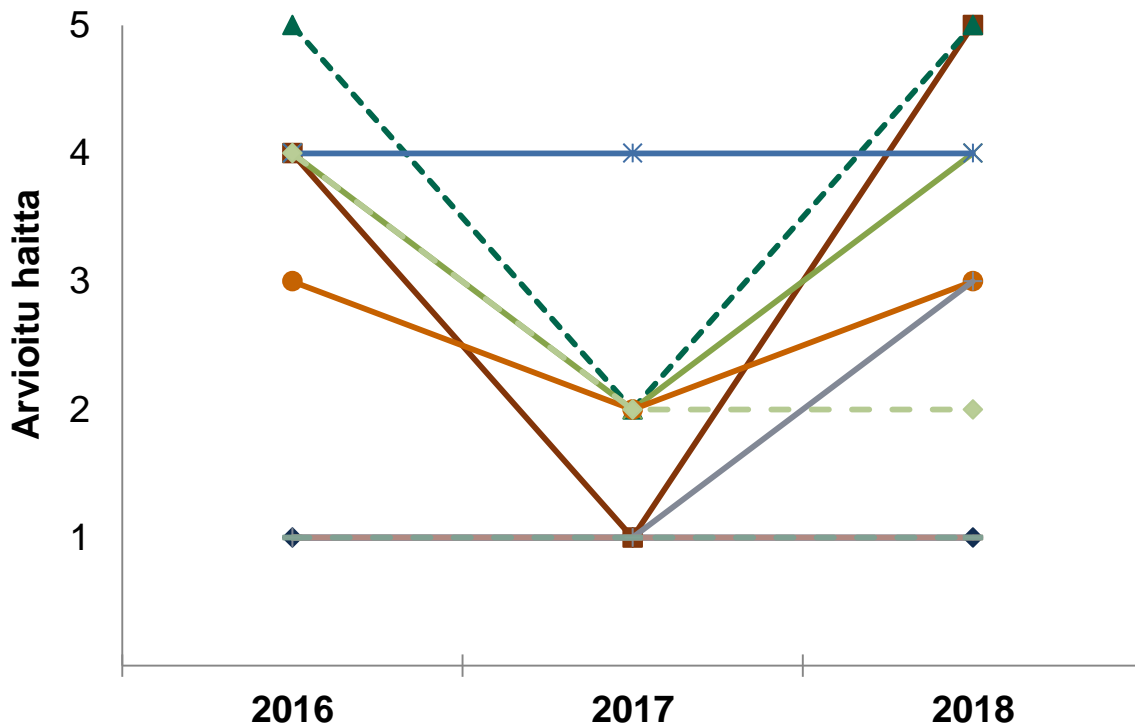
Vesihomeongelmasta koettu haitta on ollut valtaosalla laitoksista pieni (moodi = 1 asteikolla 1–5) kunakin kolmena tarkasteluvuonna (2016–2018) sekä sitä aiemmin (Taulukko 1). Haitan keskimääräisessä suuruudessa ei näyttäisi olevan mitään säännönmukaisuutta ilmastovyöhykkeiden välillä (Taulukko 2). Koettu haitan aste on sen sijaan vaihdellut vuosittain huomattavasti paitsi laitosten välillä myös niiden sisällä (Kuva 1). Merkillepantavaa on, että joissain laitoksissa vesihome-epidemia on esiintynyt voimakkaana ainoastaan muutamien viimeisten vuosien aikana (esim. 2015 tai 2016 alkaen. Vastaavasti joissain paikoissa ongelma näyttäisi hetkellisesti laantuneen, vaikka tilanne on ollut aiempina vuosina, erityisesti 1990-luvun loppupuoliskolla ja 2000-luvun taitteessa, hyvin vakava. Niistä yhdeksästä laitoksesta, joiden vuoden 2018 tilanne oli tiedossa myös syksyn/loppuvuoden osalta, kuudella koetun haitan suuruus oli 1 (ei haittaa; näistä kahdella laitoksella pidettiin myös syyskutuisten lohikalojen emoja) yhdellä 2 (vähäinen haitta) ja kahdella 5 (erittäin suuri haitta; näillä kahdella laitoksella myös edeltävän vuoden haitta-arvio 5:ssä). Pienen otoksen perusteella voidaan todeta, ettei erityisen lämmin kesä 2018 välttämättä näkynyt mitenkään poikkeavasti vesihomeongelmaa lisäävänä tekijänä.

Taulukko 1. Vesihomeesta aiheutuneen haitan moodi (aineiston useimmin esiintyvä arvo ja sen määrä suluissa), mediaani (järjestetyn joukon keskimäinen luku) ja keskiarvo eri ajanjaksoilla viisiportaisella asteikolla arvioituna (1 = ei haittaa, 5 = erittäin merkittävä haitta).

Ajanjakso	Laitosten lkm	Moodi (lkm)	Mediaani	Keskiarvo
2018	33	1 (18)	1	2,1
2017	34	1 (16)	2	2,6
2016	33	1 (16)	2	2,6
Aiemmin	30	1 (15)	1	2,3

Taulukko 2. Vesihomeesta aiheutuneen haitan moodi (ja sen laitosmäärä suluissa), mediaani ja keskiarvo ilmastovyöhykkeittäin eri ajanjaksoilla viisiportaisella asteikolla arvioituna (1 = ei haittaa, 5 = erittäin merkittävä haitta).

Ajanjakso	Ilmastovyöhyke	Laitosten lkm	Moodi (lkm)	Mediaani	Keskiarvo
2018	Pohjois	9	1 (5)	2	2,4
	Keski	7	1 (4)	1	2,6
	Etelä	16	1 (9)	1	1,8
2017	Pohjois	9	1 (4)	3	2,9
	Keski	7	1 (4)	1	2,6
	Etelä	17	1 (8)	2	2,4
2016	Pohjois	8	1 (5)	1,5	2,4
	Keski	7	1 (4)	1	2,7
	Etelä	17	1 (7)	3	2,8
Aiemmin	Pohjois	7	1 (4)	2	2,3
	Keski	6	1 (3)	1,5	2,6
	Etelä	16	1 (8)	2	2,4



Kuva 1. Kymmenen vastausaineistosta satunnaisesti valitun laitoksen arvioima vesihomehaitta (asteikolla 1–5) vuosina 2016–2018. Kolmella kuvassa esitetyllä laitoksella ongelmaa ei ole ollut tänä ajanjaksona (kaikki arvot 1:ssä).

On huomattava, että vaikka yo. kuvassa vuoden 2017 arvioitu haitta-aste vaikuttaa olevan monessa tapauksessa pienempi edeltävään tai seuraavaan vuoteen verrattuna, niin kaikkien laitosten yli laskettaessa keskimääräinen tilanne ei ole kuitenkaan eri vuosien välillä (2016–2018) kovin erilainen (Taulukot 1 ja 2). Kuva 1 demonstroi kuitenkin hyvin suuren laitostenvälisen- ja sisäisen vaihtelun. Selkeyden vuoksi aineiston kaikkia yli 30 laitosta ei ollut tarkoituksenmukaista siihen sijoittaa.

Vesihomeesta koituneista seurannaisvaikutuksista yrityksen toiminnalle mainittiin seuraavat seikat (haitan maininnut laitospäämäärä annettu suluisissa):

- Työmäärän ja -kustannusten lisääntyminen (12)
- Rahalliset tappiot mädin/kalojen kuolleisuudesta (10)
- Toimitusten viivästyminen tai estyminen (+ mahdolliset menetetyt sopimukset) (10)
- Tuotannon pieneneminen ja epävarmuus (3)
- Harvemmat kasvatusparvet (2)
- Riskien lisääntyminen (esim. kuolleista kaloista tukkeutuvat sihdit) (2)

Vaikka selvityksessä ei varsinaisesti kysytty vesihomeesta koituvia euromääräisiä tappioita, niin muutamissa vastauksissa niistä saatiin karkeita arvioita. Esim. yhdellä pääasiassa järvilohen ja -taimenen poikasistukkaita tuottavalla laitoksella vesihomeen aiheuttamien rahallisten menetysten arvioitiin olleen vuosina 2015–2017 noin 100 000 euroa/vuosi. Kyseisellä laitoksella järvilohen viljely jouduttiin lopettamaan vuonna 2017 ja järvitaimenen emokalaston pito on lopetettu 2015 (jolloin laajamittainen

ongelma alkoi). Toisessa tapauksessa homekuolleisuus on koskettanut pääsääntöisesti 1-vuotiaita merilohia (li- ja Tornionjoen kannat) ja vähemmässä määrin samanikäisiä taimenia kokonaistappioiden vaihdellen n. 4–20 %:n välillä vuosina 2014–2018. Näiltä viideltä viimeiseltä vuodelta olevien vesihomeen aiheuttamien kustannusten arvioitiin olevan luokkaa 100 000–200 000 euroa laskutavasta riippuen. Tappiot ovat tulleet velvoiteistutuksiin tarkoitettujen poikasten menetyksistä ja ylimääräisestä työstä. Ennen vuotta 2014 ko. laitoksella ei ole juurikaan ollut havaintoja vesihomeesta, mutta tämän jälkeen ongelmia on ollut enenevässä määrin.

