

HV 2019-56
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Lyf gegn laxalús: virkni, áhrif og notkun

Ingibjörg G. Jónsdóttir og Guðrún G. Þórarinsdóttir

REYKJAVÍK NÓVEMBER 2019

Lyf gegn laxalús: virkni, áhrif og notkun

Ingibjörg G. Jónsdóttir og Guðrún G. Þórarinsdóttir



Upplýsingablað

Titill: Lyf gegn laxalús: virkni, áhrif og notkun		
Höfundar: Ingibjörg G. Jónsdóttir og Guðrún G. Þórarinsdóttir		
Skýrsla nr. HV 2019-56	Verkefnisstjóri: Ingibjörg G. Jónsdóttir	Verknúmer: 11515
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 22	Útgáfudagur: 11. nóvember 2019
Unnið fyrir: <i>Hafrannsóknastofnun</i>	Dreifing: Opin	Yfirfarið af: Ólafur S. Ástþórsson
Ágrip Laxalús er snýkjudýr á laxfiskum í sjó og er mikið skaðræði fyrir fiskeldisfyrirtæki sem eyða miklum tíma og fjármunum í að hefta magn þeirra með ýmsum aðferðum. Ein þeirra leiða sem notuð hefur verið eru lyf sem eiga að drepa lúsinu. Lyfin hafa reynst ágætlega í þessari baráttu en vandamálið er að þau geta einnig haft neikvæð áhrif á önnur krabbadýr sem fyrir eru á svæðinu. Í þessari skýrslu eru teknar saman upplýsingar um vandamál sem lúsin veldur í laxeldi, algengustu lyfin sem eru notuð til aflúsunar og hvaða áhrif þau geta haft á aðrar dýrategundir sem eru í námunda við eldissvæðið. Abstract <i>Sea louse is an ecto-parasite and is a major challenge in aquaculture. Fish farms spend a lot of time and money to reduce sea lice abundance using various methods. One way to fight sea lice is using pesticides, which has proven successful. However, releasing of the pesticides into the sea may also affect non-target species. In this report we compile information on sea lice and the problems it causes, the main pesticides used and what effect they may have on other species near the fish farm.</i>		
Lykilord: Laxalús, fiskeldi, lúsalýf, rækja, humar		
Undirskrift verkefnisstjóra: <i>Ingibjörg G. Jónsd.</i>	Undirskrift forstöðumanns sviðs: <i>Guðrún G. Þórarinsdóttir</i>	

Efnisyfirlit

Bls.

Inngangur.....	1
Þróun laxeldis.....	1
Laxalús	3
Skaði af völdum laxalúsar	5
Aflúsun laxfiska	7
Böðun.....	7
Lyfjagjöf.....	8
Önnur úrræði	8
Áhrif lyfja á önnur krabbadýr	10
Lyfjanotkun á Íslandi og möguleg áhrif	12
Lokaorð	14
Þakkarorð.....	15
Heimildir	16
Viðaukar.....	21

Töfluskrá

Tafla 1. Algeng lyf sem notuð hafa verið við aflúsun laxfiska.	7
Tafla 2. Veitt leyfi til að nota lúsalyf við Ísland frá árinu 2017.....	13

Myndaskrá

1. mynd. Framleiðsla á Atlantshafslaxi (<i>Salmo salar</i>) í helstu framleiðslulöndum árið 2017 (FAO, 2018).	2
2. mynd. Framleiðsla á Atlantshafslaxi (<i>Salmo salar</i>) á Íslandi árin 1985 til 2018 (Matvaelastofnun, 2019a).	2
3. mynd. Laxalús (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>), fullþroska kvendýr með eggjaleiðara, fullþroska karldýr og ófullþroska dýr. Mynd fengin af netinu: Wikipedia.	3
4. mynd. Lífsferill laxalúsa (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>).	4
5. mynd. Meðalhiti sjávar við botn að hausti í Arnarfirði (heil lína) og í Ísafjarðardjúpi (brotin lína). Mælingar úr stofnmælingu innfjarðarrækju að hausti.....	6

Inngangur

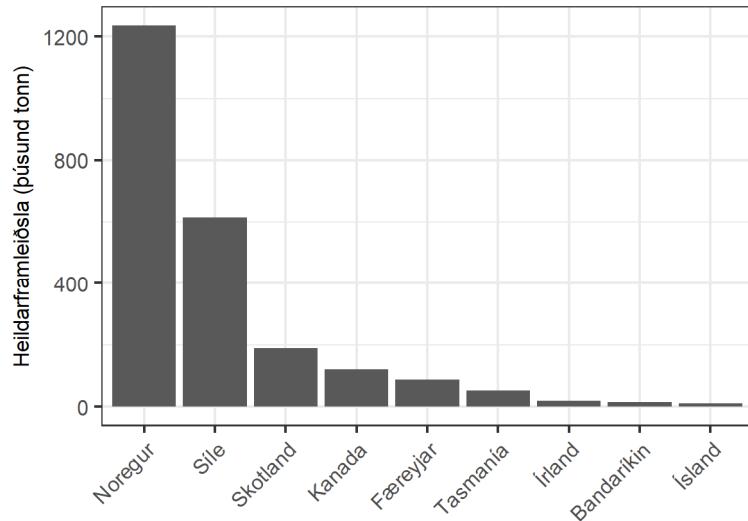
Laxalús (*Lepeophtheirus salmonis*) og fiskilús (grálús) (*Caligus elongatus*) eru náttúruleg snýkjudýr á laxfiskum í sjó. Laxalúsin finnst eingöngu á laxfiskum en fiskilúsin er ósérhæfð og hefur fundist á yfir 80 tegundum fiska (Boxshall, 1974). Laxalúsin er stærri en fiskilúsin og oftast dekkri að lit og hefur verið rannsökuð mun ítarlegar. Báðar tegundir sýkja hýsilinn á sama hátt og er lífsferill þeirra svipaður en lirfustigin eru þó aðeins frábrugðin (Karlsbakk o.fl., 1999). Aukið laxeldi á Íslandi hefur líklegast haft í för með sér aukið magn lúsa í náttúrulegu umhverfi og hafa báðar tegundirnar valdið tjóni í laxeldi í sjókvíum. Almennt eru lýsnar mikið skaðræði fyrir fiskeldisfyrirtæki sem eyða bæði tíma og fjármunum í að hefta magn þeirra en aukin tímgunargeta þeirra í og við eldiskvíar veldur einnig aukninni sýkingu og afföllum á villtum laxfiskum. Fjölgun laxalúsa í umhverfinu vegna fiskeldis er talin ein mesta ógn við villta stofna laxfiska í Noregi (Anon 2018). Fiski- og laxalús hafa nú þegar gert vel vart við sig í íslensku laxeldi og valdið tölverðu tjóni á Vestfjörðum.

Ein þeirra leiða sem notuð hefur verið til að sporna við lús eru lyf sem eiga að drepa lúsina. Þar sem sömu lyf og sömu aðferðir eru notaðar gegn laxa- og fiskilús verður hér eftir aðeins talað um laxalús. Spurningar hafa vaknað um hvaða áhrif lúsalýf hafa á nærumhverfi eldisins og þá sér í lagi þær dýrategundir sem lifa á svæðinu. Reynsla erlendis hefur sýnt að lyfin geta haft neikvæð áhrif á stofna hryggleysingja sem halda til á svæðum þar sem þau eru notuð. Lítið er til af upplýsingum um þetta málefni á íslensku enda stutt síðan lús fór að verða vandamál í fiskeldi hér á landi. Markmiðið með þessari skyrslu er að taka saman upplýsingar um vandamál sem lúsin veldur í laxeldi og hvaða aðferðir eru notaðar til aflúsunar. Aðaláherslan er lögð á lyfjanotkun, hvaða lyf eru notuð, hvernig þau eru notuð og hvaða áhrif þau geta haft á aðrar dýrategundir sem finnast í sjónum í námunda við eldisstað. Mikilvægt er að gera sér grein fyrir mögulegum áhrifum lyfjanotkunar áður en lyf eru notuð í tengslum við laxeldi í sjó við Ísland.

Þróun laxeldis

Saga eldis á Atlantshafslaxi (*Salmo salar*) í Norður-Atlantshafi hófst á 19. öld en fyrstu heimildir eru frá Bretlandi þegar seiðum var sleppt í ferskvatn til að auka stangveiði. Sjókvíaeldi á laxi í Noregi hófst upp úr 1960 og næstu áratugi varð mikil aukning á framleiðslunni. Norðmenn framleiða mest af laxi í heiminum, um það bil 80% af heildarframleiðslunni. Árið 2017 framleiddu þeir 1,2 milljónir tonna og var það óbreytt magn frá árinu áður (FAO, 2018). Velgengi laxeldis í Noregi varð til þess að önnur lönd hófu sambærilegt eldi á laxi. Þannig hófst laxeldi í Skotlandi upp úr 1970, á austurströnd Kanada, á Írlandi og í Færejum upp úr 1980, og upp úr 1990 í Síle en þar hefur framleiðslan aukist mikið síðustu 20 árin. Síle er nú næst stærsti framleiðandi á Atlantshafslaxi með um 600 tonn árið 2017 (1. mynd). Eldi á

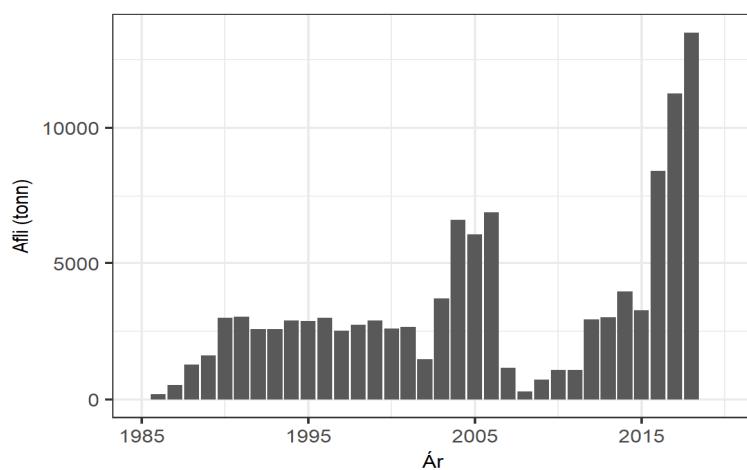
Atlantshafslaxi hefur einnig verið stundað í öðrum löndum, eins og Ástralíu og Bandaríkjunum (FAO, 2018).



1. mynd. Framleiðsla á Atlantshafslaxi (*Salmo salar*) í helstu framleiðslulöndum árið 2017 (FAO, 2018).

Figure 1. Production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the main production countries in 2017 (FAO, 2018).

