



BS ritgerð
í hagfræði

Efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis

Hvaða tækifæri felast í laxeldi í sjó og hver eru möguleg áhrif þess á hagkerfið?

Mikael Rafn Línberg Steingrímsson

Leiðbeinandi: Ragnar Árnason

Hagfræðideild

Júní 2020



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis

Hvaða tækifæri felast í laxeldi í sjó og hver eru möguleg áhrif þess á hagkerfið?

Mikael Rafn Línberg Steingrímsson

Lokaverkefni til BS-gráðu í hagfræði

Leiðbeinandi: Ragnar Árnason

Hagfræðideild

Félagsvísindasvið Háskóla Íslands

Júní 2020

Efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis.

Ritgerð þessi er 12 eininga lokaverkefni til BS prófs við Hagfræðideild,
Félagsvísindasvið Háskóla Íslands.

© 2020 Mikael Rafn Línberg Steingrímsson

Ritgerðina má ekki afrita nema með leyfi höfundar.

Mosfellsbær, 2020.

Formáli

Ritgerð þessi er 12 ECTS eininga lokaverkefni til BS gráðu í hagfræði við Hagfræðideild Háskóla Íslands. Hugmyndin að ritgerðinni varð til í námskeiðinu Rekstur í sjávarútvegi sem Ásta Dís Óladóttir hefur umsjón með. Þar var fjallað um eldi og áhrif þess á íslenskt og alþjóðlegt samfélag og vakti það áhuga minn. Einn kennara í því námskeiði, Ragnar Árnason, prófessor emeritus, ýtti enn frekar undir þennan áhuga og samþykkti að verða leiðbeinandi þessarar ritgerðar. Ragnari þakka ég sérstaklega góða leiðsögn og afar gagnlegar ábendingar við skrifin. Þá vil ég þakka afa mínum, Óla H. Þórðarsyni fyrir að yfirfara málfar í ritgerðinni, en öllum misbrestum ber ég ábyrgð á.

Ábyrgðarmaður verkefnisins var Birgir Þór Runólfsson.

Útdráttur

Fiskeldi er sú grein matvælaframleiðslu sem hefur vaxið mest á síðastliðnum þrem áratugum. Laxeldi er í fararbroddi nútíma fiskeldis í heiminum hvað varðar stjórnun eldisferla og eldistækni. Laxeldi er tiltölulega ung atvinnugrein en einkennist af örum vexti. Einungis fimm lönd standa undir stórum hluta framleiðslu eldislax á heimsvísu í dag og fer nær allt laxeldi í þessum löndum fram í sjókvíum. Aðstæður til sjókvíaeldis hér á landi virðast vera góðar en Ísland hefur lengi verið eftirbátur nágrannalanda sinna í laxeldismálum. Vöxtur laxeldis á Íslandi hefur á síðastliðnum árum verið þó nokkuð myndarlegur og miðað við áform laxeldisfyrirtækja hér á landi gæti Ísland komist á lista yfir fimm stærstu laxeldislönd í heiminum.

Meginmarkmið þessarar ritgerðar er að meta efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis hér á landi í formi þess virðisauka sem aukin framleiðsla myndar. Einnig verður fjallað um ytri áhrif vegna framleiðsluaukningarinnar, bæði jákvæð og neikvæð.

Helstu niðurstöður benda til þess að efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis, það er virðisaukinn sem aukin framleiðsla myndar, getur verið umtalsverður. Matið byggir meðal annars á forsendum frá nágrannalöndum Íslands sem lengra eru komin í laxeldi og miðað er við margföldunarstuðla úr íslenskum og kanadískum sjávarútvegi. Ef miðað er við þær forsendur og meðal heimsmarkaðsverð á laxi árið 2019 er virðisauki sem myndast við hvert aukið framleitt tonn eldislax 656.000 krónur. Framleiðsluaukning um 500.000 tonn af eldislaxi gæti þannig komið laxeldi langleiðina í átt að því að mynda svipaðan heildarvirðisauka og hefðbundinn sjávarútvegur gerir í dag.

Efnisyfirlit

Formáli.....	4
Útdráttur	5
Efnisyfirlit.....	6
Myndaskrá	8
Töfluskrá.....	8
1 Inngangur	10
2 Laxeldi í sjó - bakgrunnur	12
3 Laxeldi í öðrum löndum.....	15
3.1 Noregur.....	15
3.2 Færeyjar	17
3.3 Skotland	18
3.4 Kanada	19
3.5 Síle.....	20
4 Laxeldi á Íslandi	22
5 Eldisferill lax	27
6 Markaður fyrir lax.....	29
7 Tækifæri í sjókvíaeldi á Íslandi.....	31
7.1 Nýting takmarkaðra auðlinda.....	31
7.2 Takmarkandi þættir	32
7.3 Framtíðarframleiðsla.....	34
7.4 Efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis	37
8 Ytri áhrif.....	42
8.1 Neikvæð ytri áhrif sjókvíaeldis	42
8.2 Jákvæð ytri áhrif sjókvíaeldis	45

9 Umræða	48
Heimildaskrá.....	50

Myndaskrá

Mynd 1: Framleiðsla á Atlantshafslaxi eftir löndum 2000 - 2017 í tonnum (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020).	15
Mynd 2: Framleiðsla á eldisfiski eftir tegundum 2008 - 2019 (tonn af óslægðum fiski) (Gísli Jónsson, 2020).	24
Mynd 3: Verðþróun fyrir kíló af laxi í evrum samkvæmt Fish Pool vísitölunni, vika 1 2017 - vika 13 2020 (Fish Pool, 2020a).	30
Mynd 4: Svæði þar sem eldi laxfiska í sjókvíum er óheimilt (Landbúnaðarráðuneytið, 2004).	33
Mynd 5: Myndræn lausn á hagkvæmasta laxeldismagni.	44
Mynd 6: Þróun íbúafjölda á Vestfjörðum og Austfjörðum 1998 – 2019.	45

Töfluskrá

Tafla 1: Heildarframleiðsla á laxi eftir eldisaðferð 2017 - 2019 (tonn af óslægðum laxi) (Gísli Jónsson, 2020).	24
Tafla 2: Heildarframleiðsla á eldisfiski eftir landshlutum 2017- 2019 (tonn af óslægðum fiski) (Gísli Jónsson, 2020).	25
Tafla 3: Starfsmenn í fiskeldi á hver 10.000 framleidd tonn eftir löndum árið 2017 (Hagstofa Færeyja, 2020; Fiskeridirektorated, 2020; Marine Scotland Science, 2019; Fisheries and Oceans Canada, 2020).	26
Tafla 4: Leyfilegur lífmassi í sjókvíum um land allt samkvæmt áhættumati og burðarþolsmati.	35
Tafla 5: Leyfilegt eldismagn samkvæmt gildum rekstrarleyfum og rekstrarleyfum í umsókn.....	36
Tafla 6: Sviðsmyndir sem taka mið af framleiðsluaukningu (tölur eru í milljónum króna).	40
Tafla 7: Næmnitafla fyrir heildarvirðisauka sem tekur mið af 20% hærra og lægra heimsmarkaðsverði á kíló af laxi (tölur eru í milljónum króna).	41

Tafla 8: Dæmi um möguga fjölgun íbúa við 100.000 tonna framleiðsluaukningu

eldislax.47

1 Inngangur

Fólksfjöldi í heiminum eykst stöðugt, og þar með eykst eftirspurn eftir prótíni. Hafið þekur um 70% af yfirborði jarðar en þrátt fyrir það standa sjávarafurðir aðeins undir um 2% neyslu hitaeininga og um 15% neyslu dýrapróteíns að meðaltali (European Commission, 2017). Veiddur fiskafli á heimsvísu hefur staðið í stað, en á sama tíma hefur fiskeldi aukist mikið og er fiskeldi sú grein matvælaframleiðslu sem hefur vaxið mest á síðastliðnum þrem áratugum. Árið 2013 tók fiskeldi fram úr fiskveiðum í framleiðslu á fiski til beinnar neyslu og er því spáð að á komandi árum muni fiskeldi standa undir meira heildarmagni sjávarafurða en hefðbundnar fiskveiðar (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019). Laxeldi er í fararbroddi nútíma fiskeldis í heiminum hvað varðar stjórnun eldisferla og eldistækni (Asche, Cojocar, & Roth, 2018). Laxeldi einkennist af örum vexti, framleitt magn árið 2018 var rúmlega tífalt það sem það var árið 1990. Einungis fimm lönd standa undir 98% framleiðslu alls eldislax á heimsvísu í dag og nær allt laxeldi í þessum löndum fer fram í sjókvíum (Asche, Sørvig, Sandvold, Zhang, & Roll, 2013).

Aðstæður til sjókvíaeldis hér á landi virðast vera góðar en Ísland hefur lengi verið eftirbátur nágrannalanda sinna í laxeldismálum. Ársframleiðsla í fiskeldi á Íslandi fór fyrst yfir 10.000 tonn árið 2016 og hefur vöxtur fiskeldis á síðastliðnum árum verið umtalsverður. Til marks um það má nefna að framleiðsla á eldislaxi jókst úr 13.448 tonnum í 26.957 tonn milli árána 2018 og 2019 (Gísli Jónsson, 2020). Framleiðsla virðist vera að taka við sér og miðað við áform laxeldisfyrirtækja hér á landi gæti Ísland komist á lista yfir fimm stærstu laxeldislönd í heiminum.

Efnahagsleg áhrif sjókvíaeldis hér á landi hafa ekki verið rannsökuð fyrir landið allt, en greiningar á einstaka byggðalögum liggja fyrir. Meginmarkmið þessarar ritgerðar er að meta efnahagsleg áhrif sjókvíaeldis í formi þess virðisauka sem augin framleiðsla myndar. Einnig verður fjallað um ytri áhrif vegna framleiðsluaukningarinnar, bæði jákvæð og neikvæð.

Í ritgerðinni er farið yfir stöðu og þróun fiskeldis í heiminum, fjallað um eðli sjókvíaeldis og farið yfir núverandi stöðu fiskeldismála í þeim löndum sem stunda hvað mest eldi á laxi í heiminum. Því næst verður farið yfir þróun og núverandi stöðu Íslands í

fiskeldismálum þar sem helstu einkenni sjókvíældis hér á landi eru skoðuð. Þá er fjallað um þá þætti sem hamla mögulega framleiðsluaukningu og hvað þær hömlur leyfa mikið eldismagn. Leitast er við að rannsaka hve mikinn virðisauka framleiðsluaukning í laxeldi gæti myndað. Í kjölfar þess eru ytri áhrif aukningar á framleiðslu skoðuð, hver jákvæðu og neikvæðu ytri áhrifin gætu verið og möguleg áhrif þeirra á hagkerfið. Að lokum er umfjöllun um helstu niðurstöður ritgerðarinnar og bent á mögulegar framtíðarrannsóknir er tengjast viðfangsefninu.

2 Laxeldi í sjó - bakgrunnur

Talið er að fiskeldi hafi hafist í Kína allt að 2000 árum fyrir Krist (Nash, 2011). Vitnað er í fiskeldi í tjörnum í Biblíunni, og einnig má sjá fiskeldi á málverkum frá Egyptalandi hinu forna. Hugmyndir um fiskeldi bárust frá Egyptalandi til Rómaveldis þar sem Rómverjar þróuðu hugmyndir Egypta og stunduðu útgáfu af eldi við strendur. Þessa eldisaðferð er enn þann dag í dag hægt að finna á Ítalíu og nýtur aðferðin mikilla vinsælda á ákveðnum svæðum þar í landi. Fyrstu útgáfur sjóeldis hófust að öllum líkindum í kringum árið 1400 í Indónesíu þar sem ungum mjólkurfiskum var komið fyrir í tjörnum við strandir (Shepherd & Bromage, 1992). Fyrstu hugmyndir um að stunda eldi á Atlantshafslaxi eiga rætur sínar að rekja til ársins 1870 í Skotlandi, en sjókvíaeldi sem atvinnugrein eins og við þekkjum það í dag var þróað í Noregi á 7. áratugi 20. aldar. Skotar voru svo fljótir að setja upp sjókvíaeldi að norskri fyrirmynd þar sem ræktaður var regnbogasilungur og síðar lax (Beveridge, 2004).

Í Skotlandi var laxaseiðum komið fyrir í ferskvatni um miðja 19. öld, og seiði alin þar til sleppinga í ár til að auka fiskgengd. Fyrsta sjókvíaeldið þar sem lax var alinn upp í matarstærð var sett upp í Noregi. Velgengni laxeldis í Noregi hvatti greinina áfram í Skotlandi, Írlandi, Færeyjum, Kanada, á norð-austurströnd Bandaríkjanna, Síle og Tasmaníu. Mest öll framleiðsla á Atlantshafslaxi fer fram á milli 40 - 70 breiddargráðu norðurhvels jarðar og á milli 40 - 50 breiddargráðu suðurhvels jarðar (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004).

Viljinn einn er ekki nægur til þess að setja upp og stunda arðbært laxeldi heldur þurfa margar forsendur að vera fyrir hendi svo það sé mögulegt. Hitastig sjávar er undirstaða laxeldis. Til að mögulegt sé að ala lax þarf hitastig sjávar að vera á milli 0 °c – 20 °c en kjörhitastig fyrir laxeldi er talið vera á milli 8 °c – 14 °c. Við eldi á lax í sjó þarf einnig að vera hæfilega mikill straumur vatns um kvíarnar til þess að endurnýja súrefni fisksins. Þessi straumur má hins vegar ekki vera of mikill. Líklegast er að finna staðsetningar sem uppfylla þessi skilyrði innan ákveðinna breiddargráðna á hnettinum. Einnig þarf að vera til staðar pólitískur vilji fyrir því að leyfa laxeldi og setja upp lagaramma fyrir iðnaðinn. Í þeim ríkjum þar sem bróðurpartur framleiðslu Atlantshafslax fer fram er búið að koma

upp ákveðnum leyfakerfum þar sem eldisfyrirtækin sækja leyfi til viðeigandi yfirvalda fyrir eldi sínu. Slík leyfi takmarka framleiðsluna fyrir hvern leyfishafa og þar af leiðandi atvinnugreinina í heild sinni í landinu. Þessi leyfi eru gefin út með þölmörk náttúrunnar að leiðarljósi í hverju landi (Mowi, 2019).

Veiddur fiskafli í heiminum hefur nær staðið í stað síðastliðna áratugi, en á sama tíma hefur verið mikill vöxtur í fiskeldi. Heildar fiskframleiðsla náði hámarki árið 2016 þegar hún nam 171 milljón tonna. Þar af var fiskeldi rúm 47%, eða um 80 milljónir tonna og fiskveiðar um 53% eða um 91 milljón tonn. Fiskeldi sem hlutfall af heildarframleiðslu fiskis á heimsvísu hefur vaxið úr 25,7% árið 2000 í 46,8% árið 2016. Þá hefur árlegur vöxtur fiskeldis í heiminum verið 5,8% á tímabilinu, sem er mun meiri vöxtur en í annarri matvælaframleiðslu heimsins. Matvæla- og landbúnaðarstofnun Sameinuðu þjóðanna (FAO) spáir því að heildarframleiðsla sjávarafurða verði 201 milljón tonn árið 2030 og fiskeldi þar af 109 milljón tonn. Spáin byggir á því að fiskeldi drífi áfram vöxtinn í greininni og að fiskeldi muni í fyrsta skiptið í sögunni standa undir meira heildarmagni sjávarafurða en fiskveiðar. Fiskeldi á landi árið 2016 var um 51,4 milljón tonn en á sama tíma var fiskeldi í sjó aðeins 28,7 milljón tonn. Asía er umsvifamesta heimsálfan í fiskeldi og hefur verið í langan tíma. Á tímabilinu 2013 – 2015 var 88% eldisfisks í heiminum framleiddur í Asíu þar sem Kína er lang stærsti framleiðandinn með 62% af heimsframleiðslu eldisfisks. Í Asíu eru Vatnakarpar og skyldar karpategundir lang fyrirferðamestar en eldi á Karpa fer fram í ferskvatni á landi (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019). Laxfiskar standa aðeins undir 4,7% af heildarframboði eldisfisks í heiminum en á sama tíma er virði laxfiska 12,9% af heildarverðmæti fiskeldis á heimsvísu. Lax er næst verðmætasta eldisafurðin á eftir rækjum (Asche, Cojocar, & Roth, 2018).

