



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Fisk- og smádýrarannsóknir í Sogi árin 2012 til 2019

*Magnús Jóhannsson Benóný Jónsson Jóhannes Guðbrandsson og
Páll Bjarnason*

Fisk- og smádýrarannsóknir í Sogi árin 2012 til 2019

*Magnús Jóhannsson Benóný Jónsson
Jóhannes Guðbrandsson og Páll Bjarnason*

Skýrsla er unnin fyrir Landsvirkjun

Upplýsingablað

Titill: Fisk- og smádýrarannsóknir í Sogi árin 2012 til 2019.		
Höfundur: Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Jóhannes Guðbrandsson og Páll Bjarnason		
Skýrsla nr: HV 2020-29 / LV-2020-022	Verkefnisstjóri: Magnús Jóhannsson	Verknúmer: 8976
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 69	Útgáfudagur: 8. júlí 2020
Unnið fyrir: Landsvirkjun	Dreifing: Opin	Yfirfarið af: Sigurður Már Einarsson
Ágrip <i>Fisk- og smádýrarannsóknir í Sogi árin 2012 til 2019. HV 2020-29 / LV-2020-022.</i> Skýrslan fjallar um fiskrannsóknir í Sogi, þverám þess og í Ölfusá og Hvítá, vatnshita í Sogi og útfalli Þingvallavatns og magn bitmýsflugna í Sogi og Efra-Sogi. Einkum var unnið með gögn fyrir árin 2012–2019. Sérstaklega var áhersla lögð á að meta ástand laxastofns Sogsins og kanna hvort, og þá hvernig, rekstur Sogsvirkjana og veiðinýting hefur áhrif á þá. Ársmeðaltal áranna 2010 – 2018 í vatnshita Sogs við Sogsbrú, var á bilinu 4,7–5,8°C og að jafnaði 5,2°C. Við útfall Þingvallavatns var ársmeðaltalið 4,6–5,5°C, fyrir sömu ár og að jafnaði 5,0°C. Nokkuð góð fylgni virtist vera með ársmeðaltali vatnshitans við Sogsbrú og í útfalli Þingvallavatns. Að meðaltali var vatnið hlýrra í útfallinu yfir vetrarmánuðina nóvember til febrúar en aðra mánuði var árvatnið í Sogi við Sogsbrú hlýrra. Laxveiði á stöng hefur verið sveiflukennd í Sogi. Meðalveiði síðustu 10 ára (2009–2018) var 532 laxar. Mesta skráða veiði var árið 2010, 1.337 laxar. Hlutfall veitt og sleppt hefur vaxið, síðustu fimm var að jafnaði 40,5% laxa sleppt eftir veiði. Fljúgandi bitmý hefur veiðst mest í gildrur við Bíldsfell (meðalveiði 1,0 flugur/dag), en minna við Efra-Sog (0,3 flugur/dag) og Þröstalund (0,6 flugur/dag). Samanburður á veiði fallgildru og rafrænnar flugusjár við Bíldsfell sýndi gott samræmi á flugtíma. Hins vegar reyndist ómarktækt línulegt samband á fjölda bitmýs í fallgildru og flugusjá. Fjöldi hrygningarbletta laxa á Bíldsfellsbreiðu hefur verið frá 19 – 54 og 2–10 við Sakkarhólma. Fjöldi laxabletta á Bíldsfellsbreiðu fylgdi nokkuð vel laxveiði í Sogi fram til 2015 en ekki eftir það. Talning á fjölda hrygningarbletta af drónamyndum gaf 60% fleiri bletti en hefðbundin talning. Þéttleiki eins (1⁺) og tveggja ára (2⁺) laxaseiða hefur farið minnkandi í Sogi. Seiðapéttleiki 1⁺ og 2⁺ seiða var í lágmarki árin 2000–2003, bati var í 1⁺ árin 2004–2008 og 2017 og 2018. Þéttleiki laxaseiða á fyrsta ári hefur ekki dregist saman á		