Árið 1961 hófust fyrstu tilraunir með framleiðslu á seiðum Atlantshafslax á Íslandi en það var í Kollafirði og var þeim seiðum sleppt í sjó árið 1964. Á árunum 1970 – 1985 voru gerðar margar tilraunir til laxeldis með litlum árangri og var lítið sem ekkert framleitt til ársins 1985 en þá voru 40 litlar landstöðvar starfræktar. Fjöldi eldisstöðva jókst mikið á næstu árum og voru þær orðnar 102 árið 1986. Framleiðslan, sem var einkum lax og lítið af regnbogasilungi (*Onchorhyncus mykiss*), jókst jafnt og þétt til ársins 1990 er hún var orðin 3000 tonn. Á næsta áratug (1990 – 2001) var stöðnun í greininni og framleiðslan stöðug um 3000 – 4000 tonn og var mest ræktað af laxi en hlutur bleikju jókst (Árni Ísaksson og Sumarliði Óskarsson, 2002).



2. mynd. Framleiðsla á Atlantshafslaxi (*Salmo salar*) á Íslandi árin 1985 til 2018 (Matvælastofnun, 2019a).

Figure 2. Production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Iceland in 1985-2018 (Matvælastofnun, 2019a).

Í byrjun 21. aldar jókst áhugi á kvíaeldi í fjörðum á Vestur- og Austurlandi og voru framleidd 7000 tonn árið 2006. Næstu ár minnkaði framleiðslan og árið 2008 var hún í sögulegu lágmarki (300 tonn). Framleiðslan jókst hins vegar fljótlega aftur og var 8300 tonn árið 2016 og 13,500 tonn árið 2018 og var þá aðallega úr kvíaeldi (Matvælastofnun, 2019a) (2. mynd).

Af 51 eldisstöð sem voru starfandi á Íslandi árið 2018 voru fjórar með lax í sjókvíum, tvær með regnbogasilung í sjó og ein með bleikju í sjávarlóni. Öll önnur eldisfyrirtæki voru með starfsemi sína á landi. Uppbygging nýrra klak- og seiðaeldisstöðva er enn ákveðinn flöskuháls og miðað við stöðuna í dag er ekki við því að búast að ársframleiðsla í laxeldi fari mikið yfir 22,000 tonn á næstu árum (Matvælastofnun, 2019a).

Laxalús

Laxalús er lítil krappafló sem er útvortis snýkjudýr og lifir á laxfiskum af ættkvíslunum *Salmo*, *Salvelinus* og *Oncorhynchus* í söltu vatni (>25 promill) á norðurslóðum (Bricknell o.fl., 2006). Kjörhitastig hennar virðist vera um 6 -14°C og lífsskilyrðin versna eftir því sem hitastigið lækkar (Karlsbakk o.fl., 1999). Þar sem lúsin lifir ekki lengi í ferskvatni ná þeir fiskar er hún sækir á að hrísta lúsina af sér á nokkrum dögum eftir að þeir ganga í ferskvatn. Lús, t.d. á sjóbleikju, er að miklu leyti (40%) horfin innan viku eftir að fiskur gengur í ferskvatn og nánast alveg innan tveggja vikna. Lús á fiskum er þannig merki um að þessir fiskar séu nýlega gengnir úr sjó.

Laxalús er sérkynja og verða kvendýr að meðaltali 12 mm löng en geta náð 29 mm lengd með eggjastrengjunum. Karldýrin eru minni og verða aðeins 6 mm löng (Igboeli o.fl., 2014). Litur lúasarinnar er oftast brúnn en getur hún haft gul- eða grænleitan blæ (3. mynd).

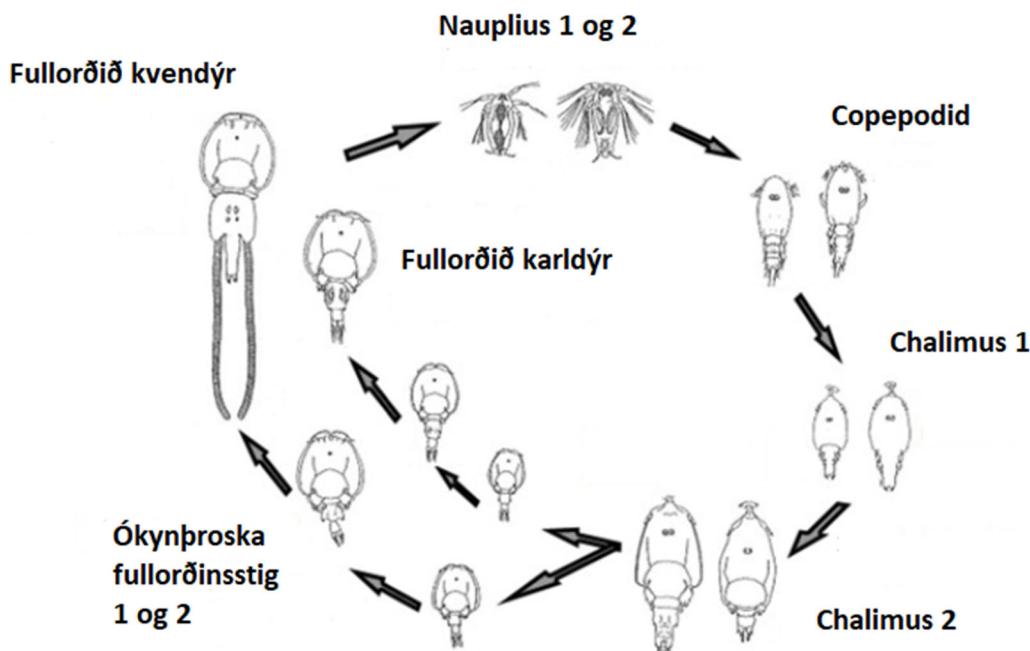


3. mynd. Laxalús (*Lepeophtheirus salmonis*), fullþroska kvendýr með eggjaleiðara, fullþroska karldýr og ófullþroska dýr. Mynd fengin af netinu: Wikipedia.

Figure 3. *Salmon louse* (*Lepeophtheirus salmonis*). Fully mature female with egg strains, male and unmatured individual.

Lífsferill laxalúsar er einfaldur og þarf hún aðeins fiskinn sem hýsil (4. mynd). Gróflega má skipta ferlinum niður í 2 stig, það er lirfustig sem er sviflægt og snýkjustig sem festir sig á fiskinn en þessum stigum er skipt upp í undirstig sem hvert afmarkast af hamskiptum. Lirfustigin eru 3, það er nauplii stig I og II og copecodid sem er sýkingarstigið. Snýkjulífið (chalimus stig I og II) hefst er dýrið festir sig á yfirborð fisksins með framlimunum sem hafa festikróka og er það þá algjörlega háð hýslinum sem það nærist á. Þroskunin heldur áfram og eru næstu 2 stig (ókynþroska fullorðinsstig I og II) hreyfanleg á fisknum en einnig getur lúsin synt um í sjónum (Hamre o.fl., 2013). Mesta sýkingarhætta fyrir fiskinn er á þessu stigi og áhrifin hvað mest þar sem lúsin hefur nú mikið yfirborð sem hún getur

valdið skaða á. Að loknum síðustu hamskiptum verða dýrin fullorðin, færast ekki úr stað og eru fær um að æxlast. Talið er að kvendýr valdi meiri skaða á fisknum en karldýr (Whelan, 2010). Fullþroska kvendýr ber eggan á tveimur eggjastrengjum sem eru yfirleitt 30 – 50 mm langir og með 150 – 300 eggjum en þau geta þó verið mun fleiri. Kvendýrið framleiðir 6 – 11 pör eggjastrengja á lífsferlinum (Hamre o.fl., 2013) sem er 190 – 210 dagar frá því að hún er fullvaxta (Heuch o.fl., 2000). Lífslíkur lirfa minnka með fjölda framleiddra eggjastrengja og aðeins 25% eggja úr síðustu strengjunum ná copepodid stiginu (Mustafa o.fl., 2000).



4. mynd. Lífsferill laxalúsa (*Lepeophtheirus salmonis*).

Figure 4. Life cycle of the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*).

Kvendýrið losar eggan beint út í sjóinn. Ýmsar getgátur eru um hvaða þættir hafa mest áhrif á frjósemi (fjöldi eggja) laxalúsar. Frjósemi, klak eggjanna og broskun lirfa er aðallega talið tengast hitastigi í sjó en kjörhitastigið er þó aðeins misjafnt eftir rannsóknum oft á bilinu 6°C til 14°C (Boxaspen, 2010). Að öllum líkindum þarf lúsin >4°C til að komast í gegnum allan lífsferilinn (Boxaspen og Næss, 2000) en sýnt hefur verið fram á að lirfan nær ekki að sýkja laxinn við 3°C (Samsing o.fl., 2016). Efri hitamörkin eru heldur ekki vel þekkt, en í laxeldi í Noregi var engin lús til staðar við 18°C sem var talið tengast of háu hitastigi (Boxaspen, 2006). Selta hefur einnig áhrif á laxalúsina. Lirfur forðast seltu undir 27 ppt og þegar seltan fer undir 29 ppt minnkar lifunin og lirfurnar eiga erfitt með að festa sig á hýsilinn (Bricknell o.fl., 2006). Rannsóknir hafa þó leitt í ljós að þolmörk lúsarinnar bæði gagnvart hita og seltu eru mjög misjöfn og tengast erfðafræði einstaklinganna (Ljungfeldt o.fl., 2017). Frjósemi er meiri hjá

stærri kvendýrum (Tully og Whelan, 1993), en stærri kvendýr hafa fundist við lægra hitastig (Nordhagen o.fl., 2000). Kvendýr á villtum laxastofnum hafa tilhneigingu til að vera stærri en á eldislaxi (Tully og Whelan, 1993).

Kynslóðalengd lúsarinnar fer eftir hitastigi og seltu. Við 10°C tekur það 40 daga fyrir karldýr og 52 daga fyrir kvendýr að þroskast frá eggí í fullorðið dýr (Karlsbakk o.fl., 1999). Líftími lúsarinnar fer eftir umhverfisaðstæðum en við 7,1°C getur hann verið allt að 191 dagur hjá kvendýri og getur það framleitt allt að 11 eggjastrengjum á lífsferlinum (Heuch o.fl., 2000).

Í sjókvíum er fjöldi laxfiska jafnan mjög hár og eykst tímgunargeta lúsarinnar með fjölda fiska sem hún hefur tækifæri til að sýkja.