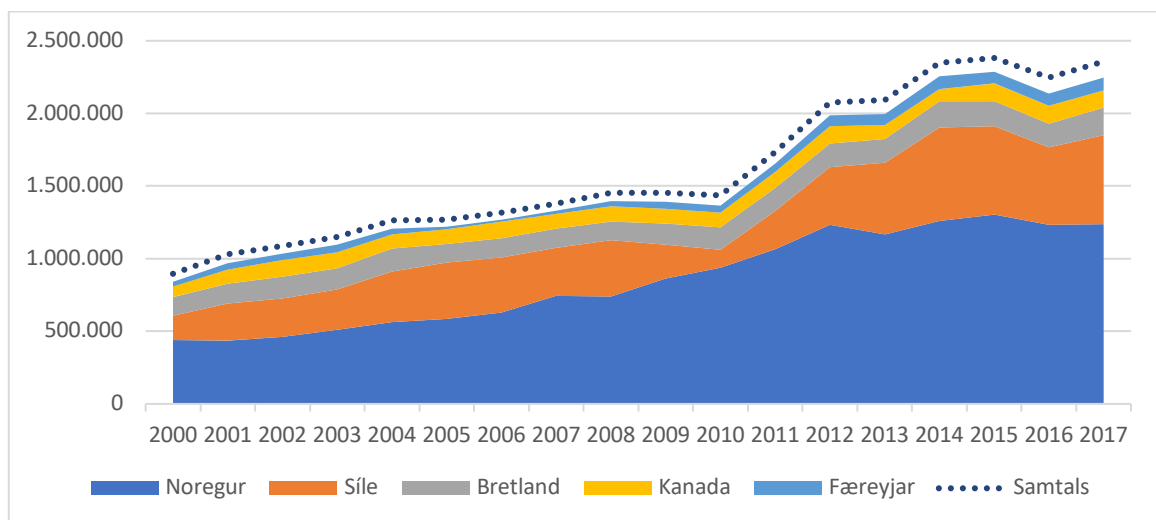
Laxeldi er fjármagnsfræk atvinnugrein og krefst mikilla veltufjármuna. Leyfi fyrir laxeldi eru iðulega mjög dýr, og því aðgangshindrun fyrir nýja aðila á markaðinn. Laxeldisiðnaðurinn getur verið mjög óstöðugur vegna langs líffræðilegs framleiðsluferils og óstöðugra markaðsaðstæðna (Mowi, 2019). Laxeldi sker sig frá almennum fiskveiðum meðal annars á þann hátt að kostnaðarliðir greinanna eru gjörólíkir. Stærstu kostnaðarliðir hefðbundinna fiskveiða eru launakostnaður og viðhalds- og eldsneytiskostnaður skipa útgerðarinnar. Stærstu kostnaðarliðir laxeldisfyrirtækja eru hins vegar fóðurkostnaður og kaup á seiðum. Framleiðslukostnaður í greininni hefur

minnkað með aukinni framleiðni vegna bættra aðferða og tækniframfara síðastliðna áratugi. Tækifæri til að draga enn frekar úr kostnaði og auka framleiðni liggja í bættum fóðurtegundum og framförum í fóðurtækni (Einarsson & Emerson, 2009).

Gott heilbrigðis- og sjúkdómaeftirlit hjá laxeldisfyrirtækjunum er ekki einungis siðferðileg skylda gagnvart fiskunum heldur afar mikilvægt fyrir rekstur fyrirtækjanna. Mikilvægt er að lágmarka dánartíðni laxanna til þess að hámarka það magn sem slátrað er. Komið er í veg fyrir helstu sjúkdóma sem herja á laxinn með bólusetningum snemma á lífstíð hans, þegar hann er enn í ferskvatni. Síðastliðna tvo áratugi hefur verið mikill stöðugleiki í dánartíðni laxfiska, sérstaklega í Noregi, Skotlandi og Kanada með auknu heilbrigðiseftirliti og bólusetningar hafa gert eldisfyrirtækjunum kleift að hafa meiri stjórn á veiru- og bakteríusýkingum. Þetta hefur átt stóran þátt í þenslu greinarinnar og framleiðsluaukningu á tímabilinu. Ýmist eru það bakteríur, veirur, sveppir og snýkjudýr sem ógna heilsufari fiskanna en helstu fyrirbæri eru laxalús, hjartarof, brisveiki, blóðþorri og hjarta- og vöðvabólga. Misjafnt er eftir löndum og landshlutum hve algengar þessar heilsufarsógnir eru (Mowi, 2019). Laxeldisfyrirtækin notast mörg við sýklalyf til þess að meðhöndla ýmsar heilsufarsógnir, en síðastliðna tvo áratugi hefur til dæmis lítið verið notað af sýklalyfjum í hefðbundnu sjókvíaeldi í Noregi, samanborið við áratugin tva þar á undan (Veterinærinstituttet, 2016). Engin sýklalyf hafa verið notuð í sjókvíaeldi á Íslandi síðastliðin átta ár og er það einsdæmi á heimsvísu að sögn Gísla Jónssonar (2020), dýralæknis fisksjúkdóma.

3 Laxeldi í öðrum löndum

Fimm lönd standa undir um 98% af heimsframleiðslu á Atlantshafslaxi, Noregur, Síle, Bretland, Kanada og Færeyjar. Greinin er ung en þróunin hefur verið mikil og hefur heimsframleiðsla aukist úr um 230 þúsund tonnum í rúm 2,2 milljónir tonna á tímabilinu 1990-2018. Nokkuð stöðugur vöxtur hefur verið í framleiðslu allra þessa landa á tímabilinu að Síle undanskildu. Árið 2010 átti laxeldi þar í landi undir högg að sækja vegna sjúkdómafaraldurs en árið 2012 var vöxturinn farinn að færast í fyrra horf. Þá hefur Noregur verið stærsti framleiðandi Atlantshafslax allt umrætt tímabil með rétt undir 60% af heimsframleiðslu að meðaltali (Asche, Iversen, Hermansen, & Nystøyl, 2020).



Mynd 1: Framleiðsla á Atlantshafslaxi eftir löndum 2000 - 2017 í tonnum (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020).

Mynd 1 sýnir samanburð á framleiðslu á Atlantshafslaxi meðal 5 stærstu framleiðslulanda heims á árunum 2000 - 2017. Punktalínan sýnir heildarframleiðslu eldisfisks í heiminum. Noregur og Síle eru langstærstu framleiðendurnir, en árið 2017 var hlutdeild þessara tveggja landa um 78% af heimsframleiðslunni.

3.1 Noregur

Landslag Noregs telst fremur hentugt til laxeldis, strandlengja landsins er vogskorin og með mörgum fjörðum, einnig eru margar eyjar meðfram strandlengjunni sem hafa áhrif á styrk sjávarstrauma á svæðinu. Vegna Golfstraumsins er hitastig sjávar við strendur

Noregs kjörið til laxeldis, þessi hlýi hafstraumur veldur því einnig að hitastig sjávar helst nokkuð stöðugt allan ársins hring (Venvik, 2005).

Rétt eins og á Íslandi á sjávarútvegur sér djúpar rætur í norsku samfélagi, menningu og hagkerfi. Laxeldi hófst í Noregi þegar yfirvöld hvöttu íbúa sjávarþorpa á landsbyggðinni til þess að hefja laxeldi til að styðja við byggðarstefnu landsins eftir að hart var í ári í sjávarútvegi á 7. áratugnum. Eldisstöðvarnar voru til að byrja með lítil fjölskyldufyrirtæki sem sinntu einungis innanlandsmarkaði. Með árunum sameinuðust þessi fjölskyldufyrirtæki í stærri rekstrareiningar sem höfðu þar með burði til þess að þjóna heimsmarkaði. Næstu áratugir voru ævintýralegir fyrir laxeldi í Noregi því eldislax er nú orðinn ein stærsta útflutningvara þjóðarinnar og Noregur er í dag stærsti framleiðandi á Atlantshafslaxi í heiminum (Liu, Olausson, & Skonhoft, 2011). Norska fiskistofan greinir frá því að árið 2018 hafi 8.548 manns starfað við fiskeldi í landinu (Fiskeridirektoratet, 2020).

Sækja þarf um leyfi frá sjávarútvegsráðuneyti Noregs fyrir því að reka eldisstöð í Noregi á Atlantshafslaxi og Regnbogasilungi. Leyfin takmarka það svæði sem leyfilegt er að stunda laxeldi og takmarka einnig lífmassa hveurrar eldisstöðvar. Norsk yfirvöld settu lög þess efnis að stöku fyrirtæki eða hverjum einstaklingi væri aðeins heimilt að eiga meirihluta í einni eldisstöð samtímis, og rímaði það við upprunaleg byggðarstefnuáform yfirvalda á upphafskeiði greinarinnar. Þessi lög voru felld úr gildi árið 1992, sem varð til þess að mörg eldisfyrirtæki sameinuðust og mikil stærðarhagkvæmni náðist í greininni. Árið 1991 voru 823 leyfi í gildi í landinu fyrir laxeldi, og vegna laganna um takmarkað eignarhald eldisstöðva var fjöldi fyrirtækja þá jafn fjölda leyfa. Um þúsaldamót var fjöldi eldisfyrirtækja 296 og árið 2010 var fjöldinn kominn niður í 171, en sama ár voru aðeins um 20 fyrirtæki sem stóðu undir 80% heildarframleiðslunnar. Árið 2005 settu norsk yfirvöld 15% þak á hlutfall leyfa í landinu sem máttu vera í eigu eins lögaðila, sem síðar var hækkað í 40% árið 2013 (Asche, Sørvig, Sandvold, Zhang, & Roll, 2013).

Árið 2019 voru sjókvíaeldisleyfin í Noregi 1.041, og ákváðu stjórnvöld að fleiri slík leyfi verði ekki gefin út nema til rannsókn- og þróunarstarfsemi. Var það gert til þess að hvetja fyrirtækin til að rannsaka og þróa betri eldisbúnað. Hvert leyfi heimilar lífmassa upp að 780 tonnum á ári (945 tonn á ári í Finnörku). Yfirvöld heimila svo allt að 6% aukningu lífmassa á hvert leyfi annað hvert ár ef magn laxalúsar er undir 0,1 á hvert kíló af laxi á

tímabilinu. Þessir vaxtamöguleikar gera það að verkum að meðalframleiðsla á hvert leyfi í Noregi er 1.031 tonn á ári (Mowi, 2019).

Árið 2017 voru framleidd 1.236.353 tonn af eldislaxi í Noregi. Eldi á Atlantshafslaxi var lang umsvifamest eða um 94% af öllu fiskeldi þar í landi. Næst mest er alið af Regnbogasilungi eða um 5% (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020).

3.2 Færeyjar

Laxeldi hófst fyrst á landi í Færeyjum á 7. áratug tuttugustu aldar en sjókvíaeldi hófst á 9. áratugnum. Í dag á allt eldi á Atlantshafslaxi í Færeyjum sér stað í sjókvíum og sagt er að sjókvíaeldisstöð sé til staðar í öllum þeim fjörðum og flóum við landið sem mögulega bjóða upp á það. Á 9. áratugnum voru um 60 starfandi laxeldisfyrirtæki í Færeyjum en eftir miklar sameiningar fyrirtækjanna síðastliðin 40 ár eru aðeins 3 starfandi laxeldisfyrirtæki í landinu í dag, Bakkafrost, Hiddenfjord og Mowi (Bridson, 2018).

Fáar þjóðir eru jafn háðar sjávarútvegi og Færeyjar. 95% af vöruútflutningi Færeyinga eru sjávarafurðir og er hlutur sjávarútvegs í vergri landsframleiðslu um 20%. Þá er fiskeldi ekki einungis mikilvægt fyrir hagkerfið í landinu því framleiðsla Færeyinga á Atlantshafslaxi er nú orðin mikilvæg á heimsmarkaði. Landið er eyjaklasi í Atlantshafi sem samanstendur af 18 eyjum og 11 hólum. Sjórinn við eyjarnar er hreinn, hitastig hans kjörið til laxeldis og hafstraumar hæfilega sterkir (Ministry of Fisheries and Natural Resources, 2008).

Laxeldisleyfi eru gefin út af Matvælastofnun Færeyja og utanríkis- og viðskiptaráðuneyti Færeyja. Það eru einungis 22 leyfi fyrir sjókvíaeldi í landinu en ekkert takmark er á fjölda laxeldisleyfa á landi. Leyfin gilda í 12 ár í senn og möguleiki er á að fá 12 ára framlengingu á leyfinu. Greiða þarf DKK 12.000 árlegt gjald og mánaðarlega þarf að greiða gjald fyrir hvert framleitt kíló, gjaldið fer eftir framleiddu magni og markaðsverði fyrir slægðan lax hverju sinni. Sérstakt leyfi er gefið út fyrir hvert hafsvæði, hámarkslífmassi er metinn fyrir hvert hafsvæði og byggir á landfræðilegum eiginleikum hvers svæðis. Þetta gerir það að verkum að leyfin eru öll frábrugðin hvert öðru og hámarkslífmassi á hvert leyfi er á milli 1.200 – 5.800 tonn á ári. Árið 2012 voru lög um laxeldi endurnýjuð og í þau sett ákvæði þess efnis að erlendum aðilum er óheimilt að fara

með yfir 20% eignarhlut í laxeldisfyrirtæki í landinu og á það við bæði um beint eignarhald eða óbeint. Árið 2018 voru sett lög sem kváðu á um að stöku fiskeldisfyrirtæki væri óheimilt að eiga samtímis yfir 50% hlutdeild útgefinna fiskeldisleyfa í landinu (Mowi, 2019).

Frá því að sjókvíaeldi á Atlantshafslaxi hófst í Færeyjum á 9. áratugnum hefur framleitt magn aukist stöðugt. Um miðjan 10. áratug var framleitt magn um 15.000 tonn en árið 2017 var framleitt magn um 71.000 tonn. Undantekning frá þessum stöðuga vexti er tímabilið 2004 – 2006. Aðeins 10.000 tonn voru framleidd árið 2006 og var þessi framleiðslubrestur til kominn vegna sjúkdómafarraldurs á tímabilinu (Bridson, 2018). Fjöldi starfa í greininni hefur aukist samhliða aukinni framleiðslu, en fjöldi starfsfólks í fiskeldi hefur þrefaldast á síðastliðnum tíu árum. Samkvæmt heimildum frá Hagstofu Færeyja starfa 1.162 manns í fiskeldi, og skal í því sambandi tekið fram að á vinnumarkaði Færeyja eru um 31.000 manns (Hagstofa Færeyja, 2020).

3.3 Skotland

Laxeldi hófst fyrst í Skotlandi árið 1838 sem klak- og seiðaeldi með það fyrir augum að auka fiskgöngur í ám og vötnum í landinu. Það var ekki fyrr en árið 1969 sem það tókst að ala Atlantshafslax upp í matarstærð í fyrstu laxeldisstöðinni sem staðsett var í Loch Ailort firðinum á vesturströnd Skotlands (Scottish Salmon Producers Organisation, 2020).

Skotland er í dag stærsti framleiðandi á Atlantshafslaxi í Evrópusambandinu og þriðji stærsti framleiðandinn í heiminum á eftir Noregi og Síle. Skotland er nyrsti landshluti Stóra-Bretlands og henta náttúrulegar aðstæður vel til eldis á Atlantshafslaxi. Strandlengja Skotlands er vogskorin og einkennist vesturströndin af fjörðum og flóum með gnægð ferskvatnsauðlinda en mest allt eldið á sér einmitt stað á vesturströndinni. Mikið hefur verið um sameiningar laxeldisfyrirtækja síðastliðna áratugi. Árið 1995 voru 69 starfandi laxeldisfyrirtæki í Skotlandi en árið 2016 voru þau orðin 16 (Scottish Environment Protection Agency, 2018). Árið 2016 voru aðeins fimm fyrirtæki sem stóðu undir 80% af framleiðslu Atlantshafslax í landinu (Asche, Sørvig, Sandvold, Zhang, & Roll, 2013). Laxeldi styður mjög við hagkerfið á landsbyggðinni í Skotlandi. Samtals starfa 2.500 manns við þessa atvinnugrein í landinu, og fjöldi afleiddra starfa er um 5.500 (Scottish Salmon Producers Organisation, 2016).

Til að hefja sjókvíaeldi í Skotlandi þarf leyfi frá 4 stofnunum, skipulagsnefnd í tilteknu sveitarfélagi, Umhverfisstofnun Skotlands og tvennskonar leyfi þarf frá sjávarútvegsráðuneyti Skotlands. Landhelgi Bretlands er 12 mílur og þarf að sækja um leyfi til drottningarinnar og greiða leigu til breska konungsveldisins fyrir landnotkunina, og er leigan 24,75 – 27,5 sterlingspund á hvert framleitt tonn. Einnig þarf að greiða allt að 15.000 punda árlegt umhverfisgjald á hvert leyfi. Tekin er ákvörðun um hámarkslífmassa eftir umhverfisaðstæðum hvers leyfis, en heimild fer þó aldrei yfir 2.500 tonn á ári (Mowi, 2019).

Sjókvíaeldin eru staðsett í fjörðum á norður- og vesturströnd Skotlands. Í fiskeldi í Skotlandi er mest framleitt af Atlantshafslaxi og Regnbogasilungi, en í Skotlandi er einnig stundað öflugt skelfiskseldi. Árið 2017 voru framleidd 177.202 tonn af Atlantshafslaxi og 7.208 tonn af Regnbogasilungi (Scottish Environment Protection Agency, 2018).