Kasvatettavien kalaparvien tiheyksiä on jouduttu joillain laitoksilla pienentämään homeriskin vähentämiseksi. Lisäksi tarve emokalastojen uusimistiheydelle ja useiden varalla olevien emovuosiluokkien yhtäaikaiselle kasvattamiselle on kasvanut. Varsin useassa tapauksessa vesihomeelle herkistä kalalajeista, kannoista tai ikäryhmistä on luovuttu kokonaan (11 laitosta) tai niiden tuotantoa on radikaalisti vähennetty. Järvilohen viljely on lopetettu kokonaan neljällä laitoksella. Muista luovutuista kalastoista mainittiin järvitaimenen vanhemmat ikäluokat (erityisesti 4-vuotiaat tai sitä vanhemmat; onkikokoiset istukkaat ja emokalastot; 5 laitosta), siika (erityisesti emokalastot; 4 laitosta) ja merilohi (1 laitos). Ainakin kahdella laitoksella järvitaimenen viljely tullaan lopettamaan lähiaikoina, ellei vesihomeongelmaan löydy nopeaa ratkaisua. Vastaavasti usealla laitoksella kirjolohen tuotantoa on lisätty sen paremman tuotantovarmuuden takia.

3.2. Vesihomeen esiintyminen eri kalalajeissa ja ikäryhmissä

Vesihometartunnat aiheuttavat voimakkainta kuolleisuutta lohikalajien vanhemmissa ikäryhmissä (3–6-vuotiaat) ja eritoten emokalastoissa. Yhteensä 18:sta yhden tai useamman lajin (kirjolohi, taimen, lohi, siika) emokalastoa ylläpitäneestä laitoksesta vesihomekuolleisuutta esiintyi 11:llä. Emokalastoista jonkinasteista kuolleisuutta kolmen edellisen vuoden aikana raportoitiin (vähintään yhtenä vuotena ja yhdellä kannalla) kirjolohella seitsemältä, taimenella kuudelta, lohella kolmelta ja siialla kuudelta laitokselta. Vuosina 2016–2017, joilta tiedot ovat olemassa koko vuoden ajalta, tietyn kalaryhmän erittäin mittavaa tai totaalista tuhoa (kuolleisuus 80–100 %) kokoneita laitoksia on joukossa muutamia (Taulukko 3). Nämä koskettavat yhtä kirjolohen emokalastoa (2017), lohen 2-vuotiaita (1 laitos, josta kaikki järvilohismoltit kuolleet perättäisinä vuosina 2016–2017) ja emokalajoja (2 laitosta, joista toisella kaikki järvilohiemot kuolleet kahtena perättäisenä vuonna 2016–2017) sekä siikoja (kahden eri laitoksen emokalastot menetetty eri vuosina). Vuoden 2018 ajalta 80–100 %:n kuolleisuusaste raportoitiin kahden laitoksen järvilohiemokalastosta, yhdestä siikaemokalastosta (samalla laitoksella siikaemot kuolivat jo 2017), yhdestä kirjolohiemokalastosta (toinen laitoksen kahdesta kirjolohikannasta) sekä yhden laitoksen 4-vuotiaiden taimenten osalta. Taimenella ja lohella huomattavaa, yli 40 %:n kuolleisuutta ilmenee lisäksi 2-vuotiaissa, smoltti-ikäisissä kaloissa. Vuoksen vesistön järvilohi näyttäisi olevan vesihomeelle herkempi kuin merelle vaeltavat lohet (Neva-, Tornion- ja Iijoen kannat) (Kuva 2).

Nuoremmissa ikäryhmissä aina 0-vuotiaista alkaen vesihomekuolleisuus esiintyy lievempänä, ja tuolloin infektiot voivat liittyä esim. kalojen rokotuksiin tai bakteeritauteihin (kts. Taulukko 4). Mädin haudonnassa pahoilta tappioilta on onnistuttu viime vuosina(kin) välttymään pääasiassa toimivien formaalinikylvetysten ansiosta (Taulukko 3). Myös siialla, jolla mädin kylvettäminen on suppilohaudonnasta johtuen vaikeaa tai mahdotonta, kuolleisuus on jäänyt valtaosin pieneksi.

Taulukko 3. Neljän tärkeimmän tuotantolajin raportoitujen vesihomokuolleisuuksien lukumäärät (= laitokset) ikäryhmittäin vuosina 2016–2017. Keskimääräinen kuolleisuus on huomioitu laskuihin niiden laitosten osalta, jotka ilmoittivat useamman kuolleisuusasteen saman lajin eri kannoille tietyssä ikäryhmässä.

Kalalaji	Vuosi	Ikäryhmä	Kuolleisuus-%					
			<10	10–20	20–40	40–60	60–80	80–100
Kirjolohi	2017	mäti	2					
		0v	1	1				
		1v	1					
		2v tai yli emokalat	1	2	1	1		1
		2016	mäti	2				
	0v	1	1					
	1v		1					
	2v tai yli emokalat	2						
	1	2	1	2	1			
	Taimen	2017	mäti	2				
0v				1				
1v			5	3				
2v tai yli emokalat			2	3	2	1		
1			1		1	1		
2016		mäti	2					
0v								
1v		4	3					
2v tai yli emokalat		2	3	3				
2		1		2	1			
Lohi	2017	mäti	2					
		0v						
		1v	1	3				
		2v tai yli emokalat	3		2			1
		1		1				2
	2016	mäti	2					
	0v							
	1v	3		1				
	2v tai yli emokalat	1	2	1			1	
	1				1		1	
Siika	2017	mäti	1			1		
		0v						
		1v		1				
		2v tai yli emokalat	1		1	1		
		2		1				1
	2016	mäti	1			1		
	0v	1						
	1v	1						
	2v tai yli emokalat	1	1	1				
	1	1	1				1	

Taulukko 4. Esimerkki yhden kalanviljelylaitoksen vesihomekuolleisuudesta vuosilta 2016–2018 kalalajeittain ja ikäryhmittäin.

Kalalaji (kanta)	Ikäryhmä	2016	2017	2018	
		Arvio kuolleisuudesta (%)			
Kirjolohi	0v–1k	0–10	10–20	0–10	
	1v–2k	10–20 ^a	0–10 ^a	10–20 ^a	
	2v tai yli	0–10	0–10	0–10	
	emokalat	10–20	10–20	10–20	
Siika	0v–1k	0–10		0–10	
	1v–2k	0–10 ^a	10–20 ^a	0–10 ^a	
	2v tai yli	10–20	40–60	40–60	
Taimen	(MT-ING)	0v–1k	20–40 ^b	10–20 ^b	0–10 ^b
		1v–2k	10–20 ^b	0–10 ^b	20–40 ^b
	(MT-ISO)	1v–2k	0–10 ^b	0–10 ^b	0–10 ^b
	(JT-VUO)	1v–2k	0–10 ^b	0–10 ^b	0–10 ^b
		2v–3k	0–10 ^c	0–10 ^c	0–10 ^c
		3v–4k			0–10 ^c
	(JT-RAU)	1v–2k	0–10 ^b	10–20 ^b	10–20 ^b
		2v–3k	10–20 ^c	10–20 ^c	10–20 ^c
		3v–4k	0–10 ^c	0–10 ^c	10–20 ^c

Homekuolleisuuden mainittu liittyvän a) rokotukseen, b) flavobakteeriin, c) käsittelyihin, sukukypsytymiseen ja flavobakteeriin