tímabilinu. Þéttleiki bleikjuseiða hefur minnkað en aukist hjá urriða. Þegar litið er til hlutfallslegra breytinga á þéttleika eins árs laxaseiða 1986–2019 hefur þéttleiki þeirra minnkað meira í Sogi en í nálægum ám. Á árunum 2012–2019 var könnuð veiðni seiða í rafveiði. Veiðni var nokkuð breytileg milli vatnsfalla, tegunda og aldurshópa. Hún var að jafnaði 0,40 hjá 0⁺ laxaseiðum í Sogs og 0,46 í Ölfusá. Hjá 1⁺ var veiðnin hærri eða 0,59 í Sogi, 0,69 í Hvítá og 0,84 í Ölfusá. Jákvæð fylgni var á milli lengdar 0⁺ laxaseiða við Alviðru og vatnshita í maí til ágúst sama ár og lengdar 1⁺ laxaseiða og vatnshita tveggja fyrstu vaxtarskeiða í Sogi.

Neikvæð fylgni var á milli lengdar 1⁺ laxaseiða og þéttleika hjá 1⁺ og 2⁺ en ekki samanlagðs þéttleika allra aldurshópa. Lirfur bitmýs voru uppistaða fæðu laxaseiða ofarlega og neðarlega í Sogi. Hjá eldri seiðum höfðu vorflugur meira vægi en hjá 0⁺ seiðum. Vægi bitmýslirfa hefur minnkað hjá báðum aldurshópum í Sogi eftir árið 2015. Náttúruleg urriðaseiði fundist í seiðarannsóknunum í Efra-Sogi og við útfallið, varð þeirra vart í kjölfar sleppinga urriðaseiða við útall Þingavallavatns. Fyrirvaralausar útleysingar í Sogsstöðvum virðast enn hafa áhrif á seiðabúskap laxaseiða í Soginu. Neikvæð fylgni var milli fjölda útleysinga í aflstöðvum í Sogi á ársgrundvelli og þéttleika 1⁺ og 2⁺ laxaseiða en ekki 0⁺ seiða. Bætt rennslisstýring hefur þó fækkað útleysingum. Lengd dvalar í fersku vatni hjá laxi í Sogi, var að jafnaði 2,72 ár (1985 – 2014) og hefur hún styst á tímabilinu. Samband stærðar laxahrygna og fjölda hroga sýnir að meðalþungar 2,61 kg smálaxahrygnur í Sogi gefa að jafnaði 5.922 hrogn og meðalþungar 5,89 kg stórlaxahrygnur gefa 11.471 hrogn. Lagt er til að hrygningarmarkmið í Sogi verði sett sem 1,7 hrogn/m², aðgerðarmörk 1,03 hrogn/m² og varúðarmörk 0,39 hrogn/m². Hrygning laxa í Sogi hefur ekki alltaf náð þessum mörkum. Síðustu 10 ára hefur hrognafjöldi laxa í Sogi verið undir aðgerðarmörkum í fjögur ár (40%), við mörkin í eitt ár og milli aðgerðarmarka og hrygningarmarkmiðs í tvö ár og ofan þess í þrjú ár. Þróun á seiðapéttleika gefur og tilefni til varúðar. Til þess að reyna að tryggja að búsvæði Sogsins séu sem best setin laxaseiðum þarf nægilegt magn laxa að hrygna. Ráðlagt er að draga úr sókn og sleppa öllum stangveiddum laxi aftur í Sogi og í Ölfusá á gönguleið laxa í Sog. Vegna stöðu bleikjustofna í Sogi er sömuleiðis ráðlagt að sleppa veiddri bleikju. Rannsóknin var liður í vöktun lífríkis í Sogi með áherslu á fisk og var hún unnin fyrir Landsvirkjun.

Abstract

Fish and macroinvertebrates in River Sog árin 2012 til 2019. HV 2020-29 / LV-2020-022.

This report covers fish research in R. Sog and Efra-Sog, its tributaries and in R. Ölfusá and R. Hvítá. Abundance of flying blackflies in R. Sog was investigated. Also, juvenile salmonids studies in R. Ölfusá and R. Hvítá. The focus is on results from 2012 – 2019 but monitoring of fish in R. Sog started in 1985. The main objective is evaluation of the status of Atlantic salmon in R. Sog and to evaluate if and how Hydropower stations in the river and angling influence the stock. In the years 2010–2018 the average water temperature in R. Sog was