3.4 Kanada

Sjávarútvegur á sér langa sögu í Kanada. Strandlengja landsins er sú lengsta í heiminum eða um 202.000 kílómetrar, sem nýtist vel bæði til fiskveiða og fiskeldis. Kanada er einnig ofarlega á lista yfir mestu endurnýjanlegu ferskvatnsauðlindir á mann í heiminum. Þrátt fyrir þetta er Kanada aðeins 20. stærsta sjávarútvegsþjóð heims (Noakes, 2018). Laxeldi í Kanada hófst á 8. áratugnum þegar frumkvöðlar á vesturströndinni hófu sjókvíaeldi á Silfurlaxi og Kóngalaxi. Frumkvöðlarnir komust að því að vaxtakraði Atlantshafslaxins var meiri en hinna laxategundana og hægt var að koma meiri lífmassa fyrir í einni kví sem ýtti atvinnugreininni í átt að aukinni framleiðslu á Atlantshafslaxi. Fyrsta Atlantshafslaxeldið var sett upp í Nýju-Brúnsvík árið 1979 og hefur greinin blómstrað í héraðinu síðan (Olin, 2012).

Mest allt laxeldi í Kanada fer fram í þremur fylkjum, Nýju-Brúnsvík, Nýfundnalandi og Bresku-Kólumbíu. Leyfi í Nýfundnalandi og Nýju-Brúnsvík fyrir sjókvíaeldi eru gefin út af héraðsyfirvöldum, en til að stunda laxeldi í Bresku-Kólumbíu þarf leyfi frá héraðsyfirvöldum og alríkisvöldum Kanada. Leyfin gilda í 5-20 ár í Bresku-Kólumbíu, 20 ár í Nýju-Brúnsvík, en 6 ár í Nýfundnalandi, en leigusamningur fyrir hafsvæðið er í gildi í 50 ár eftir útgáfu. Í Bresku-Kólumbíu takmarka yfirvöld lífmassa hvers leyfis á hverju ári en í Nýfundnalandi og Nýju-Brúnsvík takmarka yfirvöld magn útsettra seiða í hverri

framleiðslulotu á hvert leyfi. Leyfilegt magn seiða í hverri framleiðslulotu er 270.000 – 1.000.000 og fer það eftir umhverfiseiginleikum hvarrar staðsetningar (Mowi, 2019). Árið 1997 stóðu 12 fyrirtæki undir um 80% af framleiðslu Atlantshafslax, en árið 2012 voru fyrirtækin fjögur með 80% framleiðslunnar. Í Bresku-Kólumbíu, á vesturströnd Kanada litast laxeldi í héraðinu af norskum alþjóðlegum laxeldisfyrirtækjum, en laxeldisfyrirtæki á austurströndinni eru í eigu Kanadamanna sjálfra (Asche, Sørvig, Sandvold, Zhang, & Roll, 2013).

Fiskeldi í Kanada er afar fjölbreytt, ólíkt öðrum stórum laxeldisþjóðum. Árið 1984 fór framleitt eldismagn í Kanada fyrst yfir 10.000 tonn. Árið 1991 var framleitt magn um 49.500 tonn, þar af 80% Atlantshafslax. Árið 2016 var framleitt magn um 200.500 tonn, og voru tegundirnar 56 sem aldnar voru upp í matarstærð í landinu það árið, 27 fisktegundir, 20 skelfiskstegundir og 9 plöntutegundir. Mest var framleitt af Atlantshafslaxi af öllum eldistegundum árið 2016, en framleiðslan nam 123.522 tonnum það árið, eða um 60% af heildarframleiðslu skel- og fiskelda í landinu. Næst mest er framleitt af skelfiskstegundum en árið 2016 nam framleiðslan á þeim um 66.300 tonnum. Samtök fiskeldisfyrirtækja í Kanada telja að framleiðsla fiskelda í landinu geti tvöfaldast á næstu 10 árum ef nútímalegri lagarammi yrði settur um atvinnugreinina. Árið 2016 voru um 25.000 manns í fullu starfi í fiskeldi í Kanada, og heildarfjöldi starfa, auk afleiddra starfa var um 54.000 (Noakes, 2018).

3.5 Síle

Fyrstu tilraunir með fiskeldi í Síle áttu sér stað eftir árið 1921 en þá hófst uppbygging og þróun á eldisstöðvum, aðallega fyrir krækling og hörpuskel. Þessi uppbygging var að mestu leyti skipulögð eða lögð til af yfirvöldum, og naut ekki mikillar velgengni. Laxeldi blómstraði í Síle á níunda áratugnum samhliða því að yfirvöld opnuðu hagkerfi sitt og hvöttu til einkavæðingar. Aukið laxeldi var einnig svar við því að margir fiskistofnar voru þurrkaðir upp í sjónum við landið vegna ofveiði. Mikil og hröð þróun átti sér þá stað í greininni og byrjuðu Sílemenn að stunda eldi á innfluttum fisktegundum með hátt markaðsverð, meðal annars Atlantshafslax og Regnbogasilung (Norambuena & González, 2005).

Hitastig sjávar við strendur Síle er sérstaklega vænlegt til eldis á Atlantshafslaxi. Sjávarhiti á þessum slóðum er að jafnaði mun stöðugri og heitari en hinna stóru laxeldislandanna á norðurhveli jarðar. Þetta er helsta samkeppnisforskot sílenskra laxeldisfyrirtækja, vegna þess að laxinn hefur kalt blóð og vaxtarhraði fisksins þar af leiðandi mjög háður ytra hitastigi. Ef laxinn lifir við kjörhitastig eykst vaxtarhraði hans og eldisferillinn stýttist (Mowi, 2019).

Til þess að hefja laxeldi í Síle þarf leyfi frá tveimur stofnunum. Annars vegar frá sjávarútvegsráðuneyti landsins og hinsvegar þarf leyfi fyrir staðsetningu eldisins frá varnarmálaráðuneytinu. Þessi leyfi eru takmörkuð við ákveðna tegund og tilgreina hámarkslífmassa. Leyfin gilda í 25 ár, og af hverju leyfi þarf að greiða árgjald til yfirvalda (Mowi, 2019).

Síðan 1990 hefur Síle verið næst stærsti framleiðandi Atlantshafslax í heiminum á eftir Noregi. Síle er eina stóra laxeldislandið sem framleiðir allar helstu tegundir eldislax, það er Atlantshafslax, Silfurlax, Kóngalax og Regnbogasilungur. Síle er eina landið sem stundar eldi á Silfurlaxi í miklu magni og framleiðir 90% af heildarframleiðslu þeirrar tegundar í heiminum. Fjöldi eldisfyrirtækja sem standa undir 80% af heildarframleiðslu á eldislaxi í landinu hefur fækkað úr 35 í 12 á tímabilinu 1997 - 2012 (Asche, Sørvig, Sandvold, Zhang, & Roll, 2013). Í dag eru útgefin leyfi fyrir eldi á Atlantshafslaxi, Regnbogasilungi og Silfurlaxi í Síle um 1.350 en aðeins 300 - 350 leyfi eru virk, og 90% af þessum leyfum eru í eigu 13 aðila (Mowi, 2019).

Frá 1980 hefur verið mikill vöxtur í fiskeldi í Síle og hefur laxeldi drifið vöxtinn áfram, þá aðallega eldi á Atlantshafslaxi, Regnbogasilungi og Silfurlaxi. Árið 2016 voru framleidd um 532.000 tonn af Atlantshafslaxi, um 111.000 tonn af Silfurlaxi og um 85.000 tonn af Regnbogasilungi. Sama ár voru um 30.000 manns í fullu starfi við laxeldi í landinu og afleidd störf um 14.500 (Quinones, Fuentes, Montes, Soto, & Leon-Mu noz, 2019).

4 Laxeldi á Íslandi

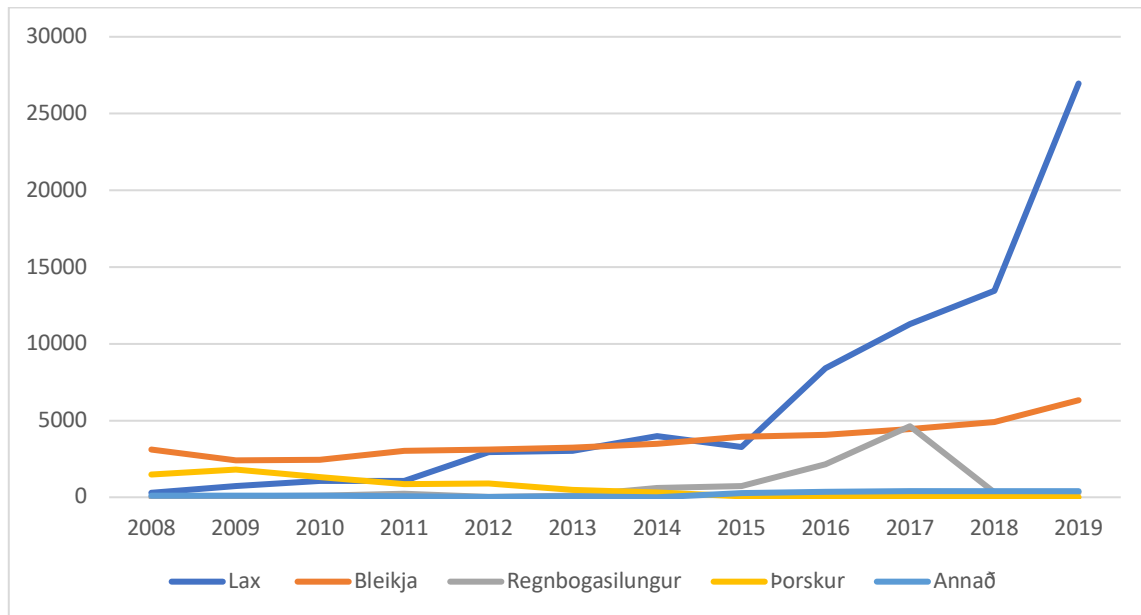
Fyrstu athafnir er lutu að laxeldi á Íslandi áttu sér stað árið 1883, en þá var stunduð hrognataka úr laxi til að ala upp laxaseiði til sleppingar í ár og vötn (Halldór Halldórsson, 1992). Við Laxalón, austan Grafarholts fyrir ofan Reykjavík, var fyrsta matfiskseldisstöðin með regnbogasilung reist af Skúla Pálssyni árið 1951. Árið 1953 hóf Rafmagnsveita Reykjavíkur eldi og fóðrun á laxaseiðum yfir sumartímamann við Elliðaár, en þar áður höfðu meðal annars verið gerðar tilraunir með eldi á laxfiski í Kelduhverfi við Öxarfjörð (Halldór Halldórsson, 1992). Fyrstu tilraunir með laxeldi í sjókvíum voru gerðar þegar fimm þúsund laxaseiðum var sleppt í flotbúr við Hvammsey í Hvalfirði í byrjun júlí árið 1972, og voru flest seiðin fengin frá Laxalóni (Ingimar Jóhannsson, 1979). Á sjötta áratugnum var stundað laxeldi á þremur stöðum á landinu, og á sjöunda áratug fjölgaði fiskeldisstöðvum og voru þær þá orðnar 11 talsins og tólfta í byggingu árið 1969. Árið 1979 voru starfræktar 16 klak- og eldisstöðvar, fjórar fiskhaldsstöðvar, ein sleppistöð og sjö sjókvíaeldisstöðvar. Árið 1986 voru eldisstöðvarnar orðnar 88 á skrá Veiðimálastofnunar (Þór Guðjónsson, 1996). Á níunda áratugnum jókst áhuginn á eldi á fiskum til muna og byggður var fjöldinn allur af fiskeldisstöðvum, en þegar á heildina er litið gekk reksturinn illa. Samhliða þessari mikilli uppbyggingu fiskeldisstöðva varð mikil framleiðsluaukning, eins og vera ber. Árið 1985 voru aðeins framleidd um 150 tonn, en árið 1990 var framleiðslan orðin um 3.000 tonn. Stöðnun var í greininni fram að aldamótum og var framleiðslan á bilinu 3.000 - 4.000 tonn fram að þeim tíma. Á tímabilinu 1985 - 1990 var nær einungis ræktaður regnbogasilungur og lax, en mestur vöxtur var í framleiðslu á bleikju frá 1990 að aldamótum (Landssamband fiskeldisstöðva, 2009).

Sögu íslensks sjókvíaeldis má skipta upp í þrjá kafla eða þrjár bylgjur. Fyrsta bylgjan hófst á milli 1980 og 1990, en þá var alinn íslenskur laxastofn sem ekki er vel hæfur til eldis. Lítil rannsóknavinna lá að baki vali á staðsetningum fyrir kvíarnar og búnaðurinn þótti ekki fullnægjandi. Þetta varð til þess að sjókvíaeldi fjaraði út. Önnur bylgjan hófst um aldamótin 2000 þegar stóru útgerðarfélagin hófu eldi á Austurlandi. Reksturinn virðist hafa gengið brösulega hjá útgerðarfélagunum vegna óhagstæðrar gengispróunar og sjúkdómafaraaldurs, og varð til þess að þau lögðu nær allt sjókvíaeldi niður. Núverandi bylgja, þriðja bylgja íslensks sjókvíaeldis hófst um árið 2010. Upphaf hennar má rekja til uppbyggingar fyrirtækjanna Arnarlax og Fjarðarlax, sem nú hafa sameinast undir nafninu

Arnarlax. Starfsemin nú einkennist af miklum fjárfestingum Norðmanna og miklum vexti (Höskuldur Steinarsson, 2016). Árið 2019 voru 50 eldisstöðvar í fullum rekstri á landinu. Af þeim voru fjórar með lax í sjókvíum, tvær með regnbogasilung í sjó og ein með bleikju í sjávarlóni. Önnur eldisstarfsemi fór fram á landi í ýmsum myndum (Gísli Jónsson, 2020).

Laxastofninn sem nú er notaður í sjókvíaeldi hér á landi nefnist Saga-stofninn og er kynbættur eldislax ættaður frá þremur norskum laxastofnum. Innflutningur hroгна hófst árið 1984 en kynbætur hófust ekki fyrr en í byrjun tíunda áratugs. Kynbætti norskilaxastofninn er sá eini sem notaður er í matfiskeldi á laxi hér á landi og er fyrirtækið Stofnfiskur eina fyrirtækið sem selur hrogn úr þessum stofni hérlendis (Landssamband fiskeldisstöðva, 2009).

Heildarframleiðsla í fiskeldi á Íslandi hefur aldrei verið jafn mikil og árið 2019, en þá var 33.959 tonnum af eldisfiski slátrað sem er 94% aukning frá árinu 2018. Undirstaða þessa vaxtar er aukið magn af laxi úr sjókvíaeldi, sem meira en tvöfaldaðist milli ára, úr 11.780 tonnum í 25.316 tonn. Mikill samdráttur hefur verið í eldi á regnbogasilungi en 29% aukning var í slátrun á bleikju sem er að mestu alin í strandeldisstöðvum. Þorskeldi, sem áður fyrr var vinsælt, hefur nánast þurrkast út, sömu sögu má segja um eldi á Lúðu, Sandhverfu og Hekluborra, en ekkert eldi hefur verið á þessum tegundum frá árinu 2015. Helsta áskorun íslensks laxeldis þegar kemur að því að stuðla að áframhaldandi vexti í greininni er uppbygging nýrra klak- og seiðaeldisstöðva, en umbætur hafa verið á þeim vettvangi (Gísli Jónsson, 2020). Mynd 2 sýnir þróun í framleiðslu helstu eldistegunda síðastliðin 12 ár. Tafla 1 sýnir hlut land- og sjókvíaeldis í heildarframleiðslu á laxi.



Mynd 2: Framleiðsla á eldisfiski eftir tegundum 2008 - 2019 (tonn af óslægðum fiski) (Gísli Jónsson, 2020).

Á mynd 2 má sjá þróun í framleiðslu helstu eldistegunda, sem eru lax, bleikja, regnbogasilungur, þorskur og annað. Undir flokkinn annað falla tegundirnar Hekluborri, Senegalflúra, Lúða og Sandhverfa. Eins og sjá má á mynd 2 hefur framleiðsla á laxi aukist mikið síðastliðin ár, framleiðsla á bleikju helst nokkuð stöðug á tímabilinu, en framleiðsla á regnbogasilungi hefur ekki verið mikil á tímabilinu en tók þó kipp á árunum 2015 og 2016. Tafla 1 sýnir framleitt magn í sjókvíum annars vegar og á landi hinsvegar. Mikil ásókn hefur verið í sjókvíaeldi, en á sama tíma stendur framleiðsla í landeldi nánast í stað.

Tafla 1: Heildarframleiðsla á laxi eftir eldisaðferð 2017 - 2019 (tonn af óslægðum laxi) (Gísli Jónsson, 2020).

	2017	2018	2019
Sjókvíaeldi	9.701	11.780	25.316
Landeldi	1.564	1.668	1.641

Eins og áður hefur komið fram byggist fiskeldi á Íslandi að lang mestu leyti af laxi og bleikju, en þær tegundir standa undir 98% eldisins. Bleikjan er aðallega alin í strandeldisstöðvum, en lax í sjókvíum eins og endurspeglast í töflu 1. Eins og fyrr er getið hefur framleiðsla á laxi aukist mikið síðastliðin ár, en regnbogasilungselði stórlega dregist saman á sama tíma. Regnbogasilungshrogn eru innflutt frá Danmörku og hefur sá

innflutningur farið minnkandi síðastliðin fimm ár vegna þess að helstu eldisfyrirtæki hafa verið að færa sig alfarið yfir í laxeldi á þeim tíma. Árið 2019 var aukning í innflutningi regnbogasilungshroga vegna tilkomu nýs fyrirtækis sem hyggst stunda eldi á regnbogasilungi, og vegna þess að eigendur annarrar eldisstöðvar ákváðu að hefja regnbogasilungseldi á ný. Búast má við framleiðsluaukningu á regnbogasilungi á komandi árum. Framleiðsla laxahroga dróst lítillega saman miðað við metár í framleiðslu laxaseiða 2018, og framleiðsla bleikjuhroga jókst um rúmlega 25% á sama tíma, sem er í takti við framleiðsluaukningu í bleikjueldinu (Gísli Jónsson, 2020).