Merkillepantavaa on, että vaikka vesihomeen voimakkaammat taudinpurkaukset näyttäisivät koettelevan säännönmukaisesti tiettyjä kalalajeja ja -kantoja sekä niiden ikäryhmiä (elinvaiheita), ne voivat olla myös vuosittain vaihtelevia laitosten sisällä ja jopa hyvin parvikohtaisiakin ongelmia. Yhdessä esimerkkitapauksessa samassa laitoksessa pidetyistä rinnakkaisista 6-vuotiaiden Nevajoen merilohien emokalaparvista toinen, kattamattomassa ulkoaltaassa pidetty, koki totaalisen vesihomekuolleisuuden vuonna 2017 (juhannuksen jälkeisellä viikolla), kun taas toisesta, hallissa kasvatetusta samantaustaisesta parvesta, kuoli samaan aikaan vain muutamia yksilöitä. Edellisenä vuonna 2016 tässä samassa lohikannassa ei havaittu vesihomekuolleisuutta lainkaan, vaikka tuolloin kuolleisuus oli huomattavaa Lestijoen meritaimenen (40–60 %) sekä kahden kirjolohikannan (20–40 % ja 80–100 %) emokalaparvissa; ei kuitenkaan kolmen muun taimenkannan emoissa. Toisessa esimerkissä laitoksella on alkanut esiintyä vesihomeongelmaa vasta vuodesta 2016 lähtien, ja parvikohtaiset vaihtelut kuolleisuudessa vuosina 2016–2018 ovat olleet seuraavat: järvilohi (Vuoksen vesistö): 2-v tai vanhemmat 10–35 %, emokalat 20–100 %; järvitaimen (Vuoksen vesistö): 2-v tai vanhemmat 0–30 %, emokalat 10–80 %; planktonsiika (Koitajoki) / vaellussiika (Kokemäenjoki): 2-v tai vanhemmat 0–30 %, emokalat 20–90 %; nieriä (Kuolimo): emokalat 10–30 %; kirjolohi (JALO-kanta): emokalat 10–30 %. Tässä tapauksessa kalaston normaali kuolleisuus on kalamassana mitattuna ollut luokkaa 1000–3000 kg/vuosi, mutta vesihomeongelman alkaessa 2016 menetetty kalamäärä oli n. 25 000 kg (suurin osa emoista menetetty). Vuosina 2017–2018 kuolleiden määrä oli pienempi, koska kaloja (erit. emoja) oli jäljellä enää vähän.



Kuva 2. Vesihometartunnan saaneita kutuvalmiita järvilohiemoja syksyllä 2017. Kuva: Antti Karhapää (Luke).

3.3. Käsitukset vesihomeongelman syistä

Vesihomeongelmaan liitettiin seuraavia kausaalisia tekijöitä (syyn maininnut laitospäästä suluissa):

- Kalojen käsittelyt (+ mahd. herkkä ikä) (17)
- Laitoksen tulovesi (yläpuoliseen vesistöön liittyvät seikat) (7)
- Bakteritaudit (6)
- Suuret kalatiheydet (6)
- Olosuhteiden muutokset (5)
- Loiset (3)
- Muuttuvat rehut (3)
- Herkät lajit ylläpitävät vesihometta (2)
- Mädin laadun heikkeneminen (2)
- Huono allashygienia (2)
- Linnut ja/tai maapedot (2)

Vesihomeeseen mahdollisesti liittyviä syitä tunnistettiin useita, ja ne voivat vaihdella laitoksen sisällä lajeittain, kannoittain ja ikäryhmittäin (kts. esimerkkivastaus Taulukosta 2). On heti huomattava, että joissain tapauksissa sama henkilö on vastannut kyselyyn useamman kuin yhden laitoksen osalta, jolloin

käsitykset tietyistä syistä on voinut kertaantua. Toisaalta on oletettavaa, että esim. allashygienian merkitystä ei ole tullut mainituksi ikään kuin itsestään selvänä seikkana. Kaikenlaiset kalojen käsittelyt, kuten siirrot ja lajittelut, koettiin vesihomeelle altistavina tekijöinä useimmilla laitoksilla, joilla ongelmaa on esiintynyt. Emokalojen lypsyt (ja/tai sukukypsyminen itsessään) mainittiin erikseen 13 vastauksessa ja rokotukset kahdesti. Esim. kiertovesilaitoksessa vesihomeen esiintyminen vuodesta 2016 lähtien on yhdistetty selvästi ainoastaan kalojen (kesänvanhat kirjoloheet) rokotuksiin, ei kuitenkaan itse rokotteeseen. Vesihometta on tässä tapauksessa ilmennyt enemmän kone- kuin käsinrokotuksesta ja vähiten nk. dippausmenetelmällä tehtävästä rokotteenannosta (immersio). Käsittelyiden ohella yhdeksi merkittäväksi tekijäksi nostettiin korkeat kasvatustiheydet. Joitain mainintoja tuli myös kylvetyskierteen kaloja heikentävästä vaikutuksesta (mikä voi olla välillisesti seurausta muita taudinaiheuttajia vastaan tehdystä hoidosta).

Seitsemän laitoksen osalta todettiin, että vesihometta esiintyy muiden tautien yhteydessä (bakteerit tai loiset). Vesihomeeseen kytköksissä olevista bakteeritaukeista mainittiin erityisesti flavo- (5 vastausta) ja jodobakteerien (3) aiheuttamat infektiot. Ulkoloisista nousivat erikseen esille *Chilodonella*-ripsieläin ja kalatäi. Yhteensä 26 vastanneella laitoksella (ml. ongelmaa kokemattomat) vesihometta ei sitä vastoin osattu rinnastaa minkään muun patogeenin tai loisen esiintymiseen.

Valtaosassa vastauksista vesihomeongelman pahenemiseen ei myöskään osattu yhdistää mitään tuotanto-olosuhteissa tai -menetelmissä tapahtunutta trendinomaista muutosta. Sitä vastoin muutamassa vastauksessa ongelman voimistumisen oletettiin olevan seurausta lähivuosien epäedullisemmaksi muuttuneista ilmasto-oloista. Tähän liittyvät maininnat muun muassa runsassateisista ja pitkittyneistä syksyistä (pintavalunta järviin ja laitoksen tuloveteen, veden lämpötilojen pitkä-aikainen pysyminen vesihomeelle otollisissa lukemissa), yhä useammin toistuvista hellekesistä (esim. vuodet 2006, 2010, 2014 ja 2018) ja auringonsäteilyn voimistumisesta. Vastaavasti laitoskohtaisista ympäristöolosuhteista nostettiin esille laitoksen yläpuolisen vesistön kalastoon tai kalankasvatustoimintaan sekä vesistön lämpenemiseen ja ruskettumiseen (metsien ja soiden ojitusten seurauksena) liittyvät tekijät. Kuusi läpivirtauslaitosta (18 %) ilmoitti, että laitoksen välittömässä läheisyydessä (tulo- tai poistouomassa) on havaittu ajoittain vesihomeisia luonnonkaloja. Yhdessä tapauksessa luonnonkaloissa havaittu homeisuus oli myös selkeästi samanaikaista laitoksella esiintyvän vesihomeen kanssa.

Kahdessa vastauksessa vesihomeelle herkkien lajien tai ikäryhmien ajateltiin ylläpitävän vesihometta laitoksessa ja siten kroonistavan ongelman myös sen muuhun kalastoon. Allashygieniaa korostettiin niin ikään vain parissa vastauksessa, vaikkakin sen perustavanlaatuinen merkitys niin vesihomeen kuin muidenkin taudinaiheuttajien/loisten torjunnassa tiedetään epäilemättä kaikilla laitoksilla. Yhdellä laitoksella lohien emokalaparvien havaittiin altistuvan vähemmän vesihomeelle, kun niitä pidettiin sisäaltaissa, joissa kasvualusta on puhtaampi (leväongelmat ovat pienempiä) ja luonnoneläinten pääsy altaaseen on estetty. Laitoksilla esiintyvien vesilintujen ja petonisäkkäiden (saukko ja minkki) mainittiin lisäävän tartuntariskiä ainakin kaloja vahingoittamalla ja stressaamalla mutta mahdollisesti myös vesihomeitiöitä altaasta toiseen levittämällä.