Skaði af völdum laxalúsar

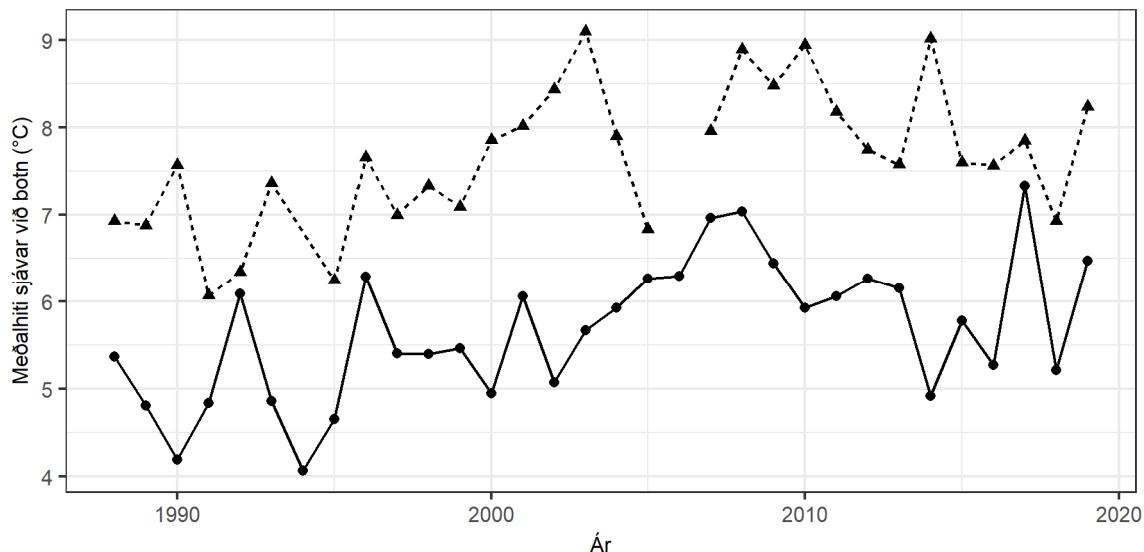
Laxalús er til staðar í náttúrulegu umhverfi laxfiska allt árið um kring en talið hefur verið í svo litlu mæli að hún valdi litlum sem engum afföllum þar sem örfáar lirfur finna hýsil og geta fjölgað sér. Heimildir eru þó til frá síðustu öld þar sem lax var svo sýktur af laxalús af náttúrunnar hendi, þ.e. án laxeldis í sjó, að dauði hlaust af (Torrisen o.fl., 2013). Í sjókvældi aftur á móti er fiskur allan ársins hring á sama svæði og þéttleikinn jafnan mikill. Við rétt hitastig geta myndast þar kjöraðstæður fyrir lúsina og getur fjöldinn magnast gífurlega. Villtur fiskur sem fer nærrí eldissvæði getur fengið á sig allt að hundraðfalt það magn lúsar sem ríkir við náttúrulegar aðstæður. Lúsin getur því valdið miklum afföllum á villtum fiski en einnig hamlað vexti hans og fæðunámi í sjó, breytt gönguhegðun og ruglað ýmis lífeðlisfræðileg kerfi fisksins (Whelan, 2010). Áhrifa lúsarinnar gætir mest innan 30 km frá kvíunum en með straumum getur hún borist allt að 100 km (Serra-Llinares o.fl., 2014).

Þegar fjöldi lúsa á laxfiski er mikill veldur hann skaða með því að nærast á slími, roði og blóði og sár myndast á fisknum. Afleiðingin fyrir fiskinn getur verið vaxtar tap vegna lystaleysis, sem ásamt stressi getur leitt til truflunar í saltjafnvægi (osmósstjórnun) (Nolan o.fl., 1999) og skertri öndunargetu sem getur leitt til dauða (Bowers o.fl., 2000; Mustafa o.fl., 2000). Í sárin geta komið bakteríur og sveppir sem auka enn á vandræðin (Whelan, 2010). Sé aftur á móti fjöldinn lítill eru lýsnar næstum skaðlausar en geta valdið óþægindum og kláða hjá fisknum. Mikilvægt er fyrir fiskeldisfyrirtækin að hefta laxalús í eldinu enda geta afföll verið mikil ef fjöldi lúsa er mikill. Laxalús kostar fiskeldisfyrirtæki töluverða fjármuni á hverju ári. Um er að ræða bæði beinan kostnað við að fylgjast með lús í eldinu og meðhöndlalaxalúsarinnar en einnig tap vegna minni vaxtar og hærri dánartíðni fisksins.

Áhrif laxalúsar á fisk í eldi er árstíðarbundið vandamál þar sem hitastig hefur mikil áhrif á lífslíkur og frjósemi lúsarinnar. Talið er að kjörhitastig laxalúsarinnar sé 6 – 14°C (Boxaspen, 2010) og getur verið mikill munur á fjölda lirfa eftir stað og árstíma. Talið hefur verið að lágt

hitastig sjávar við strendur Íslands geri það að verkum að hér verði líklega minna af lús en víðast annarsstaðar í laxeldi. Þar sem er mjög kalt yfir vetrarmánuðina er vöxtur og fjölgun lúscarinnar mjög lítil, en tekur fljótt við sér þegar sjávarhiti hækkar snemma sumars. Á hafsvæðum þar sem umhverfisaðstæður eru hagstæðar ($> 6^{\circ}\text{C}$) á veturna er mun meiri vöxtur og lúsinni fjölgar einnig mun hraðar á vorin og sumrin. Nýlegar norskar rannsóknir á hrygningu og þroskun laxalúsar við mismunandi hitastig sýndu að hjá lús sem hrygndi við lágt hitastig (3°C), var þroskunartími langur og klakhlutfall lágt. Við við 5°C var hlutfallið 50% eftir 22 daga en við 20°C varð klakhlutfallið nær 100% eftir 9 daga. Smitgeta lirfa var engin við 3°C , lítil við 5°C en 55% við 10°C (Ljungfeldt o.fl., 2017).

Í Skotlandi og Írlandi er meðalhiti yfir köldustu mánuðina $7 - 8^{\circ}\text{C}$ og á ársgrundvelli yfir 10°C (Harvest, 2014) og tekur það um 25 daga þar til lirfan er nægilega þroskuð til að setjast á hýsil. Fram til þessa hefur ekki verið talin mikil hætta á að laxalús yrði til stórra vandræða hér við land þar sem hitastig sjávar er heldur í kaldara lagi fyrir lúsinu. Á Vestfjörðum er ársmeðaltal sjávarhita um $5,6^{\circ}\text{C}$ en að jafnaði aðeins 2°C yfir köldustu mánuðina (Valdimar I. Gunnarsson o.fl., 2012), og þar tekur það því um 70 daga fyrir hrogn að þroskast og lirfu laxalúsar að ná þeim þroska að geta sest á hýsil. Mælingar á hitastigi sjávar umhverfis Ísland sýna að upp úr árinu 1996 fór hitastig sjávar að hækka og hefur það haldist tiltölulega hátt síðan (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2018). Hitastig sjávar við botn að hausti í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi hefur einnig almennt hækkað frá árinu 2000 (5. mynd).



5. mynd. Meðalhiti sjávar við botn að hausti í Arnarfirði (heil lína) og í Ísafjarðardjúpi (brotin lína). Mælingar úr stofnmælingu innfjarðarrækju að hausti.

Figure 5. Mean bottom temperature in autumn in Arnarfjörður (solid line) and Ísafjarðardjúp (broken line). Data obtained from the annual shrimp survey in autumn.

Aflúsun laxfiska

Til að tryggja heilbrigði og velferð laxfiska í eldi þarf að aflúsa laxinn þegar fjöldi lúsa fer yfir ákveðin mörk þar sem lúsin getur valdið skaða á laxinum. Fylgst er reglulega með fjölda lúsa og ef nauðsyn þykir er gripið til aflúsunar og er þá beitt ýmsum aðferðum. Um er að ræða lyfjafræðilegar (inntaka lúsalyfja með fóðri eða böðun með aflúsunarefnum), líffræðilegar (hreinsifiskar og ferskvatnsböð) eða vélrænar (hiti, burstar, háþrýstibvottur) aðferðir. Lúsalyf hafa verið notuð til að verjast laxalús í fiskeldi síðan snemma á níunda áratugnum og eru þau gefin annað hvort í fóðri eða með böðun. Lyfjameðferðum er yfirleitt beitt snemma í lífsferli laxins þar sem notkun seinna hefur meiri kostnað og erfiði í för með sér auk þess sem mikilvægt er að hefta fjölgun lúsa og draga úr áhrifum þeirra á fiska. Smáir fiskar þola einnig færri lys en stórir. Þessar lyfjameðferðir hafa reynst áhrifaríkar en misjafnt er eftir löndum hvaða aðferð og hvaða lyf eru aðallega notuð (Tafla 1). Rannsóknir á Írlandi og í Noregi hafa leitt í ljós að lífslíkur meðhöndlæðra laxaseiða eru 1,1 – 1,2 sinnum meiri en ómeðhöndlæðra (Barlaup, 2013; Jackson o.fl., 2013; Skilbrei, 2013; Torrisen o.fl., 2013). Áhrif lyfjanna á laxinn sjálfan geta þó einnig verið skaðleg sem og á umhverfið (Haya o.fl., 2005; Horsberg, 2012; Liu og Bjelland, 2014). Algengt er að laxalús verði ónæm fyrir lyfinu sem notað er (Aaen o.fl., 2015; Chávez-Mardones o.fl., 2017; Helgesen o.fl., 2017), því oftar sem lyfið er notað því hærra hlutfall hennar lifir af meðferðina og hefur því í auknum mæli verið gripið til annarra aðferða.

Tafla 1. Algeng lyf sem notuð hafa verið við aflúsun laxfiska.

Table 1. Common pesticide formulations used for anti-sea louse treatment.

Lyf	Virka efnið	Aðferð	Land
AlphaMax	Deltrametrin	Bað	Skotland, Síle, Noregur, Færeyskum, Kanada, Írland, Ísland ²⁰¹⁸
Excis	Cypermetrin	Bað	Skotland, Síle, Noregur, Færeyskum, Kanada
Salmosan	Azamethiphos	Bað	Skotland, Síle, Noregur, Kanada
Paramove 50	Vetnisperoxið	Bað	Skotland, Síle, Noregur, Færeyskum, Kanada
Releeze	Diflubenzuron	Fóður	Síle
Ectobann	Teflubenzuron	Fóður	Síle
Slice	Emamectin benzoate	Fóður	Skotland, Síle, Noregur, Færeyskum, Kanada, Írland, Ísland ^{2017, 2018}

Nánari upplýsingar um virkni þessara lyfja eru í Viðauka 1 og 2

Böðun

Aflúsun með böðun er flóknara ferli en lyfjagjöf. Hún er yfirleitt notuð í lok framleiðsluferils laxins og krefst meiri fjárfestingar. Við böðun eru notaðar 2 aðferðir. Önnur aðferðin er staðbundin þar sem dýpi (rúmmál) laxeldiskvíarinnar er minnkað með því að kvín er klædd að innan (utan) með vatnsheldum dúk og síðan er lyfinu dælt í kvína. Böðunartíminn er 30-60

mínútur og er sjórinn auðgaður af súrefni áður. Eftir meðhöndlun er lyfinu skolað út í umhverfið. Hin aðferðin gengur út á að laxinum er dælt úr kvínni yfir í brunnbát, meðhöndlaður þar og síðan dælt aftur til baka að lokinni böðun. Fyrir böðun er sjórinn auðgaður af súrefni. Meðhöndlunartíminn er 30 – 60 mínútur og krefst minna lyfjamagns en þegar meðhöndlað er staðbundið í afskermuðum kvíum (Burridge og Van Geest, 2014). Þetta ferli getur stressað fiskinn og valdið skaða og hreisturlosi.