Í töflu 2 má sjá heildarframleiðslu á eldisfiski, skipt upp eftir landshlutum. Austfirðir og Vestfirðir stóðu undir miklum meirihluta framleiðslunnar, en á Vestfjörðum fer fram nær helmingur alls fiskiseldis á Íslandi. Framleiðsla á Vestfjörðum hefur aukist um 90% frá árinu 2018, og á Austfjörðum nær þrefaldast á sama tíma.

Tafla 2: Heildarframleiðsla á eldisfiski eftir landshlutum 2017- 2019 (tonn af óslægðum fiski) (Gísli Jónsson, 2020).

	2017	2018	2019
Reykjanes	3.525	4.214	5.222
Vestfirðir	12.330	8.479	16.073
Norðvesturland	131	86	150
Norðausturland	2.029	2.045	2.027
Austfirðir	2.130	3.742	9.680
Suðurland	631	511	807
Samtals	20.776	19.077	33.959

Eins og í stóru laxeldislöndunum þarf leyfi frá ýmsum stofnunum til að hefja fiskeldi á Íslandi. Laga- og stjórnsýslukerfi leyfisveitinga fyrir fiskeldi hér á landi er flókið og umsóknarferlið getur þar af leiðandi verið langt. Áform um fyrirhugað eldi með meira en 200 tonna ársframleiðslu þarf að tilkynna til Skipulagsstofnunar, þar sem ákvörðun er tekin um hvort framkvæmdin sé matsskyld. Ef svo er þarf að meta umhverfisáhrif framkvæmdarinnar. Þegar heimild hefur verið fengin frá Skipulagsstofnun þarf starfsleyfi frá Umhverfisstofnun og rekstrarleyfi frá Matvælastofnun. Eftir útgáfu hvers og eins fyrrnefndra leyfa er leyfið kæránlegt til úrskurðarnefndar umhverfis- og auðlindamála.

Einnig leita þessar stofnanir eftir umsögnum frá ýmsum aðilum áður en leyfi er gefið út (Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, 2014).

Árið 2018 störfuðu 468 manns í fiskeldi hér á landi, sem er tæp þreföldun frá árinu 2008 þegar greinin taldi 166 starfsmenn. Þá hefur fjöldi þeirra sem starfa í sjókvíaeldi vaxið ívið meira en þeirra sem vinna í landeldi. Árið 2018 störfuðu 234 manns í sjókvíaeldi, sem er tæp sexföldun frá árinu 2008 þegar þeir voru 38. Á Íslandi var fjöldi starfsmanna í fiskeldi á hver framleidd 10.000 tonn um 210 árið 2017, sem eru fleiri starfsmenn á hver framleidd 10.000 tonn en í nágrannalöndunum á sama tíma (Radarinn, 2020).

Tafla 3: Starfsmenn í fiskeldi á hver 10.000 framleidd tonn eftir löndum árið 2017 (Hagstofa Færeyja, 2020; Fiskeridirektorated, 2020; Marine Scotland Science, 2019; Fisheries and Oceans Canada, 2020).

	Ísland	Noregur	Færeyjar	Skotland	Kanada	Síle
Starfsmenn á 10.000 tonn	211	62	164	73	181	N/A

Í töflu 3 má sjá starfsmenn að baki hverjum 10.000 framleiddum tonnum í fiskeldi. Athygli vekur að flesta starfsmenn má finna á Íslandi eða 211, en fæsta í Noregi, 62. Í Færeyjum var fjöldi starfsmanna á hver 10.000 tonn um 164 og í Skotlandi um 73. Í Kanada hins vegar var fjöldi starfsmanna á hver framleidd 10.000 tonn um 181 árið 2017.

5 Eldisferill lax

Ýmsum aðferðum fiskræktar hefur verið beitt til þess að auka fiskgengd og afrakstur veiða. Með fiskirækt er verið að reyna að breyta náttúrulegum forsendum vistkerfis til þess að auka veiðimöguleika. Fiskeldi er það hins vegar kallað þegar maðurinn stjórnar lífs- og þroskaferli eldisfiska og fóðrar þá að öllu eða einhverju leyti. Fiskeldi er almennt skipt í strjáleldi (e. Extensive culture) og stríðeldi (e. Intensive culture). Í strjáleldi lifir fiskurinn strjált í tiltölulega stórum lónum og gengur að hluta til sjálfala, en ásetningu er stjórnað allnákvæmlega. Í stríðeldi lifir fiskurinn í manngerðu umhverfi þar sem aðstæður eru ákveðnar af manninum, meðal annars vatnsmagni, fóðri, hita, seltu, súrefni, birtu og fleiru (Rannsóknarráð ríkisins, 1986). Seiðaeldi og matfiskeldi flokkast undir stríðeldi, en hér á landi er ýmist notast við sjókvíaeldi, strandeldi og landeldi til matfiskeldis (Valdimar Ingi Gunnarsson, 2004).

Eldisferill lax byrjar í klakstöð þar sem klak á sér stað. Kviðpokaseiði eru klakin úr eggjum sínum og þau alin þar til þau byrja að synda með það að markmiði að leita sér að fæðu, þá vega þau um 30 grömm. Seiðin eru þá færð í ker þar sem þau eru fóðruð, þar er einnig framkvæmd svokölluð seltuaðlögun. Seiðin eru þar alin upp í 40 – 120 grömm, og tekur sá ferill um 8 - 16 mánuði. Gönguseiðum er svo komið fyrir í kvíar, ýmist á landi eða í sjó þar sem matfiskeldi á sér stað. Í kvíunum eru laxaseiðin alin upp í lax í matarstærð, sem tekur allt að 2 ár. Þá er laxinn tilbúinn til slátrunar og vegur að minnsta kosti 2 kíló. Eldisferill laxins er þannig um það bil 3 ár að meðaltali, en lengd eldisferilsins er mjög háð hitastigi vatnsins sem notast er við í öllu ferlinu. Laxinn vex undir eðlilegum kringumstæðum hraðar við hærra hitastig sjávar (Jones, 2004).

Sjókvíaeldi eða tímabundið sjókvíaeldi er aðferð við eldi á fiski sem náð hefur göngustærð áður en honum er sleppt í flotkvíar í sjó þar sem hann er á tímabilinu maí til desember alinn upp í matarstærð, þegar sjávarhiti og sjávarlag er viðunandi. Sláturtími er þá þar af leiðandi frá september-desember í sjókvíaeldum hér á landi (Rannsóknarráð ríkisins, 1986).

Í strandeldi er fræðilega hægt að ala fiskinn við sem næst kjörskilyrði allan eldistímann. Strandeldi er eldi í kerjum á landi þar sem eldisferli dýranna er stjórnað með því að stýra hitastigi, seltu og súrefni. Með þessari stjórnun á lífsferli fiskanna er hægt að stytta vaxtartímann og auka nýtingu eldisrýmsins. Þá er hægt að ala fleiri en eina kynslóð í einu

og tryggja jafnari slátrun yfir árið, sem ekki á við í sjókvíaeldinu. Heilbrigðis- og sjúkdómaeftirlit er einnig einfaldara í strandeldi en í sjókvíaeldi (Rannsóknarráð ríkisins, 1986).

Landeldi er tæknilega hliðstætt strandeldinu. Landeldi er frábrugðið strandeldinu á þann hátt að laxinn er alinn upp í matarstærð í fersku vatni með hitun, þá er ekki gert ráð fyrir aðgangi að söltu vatni. Vatnspörf í laxeldi er mikil, og af þeim sökum telst skynsamlegra að nota tiltækt ferskvatn til seiðaeldis eða eldis á öðrum fisktegundum sem ekki krefjast jafn mikils vatnsmagns eins og til dæmis regnbogasilungs eða bleikju (Rannsóknarráð ríkisins, 1986).

Hafbeit er önnur eldisaðferð sem ekki er stunduð í dag. Eldisferill hafbeitar, sjóeldis, landeldis og strandeldis eiga það sameiginlegt að seiðin eru alin upp í 30 grömm. Aðferðafræðin í hafbeit byggist á því að seiðunum er sleppt til sjávar í maí-júní á stöðum þar sem fullvaxinn lax getur skilað sér til baka. Fiskurinn snýr til baka eftir tíma í sjó og er þannig kominn í matarstærð á um það bil 25 mánuðum (Rannsóknarráð ríkisins, 1986). Frá og með árinu 1999 hafa öll fyrirtæki sem stunduðu hafbeit hætt starfsemi. Enginn rekstrargrundvöllur var fyrir því að stunda hafbeit, því endurheimtur voru mun minni en upprunalega var gert ráð fyrir (Fiskeldishópur AVS, 2020).

6 Markaður fyrir lax

Heimsmarkaður fyrir Atlantshafslax hefur stækkað um 5,3% síðastliðin 10 ár og hefur markaðurinn verið stærstur í Evrópu og Norður-Ameríku. Verðmæti hafa tvöfaldast, en á sama tíma hefur magn aukist um 64% á tímabilinu, sem sýnir aukna eftirspurn umfram framboð á markaðnum. Kílóverð á Atlantshafslaxi hefur hækkað á tímabilinu 2009 – 2018, en verð á eldislaxi er mjög sveiflukennt vegna þess að Atlantshafslax er eins og flestar aðrar fisktegundir, ferskvara. Framleiðsluferill eldisfyrirtækjanna er að meðaltali 3 ár og erfitt er að stjórna framboði til skamms tíma. Kílóverð á laxi getur verið breytilegt eftir löndum. Verð er einnig mismunandi eftir stærð fisksins, en meðalþyngd fisks í slátrun er 4 - 5 kílógrömm. Þá er léttari fiskur seldur með afslætti og sá þyngri með álagi (Mowi, 2019).

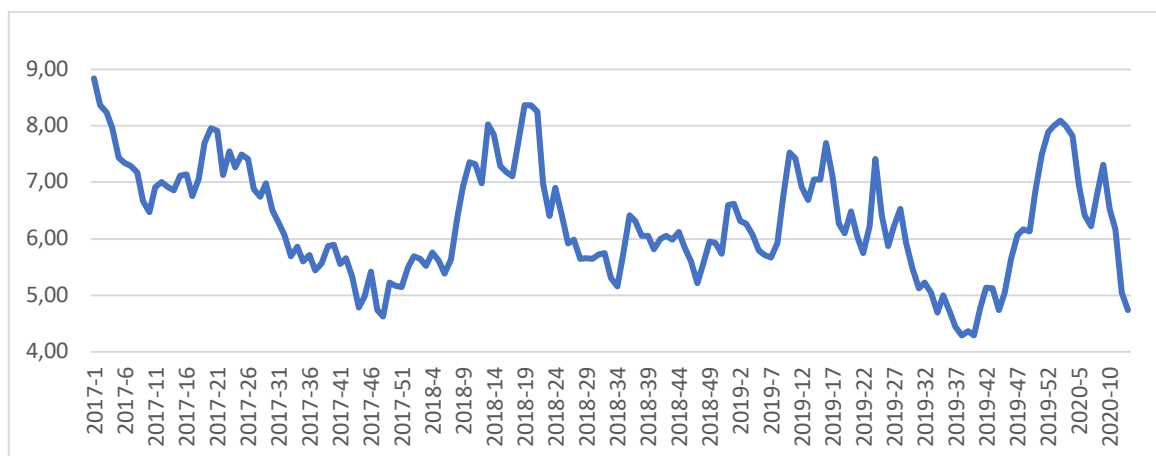
Útflutningsverðmæti lax hefur aukist gífurlega samhliða miklum vexti í greininni hér á landi. Árið 2008 voru flutt út 232 tonn af laxi og útflutningsverðmætið um hálfur milljarður, en árið 2018 nam útflutningurinn rúmum 9.636 tonnum, og verðmæti hans var um 8,8 milljarðar króna. Einnig er vert að taka fram að árið 2018 var 95,5% af eldislaxi fluttur út heill, bæði ferskur og frosinn. Með einföldum útreikningi fæst það út að meðal kílóverð sem fékkst fyrir lax hér landi árið 2018, óháð vinnsluaðferð, var um 913,24 krónur. (Hagstofa Íslands, 2019).

Margar vefsíður halda utan um verð á laxi, helstu á vegum kauphalla eins og Nasdaq og Fish Pool. Nasdaq birtir vikulegt meðalverð eftir þyngdarflokkum. Verðið er meðalverð söluverðs í útflutningi hvernar viku á ferskum slægðum laxi með haus. Nasdaq birtir einnig hvert hlutfall hvers þyngdarflokks er af heildarviðskiptum fyrir sig, miðað við viðskipti hvernar viku. Út frá þessum tölum birtir Nasdaq vísitölu sem nefnist NASDAQ Salmon Index (NQSALMON). Vísitalan er birt vikulega þar sem verð á hverjum þyngdarflokki er vigtað eftir hluta af heildarviðskiptum hvernar viku (Nasdaq, 2020).

Fish Pool birtir verðvísitölu fyrir lax sem nefnist Fish Pool Index. Útreikningur vísitölunnar tók breytingum 1. janúar 2020. Núverandi útreikningur vísitölunar er 95% byggð á tölum frá Nasdaq þar sem fengin eru kílóverð þriggja þyngdarflokka frá þrem til sex kílóum. Verð fyrir þyngdarflokkinn 3-4 kg vegur 30%, þyngdarflokkurinn 4-5 kg vegur 40% og þyngdarflokkurinn 5-6 kg vegur 30%, en viðskipti með þessa þyngdarflokka eru umsvifamest á markaðnum. Hin 5% vísitölunnar eru byggð á tölum um kílóverð á ferskum

slægðum laxi með haus sem safnaðar eru af Statistics Norway (Fish Pool, 2020a). Fyrir breytinguna 1. janúar 2020 var vísitalan 85% byggð á tölum frá Nasdaq, 10% frá Fish Pool European Buyers Index vísitölunni og 5% frá Statistics Norway. Fish Pool European Buyers Index vísitalan, eða FPEBI vísitalan, er byggð á sölutölum frá yfir 40 fyrirtækjum í 14 Evrópuríkjum. Fish Pool vísitalan hætti að nota tölur frá FPEBI vísitölunni vegna nýrrar löggjafar Evrópusambandsins varðandi viðmið í viðskiptasamningum, í kjölfar LIBOR skandalsins (Rokne, 2019).

Á mynd 3 má sjá þóun Fish Pool vísitölunnar frá ársbyrjun 2017 fram til þrettánda viku 2020. Myndin sýnir verð í evrum og ef miðað er við meðaltal kaupgengis evrunnar árið 2019 sem var 136,92 ISK/EUR, þá hefur verðið yfir tímabilið sem myndin sýnir verið lægst 587 kr og hæst 1210 kr. Meðalverðið yfir tímabilið sem fram kemur á myndinni er 865 krónur fyrir kílóíð. Meðalverð árið 2019 var 820 kr fyrir kílóíð.



Mynd 3: Verðþróun fyrir kíló af laxi í evrum samkvæmt Fish Pool vísitölunni, vika 1 2017 - vika 13 2020 (Fish Pool, 2020a).

Fish Pool birtir einnig upplýsingar um framtíðar samningsverð á laxi. Framtíðarverðið er framvirkt verð sem uppfært er hvern virkan dag og endurspeglar væntingar um verð á markaðnum 30 mánuði fram í tímann, hvern mánuð fyrir sig. Fish Pool hefur birt á vefsíðu sinni framvirkt verð fyrir desember 2022 og er það 4,99 evrur eða um 683 íslenskar krónur ef miðað er meðaltal kaupgengis evrunnar árið 2019 (Fish Pool, 2020b).

7 Tækifæri í sjókvíaeldi á Íslandi

7.1 Nýting takmarkaðra auðlinda

Laxeldi í sjó nýtir sameiginlega náttúruauðlind, hafið, í ríkum mæli. Ef til vill má segja það sama um það hafsvæði sem lagt er undir fiskeldið sjálft. Sameiginlegar náttúruauðlindir eru gæði þar sem notkun eins minnkar notagildi annars. Sjórinn sem notaður er undir sjókvíaeldi er dæmi um sameiginlega auðlind, því sjórinn flytur og tekur við fjölmörgum efnum sem nýtt eru og myndast við fiskeldi. Einnig er það hafsvæði sem notað er undir fiskeldi ekki til nota fyrir aðra.