3.4. Käytännöt vesihomeen torjumiseksi

Mainittuja keinoja vesihomeen ennaltaehkäisemiseksi ja hoitamiseksi olivat (käytännön maininnut laitosmäärä suluissa):

- Oikea-aikaiset kylvetykset ja lääkitykset (25)
- Vesihomeeseen kuolleiden mätimunien ja kalojen jatkuva poistaminen (24)
- Vesihomeelle herkistä lajeista tai kannoista luopuminen (11)
- Pyrkimys kalojen mahdollisimman vähäiseen ja/tai vesihomeelle optimaalisten lämpötilojen ulkopuolella tapahtuvaan käsittelyyn (10)

- Alennetut kasvatustiheydet (6)
- Kasvatusaltilaiden puhtaanapito (6)
- Istutusajankohdan aikaistaminen (4)
- Vesitysten lämpötilojen säätäminen optimaalisempaan suuntaan (5)
- Luonnonkalojen poisto tulokanavasta (1)
- Altaiden virtaamien lisäys (1)
- Veden UV-säteilytys (1)

Kylvetykset ovat edelleenkin tärkeä keino vesihometartuntojen hillitsemiseksi kalanviljelylaitoksilla. Tämä koskee erityisesti petomaisia lohikaloja, joilla mäti haudotaan paikallaan kaukaloissa tai saavissa, ja usein haudontavesi on myös kierrätettävissä. Suppiloissa kiertävän siianmädin hoitaminen kylvetyksin on vaikeaa, eikä sitä juurikaan tehdä. Mädinhaudonnassa kylvetyskemikaalina käytetään eniten formaliinia, jonka on todettu olevan riittävän tehokas aine. Mätiä tuottavista laitoksista 12 kpl ilmoitti käyttäneensä formaliinia menestyksekkäästi homesienen kurissapitämiseen haudonta-aikana. Ilmoitetut formaliinipitoisuudet vaihtelivat välillä 1:1000–1:6000 ja niiden käsittelyajat olivat tavallisimmin 30 tai 60 min (vedenkierto suljettuna). Esimerkiksi kirjolohella mätiä kylvetyksiä voidaan suorittaa jopa seitsemänä päivänä viikossa ja läpi haudonta-ajan (muutamia päiviä hedelmöityksestä kuoriutumiseen saakka). Laitoksissa, missä homekuolleisuus on mädinhaudonnassakin verrattain pientä, formaliinin käyttömäärät ovat vähäisempiä (esim. 2 dl/40 litraa mätiä, 2–3 vrk:n välein toistuvina annoksina mädin lämmityskaudella). Muita vesihomeen hoitoon harvoin, vain yksittäisinä kertoina kokeiltuja aineita mädille ovat bronopoli (Pyceze®), vetyperoksidi ja suola.

Kylvetysten ohella vesihomeen tappamien mätimunien säännöllinen poistaminen silmäpisteasteen koittaessa (jolloin paikallaan haudottavien lohikalojen mätiä voidaan turvallisesti käsitellä) on koettu tarpeelliseksi, koska kuolleista mätimunista vesihomekasvusto leviää helposti myös eläviin muniin. Kirjolohella mädinhaudonnan nopeuttaminen vettä lämmittämällä mainittiin olevan eduksi, jotta silmäpistevaihe saavutetaan mahdollisimman aikaisin ja mätiä voidaan puhdistaa sen jälkeen koneellisesti.

Formaliinia on käytetty kylvetysaineena nimenomaisesti vesihometta vastaan myös kaloille (esim. kirjolohiemoille tarvittaessa lypsyjen jälkeen), mutta sen teho on ollut yleisesti ottaen heikko, mikäli infektiota on ehtinyt jo levitä kasvatusparvissa. Joissain tapauksissa kalojen vesihomeriskiä ja siitä seurannutta kuolleisuutta on kuitenkin voitu pienentää, mikäli formaliinikylvetykset on aloitettu ennaltaehkäisevästi tai heti ensimmäisten oireellisten kalojen ilmaannuttua. Homeen tartuttamia kaloja ei kuitenkaan kyetä enää kylvetyksillä pelastamaan. Kalaparville tavallisimmin käytetyt formaliinin käyttökonsentraatiot ovat olleet 1:4000–1:10000 ja -frekvenssit 1–3 kertaa viikossa vesihometartunnan ilmetessä. Etenkin maauomissa käytetyt formaliiniannokset ovat olleet huomattavan suuria, esim. 30 litraa/uoma kerta-annoksena keväällä parin päivän ajan annettuna. Tässä nimenomaisessa tapauksessa formaliinin on havaittu vähentävän vesihomeriskiä hyvin nuoremmilla poikasilla, kun taas 2-vuotiailla kaloilla kylvetykset on ollut tehottomampaa (auttanut kuitenkin jonkin verran).

Huuhtelukylvetyksissä formaliinin rinnalla (yhdistelmänä) tai erikseen on kokeiltu myös joitain muita kemikaaleja, kuten vetyperoksidia, peretikkahappoa (Divosan Plus®; pitoisuudet 1:80 000–1:250 000) tai vetyperoksidin, peretikkahapon ja etikkahapon yhdistelmäliuosta (esim. Desirox®; 1:100 000, 2-3 kertaa viikossa annettuna), mutta vesihomeen osalta torjuntatulokset ovat näissäkin tapauksissa olleet monesti vaatimattomat jopa usean viikon yhtäjaksoisista kylvetyksistä huolimatta. Formaliinin (pitoisuus 1:10 000) ja vetyperoksidin (1:100 000) yhdistelmän on havaittu parilla laitoksella vähentävän kuolleisuutta, mikäli käsittely tehdään ajoissa (0,5–1 tunnin altistusajalla 2–3 krt/vko). Vastaavasti yhden laitoksen maa-altaisiin kaksi kertaa viikossa tehdyillä suolahuuhtelukylvetyksillä (natriumkloridi) koettiin kuolleisuutta vähentävä vaikutus (käyttömäärä 50 kg suolaa/5 m³ vettä), kun käsittelyt on aloitettu heti ensimmäisten homeisten kalojen ilmaannuttua ja samalla on huolehdittu myös kuolleiden nopeasta poistosta.

Selvityksen ainoassa kiertovesilaitoksessa vesihomeongelma näyttäytyy erilailta perinteisiin läpivirtauslaitoksiin verrattuna. Toisin kuin useimmissa läpivirtauslaitoksissa, vesihomeongelmaa on pystytty kuitenkin vähentämään kaloilla merkittävässä määrin muutaman päivän välein tehtävillä suola- (pitoisuus 0,5 %) ja peretikkahappokylvetyksillä (1 mg/l tai vahvempi), jolloin vedenkierto on suljettu käsittelyn ajaksi. Suolaa ja peretikkahappoa on käytetty menestyksekkäästi myös samanaikaisesti annettuna. Kalojen kuolleisuutta on saatu alennettua näiden aineiden kylvetyksillä n. 20 %:sta (2016) alle 5 %:iin (2017–2018). UV-käsittelyä tai otsonointia ei kiertovesilaitoksessa ole käytetty, eikä kaloille ole annettu myöskään antibiootteja.

Kaikki kyselyyn vastanneet ilmoittivat poistavansa kuolleet tai huonokuntoiset kalat mahdollisuuksien mukaan vähintään kerran päivässä vesihome-epidemioiden aikana ja tarvittaessa muulloinkin.

4. Yhteenveto

Tässä epidemiologisessa selvitystyössä kerättiin tietoa vesihometaudin vakavuudesta sekä kasvattajien näkemyksiä niistä riskitekijöistä, jotka todennäköisesti vaikuttavat taudin esiintyvyyteen ja haitallisuuteen kotimaisessa makeanveden kalanviljelyssä. Kartoitus vahvistaa yleistä käsitystä, että kyseessä on laajamittainen mutta samalla hyvin laitos- ja vuosikohtainen ongelma (koskettanut n. 60 % vastanneista laitoksista), jolle on ominaista vaikea ennustettavuus ja hallittavuus. Vesihome tuottaa vakavia ongelmia varsinkin taimenen, lohen ja siian emokalastojen ylläpidolle ja mädintuotannolle mutta myös kalavesien hoidossa tarvittavien lohi- ja taimenistukkaiden tuotannolle sekä ruoka-/onkikalankasvatukselle. Etenkin sukukypsillä kaloilla ja smolteilla vesihome on usein yksittäisenä tekijänä riittävä aiheuttamaan huomattavaa kuolleisuutta.

Taudinkuvan arvaamattomuutta luonnehtivat hyvin tapaukset, joissa tietynä vuonna tietyn emokalaryhmän kohtaama vesihomekuolleisuus on ollut merkittävä, jopa totaalinen, kun taas aiempänä tai seuraavana vuonna ongelma on pysynyt poissa vastaavan kannan lisääntymisikäisissä kaloissa. Toisaalta sairastuvuus voi iskeä laitoksessa vain tiettyyn kalaparveen ja erota huomattavasti tietynä ajankohtana jopa saman emokalaston rinnakkaisryhmien välillä (kts. esimerkit osiossa 3.2). Yhdessä esimerkissä ongelmattomasta laitoksesta toiseen (ei kyselyssä mukana olevaan) siirretyt kirjoloheet ovat kärsineet vesihomeesta, ja vastaavasti kun kaloja on siirretty takaisin, tautia ei ole esiintynyt. Tässä tapauksessa hieman yllättävää on lisäksi se, että toisella laitoksella vesihome on vaivannut nimenomaan kirjolohta muttei siikaa, vaikka siioille on käytetty huomattavan suuria kasvatustiheyksiä. Tällaiset havainnot antavat olettaa, että infektoriskin kannalta on merkitystä paitsi kalalajilla ja iällä myös kasvatusolojen tai käsittelyn eroilla. Otettakoon tässä yhteydessä esille vielä yksi esimerkki taimenta (kasvatettavat kalat iältään 0:sta 5:een vuotta, osa myös sukukypsiä) ja kirjolohta (0–2 v. tai yli) tuottavasta laitoksesta, jossa vesihomeongelmaa on koettu ainoastaan yhtenä syksynä 2-vuotiaissa taimenissa 2000-luvun alussa.