Lyfjagjöf

Inntaka lyfja er töluvert einfaldari en böðunin og hefur verið stunduð lengst af í laxeldi (Liu og Bjelland, 2014). Lyfin eru þá blönduð í fóður fisksins en algengt er að fóðurpillurnar séu húðaðar með viðeigandi lyfi. Kostnaður við aflúsun með inntöku lyfja er talinn vera minni en við böðun (Liu og Bjelland, 2014). Virkni lyfja í fóðri geta haft langvarandi fyrirbyggjandi áhrif sem nemur 4-6 vikum. Slíka fyrirbyggjandi lyfjfáðrun má nota fyrir útsetningu seiða í sjókvíar. Ef gefa á lyf í fóðri er mikilvægt að meðhöndlun fari fram áður en lúsin hefur hamlandi áhrif á fóðurtöku fiskanna. Hitastigið þarf einnig að vera nægilega hátt til að fóðurtaka sé nægjanleg til að lyfjaskammtar virki sem skyldi. Eftir því sem fiskar stækka þarf að auka þann lyfjaskammt sem til þarf.

Önnur úrræði

Mikil lyfjanotkun hefur valdið því að laxalúsin verður ónæm fyrir lyfjunum (Lees o.fl., 2008) og hefur það verið að gerast í Noregi, Kanada, Skotlandi, Síle og Írlandi (Aaen o.fl., 2015). Það þýðir að einungis er hægt að nota lyf í takmarkaðan tíma áður en ónæmi kemur fram sem leiðir til að finna þarf aðrar aðferðir. Vegna lyfjaónæmis og neikvæðra áhrifa lyfjanna á umhverfið er mikilvægt að nota önnur úrræði til að verjast laxalús ef hægt er. Einnig er hvati fyrir eldisfyrirtæki að nota ekki lyf þar sem notkun lyfja gegn laxalús stenst ekki vottun framleiðslunnar. Á allra síðustu árum hafa fiskeldisfyrirtæki í Noregi oftar beitt öðrum úrræðum en áður var gert (Overton o.fl., 2019) og á móti hefur lyfjagjöfin minnkað þrátt fyrir aukinn kostnað og meiri fyrirhöfn. Hér verður stuttlega greint frá nokkrum úrræðum sem hafa verið notuð og/eða eru í þróun:

- Nauðsynlegt er að hvíla öll eldissvæði reglulega en þá eru engir fiskar settir í kvíar á viðkomandi svæði sem er þá hvílt samfellt í einhverja mánuði í senn. Það slítur lífsferil lúsa og dregur úr fjölgun hennar.
- Hreinsifiskar (hrognkelsi og varafiskar) eru settir í kvíarnar en hlutverk þeirra er að hreinsa/éta lýsnar af laxinum (Deady o.fl., 1995). Ef hreinsifiskar eru í kvíunum er hægt að minnka/sleppa lyfjanotkun og fiskarnir valda líklega minna stressi hjá laxinum. Þessari aðferð fylgja þó vandamál þar sem lýs setjast á hreinsifiska sem þá sýkjast og geta drerist, og einnig eru hreinsifiskar eingöngu notaðir meðan þeir eru ungvíði og

þarf því stöðugt að endurnýja stofninn. Vandræði skapast einnig við hvað á að gera við hreinsifiska þegar þeir drepast eða þeim slátrað.

- Laxalúsin er í efstu lögum sjávar. Með því að þekja efri hluta kvíar með dúk (lúsapils) flæðir yfirborðssjór með lús fram hjá kvíunum og þær komast síður í snertingu við eldisfiskinn. Þetta getur þó haft í för með sér að súrefnismagn innan við dúkinn getur minnkað verulega (Stien o.fl., 2012). Hægt er að minnka fjölda laxalúsa á hverjum laxfiski með því að halda honum neðar í sjónum en laxalúsin heldur sig. Í þessum tilgangi hafa verið þróaðar sérstakar eldiskvíar ('svokölluð ,snorkel sea cages') sem hafa net efst til að halda fiskunum neðar í vatnssúlunni en á þeim eru einnig göng sem fiskarnir geta notað til að nálgast yfirborðið til að fylla sundmagann lofti (Stien o.fl., 2016).
- ,Stingray Marine Solutions' er nýlegt kerfi sem skynjar laxalús á fiski á sekúndubroti þegar fiskurinn syndir framhjá. Við það er skotið lasergeisla á laxalúsina og hún drepst strax eða fljótlega á eftir. Fiskurinn verður hins vegar ekki fyrir skaða. Ekki er hægt að kaupa þetta kerfi en hægt að leigja það hjá norska fyrirtækinu Stingray Marine sem hannar kerfið (Stensvold, 2018) en slík kerfi eru mjög dýr.
- Lokað kvíaeldi annað hvort í sjó eða á landi, þar sem hægt er að stjórna flæði sjávar inn í kvíarnar. Fiskarnir eru því í lúsafríu umhverfi. Mikill áhugi er á þessari aðferð og er þróun á lokuðum kerfum hröð í auggnablikinu. Helsti gallinn er sá að það þarf mikið land undir kvíar og gæti landrými því hugsanlega orðið takmarkandi þáttur. Einnig er þetta orkufrekt og stofnkostnaðurinn er meiri en þegar notaðar eru opnar sjókvíar (Bjørndal o.fl., 2018).
- Ferskvatnsböðun hefur verið notuð með ágætum árangri. Þá er volgt vatn eða fersk vatn notað til að skola lýsnar af fisknum. Þar sem lýsnar þola ekki ferskt vatn gerist þetta við náttúrulegar aðstæður fljótlega eftir að laxinn gengur upp í árnar. Við ferskvatnsböðun er fisknum dælt úr kvíunum yfir í brunnbát þar sem hann er í fersku vatni en síðan er honum dælt aftur í kvíarnar. Ókosturinn er að öll meðhöndlun á eldisfiski veldur stressi, fiskar afhreistrast, ónæmiskerfið virkar verr og laxinn getur þá drerist úr sjúkdómum (Kjørstad, 2018).
- Tilraunaverkefni eru í gangi sem miða að því að minnka magn laxalúsa með notkun hryggleysingja sem sía fæðu sína úr sjó. Lirfustig laxalúsa eru sviflæg og á þeim tíma kjörið fóður fyrir síara eins og skeljar sem sía dýrasvif og plöntusvif úr sjónum og eru til staðar á eldisstaðnum. Því má minnka magn lirfanna með því að koma síurum fyrir við eldissvæðin.

Áhrif lyfja á önnur krabbadýr

Markmið með lyfjagjöf er að drepa laxalús en lyfin eru gagnslaus ef lýsnar verða ónæmar fyrir þeim. Lyfin hafa neikvæð áhrif á laxalúsina svo lengi sem hún myndar ekki óþol en þau geta einnig haft neikvæð áhrif á aðrar lífverur sem eru á svæðum í nálægð við fiskeldið. Eftir lyfjagjöf fara lyfin út í umhverfið og hafa þau mælst bæði í vatnssúlunni og í botnsetinu í nærumhverfi kvíanna (Langford o.fl., 2014). Lyfjafóður endar að hluta til á botninum þar sem það safnast upp (Selvik o.fl., 2002). Rannsóknir hafa sýnt að 6 – 7% af fóðri fer til spillis í norsku fiskeldi (Torrissen o.fl., 2016) og jafnvel allt að 15% (Strain og Hargrave, 2005). Auk þess botnfellur úrgangur frá fiskum sem inniheldur restar af lyfjum. Lífverur sem lifa við eða á botni á svæðinu innibyrða efnin sem hafa fallið til. Fóðurleifar og úrgangur frá laxinum eru jafnframt étin í vatnssúlunni þegar þau falla til botns. Lyf sem notuð eru við böðun í sjókvíum fara einnig út í umhverfið að meðferð lokinni og hefur því meiri áhrif á lífverur sem eru í uppsjónum, líkt og plöntu- og dýrasvif, heldur en lyf sem gefin eru í fóðri.

Flest lyf sem framleidd eru gegn laxalús hafa áhrif á hamskipti hennar. Ólíkt mörgum öðrum sjávardýrum, eins og fiskum, þá vaxa krabbadýr ekki jafnt og þétt heldur í stökkum. Krabbadýr eru með harða ytri stoðgrind sem er að miklu leyti úr kítíni. Dýrin vaxa samfara hamskiptum en þá losa þau sig við gömlu skelina en undir henni hefur þá myndast ný skel (Hartnoll, 2001). Nýja skelin er mjúk og stærri en sú gamla en hún harðnar smám saman. Á meðan á þessu stendur eru dýrin viðkvæm. Krabbadýralirfur skipta oft um ham en þegar einstaklingarnir eldast líður lengri tími á milli hamskipta.

Margar rannsóknir hafa verið framkvæmdar á rannsóknastofu til að kanna áhrif lúsalyfja á ýmis krabbadýr, bæði lirfur og fullorðin dýr. Flestar rannsóknanna hafa beinst að nytjastofnum eins og humri og rækju þar sem miklir hagsmunir eru í húfi. Oft er fiskeldi staðsett á svæðum þar sem verið að nýta humar- og/eða rækjustofna. Mikilvæg forsenda er að fiskeldi hafi ekki neikvæð áhrif á þá nytjastofna sem fyrir eru þannig að hægt sé að stunda báðar atvinnugreinarnar á svæðinu. Rannsóknir á áhrifum laxalúsalyfja á humar hafa einkum beinst að ameríkska humrinum (*Homarus americanus*) sem er algengur við strendur Kanada og þeim evrópska (*Homarus gammarus*) sem er algengur við strendur Noregs. Áhrifin á leturhumar (*Nephrops norvegicus*) sem er algengur við Ísland hafa aftur á móti ekki verið rannsökuð.