Í umræðunni um sameiginlegar auðlindir er oft nefnt hugtakið harmaleikur almenninganna. Hugtakið er kennt við Garrett Hardin en hann gerði grein fyrir því í grein sinni *The Tragedy of the Commons* (1968). Hann hélt því fram að sameiginlegar auðlindir verða ávallt nýttar óhóflega vegna þess að einstaka fyrirtæki eða aðili mun ávallt hegða sér rökrétt og reyna að hámarka hagnað sinn með því að hámarka eigin nýtingu auðlindarinnar, sem leiðir til ofnýtingar og velferðartaps.

Laxeldi í Síle um aldamótin 2000 er raundæmi um harmleik almenninganna. Vegna framboðsbrests hækkaði heimsmarkaðsverð á laxi úr \$3 árið 2003 í \$6 árið 2006 sem skapaði mikinn hvata fyrir laxeldisfyrirtækin í Síle að auka framleiðslu sína. Framleiðslan jókst gífurlega en þróun á stýringu auðlindarinnar hélst ekki í hendur við vöxt framleiðslu, sem svo leiddi til þess að framleiðsla jókst umfram líffræðileg mörk. Þáverandi nýting auðlindarinnar rýrði framtíðar notagildi hennar. Afleiðing þessa var að framleiðni laxeldisfyrirtækjanna minnkaði sífellt vegna þess að gæði sjávarins, einkum heilnæmi hans, versnuðu á svæðinu. Meðalþyngd laxanna minnkaði, eldistími lengdist, meira fóður þurfti til að ala kíló af laxi, dánartíðni jókst og kostnaður vegna bóluefna og sýklalyfja hækkaði mikið vegna aukins fjölda fiska. Allt þetta bendir til minnkandi framleiðni í framleiðslunni, en þrátt fyrir þetta jókst framleitt magn og fyrirtækin sáu ábata í því að auka framleiðsluna vegna þess að kostnaður hvers fyrirtækis vegna minnkandi jaðarframleiðni var lægri en jaðarábati þeirra. Bent er sérstaklega á hve aðgerðum stjórnvalda varðandi stjórnun á nýtingu náttúruauðlinda var ábótavant og hve lítill hvati var til rannsókna á sviði hámröðunar á lífrænu álagi hafsvæðanna og heilbrigðis- og

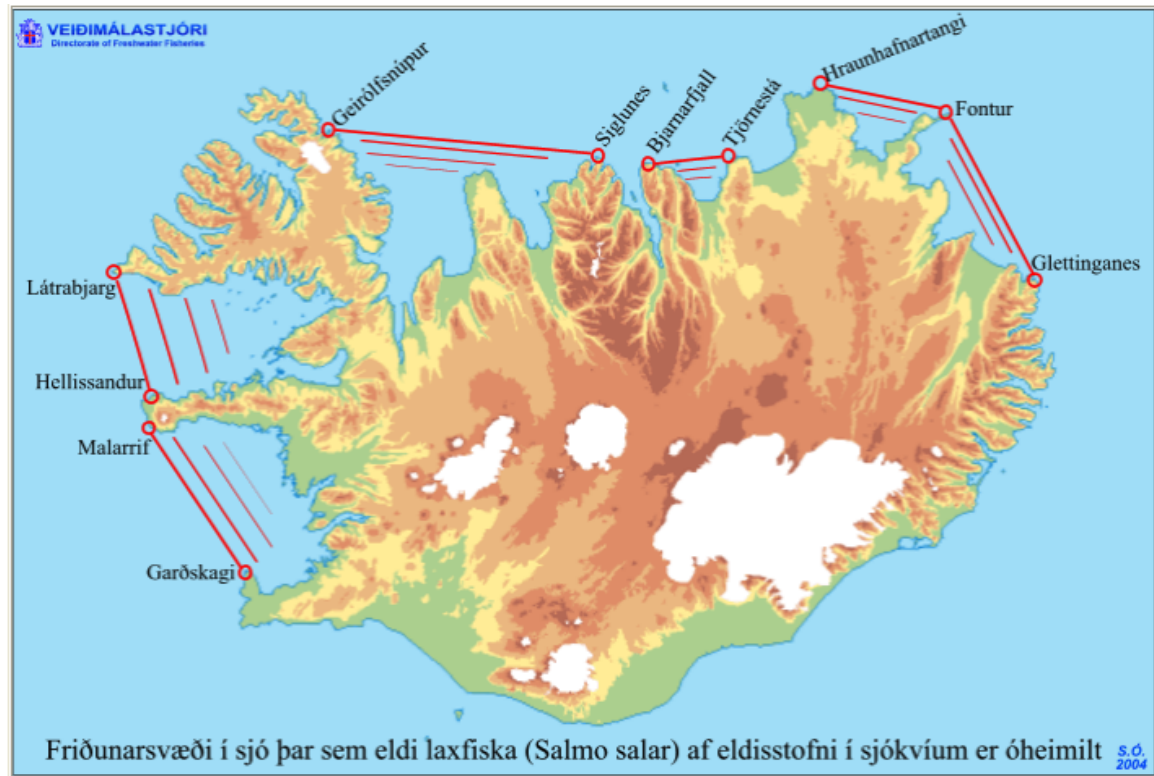
sjúkdómamálum. Þetta leiddi til þess að laxaflensa náði mikilli útbreiðslu vegna mikils lífmassa í hverri kví og vegna þess hve fjarlægð var lítil á milli eldisstöðva. Framleiðsla féll í kjölfarið úr 700 þúsund tonnum í 200 þúsund tonn og 60% laxeldisfyrirtækja í landinu hættu starfsemi og varð til þess að um 20 þúsund manns misstu vinnuna (Iizuka & Katz, 2011). Aukning í framleiðslu laxeldisfyrirtækja í Síle var þannig drifin áfram af hagnaði, sem er rökrétt af hálfu fyrirtækjanna, en stjórnun á þessari náttúruauðlind var lök og leiddi til rangnýtingar og mikils efnahagslegs tjóns á endanum.

Náttúruauðlindir eru oft ekki nýttar á þann hátt sem hagkvæmast er, og er meginorsök þess sú að margar náttúruauðlindir eru ekki í séreign. Séu þær það ekki geta ekki orðið viðskipti með þær og markaðsverð myndast ekki. Notkun á náttúruauðlindum er gegnsýrð ytri áhrifum sem skapa óhagkvæmni í nýtingu þeirra. Ytri áhrif eru eitt stærsta vandamál sameiginlegra auðlinda. Ástæðan fyrir þessum ytri áhrifum, og þar með óhagkvæmri nýtingu náttúruauðlinda, er einmitt skortur á séreignarrétti. Ef ekki væri fyrir skort á honumi þyrfti ekki að hafa áhyggjur af ofnýtingu náttúruauðlinda, vegna þess að ef öll gæði væru í séreign væri ómögulegt að hafa lögleg ósamþykkt áhrif á hag annarra nema gegn bótum. Óbætt ytri áhrif væru ekki lengur til staðar og markaðsviðskipti tækju við af ytri áhrifum. Ef eignarréttur er ekki til staðar er gildandi verð oft brenglað, og mælir ekki jaðarkostnað samfélagsins við notkun náttúruauðlindanna. Þar af leiðandi verður verðið gagnvart neytandanum oft en ekki lægra en það ætti að vera sem leiðir til ofnýtingar. Vegna þessara vandamála er talað um stjórnun á nýtingu náttúruauðlinda sem ekki eru í séreign, en með skynsamlegri auðlindastjórnun er verið að skapa hvata til hagkvæmrar nýtingar auðlindarinnar (Ragnar Árnason, 2004). Yfirvöld á Íslandi hafa farið þá leið í stjórnun á nýtingu þessarar náttúruauðlindar að takmarka framleiðslu laxeldisfyrirtækja með því að banna fiskeldi á ákveðnum hafsvæðum og veita laxeldisfyrirtækjum afnotarétt í formi rekstrarleyfa sem haldast í hendur við burðarþolsmat og áhættumat erfðablöndunar.

7.2 Takmarkandi þættir

Eldi laxfiska í sjókvíum er ekki heimilt við allar strendur landsins, sjókvíaeldi er óheimilt á ákveðnum hafsvæðum en bannið var sett á með það að markmiði að vernda villta laxastofna. Þessi svæði eru: Faxaflói, Breiðafjörður, Húnaflói, Skagafjörður, svæði við Skjálfanda og svæði á Norðausturlandi. Með þessu banni er verið að koma í veg fyrir það

að stundað sé sjókvíaeldi í nágrenni við stærri laxveiðiár. (Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, 2014). Á mynd 5 má sjá þessi svæði.



Mynd 4: Svæði þar sem eldi laxfiska í sjókvíum er óheimilt (Landbúnaðarráðuneytið, 2004).

Svæði sem eftir standa eru Vestfirðir, Austfirðir, Eyjaförður, Öxarfjörður og Suðurland. Þó eldi í sjókvíum í Öxarfirði og á Suðurlandi sé heimilt má reikna með því að þar verði ekki stundað sjókvíaeldi í nágrenni framtíð vegna landfræðilegra ástæðna, miðað við núverandi eldisbúnað. Reglugerðir kveða einnig á um að 5 kílómetrar skuli vera á milli sjókvíaeldisstöðva.

Hverjum firði, þar sem leyfilegt er að stunda laxeldi fylgir burðarþolsmat. Burðarþolsmat er framkvæmt af Hafrannsóknastofnun þar sem metið er þol fjarða eða hafsvæða til að taka við auknu lífrænu álagi án þess að það hafi óæskileg áhrif á lífríkið. Ráðherra ákveður hvaða firði og hafsvæði skuli meta til burðarþols og hvenær. Lífmassi eldisfisk hvers rekstrarleyfis skal að hámarki vera það sem tekið er fram í burðarþolsmati. Áhættumat er einnig framkvæmt af Hafrannsóknastofnun en með því er reynt að koma í veg fyrir spjöll á viltum laxastofnum. Í áhættumati gerir Hafrannsóknastofnun tillögu um hámarks magn frjórna laxa á hverju hafsvæði hverju sinni og rekstrarleyfin þurfa að vera í samræmi við það (Lög um fiskeldi nr. 71/2008).

7.3 Framtíðarframleiðsla

Tíu firðir og hafsvæði hafa nú verið metnir til burðarþols af Hafrannsóknarstofnun, og leyfir matið samtals allt að 144.500 tonna lífmassa af eldisfiski á ári. Ekki er um endanleg burðarþolsmörk að ræða, burðarþol fjarða og hafsvæða er endurmetið með nokkurra ára millibili. Burðarþol fjarða og hafsvæða á Vestfjörðum er 82.500 tonn, þar af 20.000 tonn í Patreks- og Tálknafirði, 20.000 tonn í Arnarfirði, 10.000 tonn í Dýrafirði og 30.000 tonn í Ísafjarðardjúpi (Macrander, Héðinn Valdimarsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, & Hafsteinn G. Guðfinnsson, 2017). Nýlega var metið burðarþol Önunafjarðar og ákvað Hafrannsóknastofnun að hámarkslífmassi skyldi vera 2.500 tonn (Hafrannsóknastofnun, 2018a). Á Austfjörðum er burðarþolið 62.000 tonn, þar af 20.000 tonn í Reyðarfirði, 15.000 tonn í Fáskrúðsfirði og 10.000 tonn í Berufirði (Héðinn Valdimarsson, 2017). Nýlega var metið burðarþol Stöðvarfjarðar og Seyðisfjarðar en þar er hámark lífmassa 7.000 tonn og 10.000 tonn (Hafrannsóknastofnun, 2018b; 2017). Ekki liggur fyrir burðarþolsmat fyrir Norðfjarðaflóa og Mjóafjörð á Austfjörðum, Eyjafjörð á Norðurlandi, Öxarfjörð á Norðausturlandi og Jökulfirði við Hornstrandir á Vestfjörðum. Framundan hjá Hafrannsóknastofnun er að meta sameiginlegt burðarþol Mjóafjarðar og Norðfjarðarflóa sem og burðarþol Eyjafjarðar. Óljóst er hvert heildar burðarþolsmat fjarða og hafsvæða við strendur Íslands gæti endanlega orðið, en talið er að heildarburðarþolsmatið gæti nálgast 200.000 tonn (Helgi Bjarnason, 2017).

Áhættumat sem framkvæmt er af Hafrannsóknastofnun er tillaga um magn af frjóum laxi sem leyfilegt er að ala hverju sinni á hverju hafsvæði fyrir sig. Hafrannsóknastofnun framkvæmdi áhættumat fyrst árið 2017 þar sem niðurstöður voru þær að hægt væri að leyfa 71.000 tonna framleiðslu af frjóum eldislaxi við strendur landsins. Því til viðbótar var tekið fram að óhætt væri að ala 61.000 tonn af ófrjóum laxi til viðbótar við frjóa laxinn, eða upp að þáverandi burðarþolsmörkum íslenskra hafsvæða (Ragnar Jóhannsson, Sigurður Guðjónsson, Agnar Steinarsson, & Jón Hlöðver Friðriksson, 2017). Áhættumatið var uppfært árið 2020 í kjölfar þess að fleiri firðir fengu burðarþolsmat. Þá var ráðlagt að eldismagn yrði ekki meira en 106.500 tonn, þar af 64.500 tonn á Vestfjörðum og 42.000 tonn á Austfjörðum. Þar er einnig tekið fram að ef notuð eru 400 gramma seiði má auka hámarkslífmassa í þrem fjörðum um samtals 6.000 tonn. Með notkun 400 gramma seiða er hámarks eldismagn við strendur Íslands samkvæmt áhættumati 112.500 tonn. Í uppfærða matinu er miðað við að framleiðsla sé 80% af hámarkslífmassa, sem í fyrra mati

var í hlutfallinu 1:1. Raunaukning leyfilegs eldismagns var því 20% (Hafrannsóknastofnun, 2020).

Ekki er búið að finna viðunandi aðferð til að gera lax ófrjóan en tvær aðferðir hafa verið í þróun. Annars vegar að notast við bóluefni gegn kynþroska og hins vegar svokölluð þrýstímeðhöndlun hrognna sem veldur því að hrogn verði þrílitna í stað tvílitna, en þrílitna lax getur ekki fjölgað sér. Tilraunir á erfðbreytingum sem þessum eru mikið dýavelferðarmál, til að mynda eru líkur á að erfðabreyttur lax vanskapist ef ekki er farið að með mikilli aðgát í eldisferlinu (Leó Alexander Guðmundsson, 2018). Þróun og tilraunir með ófrjóan lax hafa verið unnar af Norðmönnum í nokkra áratugi, án árangurs á iðnaðarskala, og hafa tilraunir með slíkan lax nær lagst af. Óljóst er hvort eldi á ófrjóum laxi verði raunhæfur valkostur í laxeldi í náinni framtíð. Áður er slíkt eldi getur átt sér stað þarf að yfirstíga þó nokkrar líffræðilegar hindranir. Mikil óvissa ríkir um viðbrögð markaðarins, hvort neytendur vilji kaupa erfðabreyttan eldisfisk (Valdimar Ingi Gunnarsson, 2020). Það er því ljóst að áhættumat Hafrannsóknastofnunnar takmarkar eldismagn í sjókvíum. Framleiðsla á laxi mun því aldrei fara yfir gildandi áhættumat erfðablöndunar nema að framþróun verði í tækni á eldi á ófrjóum laxi.

Ekki liggur fyrir hve umfangsmikið laxeldi í sjókvíum verður þegar búið er að burðarþolsmeta öll leyfileg hafsvæði hér við land. Miðað við núverandi aðstæður, tækni og búnað líta burðarþolsmat og áhættumat landsins út eins og í töflu 4. Áhættumatið sýnir hámarkseldismagn frjórna laxa, sem eykst ef notuð eru 400 gramma seiði. Burðarþolsmatið sýnir hámarks lífmassa sem hafsvæði geta líffræðilega tekið á móti að mati Hafrannsóknastofnunnar. Þessi matsvinna setur takmörk á mögulega framleiðsluaukningu, en eins og áður hefur verið nefnt miðar mat við núverandi aðstæður og búnað. Ef tækniframfarir eiga sér stað í þessari ungu atvinnugrein er líklegt að síðari tíma mat leyfi meiri framleiðslu í framtíðinni.

Tafla 4: Leyfilegur lífmassi í sjókvíum um land allt samkvæmt áhættumati og burðarþolsmati.

	Áhættumat	Burðarþolsmat
Vestfirðir	64.500 (+2.000)	82.500
Austfirðir	42.000 (+4.000)	62.000
Samtals	112.500	144.500

Þegar litið er til rekstrarleyfa í umsóknarferli hjá Matvælastofnun og skipulagsnefndum má sjá að áform laxeldisfyrirtækjanna eru afar metnaðarfull. Í töflu 5 má sjá þau rekstrarleyfi sem Matvælastofnun hefur gefið út, umsóknir um breytingar á núverandi rekstrarleyfum þar sem laxeldisfyrirtækin sækja um leyfi fyrir auknu magni og svo má sjá umsóknir um ný rekstrarleyfi sem og væntanlegar umsóknir sem eru í ferli hjá Skipulagsstofnun (Hjörtur Methúsalemsson, Matvælastofnun, tölvupóstur 16. apríl 2020). Ef töflur 4 og 5 eru bornar saman má sjá að núverandi gild rekstrarleyfi skarast ekki við núverandi áhættumat, en áform laxeldisfyrirtækjanna og núverandi gild rekstrarleyfi samanlagt, eru umfram bæði áhættumat og burðarþolsmat.