Vesihometaudilla on hyvin työllistävä ja kustannuksia kasvattava (ml. kohonneet kemikaalikulut) vaikutus vesiviljely-yritysten toiminnalle. Emokalaston ylläpitäjien ja poikastuottajien mätä- ja kalamäärät eivät myöskään monin paikoin pysty vastaamaan kysyntään, ja toimitukset voivat vähintäänkin viivästyä. On kuitenkin huomattava, että vesihomeesta koituvan haitan suuruus laitoksen toiminnalle on jossain määrin subjektiivinen kokemus, joka voi olla suorassa suhteessa yhtiön vuotuisen liikevaihtoon. Toisaalta isoissa tuotantomäärissä myös absoluuttiset tappiot voivat olla helposti merkittävät (ja haitan arvio siksi korkea), vaikka kalojen tai mädin prosentuaalinen kuolleisuus olisikin maltillinen (esim. 10–20 %). Taloudellisten tappioiden lisäksi on huomattava vesihomeen aiheuttamat seuraukset viljeltävien kalojen hyvinvointiin sekä uhanalaisten, etenkin säilytysviljelynvaraisten lohikalakantojen suojelutyöhön. Suuret emokalastotappiot heikentävät tuntuvasti viljelyllä tuettavien populaatioiden jo ennestään alhaista

tehollista kokoa ja geneettistä vaihtelua, alentaen niiden sopeutumispotentiaalia ympäristössä tapahtuviin muutoksiin.

Tietty kalalajit ja -kannat ovat osoittautuneet vesihomeelle erityisen herkiksi, joskin yleisesti ottaen ongelma koskettaa kaikkia viljeltäviä lohikaloja erityisesti niiden fysiologisesti herkissä ja stressialttiissa elinvaiheissa; so. sukukypsyyden ja vaellusvalmiuden kehittyminen. Useissa tapauksissa vesihomeelle herkkien kalalajien tai vähintäänkin niiden tiettyjen ikäryhmien (esim. nelivuotiaat tai sitä vanhemmat taimenet; onkikokoiset istukkaat, emokalat) kasvatuksesta on jouduttu luopumaan. Tilalle on otettu yhä useammin kirjolohta, jolla vesihomeongelmia on esiintynyt yleensä kotimaisia lohikalalajeja vähemmän tai lievempiasteisena. Kirjolahentuotannossakin vesihomeen aiheuttama kuolleisuus on ollut kuitenkin paikoitellen hyvin merkittävää erityisesti emokalastoissa (jopa 80–100 %).

Luonnonvesien lämpötilanmuutokset aiheuttavat vesihomeinfektioille selvän vuodenaikaisyyklin, ongelman ollessa tyypillisesti pahimmillaan sekä syksyn laskevien että kevään nousevien vedenlämpöjen aikaan. Tilannetta pahentaa erityisesti (ja enenevässä määrin) pitkittyneet syksyt ja kevät, jolloin veden lämpötilat pysyttelevät pitkään suhteellisen kapealla vesihomeen tarttumiselle otollisella alueella (esim. hieman 10 °C:n molemmin puolin). Vesihomeongelman esiintymislämpötilat vaihtelevat kuitenkin huomattavasti laitoksesta toiseen. Erilaiset esiintymislämpötilat voisivat viitata maantieteellisesti erilaistuneiden, erilaisissa lämpötiloissa aktiivisten vesihomekantojen kehittymiseen. Se voisi johtua myös kutuajan ja varhaiskukypsien koiraiden esiintymisen laitospohjaisista eroista suhteessa veden lämpötilaan. Yleisesti ottaen vesihomeinfektioiden voimistuminen keväisin ja syksyisin lienee seurausta paitsi yllä mainituista kalojen elinkiertovaiheista myös kasvavista itiömääristä muuttuvien vedenlämpöjen aikaan (Leinonen ym. 1999). Aiempi vuodenaikaisseuranta esim. Luken (ent. RKTL:n) Kainuun kalanviljelylaitoksella on kuitenkin osoittanut, ettei vesihomeitiöinti ja kalojen homehtuminen ole välttämättä selkeästi yhteydessä toisiinsa (Leinonen 1999, Pyllkö & Vennerström 2000). Pintavesien itiömäärät voivat olla lisäksi korkeimmillaan heinäkuussa lämpimimpien vesien aikaan, jolloin homeinfektioita ei esim. syyskutusilla emoilla vielä esiinny. Lämpötilan nopealla tippumisella on osoitettu olevan immuniteettia heikentävä ja siten *Saprolegnia*-infektioita lisäävä vaikutus ainakin pilkkupiikkimonnilla (*Ictalurus punctatus*) (Bly ym. 1993; Quiniou ym. 1998).

Vaikka vesihomeen taudinpurkaukset voidaan yhdistää usein tiettyihin ympäristöstä tai kaloista mitattaviin muuttujiin, perimmäiset taudinsyyt ovat todennäköisesti vaihtelevia, ja ongelma syntyy luultavimmin monen osatekijän yhteisvaikutuksesta. Vaikka laitoksilta tavallisesti puuttuukin systemaattinen tiedonkeruu potentiaalisista vesihomeen esiintymiseen liittyvistä taustatekijöistä (veden lämpötilaa lukuun ottamatta), kalanviljelijöiden mielipiteillä on useimmiten vankka kokemuspohja. Vallitsevana vesihometartunnalle altistavana tekijänä kyselyssä nostettiin esille kalojen käsittelyt, mm. lajittelut, siirrot ja rokotukset. Nämä toimenpiteet ovat omiaan lisäämään kalojen akuuttia ja kroonista stressiä ja altistavat niitä samalla mekaanisille vaurioille, vähintäänkin ihon limapinnan vaurioitumiselle. Vastaavanlaisia vaikutuksia liittyy kalojen sukukypsymiseen (kutustressin ja sukupuolihormonien aikaansaama vastustuskyvyn heikentyminen sekä lisääntyneet yhteenotot erityisesti koiraskalojen välillä) ja emokalojen lypsyihin, jotka mainittiin useimmissa vastauksissa vesihomeongelmaa lisäävinä tekijöinä.

Taudin ennaltaehkäisyn kannalta pidettiin tärkeänä kalojen kaikenlaisen käsittelyn minimoimista erityisesti vesihomeen runsaimman esiintymisen ja lämmenneiden vesien aikaan. Tällöin vesihomeelle altistavaa kalojen ylimääräistä stressaantumista ja ihon limapinnan vaurioitumista voidaan välttää. Kalojen ihon (epidermiksen) limaneritys toimii tärkeänä fyysisenä suojana, estäen vesihomeen kolonisoinnin, ja vähäisetkin vauriot ihossa voivat altistaa infektiolle (Xu & Rogers 1991; Pickering 1994). Ympäristöstressin vesihomeinfektioita edesauttava vaikutus korostuu kortisolihormonin pitoisuuden noustessa (esim. sukukypsyyden- ja smolttiutumisaikana), mikä aiheuttaa immuunivasteen heikkenemisen ja voi samalla heikentää haavaumien paranemista.

Myös kuolleiden mätimunien sekä oireisten ja kuolleiden kalojen säännöllisen poistamisen merkitys home-epidemian aikana korostuu. Tämä luonnollisestikin tiedostetaan hyvin kaikilla laitoksilla. Sairastuneiden kalojen nopea poistaminen altaasta on ensiarvoisen tärkeää, koska vesihomekasvustot

levittävät itiöitä veteen tehokkaasti suuria määriä. Yleisen käsityksen mukaan vedessä oleva *Saprolegnia* sp. ei kuitenkaan aiheuta vesihomeinfektiota terveeseen, hyväkuntoiseen kalaan (van Den Berg ym. 2013; Thoen ym. 2015, 2016), vaan se on tyypillinen opportunisti patogeeni, joka tarttuu ensisijaisesti haavautuneisiin, stressaantuneisiin ja jo muutoin infektoituneihin tai kuolleisiin kaloihin (Thoen ym. 2011). Vesihomeen katsotaan siten olevan yleisimmin toissijainen taudinaiheuttaja, joka aiheuttaa taudin ensisijaisesti vastustuskyvyltään heikentyneisiin kaloihin (Pickering & Christie 1980). Altistuskokeissa useiden *Saprolegnia* sp. -kantojen on osoitettu olevan aggressiivisia patogeenejä, mutta näissäkin tapauksissa infektiota on aina edeltänyt kaloja stressaava ja pintalimaa vaurioittava käsittely (Howe & Stehly 1998; Howe ym. 1998; Stueland ym. 2005; Songe ym. 2014).