Niðurstöður rannsókna hafa leitt í ljós að við lágan styrk, 10 – 25% af ráðlöögðum skammti við aflúsun í eldi, af laxalúsalyfjunum Salmosan og Excis varð ameríski humarinn órólegur, árásargjarn og missti stjórn á klónum og drapst að lokum (Burridge o.fl., 2000). Einnig sýndu rannsóknir að ameríski humarinn gat ekki hrygnt eftir að hafa innbyrt Salmosan (Burridge o.fl., 2008) og hann tapaði eggjum eftir að hafa innbyrt laxalúsalyfið Slice (Waddy o.fl., 2002, 2007). Áhrifin geta þó verið mismunandi milli árstíða því sami styrkur af Salmosan og leiddi til dauða

hás hlutfalls kvendýra að sumri hafði engin áhrif að vetri til (Burridge o.fl., 2005). Hugsanlega var þetta vegna þess að hamskipti eru tíðari á sumrin en þar sem humar ber egg undir hala yfir veturinn skiptir hann ekki um ham á þeim tíma. Þegar áhrif lyfja með flubenzuron á evrópska humarinn voru skoðuð kom í ljós að 40% humarlirfa drápush eftir 7 daga. Afmyndanir sáust á þriðjungi þeirra sem eftir lifðu, meðal annars á þreifurum, skyldi og/eða sundfótum (Samuelson o.fl., 2014). Þreifarar eru notaðir til að skynja lykt og bragð og humrar nota þá við fæðuöflun en einnig til að kanna skjólsæla staði. Evrópskir humrar sem höfðu verið í snertingu við efnið teflubenzuron (Ectobann) voru lengur að finna sér skjólsæla staði og fóru hægar um (Cresci o.fl., 2018). Einnig hefur komið í ljós að lyfið Slice hefur áhrif á hamskiptin (Waddy o.fl., 2002). Afmyndanir humra hafa áhrif á hreyfigetu og fæðuöflun og líklegt að þeir einstaklingar verði afræningjum að bráð eða dreppist úr fæðuskorti.

Árin 2009 og 2010 varð vart við nokkuð hundruð dauðra humra í gildrum í Bay of Fundy í Kanada. Niðurstöður rannsókna bentu til þess að humarinn hefði verið í snertingu við efnið cypermethrin sem er í lúsalyfinu Excis en það fannst einnig í umhverfinu. Við nánari skoðun kom í ljós að eldisfyrirtæki á svæðinu höfðu notað lyfið Slice en laxalýsnar orðið ónæmar fyrir því og því gripið til cypermethrin sem ólöglegt er að nota í eldi við Kanada. Eldisfyrirtækin voru sektuð fyrir athæfið og var það í fyrsta skipti sem sekt var beytt fyrir að valda dauða hryggleysingja af völdum notkunar lúsalyfja á hafsvæðinu við Kanada (CBC-News, 2013). Fleiri fyrirtæki hafa verið sektuð fyrir ólöglega notkun lúsalyfja í Kanada, jafnvel þó ekki hafi orðið vart við dauða annarra hryggleysingja en laxalúsarinnar (Trotter, 2018).

Nýlegar rannsóknir hafa sýnt að efnið diflubenzuron (Releeze) hefur áhrif á hamskipti rækju (*Pandalus borealis*) þar sem stór hluti tilraunadýra drapst eftir að hafa komist í snertingu við lyfið (Bechmann et al., 2017). Áhrif lyfisins voru þau sömu á fullorðin dýr og lirfur (Bechmann o.fl., 2018). Jafnframt sýndu rannsóknir að fjórðungur af litla kampalampa (*Pandalus montagui*), sem hafði komist í snertingu við mjög lágan styrk (1% af ráðlöögðum styrk til aflúsunar) af efnið teflubenzuron (Ectobann) drapst, en hluti þeirra sem eftir lifðu voru með vanskapaða fætur og skýjuð augu (Olsvik o.fl., 2019).

Ýmsar vísbendingar hafa komið fram á villtum rækjustofnum um alvarlegar afleiðingar þess að nota lyf gegn laxalús í fiskeldi. Innfjarðarrækjustofnar í Noregi hafa minnkað verulega, sérstaklega í fjörðum þar sem fiskeldi er stundað. Engin bein tengsl hafa þó fundist á milli minnkunar rækjustofna og notkunar lúsalyfja en fitusýrugreiningar í rækju sýndu fram á að rækja innan við 800 m frá kvíum nærist að einhverju leytti á fóðurleyfum frá kvíum (Olsen o.fl., 2012). Mikið fannst af dauðri rækju í þeim fjörðum þar sem flubenzuron hafði verið notað á svipuðum tíma (Eraker, 2016a) og rækjan þar bar minna af hrognum en eðlilegt gat talist miðað við árstíma (Eraker, 2016b). Þó engin bein tengsl hafi fundist á milli minnkunar rækjustofna í Noregi og lúsalyfja þá hafa þau án efa neikvæð áhrif á rækju og árið 2016 komu

tilmæli frá Mattilsynet í Noregi um að ekki skuli nota lyf sem innihalda diflubenzuron (Releeze) eða teflubenzuron (Ectobann) nálægt rækjusvæðum (Mattilsynet, 2016).

Þó flestar rannsóknir hafi beinst að rækju og humri þá eru einnig ýmis önnur krabbadýr í vistkerfinu sem lyfin geta haft áhrif á þó að þau séu sjaldan nefnd í þessu samhengi. Má þar nefna krabbaflær og ljósá tur sem eru mikilvæg fæða fyrir margar tegundir sjávardýra. Lyfin Excis og Slice höfðu neikvæð áhrif á hamskipti og eggjaframleiðslu krabbaflóa (Willis og Ling, 2003). Þá hefur einnig verið sýnt fram á að lyfin AlphaMax, Excis og Ineterox Paramove höfðu neikvæð áhrif á hreyfigetu og fæðuöflun krabbaflóa (Van Geest o.fl., 2014) og að deflubenzuron (Releeze) og teflubenzuron (Ectobann) ollu því að krabbaflóalirfur gátu ekki skipt um ham og drápu stóru hluta (Macken o.fl., 2015).

Áhrif aflúsunarlyfja eru mest nálægt kvíunum þar sem styrkur þeirra er hæstur en lyfin þynnast út þegar fjær dregur. Líkön hafa sýnt að mestur styrkur fóðurleifa (sem innihalda lyf) er innan við 500 m frá kvíunum (Bannister o.fl., 2016). Rannsóknir hafa þó sýnt fram á að í eins kílómetra fjarlægð frá kvíunum geti styrkur lyfjanna enn verið í nægjanlegu magni til að valda lífverum skaða (Samuelson o.fl., 2013). Áhrif hinna mismunandi lyfja eru mismikil og viðmiðunarmörkin mishá. Endurtekin notkun lyfja veldur hærri og stöðugri styrk þeirra í umhverfinu. Endurteknar meðferðir ollu því að neikvæðra áhrifa fór að gæta hjá amerískum humrinum við lægri styrk lyfsins samanborið við ef aðeins einni eða stökum meðferðum er beitt (Burridge o.fl., 2000). AlphaMax er banvænt fyrir aðrar lífverur við mun minni styrk en er ráðlagður við meðferð gegn laxalús (Burridge o.fl., 2014) en lyfið er banvænt fyrir öll stig lúscarinnar. Miklu minni styrk þarf af AlphaMax en t.d. Salmosan til að banvænna áhrifa gæti hjá humri og rækju (Burridge o.fl., 2014).

Þó rannsóknir á rannsóknastofu sýni neikvæð áhrif laxalúsalyfja á aðrar lífverur er oft erfitt að mæla breytingar í vistkerfinu. Fyrir utan tímasetningu hafa ýmsir utanaðkomandi þættir eins og straumar, vindur og sjávarföll áhrif á verkun lyfjanna. Áhrif lyfjanna eru einnig mismikil eftir því á hvaða æviskeiði einstakar lífverur eru en lyfin geta safnast upp í dýrunum. Til að mynda innihélt vefur töskukrabba (*Cancer pagurus*) og leturhumars teflubenzuron átta mánuðum eftir að lyf gegn laxalús (Ectobann) var gefið í nálægu eldi (Samuelson o.fl., 2015).

Lyfjanotkun á Íslandi og möguleg áhrif

Lyf gegn laxalús hafa mjög sjaldan verið notuð á Íslandi. Fyrir árið 1991 var baðað með lyfjum gegn lús í Faxaflóa en umfangið er óvist þar sem skráningum var ábótavant (Matvælastofnun, 2017a). Til ársins 2017 var engin lyfjanotkun í gangi en þá fengu bæði Arnarlax og Arctic Fish leyfi til að meðhöndla laxalús í kvíum (Tafla 2). Í tilkynningu frá Matvælastofnun segir að vegna

mikilla hlýinda (sjávarhiti 2°C hærri en árið áður) hafi verið meira af laxalús en venjulega vorið 2017 og til að fyrirbyggja að magnið myndi aukast var gefin heimild til að nota lyfið AlphaMax í Arnarfirði (Matvælastofnun, 2017b). Arctic Fish notaði Slice í Dýrafirði sama ár. Árið 2018 fékk Arnarlax aftur leyfi til að nota AlphaMax og nú bæði í Arnarfirði og Tálknafirði (Matvælastofnun, 2018). Fisksjúkdómanefnd hafði þó fyrr um vorið hafnað beiðni Arnarlax þar sem nefndin taldi að ekki hefði verið sýnt fram á að aðrar leiðir, hvorki fyrirbyggjandi né til að draga úr sýkingu, hefðu verið fullreyndar (Fisksjúkdómanefnd, 2018). Haustið 2019 fékk Arnarlax svo leyfi til að nota AlphaMax og Slice í Arnarfirði vegna fjölda fiskilúsar en magn laxalúsar var hins vegar ekki eins mikil og talið að kerfisbundin notkun hrognkelsa hafi þar skilað góðum árangri (Matvælastofnun, 2019b). Einnig voru gefin leyfi til að nota Slice í Tálknafirði og Patreksfirði vegna mikils fjölda fiskilúsar (Fisksjúkdómanefnd, 2019).

Tafla 2. Veitt leyfi til að nota lúsalyf við Ísland frá árinu 2017.

Table 2. Permissions to use pesticides for salmon louce in Icelandic aquaculture since 2017.