Tafla 5: Leyfilegt eldismagn samkvæmt gildum rekstrarleyfum og rekstrarleyfum í umsókn.

	Rekstrarleyfi í gildi	Umsóknir um breytingar á rekstrarleyfum	Umsóknir um ný rekstrarleyfi	Samtals
Vestfirðir	33.800	10.300	28.800	72.900
Austfirðir	26.800	4.000	25.000	55.800
Eyjafjörður	0	0	20.000	20.000
Öxarfjörður	1.000	0	0	1.000
Samtals	61.600	14.300	73.800	149.700

7.4 Efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis

Þegar rannsókuð eru áhrif tiltekinnar framkvæmdar á hagkerfið er yfirleitt litið til þeirra þátta sem hafa áhrif á hagkerfi tiltekinnar svæðis. Sem dæmi um þætti sem oft er litið til má nefna störf, laun, virðisauka og hagnað og tekjur fyrirtækja. Mögulegt er að skoða hvern þátt fyrir sig, en val á þáttum sem litið er til er breytilegt eftir eðli rannsóknarinnar. Sé litið til efnahagslegra áhrifa ber helst að líta til virðisauka, sem er summa launa og hagnaðar. Þessi virðisauki er til kominn vegna þess að fyrirtækin auka virði aðfanga þegar þeim er breytt í afurðir í framleiðslunni. Virðisauki er þannig það sem eftir stendur þegar framleiðslan hefur átt sér stað og skilar sér í launum og hagnaði (Weisbrod & Weisbrod, 1997). Virðisaukinn, summa launa og hagnaðar telst til beinna efnahagslegra áhrifa vegna þess að þau eru bein afleiðing verkefnisins. Þegar fjallað er um laun í þessu samhengi er átt við launagreiðslur, það er öllu því sem skilað er til baka til vinnuaflsins og þar með eru talin launatengd gjöld eins og tryggingagjald, greiðslur í lífeyrissjóði og viðbótarlífeyrissparnað, svo eitthvað sé nefnt. Þegar rætt er um hagnað er átt við rekstrarhagnað, það eru rekstrartekjur að frádregnum rekstrarkostnaði.

Þegar efnahagsleg áhrif eru skoðuð þarf að hafa í huga að þeir sem stunda laxeldi reiða sig á aðföng og afurðir frá öðrum atvinnugreinum í hagkerfinu til þess að mynda virðisauka. Þannig myndast aukinn virðisauki annarsstaðar í hagkerfinu vegna viðskipta laxeldisfyrirtækjanna við aðrar atvinnugreinar. Viðbótarvirðisauki vegna óbeinna áhrifa takmarkast við getu tengdu fyrirtækjanna til þess að afla sér aukins vinnuafls og fjármagns. Hugsanlegt er að tengt fyrirtæki eða atvinnugrein sé að fullnýta vinnuafli og fjármagn fyrir komu verkefnisins. Í þeim tilfellum er viðbótarvirðisauki litill. Þetta nefnast óbein efnahagsleg áhrif og eru oft reiknuð sem margfeldi beinna efnahagslegra áhrifa. Óbein efnahagsleg áhrif fiskeldis hafa ekki verið rannsókuð hér á landi, en rannsakað hefur verið óbeint framlag sjávarútvegs á Íslandi til vergrar landsframleiðslu. Í þeirri rannsókn voru fengnar fjárhagslegar upplýsingar frá fyrirtækjum sem áttu í viðskiptum við sjávarútveginn og á þeim grundvelli áætlað hver hlutdeild sjávarútvegs væri í heildarveltu þeirra og virðisauka. Niðurstöður þeirrar rannsóknar voru þær að óbeint framlag sjávarútvegs stóð undir rétt rúmlega 42% af samanlögðu beinu og óbeinu framlagi til vergrar landsframleiðslu (Sigfusson, Arnason, & Morrissey, 2013). Vegna

skyldleika atvinnugreinanna má álykta að óbeinn virðisauki fiskeldis sé svipaður og óbeinn virðisauki hefðbundins sjávarútvegs en þó, en líklega þó eilítið minni.

Máli skiptir að einnig sé litið til svokallaðra eftirspurnaráhrifa eða margföldunaráhrifa, það er þeirra áhrifa sem atvinnugreinin og tengdar atvinnugreinar hafa á hagkerfið í formi þess að hagnaði fyrirtækjanna og tekjum starfsmanna sé varið til kaupa á vörum og þjónustu, sem svo stuðlar að frekari framleiðslu og þar af leiðandi auknum virðisauka annars staðar í hagkerfinu. Viðbótarvirðisauki sem skapast vegna eftirspurnaráhrifa takmarkast hins vegar af innlendri framleiðslugetu og hlutdeild eftirspurnar eftir innfluttum vörum og þjónustu. Erfitt er að meta umfang þessara eftirspurnaráhrifa, en þau geta verið umtalsverð vegna keðjuverkunar í hagkerfinu. Ef miðað er við innflutningshneigð eru eftirspurnaráhrifin líklega á milli 50% og 100% af beinum og óbeinum áhrifum (Sigfusson, Arnason, & Morrissey, 2013). Mat á framlagi sjávarklasans í Bresku-Kólumbíu til landsframleiðslu þar í landi leiddi í ljós að eftirspurnaráhrif vegna sjávarklasans voru tæplega 30% af beinum og óbeinum áhrifum (GSGislason & Associates, 2007). Ekki eru til haldbærar rannsóknir um eftirspurnaráhrif fiskeldis á Íslandi og óvissan um áhrif þeirra mikil. Af þeim ástæðum verður miðað hér við að eftirspurnaráhrifin séu á bilinu 30% til 50% af beinum og óbeinum áhrifum.

Til þess að rannsaka mögulegan virðisauka aukins sjókvíaeldis þarf fyrst að líta til tekna laxeldisfyrirtækjanna. Framleiðsla á laxi í sjókvíum árið 2019 var 25.316 tonn af óslægðum laxi (Gísli Jónsson, 2020). Ef miðað er við núverandi aðstæður getur hámarks lífmassi við strendur Íslands orðið 112.500 tonn samkvæmt áhættumati. Ólíklegt er að eldisfyrirtækjunum takist að framleiða nákvæmlega jafn mikið og hámarkslífmassi segir til um, minni framleiðni, heilbrigði laxanna, hitastig sjávar og aðrar ytri aðstæður geta haft áhrif þar á. Þess vegna áætla Hafrannsóknastofnun að árleg framleiðsla sé aðeins 80% af mesta lífmassa, eins og kom fram í kafla 7.3. Möguleg hámarks framleiðsla hér á landi miðað við núverandi aðstæður er þá 90.000 tonn og möguleg framleiðsluaukning í sjókvíum er þannig 64.684 tonn. Eins og áður hefur komið fram er óljóst hvert endanlegt hámark eldismagns gæti orðið við strendur Íslands, þannig að hér verða dregnar upp nokkrar sviðsmyndir sem taka mið af aukningu á framleiddu magni. Miðað verður við meðalverð fyrir kíló af laxi árið 2019 á meðalkaupgengi evru sama ár, sem er 820 krónur kílóíð, eins og tilgreint var í kafla 6. Þar sem heimsmarkaðsverð á laxi miðast við kíló af

slægðum laxi, en framleiðsla er talin í kílóum af óslægðum laxi, þarf að nota slægingarstuðul sem gefinn er út af Fiskistofu fyrir lax, sem er 0,8 (Fiskistofa, 2020). Það að fiskur sé slægður þýðir að búið er að fjarlægja innfyli og annað úr fiskinum og hann tilbúinn til útflutnings. Slægingarstuðull 0,8 þýðir þá að gert sé ráð fyrir að innfyli laxins vegi 20% af lífþyngd hans. Slóg laxins er hinsvegar ekki verðlaust. Hægt er að nýta slóg, og annað sem fellur til við vinnslu laxins, til aukinnar verðmætasköpunar. Úr slógi og öðrum hliðarafurðum sem falla til er til dæmis hægt að vinna fiskimjöl, fiskiolíu, snyrtivörur, lyf og áburð svo eitthvað sé nefnt. Í Skotlandi var gerð rannsókn árið 2015 þar sem verðmæti allra hliðarafurða við vinnslu á eldislaxi voru metin. Hliðarafurðir eru til dæmis slóg, afskurður, beingarður, blóð og hausar. 76.052 tonn af hliðarafurðum féllu til við vinnsluna árið 2015 og voru verðmæti þeirra 3.371.992 sterlingspund. Meðalkaupgengi sterlingspundsins árið 2019 var 156,11, og ef það er notað sem viðmið fengust um það bil 6.921,6 krónur fyrir hvert tonn af hliðarafurð (Stevens, Newton, Tlusty, & Little, 2018).

Til þess að meta mögulegan hagnað laxeldisfyrirtækjanna liggur beinast við að líta til nágranna okkar í Noregi. Norska sjávarútvegsráðuneytið hefur frá árinu 1982 gefið út árlega skýrslu um fiskeldi. Skýrslan samanstendur af fjárhagslegum upplýsingum frá um 88% allra laxeldisfyrirtækja í landinu, smáum sem stórum og telst því skýrslan vera lýsandi fyrir atvinnugreinina í landinu. Rekstrarhagnaður norsku matfiskeldisfyrirtækjanna hefur verið umtalsverður síðastliðin 3 ár og nam að meðaltali fyrir hvert laxeldisfyrirtæki um 270,5 milljónum norskra króna árið 2018. Rekstrarhagnaðarhlutfallið, hlutfall rekstrarhagnaðar af sölutekjum árið 2018 var 32,4% (Fiskeridirektoratet, 2018).

Árið 2017 var launakostnaður á hvern starfsmann í fiskeldi hér á landi rétt rúmlega 700 þúsund krónur á mánuði, ef miðað er við heildarlaunakostnað greinarinnar og fjölda launþega hjá fiskeldisfyrirtækjum (Hagstofa Íslands, 2019). Erfitt er að meta út frá íslenskum gögnum hve mörg störf skapast á hver framleidd 10.000 tonn vegna þess að íslenskt fiskeldi er á bernskuskeiði vaxtatímabils í samanburði við nágranna okkar í Færeyjum og Noregi, þar sem framleiðsla hefur verið nokkuð stöðug síðastliðin ár. Tímabilið 2012 – 2018 hefur árleg framleiðsla á eldislaxi í Færeyjum verið á milli 60.000 – 72.000 tonn. Á þessum árum hefur meðalfjöldi starfsmanna á hver framleidd 10.000 tonn verið rúmlega 145 (Hagstofa Færeyja, 2020). Í Noregi hinsvegar, þar sem framleiddar eru

rúmlega 1,3 milljónir tonna á ári, hefur meðalfjöldi starfsmanna á hver framleidd 10.000 tonn á sama tímabili verið rúmlega 53 (Fiskeridirektoratet, 2020). Þar í landi er atvinnugreinin mjög þroskuð, auk þess sem mikil hagræðing hefur átt sér stað. Í útreikningum í töflu 6 verður þá miðað við það að fyrir hver framleidd 10.000 tonn skapist um 100 störf á Íslandi

Miðað við ofangreindar forsendur verða dregnar fram sviðsmyndir í töflu 6 sem sýna heildar efnahagsleg áhrif aukins laxeldis hér á landi um 25.000 tonn, 100.000 tonn, 250.000 tonn og 500.000 tonn. Einnig verður dregin fram sviðsmynd sem sýnir aukningu um 64.684 tonn sem er það magn sem mögulegt er að auka framleiðslu um, miðað við núverandi aðstæður.

Tafla 6: Sviðsmyndir sem taka mið af framleiðsluaukningu (tölur eru í milljónum króna).

Framleiðsluaukning í tonnum:	25.000	64.684	100.000	250.000	500.000
Tekjur fyrirtækjanna	16.400	42.433	65.600	164.000	328.000
Tekjur fyrirtækjanna vegna hliðarafurða	34,6	89,5	138,4	346,1	692,2
Hagnaður fyrirtækjanna	5.325	13.777	21.299	53.248	106.496
Laun	2.120	5.484	8.478	21.195	42.390
Virðisauki	7.444	19.261	29.777	74.443	148.886
Óbein áhrif	4.008	10.371	16.034	40.085	80.170
Margföldunaráhrif	4.581	11.853	18.324	45.811	91.622
Heildar efnahagsleg áhrif	16.034	41.485	64.136	160.339	320.678

Eins og mynd 3 í kafla 6 sýndi er heimsmarkaðsverð fyrir lax afar sveiflukennt. Verð fyrir lax hefur áhrif á heildarvirðisauka vegna þess að þegar heimsmarkaðsverð fyrir lax lækkar minnkar hagnaður laxeldisfyrirtækjanna, hagnaður minnkar þannig línulega í beinu samræmi við lækkandi heimsmarkaðsverð. Heildarlaun verða ekki fyrir áhrifum verðbreytinga að því gefnu að laxeldisfyrirtækin dragi ekki úr vinnuafli í kjölfar verðbreytinga. Hér verður tekið dæmi um hvaða áhrif 20% verðhækkun, úr 820 kr/kg. í

984 kr/kg. og 20% verðlækkun, úr 820 kr/kg. í 656 kr/kg. hafa á heildarvirðisauka sem myndast við aukið laxeldi.

Tafla 7: Næmnitafla fyrir heildarvirðisauka sem tekur mið af 20% hærra og lægra heimsmarkaðsverði á kíló af laxi (tölur eru í milljónum króna).

		Framleiðsluaukning í tonnum:				
		25.000	64.684	100.000	250.000	500.000
Verð kr/kg.	656	13.745	35.563	54.980	137.450	274.899
	820	16.034	41.485	64.136	160.339	320.678
	984	18.323	47.408	73.291	183.228	366.457

Eins og sjá má í töflu 7 leiðir til dæmis 20% lækkun heimsmarkaðsverðs úr 820 kr/kg. í 656 kr/kg. til 14,3% breytingar á heildarvirðisauka, sem 100.000 tonna aukning í framleiðslu myndar úr 64.136 milljónum króna í 54.980 milljónir króna.

Til þess að setja heildar efnahagsleg áhrif aukins laxeldis í samhengi má nefna til dæmis að samkvæmt heimildum frá Hagstofu Íslands var beint framlag hefðbundins sjávarútvegs 5,6% af landsframleiðslu Íslands árið 2018. Þar af voru fiskveiðar 3,2% og fiskvinnsla 2,4% (Hagstofa Íslands, 2020a). Margföldunarstuðull óbeinna áhrifa og eftirspurnaráhifa fyrir sjávarútveg er áætlaður um 2,4 ef miðað er við skýrslu Sigfussonar, Arnasonar og Morissey (2013). Heildarhlutdeild hefðbundins sjávarútvegs í landsframleiðslu með tilliti til óbeinna áhrifa og eftirspurnaráhrifa er þá um 13,44%. Beint framlag hefðbundins sjávarútvegs til vergrar landsframleiðslu var þannig um 156.971 milljónir króna og heildarframlag um 376.730 milljónir króna árið 2018.

8 Ytri áhrif

Ytri áhrif er hagfræðihugtak sem skilgreint er sem athafnir tiltekins aðila sem hafa áhrif á aðra aðila sem fara ekki í gegnum verðkerfið (e. Non-pecunairy). Ytri áhrif geta verið jákvæð og neikvæð og geta verið til komin vegna neyslu eða framleiðslu vöru og þjónustu. Þessi jákvæðu eða neikvæðu ytri áhrif gera það að verkum að þessar ákvarðanir einstaklinga hámarka ekki hag samfélagsins í heild. Markaðsverð endurspeglar þá ekki heildarábata viðskiptanna eða heildarframleiðslukostnað vegna óhagkvæmni af völdum ytri áhrifanna (Buchanan & Stubblebine, 1962).

8.1 Neikvæð ytri áhrif sjókvíaeldis

Neikvæð ytri áhrif sem myndast vegna eldis á laxi í sjókvíum eru meðal annars genablöndun og annarskonar spjöll á villtum laxastofnum, mengun vegna lyfjameðferða og önnur mengun af völdum eldisins, meðal annars vegna aukins lífræns álags og vegna sjúkdóma og laxalúsar (Asche & Khatun, 2006). Þessi neikvæðu ytri áhrif sem stafa af sjókvíaeldinu valda tjóni fyrir aðra, og sem dæmi þar um má nefna íslensk veiðifélög og leigusala laxveiðiréttinda.

Hagfræðistofnun (2018) lagði nýlega mat á efnahagslegt virði lax- og silungsveiða. Virðisauki greinarinnar, landsframleiðsla sem rekja mátti beint til veiðanna var 8.729 milljónir. Hagfræðistofnun notaði tekjumargföldunarstuðulinn 3,0 til að meta óbeinan virðisauka sem myndast annars staðar í hagkerfinu vegna stangveiðanna en líklegt er að þessi margföldunarstuðull sé mun lægri eða nær 1,5 – 2,0 þar sem margfaldari fyrir sjávarútveg er 2,4 sem er mun lægri en 3,0 og afar ólíklegt er að margfaldari laxveiða sé hærri en sá sem notaður er fyrir sjávarútveg. Þannig verður metið hér sem svo að heildar landsframleiðsla sem rekja má til stangveiða sé rúmlega 14.839 milljónir. Viðtöl voru tekin við forsvarsmenn veiðifélaganna í rannsókninni, samkvæmt þeim og mati Hagfræðistofnunnar, má ætla að helsti ógnvaldur við afkomu veiðifélaganna sé laxeldi í sjó. Ógnin stafar af því að veiði á erfðablönduðum laxi hefur áhrif á ánægju veiðimannanna og þar af leiðandi eftirspurn eftir veiðileyfum.