Tämän kyselyn vastaukset tukevat osin sitä yleistä käsitystä, että vesihomeinfektio voi ilmetä muiden tautien yhteydessä (Bruno ym. 2011). Vastanneista laitoksista seitsemällä (35 % niistä, joilla ongelmaa on joskus esiintynyt) oli käsitys, että vesihometauti liittyy jonkin muun taudinaiheuttajan (kuten flavobakteerin) tai loisen esiintymiseen, mutta toisaalta selvällä enemmistöllä laitoksista tällaista yhteyttä ei oltu havaittu. Monet taudinaiheuttajabakteerit, kuten *Flavobacterium psychrophilum*, *F. columnare* ja epätyypillinen *Aeromonas salmonicida* (ASA), aiheuttavat ihoaavaumia varsinkin nuorten lohikalojen ihoon ja eviin ja edesauttavat näin myös vesihomeen tarttumista kalaan. Yhdessä tämän kyselyn laitoksista monitehoisen flavobakteerirokotteen käyttöönoton on havaittu poistavan vesihomeongelman vuosittain kirjolohista, ja suojan on havaittu kattavan myös kutevat emokalot (haavautuneet koiraat mukaan lukien), mikäli rokotus on annettu ensin poikasvaiheessa ja toistamiseen tehosteena noin vuotta ennen kalojen sukukypsymistä. Ennen rokotuksia kyseisen laitoksen homeongelma on ollut verrattain paha ja koetellut etenkin kutuun valmistuvia emoja. Vastaavasti yhdessä vastauksessa mainittiin, että kalatäin rutiininomainen vastustaminen kirjolohiemoilla SLICE vet -valmistetta (lääkerekru) käytettäessä on luultavasti edesauttanut myös vesihomeen ehkäisyä. Nämä havainnot viittaavat siihen, että tiettyjä ensisijaisia taudinaiheuttajia torjumalla (ja muutoin kuin kylvetyksin) on mahdollista vaikuttaa tehokkaasti myös vesihomeriskiini.

Bakteeritautien vaikutusta vesihomeen esiintymiseen kaloilla on tutkittu vain vähän (Egusa & Nishikawa 1965; Egusa 1965). Usein bakteeritauteja ja vesihometta tavataan kalassa ja kalaparvissa samaan aikaan, mutta tarkkaa tietoa ei ole siitä, onko vesihome ensisijainen vai toissijainen taudinaiheuttaja (esim. Carbajal-Gonzales ym. 2011). Suomessa on löydetty *Iodobacter* sp. -bakteeria useilta viljelyiltä lohikaloilta vesihomeen yhteydessä, yleisesti ihoaavaumista, iholta ja kidusnäytteistä (Viljamaa-Dirks ym. 2005). *Iodobacter* sp. on eristetty myös Espanjassa vesihometta sairastavan taimenen ihoaavoista ja iholta, sekä terveen taimenen iholta, muttei terveen kirjolohen iholta. Vastaavan bakteerin mahdollinen osallisuus vesihometaudin syntyyn mainittiin erikseen myös tämän selvityksen kolmessa vastauksessa.

Malakiittivihreän kieltämisen myötä vesihometaudin torjunta on vaikeutunut huomattavasti. Mädinhaudonnassa formaliinin todettiin olevan riittävän tehokas aine, mutta on hyvin mahdollista, että senkin käyttöä rajoitetaan lähitulevaisuudessa. Muita vaihtoehtoisia mädinkylvetyskemikaaleja on kokeiltu varsin rajallisesti, eikä niistä ole saatu formaliiniin verrattavia tuloksia. Tehokkaita, vaikka ei juurikaan tämän selvityksen laitoksilla testattuja vaihtoehtoja voisivat olla boorihappo ja vetyperoksidi (Marking ym. 1994; Arndt ym. 2001; Wagner ym. 2012; Ali ym. 2014). Molempien kemikaalien tehosta käytännön viljelyolosuhteissa tarvitaan enemmän näyttöä. Vetyperoksidin etuna on sen ympäristöystävällisyys (so. hajoaa vedeksi ja hapeksi), kun taas boorihapon ympäristövaikutuksista (toksisuudesta) on olemassa vähän tutkimustietoa.

Veden UV-säteilytystä käytettiin vain kahdella vastanneista laitoksista. Toisella laitoksella säteilytys tehtiin mädille ja toisella kolmanteen kertaan uudelleenkäytettävälle vedelle. Otsonikäsittelyä ei mainittu yhdessäkään vastauksessa, vaikka sen tiedetään torjuvan vesihometta tehokkaasti ainakin mätivaiheessa. Veden päivittäisen otsonikäsittelyn 0,1 ppm:n tasolla on havaittu parantavan mädin haudontatulosta lähes formaliinikäsittelyn veroisesti (Forneris ym. 2003).

Kaloilla kylvetyksin suoritettava vesihomeen ennaltaehkäisy ja hoito on huomattavasti mätivaihetta vaikeampaa suurista vesimääristä ja biomassoista johtuen. Kylvetystulokset ovat useimmiten vaatimattomat, varsinkin jos niiden aloitus myöhästyy, ja taudinpurkaus on ehtinyt syntyään. Lisäksi suuret tarvittavat käyttökonsentraatiot etenkin maauomissa nostavat kustannuksia merkittävästi, ja tässä selvityksessä vuosittaiset kylvetyskustannukset olivat muodostuneet pahimmillaan viisinumeroisiksi summiksi (formaliinia käytettäessä). Kirjallisuuden perusteella mitään mädinhaudonnan jälkeen varmuudella toimivaa ratkaisua vesihomeen torjunnassa ei ole olemassa, joskin tutkittua tietoa on olemassa varsin niukasti (esim. Schreck ym. 1992; Fitzpatrick ym. 1995; Ali ym. 2015). Tämänkin selvityksen vastaukset osoittavat, ettei millään kalojen kylvetyshoidoilla kyetä hillitsemään pidemmälle ehtinyttä infektioaaltoa, mutta riittävän ajoissa suoritetuilla kylvetyksillä voidaan kuolleisuutta usein jossain määrin pienentää. Tulokset korostavat siis ennaltaehkäisevää hoitoa, eli kylvetyksiä tulee suorittaa, kun aavistellaan, että tauti on kalaparvessa puhkeamassa, tai viimeistään silloin, kun ensimmäiset merkit sen alkamisesta on nähtävissä (Pylkkö & Vennerström 2000).

Formaliinikylvetyksiä käytetään laajasti erilaisten ulkoloisten kontrollointiin, mutta sen käyttöön liittyy negatiivisia seurauksia, mukaan lukien ihon limapinnan ja kidusepiteelin vaurioitumista (Buchmann ym. 2004; Leal ym. 2018). Tässäkin selvityksessä esiinnoussut huoli kylvetyskierteen kaloja heikentävästä ja edelleen vesihomeelle altistavasta vaikutuksesta on siksi aiheellinen erityisesti formaliinista puhuttaessa. Lukuisten kylvetysten vaikutusta – käytettävästä aineesta riippumatta – kaloihin (esim. niiden puolustusvasteeseen ja stressiin) on syytä miettiä. Vetyperoksidin tehosta aikuisilla kaloilla on saatu lupaavaa näyttöä ainakin kuningaslohelta (*Oncorhynchus tshawytscha*; käyttöpitoisuudet 25–100 mg/l) (Fitzpatrick ym. 1995). Ennaltaehkäiseviä vetyperoksidikylvetyksiä (100 mg/l, 2–3 kertaa viikossa) on suositeltu aiemmin ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä esim. kalojen käsittelyn jälkeen tai ennen vesihomeen arvioitua puhkeamisajankohtaa (Rahkonen ym. 2000). Mikäli vesihometauti on ehtinyt levitä kalaparvessa ennen kylvetysten aloittamista, hoidolla ei ole tehoa (Leinonen ym. 1999; Pylkkö & Vennerström 2000). Vetyperoksidin myrkyllisyyden tiedetään kasvavan veden lämpötilan noustessa, ja lohikalojen nuoremmat elinvaiheet sietävät sitä paremmin kuin vanhemmat (Rach ym. 1997; Barnes ym. 1998). Vetyperoksidikylvetysten tehokkuuteen vaikuttaa olennaisesti myös käytetyn tuloveden laatu ja lämpötila; kasvava kiintoainemäärä heikentää aineen desinfiioivaa vaikutusta.