Fyrirtæki	Ár	Svæði	Lyf	Lyf aðallega notað gegn
Arnarlax	2017	Arnarfjörður	AlphaMax	Laxalús
Arctic Fish	2017	Dýrafjörður	Slice	Laxalús
Arnarlax	2018	Arnarfjörður / Tálknafjörður	AlphaMax	Laxalús
Arnarlax	2019	Arnarfjörður	AlphaMax og Slice	Fiskilús
Arnarlax	2019	Tálknafjörður / Patreksfjörður	Slice	Fiskilús
Arctic Sea Farm	2019	Tálknafjörður / Patreksfjörður	Slice	Fiskilús

Líkt og annars staðar þá hefur notkun lúsalyfja hér við land vakið upp spurningar varðandi möguleg neikvæð áhrif á umhverfið og aðrar lífverur á þeim svæðum þar sem lyfin eru notuð. Eins og fram kom í kaflanum hér á undan geta lyfin haft neikvæð áhrif á önnur krabbadýr. Fyrsta tegundin sem kemur upp í hugann hérlendis er rækja enda hafa rækjuveiðar verið stundaðar á Vestfjörðum frá því á fjórða áratug síðustu aldar. Rækjustofninn í Arnarfirði er talinn vera sér stofn og árlega er veitt ráðgjöf um aflamark á svæðinu. Rækjuafli í Arnarfirði hefur farið mest í 850 tonn (Hafrannsóknastofnun, 2018) en undanfarin ár hefur stofninn átt undir högg að sækja vegna mikillar fiskgengdar. Af þeim sökum voru rækjuveiðar ekki heimilaðar fiskveiðiárið 2017/2018 og aðeins voru veidd 137 tonn fiskveiðiárið 2018/2019 (Hafrannsóknastofnun, 2018). Rannsóknir hafa bent til að fjölda árganga í rækjustofninum í Arnarfirði hafi fækkað (Ingibjörg G. Jónsdóttir og Unnur Skúladóttir, 2019) sem síðan hefur leitt til minnkandi eggjaframleiðslu og framleiðslugetu stofnsins (Ingibjörg G. Jónsdóttir og Anika K. Guðlaugsdóttir, 2017). Notkun lúsalyfja gæti haft enn frekari neikvæð áhrif á þennan

stofn sem gæti leitt til þess að stofnstærðin héldist undir viðmiðunarmörkum og að ekki væri hægt að stunda rækjuveiðar í firðinum. Í Ísafjarðardjúpi er fyrirhugað að stunda laxeldi á komandi árum og eiga einhver eldissvæðin að vera staðsett í nálægð við þekkt rækjusvæði. Hitastig sjávar er hærra í Ísafjarðardjúpi en í Arnarfirði (5. mynd) og því líklegt að laxalúsin muni eiga auðveldara uppdráttar þar miðað við í Arnarfirði.

Eins og fram er komið geta lúsalyf haft neikvæð áhrif á humarstofna. Hér við land er búsvæði leturhumars fyrir sunnan og suðvestan land en nær ekki að Vestfjörðum eða Austfjörðum. Eins og staðan er í dag þá er ekkert fiskeldi í sjó á svæðum þar sem leturhumarinn finnst og því ólíklegt að áhrifa gæti þar.

Lokaorð

Margar rannsóknir hafa verið gerðar á laxalús í öðrum löndum en hins vegar þá eru mjög fáar rannsóknir til frá Íslandi. Nauðsynlegt er að auka rannsóknir á laxalús hér við land, meðal annars tímgunarferli, dánartíðni og útbreiðslu. Einnig virðist fiskilúsin ætla að verða til vandræða hér við land en lítið hefur verið rætt um hana og hugsanleg vandamál af hennar völdum. Öll leyfin sem gefin voru út árið 2019 voru vegna mikils fjölda fiskilúsa á meðan magn laxalúsa var minna. Líkt og með laxalús, þá er lítið vitað um fiskilús við Ísland þar sem mjög fáar rannsóknir hafa verið gerðar.

Strandsvæði eru mikilvæg uppeldissvæði ýmissa tegunda, s.s. þorsks, ýsu og skarkola. Álag á grunnsævi fer vaxandi vegna ýmissa athafna mannsins, svo sem fiskeldis. Til að meta áhrif laxeldis á svæði umhverfis kvíar þarf upplýsingar um hvernig svæðið er áður en fiskeldið hefst. Í því skyni eru hafnar rannsóknir á fyrirhuguðum eldissvæðum í Ísafjarðardjúpi. Tegundasamsetning botndýra og fjöldi eru rannsokuð með myndböndum og botnsýnum. Samsvarandi rannsóknir eru einnig hafnar á umhverfinu í kringum eldissvæði í Arnarfirði en þar voru fyrstu sýnin tekin eftir að fiskeldið hófst.

Lyfjagjöf gegn laxalús í fiskeldi er sað þáttur sem valdið getur hvað mestum skaða á lífverum í nærumhverfinu. Eins og bent hefur verið á, þá hefur verið talið líklegt að það sé á mörkunum að lúsin geti þroskast eðlilega og fjölgað sér á Íslandi vegna lágs hitastigs sjávar en umhverfisskilyrðin þurfa ekki að breytast mikið til að þau verði lúsinni hagstæð (Ólafur S. Ástþórsson og Hafsteinn H. Guðfinnsson, 2019). Mikilvægt er að fara varlega í notkun lúsalyfja, ekki síst þar sem sjálfbærir nytjastofnar eru fyrir á svæðum þar sem fiskeldi er eða fyrirhugað að stunda það. Rækjustofnar við Ísland eiga undir högg að sækja vegna aukins magns þorskfiska. Rækjustofnar í Noregi eru á undanhaldi og talið að lyfjanotkun í baráttunni gegn laxalús hafi valdið hruni í þessum stofnum. Nú þegar eru komnar eldiskvíar í Arnarfirði og

áætlað að setja kvíar í nálægð við rækjusvæði í Ísafjarðardjúpi. Í ljósi rannsókna og reynslu annarra þjóða ásamt skorti á rannsóknum á Íslandi væri skynsamlegt að sporna gegn notkun lúsalyfja, a.m.k. inni á fjörðum nálægt rækjustofnum vegna mikillar áhættu um neikvæð áhrif á stofnana. Önnur úrræði ættu ávallt að vera fyrsti kostur.

Þakkarorð

Við þökkum Ólafi S. Ástþórssyni og Guðna Guðbergssyni fyrir yfirlestur á handriti og góðar ábendingar.

Heimildir

- Aaen, S. M., Helgesen, K. O., Jørgensen Bakke, M., Kaur, K., og Horsberg, T. E. (2015). Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends in Parasitology*, 31, 72–81.
- Anon. (2018). Status for norske laksebestander i 2018. Rapport fra Vitenskapli råd for lakseforvaltning nr. 11, 122 s.
- Árni Ísaksson og Sumarliði Óskarsson. (2002). Icelandic salmon ranching: problems and policy issues - A historical perspective. *ICES CM 2002/T:11*, 1–14.
- Bakke, M. J., Agusti, C., Bruusgaard, J. C., Sundaram, A. Y. M., og Horsberg, T. E. (2018). Deltamethrin resistance in the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer): Maternal inheritance and reduced apoptosis. *Scientific Reports*, 8, 1–14.
- Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., og Asplin, L. (2016). Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. *ICES Journal of Marine Science*, 73, 2408–2419.
- Barlaup, B. T. (2013). *Redningsaksjonen for Vossolaksen*. DN-utredning 1-2013.
- Bechmann, R. K., Lyng, E., Berry, M., Kringstad, A., og Westerlund, S. (2017). Exposing Northern shrimp (*Pandalus borealis*) to fish feed containing the antiparasitic drug diflubenzuron caused high mortality during molting. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 80, 941–953.
- Bechmann, R. K., Lyng, E., Westerlund, S., Bamber, S., Berry, M., Arnberg, M., Kringstad, A., o.fl. (2018). Early life stages of Northern shrimp (*Pandalus borealis*) are sensitive to fish feed containing the anti-parasitic drug diflubenzuron. *Aquatic Toxicology*, 198, 82–91.
- Bjørndal, T., Holte, E. A., Hilmarsen, Ø., og Tusvik, A. (2018). Analyse av lukka oppdrett av laks - landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko. *Sluttrapport FHF prosjekt 901442*.
- Bowers, J. M., Mustafa, A., Speare, D. J., Conboy, G. A., Brimacombe, M., Sims, D. E., og Burka, J. F. (2000). The physiological response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., to a single experimental challenge with sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*. *Journal of Fish Diseases*, 23, 165–172.
- Boxaspen, K. (2006). A review of the biology and genetics of sea lice. *ICES Journal of Marine Science*, 63, 1304–1316.
- Boxaspen, K. (2010). Lakselus - biologi og spredning. *Norsk fiskeoppdrett*, 34, 10–12.
- Boxaspen, K. K., og Næss, T. (2000). Development of eggs and the planktonic stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) at low temperatures. *Contributions to Zoology*, 69, 51–55.
- Boxshall, G. (1974). Infections with parasitic copepods in North Sea marine fishes. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 54, 355–372.
- Bricknell, I. R., Dalesman, S. J., O'Shea, B., Pert, C. C., og Luntz, A. J. M. (2006). Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. *Diseases of Aquatic Organisms*, 71, 201–212.
- Burridge, L. E., Haya, K., Waddy, S. L., og Wade, J. (2000). The lethality of anti-sea lice formulations Salmosan® (Azamethiphos) and Excis® (Cypermethrin) to stage IV and adult lobsters *Homarus americanus* during repeated short-term exposures. *Aquaculture*, 182, 27–35.
- Burridge, L. E., Haya, K., og Waddy, S. L. (2005). Seasonal lethality of the organophosphate pesticide, azamethiphos to female American lobster (*Homarus americanus*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 277–281.
- Burridge, L. E., Haya, K., og Waddy, S. L. (2008). The effect of repeated exposure to azamethiphos on survival and spawning in the American lobster (*Homarus americanus*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69, 411–415.
- Burridge, L. E., og Van Geest, J. L. (2014). A review of potential environmental risks associated with the use of pesticides to treat Atlantic salmon against infestations of sea lice in Canada. *DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2014/002*.
- Burridge, L. E., Lyons, M. C., Wong, D. K. H., MacKeigan, K., og VanGeest, J. L. (2014). The acute lethality of three anti-sea lice formulations: AlphaMax®, Salmosan®, and Interrox®Paramove™50 to lobster and shrimp. *Aquaculture*, 420–421, 180–186.
- CBC-News. (2013). Aquaculture company on the hook for \$500K for pesticide use. <https://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/aquaculture-company-on-the-hook-for-500k-for-pesticide-use-1.1610111>

use-1.1317105. (Skoðað 30.10.2019)

Chávez-Mardones, J., Asencio, G., Latuz, S., og Gallardo-Escárate, C. (2017). Hydrogen peroxide modulates antioxidant system transcription, evidencing sex-dependent responses in *Caligus rogercresseyi*. *Aquaculture Research*, 48, 969–978.

Cresci, A., Samuelsen, O. B., Durif, C. M. F., Bjelland, R. M., Skiftesvik, A. B., Browman, H. I., og Agnalt, A. L. (2018). Exposure to teflubenzuron negatively impacts exploratory behavior, learning and activity of juvenile European lobster (*Homarus gammarus*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 160, 216–221.