Í Noregi hefur nýlega verið rannsakað umfang erfðablöndunar eldislax við villta laxastofna þar í landi. Tekin voru sýni úr 147 norskum ám, sem er um þrír fjórðu hlutar af þeim ám þar sem villtir laxastofnar eru til staðar í, og fannst marktæk erfðablöndun í

helmingi ána. Úr 109 ám voru tekin sýni úr yfir 20 löxum og í 27 ám var hlutfall erfðablöndunar hærra en 10%. Meðaltal erfðablöndunar úr öllum ánum var 6,4%, erfðablöndunin var lægst 0% og hæst 42,2% (Karlsson, Diserund, Fiske & Hindar, 2016). Erfðablöndun eldislax við villtan lax getur leitt til minni erfðabreytileika í villtu laxastofnunum og þannig haft áhrif á lífshæfni þeirra. Slysasleppingum sem hlutfall af fjölda laxa í hverri eldisstöð hefur farið fækkandi síðastliðin ár í Noregi en slysasleppingum í heild fækkar ekki vegna aukinnar framleiðslu og auknum fjölda eldisstöðva þar í landi (Glover et al., 2017). Jákvætt samband er á milli aukinnar framleiðslu eldislax og laxalúsar sem finnst í villtum löxum í Noregi. Villtur lax getur smitast af laxalús frá eldislöxum þó svo að villti laxinn sé ekki í nálægð við laxeldisstöð. Sýnt hefur verið fram á að greiðsluvilji stangveiðimanna minnki þegar hlutfall eldislaxa í ám eykst, en hinsvegar í öðrum tilfellum eykst heildarfjöldi laxa í ám vegna tilkomu eldislaxa sem gæti aukið ánægju stangveiðimanna við veiði og þar af leiðandi aukið eftirspurn eftir veiðileyfum (Liu, Olaussen, & Skonhøft, 2011). Umfang neikvæðu ytri áhrifanna á stangveiði af völdum laxeldis eru þannig afar óljós. Neikvæð ytri áhrif vegna laxeldis á stangveiði geta þó að hámarki verið sá heildarvirðisauki sem greinin myndar sem er um 14.839 milljónir króna. Í því tilfalli leggst stangveiði sem atvinnugrein alfarið niður í kjölfar neikvæðu ytri áhrifanna, sem verður að teljast fremur ólíklegt. Vegna þess hve óljóst er hvert umfang neikvæðu ytri áhrifanna kunna að vera er mögulegt að meta það sem svo að neikvæð ytri áhrif á stangveiði af völdum laxeldis sé að lágmarki 2% af heildarvirðisauka stangveiða og að hámarki 30%, sem samsvarar að lágmarki 296,8 milljónum króna og að hámarki 4.451,7 milljónum króna virðisaukatapi stangveiða af völdum laxeldis. Ljóst er þó að neikvæðu ytri áhrifin aukast með aukinni framleiðslu því með auknum lífmassa í eldisstöðvum eykst laxalús og líkur á erfðablöndun.

Þegar borinn er saman heildarvirðisauki sem myndast vegna stangveiðanna og heildarvirðisauki sem myndast vegna mögulegrar framleiðslu eldislax má sjá að mögulegur heildarvirðisauki framleiðsluaukningar eldislax er í flestum tilvikum mun meiri en sá sem myndast vegna stangveiðanna, ef litið er til dæmis í töflu 6. Ef framleitt magn eldislax eykst til dæmis um 500.000 tonn og miðað er við að 820 krónur fáið fyrir kílóíð, er heildarvirðisauki sem myndast vegna framleiðsluaukningarinnar rúmlega tuttugfalt það virðisaukatap sem yrði færi svo að öll stangveiði í landinu legðist niður í kjölfarið, og allur virðisauki sem myndast vegna stangveiðanna glataðist.

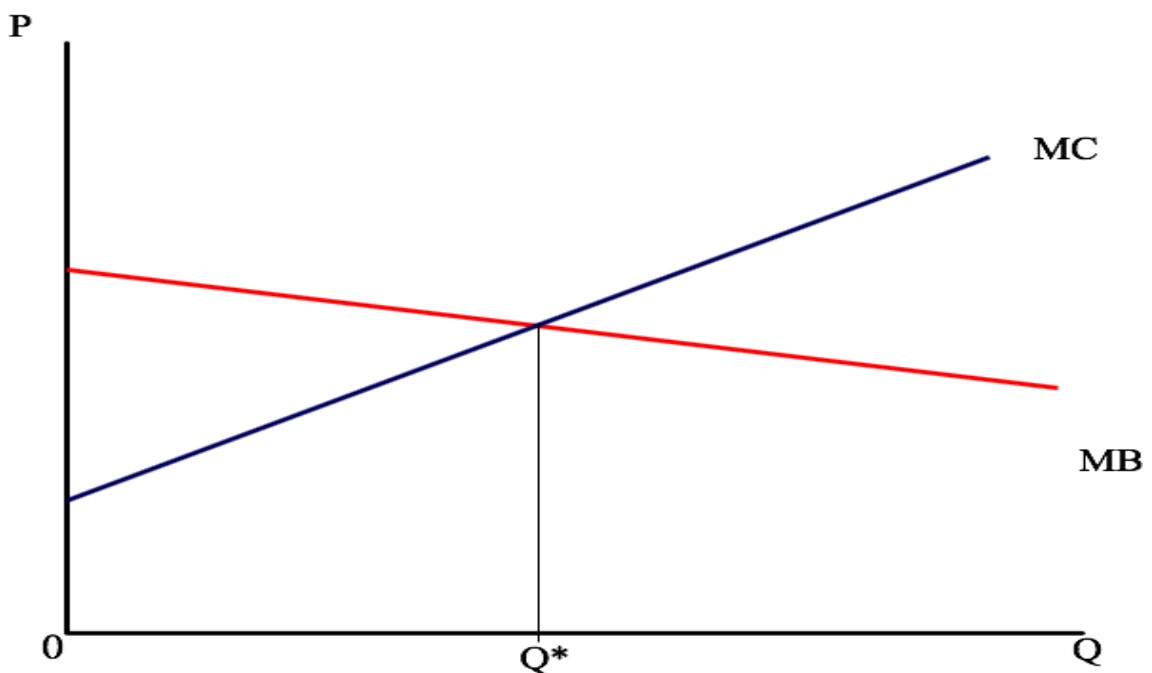
Sé gert ráð fyrir því að laxeldi valdi neikvæðum ytri áhrifum á stangveiði er greinilega spurning um hagkvæmasta umfang hvorrar greinar fyrir sig. Til að gera nánar grein fyrir þessu má gera við ráð fyrir að ábati laxeldis, það er virðisaukinn sem aukin framleiðsla myndar sé fallið $B(q)$, þar sem q er framleiðslumagn laxeldis. Kostnaður vegna ytri áhrifanna sem myndast vegna eldisins, það er lækkun þess heildarvirðisauka sem stangveiði myndar sé fallið $C(q)$. Þjóðhagslega vandamálið er þá að velja hagkvæmasta framleiðslumagn laxeldis. Formlega er þetta vandamál ritað svona:

$$\text{Max } q = B(q) - C(q)$$

Lausnin finnst þá þar sem

$$MB(q) - MC(q) = 0$$

Þar sem MB er jaðarábati framleiðslu laxeldis og MC er jaðarkostnaður stangveiða vegna neikvæðu ytri áhrifa laxeldis. Þessu má einnig lýsa myndrænt eins og gert er á mynd 5. Myndin sýnir jaðarábata laxeldisfyrirtækjanna við aukna framleiðslu, MB, og jaðarkostnað stangveiðanna við aukna framleiðslu laxeldisfyrirtækjanna, MC. Y-ás sýnir heildarvirðisauka, P, og X-ás sýnir magn laxeldis, Q. Hagkvæmasta magn laxeldis er við Q^* þar sem MB er jafn MC.



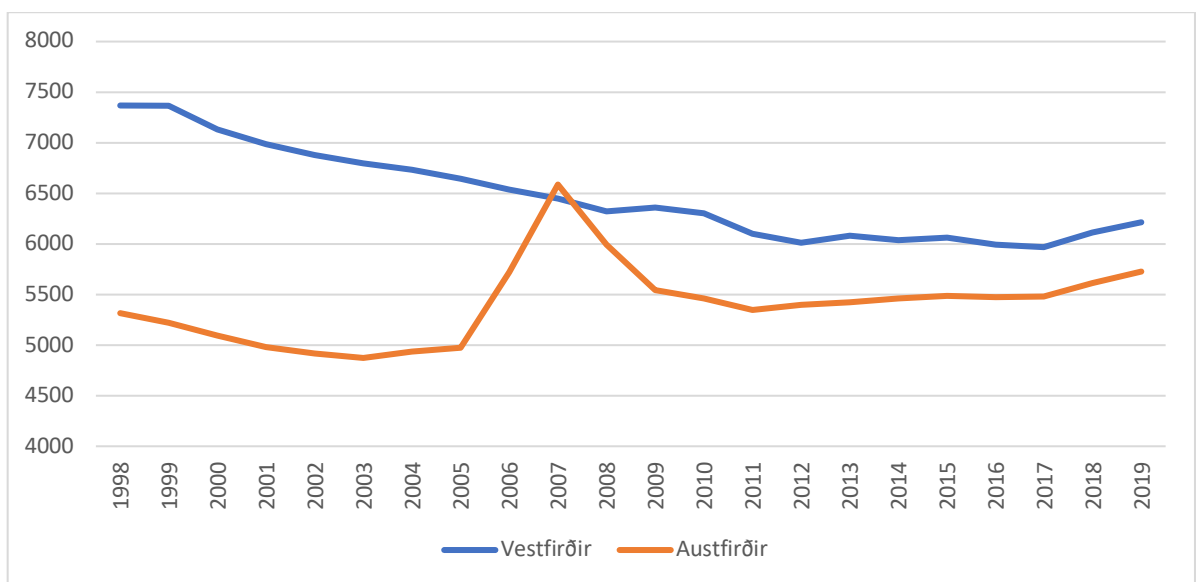
Mynd 5: Myndræn lausn á hagkvæmasta laxeldismagni.

Til þess að leysa þetta vandamál, og finna þjóðhagslega hagkvæmt magn laxeldis þarf greinilega að þekkja föllin, $B(q)$ og $C(q)$. Út frá kafla 7.4 er mögulega hægt að áætla hvernig fallið $B(q)$ lítur út en erfitt er að áætla hvernig fallið $C(q)$ lítur út vegna þess hve óljós neikvæðu ytri áhrifin eru. Engar rannsóknir hafa verið gerðar varðandi hagkvæmasta magn laxeldis hér á landi. Það hlýtur að teljast þjóðhagslega mikilvægt að koma máli á þessi föll og reyna að leysa þetta vandamál, en ekki verður farið nánar í það hér.

8.2 Jákvæð ytri áhrif sjókvíaeldis

Jákvæð ytri áhrif sem myndast vegna laxeldis í sjókvíum eru meðal annars áhrif á byggðarþróun í landinu, sérstaklega á Vestfjörðum og Austurlandi, þar sem mesta sjókvíaeldið á sér stað.

Á mynd 6 má sjá þróun íbúafjölda á Vestfjörðum og Austfjörðum tímabilið 1998 - 2019, það er að segja íbúafjölda þeirra bæjarfélaga sem eru í grennd við burðarþolsmetna firði. Á Vestfjörðum eru það bæjarfélögin Vesturbyggð, Tálknafjarhreppur, Bolungarvík, Ísafjarðarbær og Súðavíkurbær. Á Austfjörðum eru það bæjarfélögin Seyðisfjörður, Neskaupstaður, Eskifjörður, Reyðarfjörður, Fáskrúðsfjörður, Breiðdalsvík og Djúpvogur (Hagstofa Íslands, 2020b).



Mynd 6: Þróun íbúafjölda á Vestfjörðum og Austfjörðum 1998 – 2019.

Atvinnulíf á Vestfjörðum hefur í gegnum tíðina verið fremur einhæft og byggir fyrst og fremst á fiskveiðum, fiskvinnslu og landbúnaði. Fiskvinnslufyrirtækjum á svæðinu fer fækkandi sem eðli máls samkvæmt fækkar störfum, en þó er atvinnuleysi á Vestfjörðum

fremur lítið sem rekja má til brottflutnings fólks. Á Vestfjörðum hefur nánast verið stöðug fólksfækkun frá árinu 1999 allt til ársins 2017 er íbúum tók að fjölga að nýju sem rekja má, að stórum hluta, til aukinnar framleiðslu vestfirsku laxeldisfyrirtækjanna. Íbúum hefur fjölgað um 245 frá árinu 2017 sem er um 4,1% fólksfjölgun (Sigurður Árnason, 2017).

Á Austfjörðum er sagan önnur, fólksfækkun átti sér stað frá 1998 til 2005 en mikil fólksfjölgun varð árin 2006 og 2007 vegna stórframkvæmda við byggingu Kárahnjúkavirkjunar og álvers í Reyðarfirði. Eftir að þeim framkvæmdum lauk stóð eftir fjöldinn allur af nýjum störfum og hefur fólksfjölgun verið á landssvæðinu frá árinu 2011. Atvinnulíf á Austfjörðum er tiltölulega fjölbreytt og byggir á sterkum sjávarútvegsfyrirtækjum, störfum tengdum álverinu og ferðaþjónustu. Frá árinu 2017 hefur verið þar þó nokkur fólksfjölgun, en íbúum fjölgaði um 248 árin 2018 og 2019, sem er um 4,5% aukning. Fólksfjölgunina má að einhverju leyti rekja til uppbyggingar austfirsku laxeldisfyrirtækjanna (Sigurður Árnason, 2017).

Atvinnuleysi hefur verið lítið bæði á Austfjörðum og Vestfjörðum á tímabilinu, sem gefur vísbendingu um að fjölgun starfa vegna framleiðsluaukningar laxeldisfyrirtækjanna verður að litlu leyti mætt með núverandi íbúum beggja landshluta og frekar mætt með utanaðkomandi fólki. Í töflu 8 verður tekið dæmi um mögulega íbúaþróun vegna aukningar í framleiðslu á eldislaxi um 100.000 tonn, þar sem miðað er við það að 100 störf skapist fyrir hver 10.000 tonn og að 58% framleiðslunnar muni eiga sér stað á Vestfjörðum og 42% á Austfjörðum sem er í samræmi við núverandi burðarþolsmat. Útreikningur leiðir í ljós að 580 bein störf skapist á Vestfjörðum og 420 á Austfjörðum. Fólksfjölgun mun ekki einungis stafa af beinum störfum, einnig verður að telja afleidd störf og það að með hverjum starfsmanni gæti fylgt fjölskylda. Landssamband fiskeldisstöðva áætla að afleidd störf í fiskeldi séu 0,8 ofan á hvert skapað beint starf (Sigurður Árnason, 2017). Miðað er við að 63% einstaklinga séu með maka eða fjölskyldu og að hver fjölskylda eigi að meðaltali 1,3 barn (Neil Shiran Þórisson, 2015).

Tafla 8: Dæmi um möguga fjölgun íbúa við 100.000 tonna framleiðsluaukningu eldislax.

	Vestfirðir	Austfirðir
Bein störf	580	420
Afleidd störf	464	336
Heildarfjöldgun starfa	1.044	756
Makar	658	476
Börn	855	619
Heildaraukning íbúa	2.557	1.851

Út frá töflu 8 má sjá að framleiðsluaukning eldislax um 100.000 tonn getur haft umtalsverð áhrif á byggðarþróun Vestfjarða og Austfjarða. Fólksfjöldgun um 2.557 á Vestfjörðum og 1.851 á Austfjörðum telst mikil fólksfjöldgun samanborið við núverandi íbúafjölda þessara landssvæða. Þá skal það tekið fram að hér er gert ráð fyrir að öll þau störf sem skapast vegna framleiðsluaukningar séu í grennd við eldisstöðvar.

Aukning starfa og fjöldgun íbúa ákveðins svæðis hefur eitthvað gildi eða virði fyrir samfélagið sem þar er, en virði íbúafjöldgunar er ill mælanlegt. Hið opinbera veitir fé til verkefna með það að markmiði að efla byggðarlög, og sem dæmi má nefna að stjórnvöld komu á fót Byggðastofnun sem gegnir því hlutverki að efla byggð og atvinnulíf á landsbyggðinni. Því er ljóst að eitthvað virði felst í því að fjölga atvinnutækifærum og íbúum á landsbyggðinni.