Kiertovesikasvatuksessa, jossa uuden korvausveden tarve ja lämpötilanvaihtelu ovat vähäisiä ympäri vuoden, vesihomeen hallinta lienee tehokkaampaa kuin perinteisissä läpivirtauslaitoksissa. Potentiaalisten kylvetysaineiden valikoimaa kiertovesiympäristössä rajoittaa kuitenkin suuresti niiden mahdollinen vaikutus biofilterin mikrobistoon. Vaikka vesihomeongelmaa havaittiin myös kyselyyn vastanneessa kiertovesilaitoksessa, sitä on saatu vähennettyä merkittävästi suola- ja peretikkahappokylvetyksillä (erikseen ja yhdessä käytettynä). Vetyperoksidin tavoin sekä suolaa että peretikkahappoa (stabiloitu etikkahapon ja vetyperoksidin seos) voidaan pitää ympäristöystävällisinä vaihtoehtoina muille desinfiointiaineille. Peretikkahappo hajoaa vedeksi, hapeksi ja etikaksi ilman haitallisia jäämiä, ja veteen vapautuva aktiivinen happi tuhoaa useita taudinaiheuttajia hapettamalla niiden solukalvoproteiineja (Marchand ym. 2012; Pedersen ym. 2013). Veden emäksisyys laskee peretikkahapon tehoa. Suolan etuna ovat edulliset käyttökustannukset, helppo saatavuus ja kalojen hyvä sietokyky kohtuullisen suurissakin pitoisuuksissa. Suuret tarvittavat käyttöpitoisuudet voivat asettaa kuitenkin logistisia ongelmia niin varastoinnin kuin kylvetyskäsittelyidenkin osalta (Marking ym. 1994)

Patogeenisten *Saprolegnia*-vesihomeiden tiedetään muodostavan monien muiden mikro-organismien kanssa nk. biofilmin, jossa ne voivat kasvaa ja lisääntyä tuottaen kasvupinnoille alituisen itiöreservin (Ali ym. 2013). Varsinkin kiertovesikasvatuksessa kalojen metaboliasta ja rehusta liuenneen orgaanisen aineksen kerääntyminen veteen voi tarjota vesihomeelle ravinnerikkaan kasvualustan, nostaen itiöinnin huomattavasti läpivirtaussysteemiä korkeammaksi (Waterstrat 1997). Infektoriskiä voidaan mahdollisesti pienentää altaiden ja tulovesiputkien puhdistuksella sekä veden virtausnopeutta lisäämällä. Kasvatusrakenteiden puhtaanapito on kaikkien taudinaiheuttajien torjunnan kannalta itsestäänselvyys, vaikkakin tämän tiedustelun yhteydessä se mainittiin erikseen vain kourallisessa

vastauksia. Yhdellä kyselyyn vastanneella laitoksella kirjolohen mädinseudonnessa vesihomeongelmaa on esiintynyt ainoastaan kevään viimeisissä haudontaerissä (huhtikuun loppu – toukokuun puoliväli), kun haudontaveden kiertoa ei ole ehditty puhdistaa ennen uuden erän lypsyä. Valtaosalla laitoksista ei veden uudelleenkierrätyksen toisaalta havaittu lisäävän vesihomeen esiintymistä mädissä tai kaloissa verrattuna tilanteeseen, jossa vesitysratkaisuna käytettiin myös läpivirtausta. Yhdessä esimerkkitapauksessa keväällä kirjolohiemoissa on esiintynyt vesihometta tavallista enemmän, kun niille kerätty ja lämmitetty vesi oli ohjattu ensin poikasten ja vesihometta sisältäneen mädin kautta.

Lopuksi voidaan todeta, ettei tämänkään selvityksen pohjalta pystytä löytämään yksittäistä viisastenkiveä vesihometaudin torjuntaan. Vesihomepaineen voidaan olettaa säilyvän vakavana myös jatkossa sekä suomalaisessa että maailmanlaajuisessa kalanviljelyssä, eikä vähiten laaja-alaisten ja voimakkaiden (ihmistoiminnasta aiheutuvien) ympäristömuutosten vuoksi. Jatkotutkimuksissa tulisi kerätä systemaattisesti tietoa useista tartuntapaineeseen oletettavasti vaikuttavista tekijöistä. Näihin lukeutuvat mm. erilaisten vesihomekantojen tunnistus (*S. parasitica* -lajin sisäinen muuntelu), tyypitys ja aggressiivisuuden (taudinaiheutuskyvyn) selvittäminen sekä yhteydet muihin taudinaiheuttajiin (primäärisuus vs. sekundaarisuus). Toisaalta olisi syytä kiinnittää huomiota (lämpötilan ohella) tiettyjen veden fysikaalis-kemiallisten tekijöiden, kuten happamuuden ja alkaliteetin, vaikutukseen vesihomeen lisääntymiskyvyn tai kalojen sairastumisherkkyuden muutoksissa. Toimivien kylvetysmenetelmien testaamista on niin ikään hyödyllistä jatkaa erityisesti formaliinia korvaavien aineiden osalta. Myös rehujen merkitystä vesihomeen esiintymiseen olisi syytä selvittää, koska niiden koostumuksissa on tapahtunut jatkuvasti muutoksia (so. kalajauhoa ja -öljyä korvataan enenevässä määrin kasvipohjaisilla raaka-aineilla), joilla voi olla kalojen yleistä vastustuskykyä alentava vaikutus. Positiiviset kokemukset erityisesti flavobakteeria vastaan tehtävistä rokotuksista ovat kiinnostavia ja kannustavat tarkempaan kokeelliseen tarkasteluun. Myös immunostimulanttien (esim. β -glukaanin) vaikutusta kalojen epäspesifisen puolustusvasteen voimistajana ja siten mahdollisena vesihomerestenssiä lisäävänä hoitokeinona olisi hyödyllistä testata. Tulevat molekyylibiologiset tutkimukset vesihomeen ja kalojen välisen vuorovaikutuksen prosesseista sekä mahdollisten oireyhtymän takana olevien bakteeri- ja virustartuntojen osallisuudesta tulevat epäilemättä lisäämään ymmärrystä vesihomeen patologiasta ja mahdollistavat siten vaihtoehtoisten menetelmien kehittämisen taudin kontrolloinnissa (Earle & Hintz 2014). Mahdolliset immunologiset vasteet ja niihin liittyvien geenien ja proteiinien tunnistaminen voivat mahdollistaa vesihometaudin vastustuskyvyn parantamisen viljeltävissä kalastoissa lääkinnällisin keinoin ja genomisen valinnan avulla (jälkimmäinen tapa lähinnä ruokakalankasvatukseen sovellettavissa). Esim. kirjolohen veren seerumista löydetty *S. parasitican* antigeeni, jonka injektointi terveisiin kaloihin aiheuttaa vasta-ainetuotannon kohoamisen (Minor ym. 2014), on edesauttanut vesihomerokotteen kehitystyötä Skotlannissa.

Kiitokset

Tekijöiden kiitokset Luken Petri Heinimaalle, Harri Vehviläiselle ja Päivi Pylkölle sekä Ruokaviraston Satu Viljamaa-Dirksille ja Tiina Korkea-aholle työpanoksesta tämän selvitystyön suunnittelussa.

Kirjallisuus

- Ali S.E., Evensen Ø. & Skaar I. 2015. Recent advances in the mitigation of *Saprolegnia* infections in freshwater fish and their eggs. Teoksessa: Méndez-Vilas A. (toim.), The Battle Against Microbial Pathogens: Basic Science, Technological Advances and Educational Programs. Formatex, s. 691–697.
- Ali S.E., Thoen E., Vrålstad T., Kristensen R., Evensen Ø. & Skaar I. 2013 Development and reproduction of *Saprolegnia* species in biofilms. *Veterinary Microbiology* 163: 133–141.