Deadly, S., Varian, S. J. A., og Fives, J. M. (1995). The use of cleaner-fish to control sea lice on two Irish salmon (*Salmo salar*) farms with particular reference to wrasse behaviour in salmon cages. *Aquaculture*, 131, 73–90.

Eraker, H. (2016a). Advart mot rekedöd siden 1998. NRK. <https://www.nrk.no/dokumentar/xl/advart-mot-rekedod-siden-1998-1.13223172>. (Skoðað 30.10.2019)

Eraker, H. (2016b). Henlagt fordi alle gjör det. NRK. <https://www.nrk.no/dokumentar/xl/henlagt-fordi-alle-gjor-det-1.13218862>. (Skoðað 30.10.2019)

FAO. (2018). Global aquaculture production.

Fish-Vet-Group. (2018). Salmosan Vet (R). <http://salmosan.net/>. (Skoðað 30.10.2019)

Fisksjúkdómanefnd. (2018). 1. fundur fisksjúkdómanefndar ársins 2018.

<http://www.mast.is/library/Fundargerðir/fundargerð-Fisksjukdomanefnd-180531.pdf>. (Skoðað 30.10.2019)

Fisksjúkdómanefnd. (2019). Fundur fisksjúkdómanefndar 9. október 2019.

http://www.mast.is/library/Fundargerðir/fundargerð_fisksjukdomanefnd_191009.pdf (Skoðað 19.11.2019)

Hafrannsóknastofnun. (2018). *Technical report on northern shrimp in Arnarfjörður*. Tækniþýrsla Hafrannsóknastofnunar.

Hamre, L. A., Eichner, C., Caipang, C. M. A., Dalvin, S. T., Bron, J. E., Nilsen, F., og Skern-Mauritzen, R. (2013). The salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) life cycle has only two chalimus stages. *Public Library of science ONE*, 8, e1253979450537.

Hartnoll, R. G. (2001). Growth in Crustacea - Twenty years on. *Hydrobiologia*, 449, 111–122.

Haya, K., Burridge, L. E., Davies, I. M., og Ervik, A. (2005). A review and assessment of environmental risk of chemicals used for the treatment of sea lice infestations of cultured salmon. *Environmental Chemistry*, 5, 305–340.

Helgesen, K. O., Bakke, M. J., Kaur, K., og Horsberg, T. E. (2017). Increased catalase activity - A possible resistance mechanism in hydrogen peroxide resistant salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*). *Aquaculture*, 468, 135–140.

Heuch, P. A., Nordhagen, J. R., og Schram, T. A. (2000). Egg production in the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)) in relation to origin and water temperature. *Aquaculture Research*, 31, 805–814.

Horsberg, T. E. (2012). Avermectin use in aquaculture. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13, 1095–1102.

Igboeli, O. O., Burka, J. F., og Fast, M. D. (2014). *Lepeophtheirus salmonis*: a persisting challenge for salmon aquaculture. *Animal Frontiers*, 4, 22–32.

Ingibjörg G. Jónsdóttir og Anika K. Guðlaugsdóttir. (2017). *Frjósemi rækju á grunnslóð*. *Fecundity of shrimp in inshore areas*. Haf- og vatnarannsóknir, HV2017-026: 1-12.

Ingibjörg G. Jónsdóttir og Unnur Skúladóttir. (2019). *Vöxtur rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi*. Haf- og vatnarannsóknir, HV2019-01, 1-14.

Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., og Nystøyl, R. (2015). Kostnadsdrive i lakseoppdrett. Trondheim.

Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., o.fl. (2013). Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases*, 36, 273–281.

Jones, P. G., Hammell, K. L., Gettinby, G., og Revie, C. W. (2013). Detection of emamectin benzoate tolerance emergence in different life stages of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 36, 209–220.

Karlsbakk, E., Nylund, A., og Nilsen, F. (1999). Kompendium i fiskesykdommer. Fiskeparasitter. Institutt for Fiskeri og Marine Biologi Universitetet i Bergen.

Kjørstad, E. (2018). Hvor sundt er opdrættet laks? <https://videnskab.dk/naturvidenskab/hvor-sundt-er->

opdraettet-laks. (Skoðað 30.10.2019)

Langford, K. H., Øxnevad, S., Schøyen, M., og Thomas, K. V. (2014). Do antiparasitic medicines used in aquaculture pose a risk to the Norwegian aquatic environment? *Environmental Science and Technology*, 48, 7774–7780.

Lees, F., Baillie, M., Gettinby, G., og Revie, C. W. (2008). The efficacy of emamectin benzoate against infestations of *Lepeophtheirus salmonis* on Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L) in Scotland, 2002–2006. *PLoS ONE*, 3, 1–11.

Liu, Y., og Bjelland, H. (2014). Estimating costs of sea lice control strategy in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 117, 469–477.

Ljungfeldt, L. E. R., Quintela, M., Besnier, F., Nilsen, F., og Glover, K. A. (2017). A pedigree-based experiment reveals variation in salinity and thermal tolerance in the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*. *Evolutionary Applications*, 10, 1007–1019.

Macken, A., Lillicrap, A., og Langford, K. (2015). Benzoylurea pesticides used as veterinary medicines in aquaculture: Risks and developmental effects on nontarget crustaceans. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34, 1533–1542.

Marine Harvest. (2014). Annual report 2014.

Mattilsynet. (2016). Veileder - forsvarlig forskriving og bruk av legemidler. Legemiddelbruk i oppdrettsnæringen. Version 2 September 2016.

https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veileder_veileder_til_fiskehelsepersonell_legemiddelforskrivning.33207/binary/Veileder_til_fiskehelsepersonell_legemiddelforskrivning. (Skoðað 30.10.2019)

Matvælastofnun. (2017a). Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2017. 1–45 pp.

Matvælastofnun. (2017b). Viðbrögð við laxalús. <http://www.mast.is/frettaflokkar/frett/2017/05/19/Vidbrogd-vid-laxalus/>. (Skoðað 30.10.2019)

Matvælastofnun. (2018). Heimild til að meðhöndla eldislax með lúsalyfinu Alpha Max vet í Tálknafirði og Arnarfirði. <http://www.mast.is/library/Fundargerðir/Fisksjukdomanefnd-medhondlun-lax-med-AlphaMax180622.pdf>. (Skoðað 30.10.2019)

Matvælastofnun. (2019a). Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2018. 1–47 pp.

Matvælastofnun. (2019b). Fundargerð 23. september 2019. Fisksjúkdómanefnd.

http://mast.is/library/Fundargerðir/fundarged_fisksjukdomanefnd_190923.pdf. (Skoðað 30.10.2019)

MSD Animal Health. (2012). SLICE® Usage Guidelines. https://www.msd-animal-health.no/binaries/Slice-SSP-Usage-Guidelines_tcm84-151877.pdf. (Skoðað 30.10.2019)

Mustafa, MacWilliams, C., Fernandez, N., Matchett, K., Conboy, G. A., og Burka, J. F. (2000). Effects of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837) infestation on macrophage functions in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish and Shellfish Immunology*, 10, 47–59.

Nolan, D. T., Reilly, P., og Wandelaar Bonga, S. E. (1999). Infection with low numbers of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* induces stress-related effects in postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56, 947–959.

Nordhagen, J. R., Heuch, P. A., og Schram, T. A. (2000). Size as indicator of origin of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Contributions to Zoology*, 69, 99–108.

Olsen, S. A., Ervik, A., og Grahl-Nielsen, O. (2012). Tracing fish farm waste in the northern shrimp *Pandalus borealis* (Krøyer, 1838) using lipid biomarkers. *Aquaculture Environmental Interactions*, 2, 133–144.

Olsvik, P. A., Aulin, M., Samuelsen, O. B., Hannisdal, R., Agnalt, A. L., og Lunestad, B. T. (2019). Whole-animal accumulation, oxidative stress, transcriptomic and metabolomic responses in the pink shrimp (*Pandalus montagui*) exposed to teflubenzuron. *Journal of Applied Toxicology*, 39, 485–497.

Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T., Gismervik, K., og Stien, L. H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*. 10.1111/raq.12299

Ólafur S. Ástþórsson, og Hafsteinn G. Guðfinnsson. (2019). *Laxalús, skaðvaldur í laxeldi*. *Ægir*, 112, 22–24.

Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Johnsen, I., Vågseth, T., og Dempster, T. (2016). Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73, 1–11.