9 Umræða

Hér að framan hefur verið fjallað um stöðu og þróun fiskeldis stærstu laxeldislanda í heiminum, auk Íslands. Farið var yfir núverandi stöðu fiskeldis á Íslandi og hvað framtíðin gæti borið í skauti sér í þeim málum. Stóru laxeldislöndin eru mun lengra komin hvað varðar laxeldi í sjókvíum samanborið við Ísland. Í ljósi þess var hér leitast við að rannsaka þann virðisauka sem aukið laxeldi í sjó kynni að mynda og litið var til þeirra ytri áhrifa sem fylgja auknu sjókvíaeldi.

Niðurstöður úr mati um efnahagsleg áhrif benda til þess að efnahagsleg áhrif aukins sjókvíaeldis, það er virðisaukinn sem aukin framleiðsla myndar, getur verið umtalsverður. Matið byggir meðal annars á forsendum frá nágrennalöndum Íslands sem lengra eru komin í laxeldi og miðað er við margföldunarstuðla úr íslenskum og kanadískum sjávarútvegi. Ef miðað er við þær forsendur og meðal heimsmarkaðsverð á laxi árið 2019, er virðisauki sem myndast við hvert aukið framleitt tonn eldislax 656.000 krónur. Framleiðsluaukning um 500.000 tonn af eldislaxi gæti þannig komið laxeldi langleiðina í átt að því að mynda álíka mikinn heildarvirðisauka og hefðbundinn sjávarútvegur gerir í dag.

Heimsmarkaðsverð á laxi er þó afar sveiflukennt og hefur mikil áhrif á þann virðisauka sem greinin myndar, því heildarvirðisauki sem aukið laxeldi gæti myndað breytist línulega við heimsmarkaðsverð vegna þess að hærra markaðsverð myndar meiri hagnað og öfugt.

Ljóst er að frekari rannsókna er þörf hvað varðar þjóðhagslega hagkvæmasta magn laxeldis. Hafrannsóknastofnun metur burðarþol íslenskra fjarða og hafsvæða sem er þol svæðanna til að taka við auknu lífrænu álagi. Hafrannsóknastofnun framkvæmir einnig áhættumat vegna mögulegrar erfðablöndunar milli eldislaxa og náttúrulegra laxastofna. Þessi matsvinna Hafrannsóknastofnunnar er byggð á líffræði og takmarka framleitt eldismagn á Íslandi samkvæmt lögum. Hvergi er litið til hagkvæmasta magns laxeldis út frá hagfræðilegum sjónarmiðum, sem verður að teljast undarlegt í ljósi þess að laxeldi hefur verið í brennidepli íslensks sjávarútvegs um tíma. Ekki hefur verið lögð vinna í að rannsaka hagkvæmasta magn laxeldis hér á landi né neinsstaðar í heiminum svo ég viti. Niðurstöður þessarar ritgerðar varpa ljósi á umtalsvert fjárhagslegt gildi og sýna fram á að miklir hagsmunir eru í húfi. Að mati höfundar er því full ástæða til að rannsaka nánar hagkvæmasta magn laxeldis hér á landi, og í raun alls staðar í heiminum.

Fólksfækkun er vandamál ýmissa bæjarfélaga víða um land. Fólksflutningar frá landsbyggðinni í höfuðborgina, eða til annarra stórra bæjarfélaga má meðal annars rekja til þess að fiskvinnslufyrirtæki og útgerðarfélög á landsbyggðinni sem áður sköpuðu atvinnu fyrir fjölda fólks, hættu starfsemi vegna aukinnar stærðarhagkvæmni í sjávarútvegi. Niðurstöður þessarar rannsóknar leiða í ljós að aukið laxeldi geti haft umtalsverð áhrif á byggðapróun þeirra svæða þar sem sjókvíaeldi fer fram. Atvinna er forsenda þess að fólk flytjist til smærri byggðarlaga. Aukið laxeldi skapar fleiri atvinnutækifæri á landsbyggðinni og ætti þess vegna, að mati höfundar, að vera efst á baugi í umræðu þeirra sem mestar áhyggjur hafa af byggðapróun landsins.

Heimildaskrá

- Asche, F., & Khatun, F. (2006). Aquaculture: Issues and Opportunities for Sustainable Production and Trade. *International Trade and Sustainable Development Series Issue Paper No. 5*.
- Asche, F., Cojocar, A. L., & Roth, B. (2018). The development of large scale aquaculture production: A comparison of the supply chains for chicken and salmon. *Aquaculture*, 446-455.
- Asche, F., Iversen, A., Hermansen, Ø., & Nystøyl, R. (30. maí 2020). Production cost and competitiveness in major salmon farming countries 2003–2018. *Aquaculture*, 522.
- Asche, F., Sørvig, A., Sandvold, H. N., Zhang, D., & Roll, K. H. (2013). Salmon aquaculture: Larger companies and increased production. *Aquaculture Economics & Management*, 322-339.
- Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið. (2014). *Skýrsla nefndar um leyfisveitingar og eftirlit í fiskeldi*. Reykjavík: Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið.
- Beveridge, M. C. (2004). *Cage Aquaculture, 3rd Edition*. Wiley-Blackwell.
- Bridson, P. (febrúar 2018). *Atlantic salmon - Faroe Islands, Marine Net Pens*. Sótt frá The Monterey Bay Aquarium Seafood Watch program: https://www.seafoodwatch.org/-/m/sfw/pdf/reports/s/mba_seafoodwatch_atlanticsalmon_faroes_report.pdf
- Buchanan, J. M., & Stubblebine, W. C. (1962). Externalities. *Economica*, 29(116), 371-384.
- Einarsson, H., & Emerson, W. (2009). International seafood trade: challenges and opportunities. *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings 2009*. 13, bls. viii + 121. Rome: FAO Library.
- European Commission. (2017). *Food from the Oceans*. SAM(2017)3.
- Fish Pool. (mars 2020a). *Fish Pool Index™*. Sótt frá Fish Pool: <http://fishpool.eu/price-information/spot-prices/>
- Fish Pool. (mars 2020b). *Forward Prices*. Sótt frá Fish Pool: <http://fishpool.eu/price-information/forward-prices-3/>
- Fisheries and Oceans Canada (apríl 2020). *Employment*. Sótt frá Government of Canada: <https://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/cfs-spc/tab/cfs-spc-tab2-eng.htm>
- Fiskeldishópur AVS. (23. febrúar 2020). *Lax*. Sótt frá Fiskeldishópur AVS - Átak í fiskeldi: <https://old.sjavarutvegur.is/fisk/lax.html>

- Fiskeridirektoratet. (2018). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2018*. Fiskeridirektoratet.
- Fiskeridirektoratet. (april 2020). *Statistics for aquaculture*. Sótt frá Directorate of fisheries: <https://www.fiskeridir.no/English/Aquaculture/Statistics>.
- Fiskistofa. (3. apríl 2020). *Slægingarstuðlar*. Sótt frá Fiskistofa: <http://www.fiskistofa.is/fiskveidistjorn/stjornfiskveida/slaeingarstudlar/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1. Janúar 2004). *Culture Aquatic Species Information Programme. Salmo salar*. (M. Jones, Framleiðandi) Sótt frá FAO Fisheries and Aquaculture Department: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/en
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sótt frá The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA): <http://www.fao.org/3/ca0191en/ca0191en.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (febrúar 2020). Sótt frá Global Aquaculture Production 1950-2014: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>
- Gísli Jónsson. (2020). *Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2019*. Reykjavík: Matvælastofnun.
- Glover, K.A., Solberg, M.F., McGinnity, P., Hindar, K., Verspoor, E., Coulson, M.W., Hansen, M.M., Araki, H., Skaala, Ø. & Svåsand, T. (2017). *Half a century of genetic interaction between farmed and wild Atlantic salmon: Status of knowledge and unanswered questions*. Fish and Fisheries 1–38.
- GSGislason & Associates. (2007). *Economic Contribution of the Oceans Sector in British Columbia*.
- Hafrannsóknastofnun. (2017). *Mat á burðarþoli Stöðvarfjarðar m.t.t. sjókvíaeldis*. Hafrannsóknastofnun.
- Hafrannsóknastofnun. (2018a). *Mat á burðarþoli Önundarfjarðar m.t.t. sjókvíaeldis*. Hafrannsóknastofnun.
- Hafrannsóknastofnun. (2018b). *Mat á burðarþoli Seyðisfjarðar m.t.t. sjókvíaeldis*. Hafrannsóknastofnun.
- Hafrannsóknastofnun. (2020). *Eldi á frjóum Atlantshafslaxi í opnum sjókvíum*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Hagstofa Færeyja. (15. mars 2020). *Employees by industry, sex, country of birth/citizenship and month (1985-2020)*. Sótt frá Hagstofa Føroya: https://statbank.hagstofa.fo/pxweb/en/H2/H2__AM__AM03/lont_vgmd.px/.

- Hagstofa Íslands. (apríl 2020a). *Hlutur atvinnugreina í landsframleiðslu 1997-2019*. Sótt frá Hagstofa Íslands:
https://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Efnahagur/Efnahagur__thjodhagsreikningar__framluppgj_ISAT2008/THJ08401.px/table/tableViewLayout1/?rxid=1aa81ee5-ed07-43c0-a33a-9e31fc1b9f9e
- Hagstofa Íslands. (apríl 2020b). *Mannfjöldi eftir kyni, aldri og sveitarfélögum 1998-2020 - Sveitarfélagaskipan hvers árs*. Sótt frá Hagstofa Íslands:
<https://hagstofa.is/talnaefni/ibuar/mannfjoldi/sveitarfelog-og-byggdakjarnar/>
- Hagstofa Íslands. (mars 2019). *Fiskeldi á Íslandi*. Sótt frá Hagstofa.is:
<https://hagstofa.is/utgafur/frettasafn/sjavarutvegur/fiskeldi-a-islandi/>
- Halldór Halldórsson. (1992). *Laxaveislan mikla*. Reykjavík: Fjölvaútgáfa.
- Hardin, G. (13. desember 1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- Helgi Bjarnason. (mars 2017). *Gætu borið 200 þúsund tonna framleiðslu*. Sótt frá Morgunblaðið:
https://www.mbl.is/200milur/frettir/2017/03/24/gaetu_borid_200_thusund_tonna_framleidslu/
- Héðinn Valdimarsson. (2017). *Burðarþol fjarða*. Hafrannsóknastofnun.
- Höskuldur Steinarsson. (31. ágúst 2016). Þriðja bylgjan komin til að vera. (Á. Ingvarsson, Spyrill) Mbl.is.
- Iizuka, M., Katz, J. (2011). *Natural Resource Industries, 'Tragedy of the Commons' and the Case of Chilean Salmon Farming*. *International Journal of Industries and Economics*, 3 (2), 259-286.
- Ingimar Jóhannsson. (1979). Tilraunir með laxeldi í sjó í Hvalfirði 1972-1973. *Ægir* 72 (3), 129-132.
- Jones, M. (2004). *Cultured Aquatic Species Information Programme. Salmo salar. Cultured Aquatic Species Information Programme*. Sótt frá FAO Fisheries and Aquaculture Department:
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/en
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Fiske, P., & Hindar, K. (2016). *Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations*. *ICES Journal of Marine Science*, 73(10), 2488-2498.
- Landbúnaðarráðuneytið. (27. maí 2004). *Fiskistofa*. Sótt frá Auglýsing um friðunarsvæði, þar sem eldi laxfiska í sjókvíum er óheimilt:
http://www.fiskistofa.is/media/laxa_silungssvid/460-2004.pdf

- Landssamband fiskeldisstöðva. (2009). *Staða fiskeldis á Íslandi, framtíðaráform og stefnumótun Landssambands fiskeldisstöðva í rannsókn- og þróunarstarfi 2010-2013*. Reykjavík: Landssamband fiskeldisstöðva.
- Leó Alexander Guðmundsson. (mars 2018). *Dýravelferðarmál að gera svona tilraunir*. (A. I. Guðmundsson, Framleiðandi) Sótt frá Fréttablaðið: <https://www.frettabladid.is/frettir/dravelferarmal-a-gera-svona-tilraunir/>
- Liu, Y., Olaussen, J. O., & Skonhoft, A. (2011). Wild and Farmed salmon in Norway - A review. *Marine Policy*, 35(3), 413-418.
- Lög um fiskeldi nr. 71/2008.
- Macrander, A., Héðinn Valdimarsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, & Hafsteinn G. Guðfinnsson. (2017). *Burðarþol íslenskra fjarða*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Marine Scotland Science. (2019). *Scottish fish farm production survey 2018*. Sótt frá Scottish Government: <https://www.gov.scot/publications/scottish-fish-farm-production-survey-2018/>
- Ministry of Fisheries and Natural Resources. (2008). *Faroe Islands: Fisheries and Aquaculture: Responsible Management for a Sustainable Future*. Tórshavn: Ministry of Fisheries and Natural Resources.
- Mowi. (2019). *Salmon Farming Industry Handbook 2019*. Mowi.
- Nasdaq. (2020). *NASDAQ Salmon Index*. Sótt frá <https://salmonprice.nasdaqomxtrader.com/public/report?0>
- Nash, C. E., (2011). *The History of Aquaculture*. Ames. Blackwell Publishing.
- Neil Shiran Þórisson. (2015). *Hagræn áhrif af laxeldisuppyggingu á Vestfjörðum*. Atvest.
- Noakes, D. J. (2018). Oceans of opportunity: a review of Canadian aquaculture. *Marine Economics and Management* (Vol 1. No. 1), 43-54.
- Norambuena, R., & González, L. (febrúar 2005). *National Aquaculture Sector Overview. Visión General del Sector Acuícola Nacional - Chile. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets*. Sótt Mars 2020 frá FAO Fisheries and Aquaculture Department: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_chile/en
- Olin, P. (febrúar 2012). *National Aquaculture Sector Overview. Canada. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets*. . Sótt frá FAO Fisheries and Aquaculture Department : http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_canada/en
- Quinones, R. A., Fuentes, M., Montes, M. R., Soto, D., & Leon-Mu noz, J. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, 375-402.

- Radarinn. (mars 2020). *Vinumarkaður*. Sótt frá Radarinn.is: <https://radarinn.is/Fiskeldi/Vinumarkadur>
- Ragnar Árnason. (2004). *Náttúruauðlindir, hagvöxtur og velferð. Fjármálatíðindi, 51. Árgangur seinna hefti, 17-32.*
- Ragnar Jóhannsson, Sigurður Guðjónsson, Agnar Steinarsson, & Jón Hlöðver Friðriksson. (2017). *Áhættumat vegna mögulegrar erfðablöndunar milli eldislaxa og náttúrulegra laxastofna á Íslandi*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Rannsóknarráð ríkisins. (1986). *Þróun Fiskeldis*. Fjölritunarstofa Daníels Halldórssonar: Rannsóknarráð ríkisins
- Rokne, C. H. (2019). *New regulation on Benchmarks in Europe from Jan 2020. Changes in the Fish Pool Index*. Sótt frá Fishpool.eu: <http://fishpool.eu/new-regulation-on-benchmarks-in-europe-from-jan-2020-changes-in-the-fish-pool-index/>
- Scottish Environment Protection Agency. (2018). *Finfish Aquaculture Sector Plan*. Stirling: Scottish Environment Protection Agency. Sótt frá Scottish Environment Protection Agency.
- Scottish Salmon Producers Organisation. (17. Mars 2020). *Scottish Salmon Producers Organisation*. Sótt frá Scottish Salmon Producers Organisation: <https://www.scottishsalmon.co.uk/facts/innovation/the-history-of-scottish-salmon-farming>
- Scottish Salmon Producers Organisation. (2016). *Community Engagement Charter*. Perth: Scottish Salmon Producers Organisation.
- Shepherd, C., & Bromage, N. R. (1992). *Intensive Fish Farming*. Wiley-Blackwell.
- Sigfusson, T., Arnason, R., & Morrissey, K. (2013). The economic importance of the Icelandic fisheries cluster—Understanding the role of fisheries in a small economy. *Marine Policy, 39*, 154-161.
- Sigurður Árnason. (2017). *Byggðaleg áhrif fiskeldis*. Byggðastofnun.
- Stevens, J. R., Newton, R. W., Tlusty, M., & Little, C. D. (2018). The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy, 90*, 115-124.
- Valdimar Ingi Gunnarsson. (2004). *Staða og framtíðaráform í íslensku fiskeldi*. Landbúnaðarráðuneytið og sjávarútvegsráðuneytið.
- Valdimar Ingi Gunnarsson. (31. mars 2020). Tryggja sér eldissvæði með óraunhæfum ófrjóum eldislaxi. *Morgunblaðið*.
- Venik, T. (febrúar 2005). *National Aquaculture Sector Overview. Norway. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets*. Sótt frá FAO Fisheries and Aquaculture Department: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en

Veterinærinstituttet. (2016). *Use of Antibiotics in Norwegian Aquaculture*. The Norwegian Veterinary Institute

Weisbrod, G., & Weisbrod, B. (1997). *Measuring Economic Impacts of Projects and Programs*. Boston: Economic Development Research Group.

Þór Guðjónsson. (1996). Starfsemi að veiðimálum í fjörutíu ár. *Freyr* 92 (11), 423-431.