- Ali S.E., Thoen E., Evensen Ø. & Skaar I. 2014. Boric acid inhibits germination and colonization of *Saprolegnia* spores *in vitro* and *in vivo*. PLoS ONE 9(4):e91878.
- Arndt R.E., Wagner E.J. & Routledge M.D. 2001. Reducing or withholding hydrogen peroxide treatment during a critical stage of rainbow trout development: Effects on eyed-eggs, hatch, deformities and fungal control. North American Journal of Aquaculture 70: 118–127.
- Bangyeekhun E., Pykkö P., Vennerström P., Kuronen H. & Cerenius L. 2003. Prevalence of a single fish-pathogenic *Saprolegnia* sp. clone in Finland and Sweden. Diseases of Aquatic Organisms 53: 47–53.
- Barnes M.E., Ewing D.E., Cordes R.J. & Young G.L. 1998. Observations on hydrogen peroxide control of *Saprolegnia* spp. during rainbow trout egg incubation. The Progressive Fish-Culturist 60: 67–70.
- Bly J.E., Lawson L.A., Szalai A.J. & Clem L.W. 1993. Environmental factors affecting outbreaks of winter saprolegniosis in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). Journal of Fish Diseases 16: 541–549.
- Bruno D.W., van West P. & Beakes G.W. 2011. *Saprolegnia* and other oomycetes. Teoksessa: Woo P.T.K. & Bruno D.W. (toim.), Fish Diseases and Disorders: Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections, 2nd edn. CABI International, s. 669–720.
- Buchmann K., Bresciani J., Jappe C. 2004. Effects of formalin treatment on epithelial structure and mucous cell densities in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), skin. Journal of Fish Diseases 27: 99–104.
- Carbajal-Gonzalez M.T., Fregeneda Grandes J.M., Suarez-Ramos S., Rodriguez Cadenas F. & Aller Gancedo J.M. 2011. Bacterial skin flora variation and *in vitro* inhibitory activity against *Saprolegnia parasitica* in brown and rainbow trout. Diseases of Aquatic Organisms 96: 125–135.
- Earle G. & Hintz W. 2014. New approaches for controlling *Saprolegnia parasitica*, the causal agent of a devastating fish disease. Tropical Life Sciences Research 25: 101–109.
- Egusa S. 1965. The existence of a primary infectious disease in the so called "fungus disease" in pond-reared eels. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 31: 517–526.
- Egusa S. & Nishikawa T. 1965. Studies of a primary infectious disease in the so called "fungus disease" of eels. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 31: 804–813.
- Fitzpatrick M.S., Schreck C.B., Chitwood R.L. & Marking L.L. 1995. Technical notes: Evaluation of three candidate fungicides for treatment of adult spring Chinook salmon. The Progressive Fish-Culturist 57: 153–155.
- Fornieris G., Bellardi S., Palmegiano G.B., Saroglia M., Sicuro B., Gasco L. & Zoccarato I. 2003. The use of ozone in trout hatchery to reduce saprolegniasis. Aquaculture 221: 157–166.
- Howe G.E. & Stehly G.R. 1998. Experimental infection of rainbow trout with *Saprolegnia parasitica*. Journal of Aquatic Animal Health 10: 397–404.
- Howe G.E., Rach J.J. & Olson J.J. 1998. Methods for inducing Saprolegniasis in channel catfish. Journal of Aquatic Animal Health 10: 62–68.
- Leal J.F., Neves M.G.P.M.S., Santos E.B.H. & Esteves V. 2018. Use of formalin in intensive aquaculture: properties, application and effects on fish and water quality. Reviews in Aquaculture 10: 291–295.
- Leinonen T. (toim.) 1999. Hoitotoimien ja allashydrauliikan vaikutuksista vesihomeen esiintymiseen Laukaan ja Kainuun kalanviljelylaitoksissa. Kala- ja riistaraportteja nro 144. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 19 s.
- Marchand P.-A., Phan T.-M., Straus D.L., Farmer B.D., Stüber A. & Meinelt T. 2012. Reduction of *in vitro* growth in *Flavobacterium columnare* and *Saprolegnia parasitica* by products containing peracetic acid. Aquaculture Research 43: 1861–1866.
- Marking L.L., Rach J.J., Schreier T.M. 1994. Evaluation of antifungal agents for fish culture. Progressive Fish-Culturist 56: 225–231.
- Minor K.L., Anderson V.L., Davis K.S., van Den Berg A.H., Christie J.S., Löbach L., Faruk A.R., Wawra S., Secombes C.J. & van west P. 2014. A putative serine protease, SpSsp1, from *Saprolegnia parasitica* is recognized by sera of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Fungal Biology 118: 630–639.
- Pedersen L.F., Meinelt T. & Straus D.L. 2013. Peracetic acid degradation in freshwater aquaculture systems and possible practical implications. Aquaculture Engineering 53: 65–71.

- Pickering A.D. 1994. Factors influencing the susceptibility of salmonid fish to saprolegniasis. Teoksessa: Mueller G.J. (toim.), Salmon Saprolegniasis. US Department of Energy, Bonneville Power Administration, Portland, Oregon: 67–84.
- Pickering A.D. & Christie P. 1980. Sexual differences in the incidence and severity of ectoparasitic infestation of the brown trout, *Salmo trutta* L. Journal of Fish Biology 16: 669–683.
- Pylkkö P. & Vennerström P. (toim.) 2000. Vesihometiöiden lukumäärät ja vesihometartunnat Laukaan, Kainuun ja Taivalkosken kalanviljelylaitoksissa. Kala- ja riistaraportteja nro 194. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 50 s.
- Quiniou S. M.-A., Bigler S., Clem L.W. & Bly J.E. 1998. Effect of water temperature on mucous cell distribution in channel catfish epidermis: a factor in winter saprolegniasis. Fish & Shellfish Immunology 8: 1–11.
- Rach J.J., Schreier T.M., Howe G.E. & Redman S.D. 1997. Effect of species, life stage, and water temperature on the toxicity of hydrogen peroxide to fish. The Progressive Fish Culturist 59:41–46.
- Rahkonen R., Vennerström P., Rintamäki-Kinnunen P. & Kannel R. 2000. Terve kala – tautien ennaltaehkäisy ja hoito. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 140 s.
- Sandoval-Sierra J.V., Latif-Eugenin F., Martín M.P., Zaror L. & Diéguez-Uribeondo J. 2014. *Saprolegnia* species affecting the salmonid aquaculture in Chile and their associations with fish developmental stage. Aquaculture 434: 462–469.
- Schreck C.B., Fitzpatrick M.S., Marking L.L., Rach J.J. & Schreier T.M. 1992. Research to identify effective antifungal agents. Annual report 1992 to US Department of Energy, Bonneville Power Administration. Portland, Oregon. 30 s.
- Songe M.M., Thoen E., Evensen Ø. & Skaar I. 2014. In vitro passages impact on virulence of *Saprolegnia parasitica* to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. parr. Journal of Fish Diseases 37: 825–834.
- Stueland S., Hatai K. & Skaar I. 2005. Morphological and physiological characteristics of *Saprolegnia* spp. strains pathogenic to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Journal of Fish Diseases 28: 445–453.
- Thoen E., Evensen Ø. & Skaar I. 2016. Factors influencing *Saprolegnia* spp. spore numbers in Norwegian salmon hatcheries. Journal of Fish Diseases 39:657–665.
- Thoen E., Vrålstad T., Rolén E., Kristensen R., Evensen Ø. & Skaar I. 2015. *Saprolegnia* species in Norwegian salmon hatcheries: Field survey identifies *S. diclina* sub-clade IIIB as the dominating taxon. Diseases of Aquatic Organisms 114: 189–198.
- Thoen E., Evensen Ø., Skaar I. 2011. Pathogenicity of *Saprolegnia* spp. to Atlantic salmon, *Salmo salar* L., eggs. Journal of Fish Diseases 34: 601–608
- van Den Berg A.H., Mclaggan D., Diéguez-Uribeondo J. & van West P. 2013. The impact of the water moulds *Saprolegnia diclina* and *Saprolegnia parasitica* on natural ecosystems and the aquaculture industry. Fungal Biology Reviews 27: 33–42.
- Vennerström P., Pylkkö P., Säkki S. & Leinonen T. 1999. High mortality among brood fish in Finland due to infection by *Saprolegnia* sp. "Diseases of fish and shellfish", 9th International Conference of European Association of Fish Pathologists, 19–24th September 1999, Rhodes, Greece. Abstract book, p. 226.
- Viljamaa-Dirks S., Pentikäinen J., Heinikainen S. & Kuronen H. 2005. Frequent isolation of *Iodobacter* sp. in connection with saprolegniosis. Book of Abstracts 12th EAFP International Conference.
- Wagner E.J., Oplinger R.W. & Bartley M. 2012. Laboratory and production scale disinfection of salmonid eggs with hydrogen peroxide. North American Journal of Aquaculture 74: 92–99.
- Waterstrat P.R. 1997. Distribution and abundance of *Saprolegnia* in the water system of a Chinook salmon hatchery. Journal of Aquatic Animal Health 9: 58–63.
- Xu D. & Rogers W.A. 1991. Electron microscopy of infection by *Saprolegnia* spp. in channel catfish. Journal of Aquatic Animal Health 3: 63–69.