- Samuelson, O., Tjensvoll, T., Hannisdal, R., Agnalt, A.-L., og Lunestad, B. T. (2013). Flubenzuroner i fiskioppdrett - miljöaspekter og restkonsentrasjoner i behandlet fisk. *Rapport nr 2 fra Havforskningen*.
- Samuelson, O. B., Lunestad, B. T., Farestveit, E., Grefsrud, E. S., Hannisdal, R., Holmelid, B., Tjensvoll, T., o.fl. (2014). Mortality and deformities in European lobster (*Homarus gammarus*) juveniles exposed to the anti-parasitic drug teflubenzuron. *Aquatic Toxicology*, 149, 8–15.
- Samuelson, O. B., Lunestad, B. T., Hannisdal, R., Bannister, R., Olsen, S., Tjensvoll, T., Farestveit, E., o.fl. (2015). Distribution and persistence of the anti sea-lice drug teflubenzuron in wild fauna and sediments around a salmon farm, following a standard treatment. *Science of the Total Environment*, 508, 115–121.
- Selvik, A., Hansen, P. K., Ervik, A., og Samuelson, O. B. (2002). The stability and persistence of diflubenzuron in marine sediments studies under laboratory conditions and the dispersion to the sediment under a fish farm following medication. *Science of the Total Environment*, 285, 237–245.
- SEPA. (2008). Guidance note on the licensins of discharges of AMX (deltamethrin) at marine cage fish farms. 1–7 pp.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M., og Asplin, L. (2014). Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian 'National Salmon Fjords'. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5, 1–16.
- Skilbrei, O. T. (2013). Impact of early salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation and differences in survival and marine growth of sea-ranchled Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts 1997-2009. *Journal of Fish Diseases*, 36, 249–260.
- Sólveig R. Ólafsdóttir, Héðinn Valdimarsson, Perez-Hernandez, M. D., Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, o.fl. (2018). Ástand sjávar 2016. Haf- og vatnarannsóknir, HV2018-29, 1-51.
- Stensvold, T. (2018). Laserkanoner skal tælle norske lakselus - og brænde dem.
<https://ing.dk/artikel/laserkanoner-skal-taelle-norske-lakselus-braende-dem-213179>. (Skoðað 30.10.2019)
- Stien, L. H., Nilsson, J., Hevrøy, E. M., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Lien, A. M., og Folkedal, O. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquaculture Engineering*, 51, 21–25.
- Stien, L. H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J. E., Wright, D. W., og Oppedal, F. (2016). 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, 458, 29–37.
- Strain, P. M., og Hargrave, B. T. (2005). *Salmon Aquaculture, nutrient fluxes and ecosystem processes in Southwestern New Brunswick*. Í *Environmental effects of marine finfish aquaculture. The handbook of environmental chemistry*, bls. 29–59. Ritstjóri: B. Hargrave. Springer Berlin Heidelberg, New York.
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E., o.fl. (2013). Salmon lice - impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 36, 171–194.
- Torrissen, O., Kupka Hansen, P., Aure, J., Husa, V., Andersen, S., Strohmeier, T., og Olsen, R. E. (2016). *Næringsutslipp fra havbruk - nasjonale og regionale perspektiv*. Rapport fra Havforskningen No. 21. Bergen, Norway.
- Treasurer, J. W., Wadsworth, S., og Grant, A. (2000). Resistance of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), to hydrogen peroxide on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture Research*, 31, 855–860.
- Trotter, B. (2018). Report: Canadian salmon firm admits using lobster-killing pesticide near Maine border. BDN Business. <https://bangordailynews.com/2018/05/17/business/report-canadian-salmon-firm-admits-using-lobster-killing-pesticide-near-maine-border/>. (Skoðað 30.10.2019)
- Tully, O., og Whelan, K. F. (1993). Production of nauplii of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) (Copepoda: Caligidae) from farmed and wild salmon and its relation to the infestation of wild trout (*Salmo trutta* L.) off the west coast of Ireland in 1991. *Fisheries Research*, 17, 187–200.
- Valdimar I. Gunnarsson, Björn Björnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jón Ö. Pálsson, Elís H. Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, o.fl. (2012). *Sjávarhiti á eldissvæðum borskeldisfyrtækja. Porskeldiskvótaverkefnið 2011*. Hafrannsóknir, 161, 19–63.
- Van Geest, J. L., Burridge, L. E., Fife, F. J., og Kidd, K. A. (2014). Feeding response in marine copepods as a measure of acute toxicity of four anti-sea lice pesticides. *Marine Environmental Research*, 101, 145–152.
- Waddy, S. L., Burridge, L. E., Hamilton, M. N., Mercer, S. M., Aiken, D. E., og Haya, K. (2002). Emamectin

- benzoate induces molting in American lobster, *Homarus americanus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1096–1099.
- Waddy, S. L., Mercer, S. M., Hamilton-Gibson, M. N., Aiken, D. E., og Burridge, L. E. (2007). Feeding response of American lobster, *Homarus americanus*, to SLICE-medicated salmon feed. *Aquaculture*, 269, 123–129.
- Whelan, K. F. (2010). A review of the impacts of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Kröyer, 1837) on wild salmonids. Atlantic Salmon Trust. 1–27 pp.
- Whyte, S. K., Westcott, J. D., Jimenez, D., Revie, C. W., og Hammell, K. L. (2014). Assessment of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) management in New Brunswick, Canada using deltamethrin (AlphaMax®) through clinical field treatment and laboratory bioassay responses. *Aquaculture*, 422–423, 54–62.
- Willis, K. J., og Ling, N. (2003). The toxicity of emamectin benzoate, an aquaculture pesticide, to planktonic marine copepods. *Aquaculture*, 221, 289–297.

Viðaukar

Viðauki 1. Upplýsingar um nokkur algeng lyf sem notuð eru til böðunar.

AlphaMax er framleitt í Noregi (Pharmaq) og hefur verið notað frá byrjun áttunda áratugarins í Noregi og Færeyjum og er notað víða um heim í dag (Whyte o.fl., 2014). Virka efnið í AlphaMax er deltamethrin. Meðhöndlægur skammtur er 0,2 ml AlphaMax pr. m³ (1000 l) sjó, eða 2 mikrogram deltametrin/l sjó. Meðhöndlunartími er 30-40 mínútur (SEPA, 2008). Lyfið virkar á öll stig lúsarinnar eftir að hún hefur sest á laxinn en virknin er mismikil eftir kyni og þroskastigi lúsanna (Whyte o.fl., 2014). Nauðsynlegt getur verið að endurtaka meðferðina vegna nýrrar ásetu lúsa. Vegna umhverfisáhrifa skal endurtekningin gerð með minnsta mögulega styrk og að minnsta kosti með 5-6 vikna millibili (SEPA, 2008). Rannsóknir hafa sýnt að virknin fer meðal annars eftir hitastigi og er best við meira en 6°C. Dauð lús getur fundist á fisknum nokkra daga eftir meðhöndlun og fer sá tími eftir hitastigi. Nýlegar rannsóknir hafa leitt í ljós að laxalús hefur byggt upp ónæmi gegn lyfinu vegna ofnotkunar þess (Bakke o.fl., 2018).

Virka efnið í **Excis** er cypermetrin. Ráðlagður skammtur er 0,5 ml Excis pr. m³ (1000 l) sjó, eða 5 µg cyprimetrin/l sjó. Meðhöndlunartími er 1 klukkustund. AlphaMax og Excis hafa svipaða virkni þar sem þau innhalda bæði pyrethroids en það er taugaeitum sem er torleysanlegt í vatni. Virkni efnisins felst í sífelli ensímvirknar á taugamótum sem valda því að taugaboð eru send í sífelli sem leiðir að lokum til dauða lúsarinnar.

Salmosan er framleitt í Noregi og Bretlandi og hefur verið notað í 18 ár (Fish-Vet-Group, 2018). Virka efnið í Salmosan er azamethiphos sem hindrar ensímvirknar á taugamótum sem leiðir til þess að taugaboð eru send í sífelli og leiðir að lokum til dauða lúsarinnar. Ráðlagður styrkur Salmosan er 100-150 µg L⁻¹ og er meðferðin 30-60 mínútur. Hitastig sjávar hefur áhrif á lengd meðferðarinnar og er hún lengri við lægra hitastig. Lyfið hefur eingöngu áhrif á fullvaxta laxalús en hefur engin áhrif á lirfustigið. Ungviði sem er á fisknum við meðferð mun því lifa af en 10-20 dögum seinna, þegar laxalúsin er orðin fullorðin, þarf aðra meðferð til að losna við hana. Einnig þarf að nota lyfið reglulega þegar smit eru tíð. Regluleg notkun lyfsins veldur því að lúsin myndar ónæmi gegn því og því er mælt með að nota það til skiptis við önnur lyf (Fish-Vet-Group, 2018). Azamethiphos er vatnsleysanlegt og því líklegt að það haldist í sjónum en felli ekki til botns eftir að meðferð lýkur. Salmosan hefur verið notað í Bretlandi, Færeyjum, Noregi, Kanada og Síle. Notkun þess var hætt í Kanada árið 2002 þar sem virkni þess var orðin mjög takmörkuð (Burridge og Van Geest, 2014).

Vegna aukins ónæmis laxalúsar fyrir böðunarlyfjum, hefur notkun **vetnisperoxíðs** (H_2O_2) aukist á síðastliðnum árum (Liu og Bjelland, 2014) og er orðin ein algengasta meðferðin í Noregi. Auk Noregs er mest notað af vetnisperoxíði til böðunar í Síle, Færejum og Skotlandi (Aaen o.fl., 2015). Vetrnisperoxíð veldur lömun lúscarinnar, líklega vegna loftbólumyndunnar í blóðvessa og innýflum, með þeim afleiðingum að hún losnar af fisknum og flýtur upp á yfirborðið. Lúsin drepast hins vegar ekki við þessa meðferð og getur farið að hreyfa sig aftur eftir 30 – 60 mínútur. Lýsnar gætu því fest sig aftur á laxinn en það gerist sjaldan þar sem þær virðast annað hvort fliða í burtu frá eldissvæðinu og/eða eru étnar. Vetrnisperoxíð hefur ekki áhrif á ungviði lúsa né umhverfið þar sem það leysist hratt upp í vatni og safnast ekki upp. Ónæmi fyrir því er einnig að finna hjá laxalús (Helgesen o.fl., 2017) og hefur virknin minnkað á svæðum þar sem meðferðinni hefur verið beitt í einhver ár (Treasurer o.fl., 2000). Ekki er hægt að auka styrk þess því við það hækkar dánarhlutfall fisksins í eldinu. Kostnaðurinn við að nota vetrnisperoxíð er mun meiri miðað við efni eins og Salmosan og AlphaMax (Iversen o.fl., 2015).

Viðauki 2. Upplýsingar um nokkur algeng lyf sem notuð eru til inntöku.

Lyfin **Releeze** sem inniheldur virka efnið diflubenzuron og **Ectobann** sem inniheldur teflubenzuron hafa áhrif á laxalús þar sem þau koma í veg fyrir kítinframleiðslu og þar með hamskiptin en hafa engin áhrif á fullorðna lús. Ekki er mælt með notkun þessara lyfja ef hitastig sjávar fer undir 9°C. Ráðlagður skammtur fyrir bæði lyfin er svipaður, Ectobann 6 mg en 10 mg fyrir hvert kíló af fiski af Reeleze. Lyfjagjöfin er mislöng og eru þau gefin í 14 daga í röð fyrir það fyrrnefnda en 7 daga fyrir það síðara.

Slice kom fyrst til sögunnar árið 2000 og var þróað í baráttunni við laxalús í fiskeldi með það í huga að það myndi virka á öll stig lúscarinnar en efnin sem voru til virkuðu aðeins á fullorðna einstaklinga (MSD Animal Health, 2012). Virka efnið er emamectine benzoate og er lyfið gefið í fóðri. Ráðlagður skammtur er 50 g fyrir hvert kíló af fiski og er það gefið 7 daga í röð. Lyfið berst út í vefi, roð og slím laxfiska og lúsin innbyrðir efnið þegar hún nærast á fisknum. Lyfið hefur áhrif á taugaboð lúscarinnar með þeim afleiðingum að hún hættir að éta, lamast og drepst stuttu seinna (MSD Animal Health, 2012). Kostir Slice eru að það hefur áhrif á öll stig laxalúscarinnar og virkni þess er allt að 2 mánuðir. Á þeim tíma fær fiskurinn ekki á sig nýjar lýs og getur jafnað sig af sýkingu/sárum. Slice hefur verið notað reglulega frá því að það kom á markaðinn. Virkni lyfsins á laxalús hefur minnkað í Skotlandi, Noregi og Kanada (MSD Animal Health, 2012) þó lúsin sé ekki enn orðin ónæm fyrir lyfinu (Jones o.fl., 2013). Vegna minni virkni er farið að nota Slice með öðrum lyfjum til að ná árangri í baráttunni við lúsinu.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókna- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