4,7–5,8°C and total average for the period was 5,2°C, and in lake Þingvallavatn 4,6–5,5°C averaging 5,0 °C. A good correlation was seen between annual average of water temperature for the two sites. In the winter, the temperature was higher in the outlet but in other seasons the temperature was higher in the the outlets river Sog. Salmon catches were fluctuating in R. Sog, with ten years average 523 and max 1.337 salmon (2009 –2018). Salmon catch and release proportion has increased over the years with five years average 40,5%. Flying blackflies were caught in greatest numbers in fly traps at Bíldsfell R. Sog (1 fly/day), in lower numbers at Þrastalundur (0,6 fly/day) and at Efra-Sog near the outlet (0,3 fly/day). At Bíldsfell good correlation was between flying time of black flies as seen by traditional fly traps and digital traps, but no correlation was found between total catch of the two trap types. Number of salmon redds at the main spawning site Bíldsfell followed number of salmon caught in R. Sog to the year 2015 but not in later years. Counting of redds from drone images showed 60% higher number than by traditional counting. Index of salmon juvenile 1⁺ and 2⁺ density has declined in R. Sog. Index of salmon 0⁺ density did not decrease in the period. The index was at low level in the years 2000 – 2003 with some increase in 2004 – 2008 and 2017 also in 2018. Fish catchability in juvenile survey by electro fishing varied between rivers, species, and age groups. For 0⁺ salmon it was averaging 0,40 in R. Sog and 0,46 in R. Ölfusá. Catchability was higher for older age groups, for 1⁺ it was 0,59 in R. Sog and in the glacial rivers Hvítá and Ölfusá; 0,69 and 0,84. I R. Sog significant positive correlation was found between average length of 0⁺ salmon in autumn and water temperature in May to August the same year and the autumn length of 1⁺ salmon and water temperature in the two first growth seasons. Growth of 1⁺ and 2⁺ were also negatively affected by their densities but not by total density of all age groups of salmon. Larvae of black flies were the main food items of juvenile salmon both in upper and lower sites of R. Sog. For older salmon Trichopteran larvae was more important than for 0⁺ juveniles. For both age groups the importance of black fly larvae has decreased after 2015. Wild brown trout juveniles were found in Efra-Sog and Þingvallavatn near the outlet. They appeared after trout juveniles were released in Þingvallavatn near the lake outlet. Inspection of occurrence of drastic reduction in discharge in R. Sog, caused by hydropower production, gave negative correlation with density of 1⁺ and 2⁺ but not with 0⁺ salmon density. By better flow regulation the occurrence of such drastic flow reductions has decreased. In R. Sog the average freshwater years of salmon juveniles was 2,72 years (1985–2014) but has shortened through the years. Our study of number of ova pr. female salmon showed that size (length) explained large proportion (74%) of variation in fecundity (egg number). In R. Sog the fecundity of 1 SW 2,61 kg salmon was 5,922 eggs and of 5,89 kg 2SW salmon 11,471 eggs. The relationship between spawning stock and recruitment in R. Sog showed that the spawning target should be 1,70 ova/m², action target 1,03 ova/m² and caution target 0,39 ova/m². In the last 10 years the spawning of salmon in the river has been lower than the target in four years (40%), at spawning target in two and above it in three years. Decline in

salmon juvenile densities are also of concern. To ensure that there is enough spawning escapement to meet an egg deposition target and have salmon habitats fully occupied by salmon juveniles there must be enough salmon left for spawning. Fishing effort should be reduced both in R. Sog and R. Ölfusá. It is recommended that all rod caught salmon is released in fishery as well as Arctic charr. This study was part of a monitoring freshwater life project in R. Sog and was financed by the power company, Landsvirkjun.

Lykilorð: Hvítá, Ölfusá, Sogsvirkjanir, vatnshiti, rennsli, Sog, vöktun, bleikja, lax, urriði, seiðarannsóknir, hreistur, aldur, fæða, bitmý, flugnagildrur, veiði, viðmiðunarmörk hrygningar, hrygning nýliðun.

Undirskrift verkefnisstjóra:



Undirskrift forstöðumanns sviðs:



#

Efnisyfirlit

	Bls.
Inngangur	1
Staðhættir	2
Aðferðir	3
Loft- og vatnshiti	3
Vatnsrennsli	4
Fljúgandi skordýr	5
Veiðinýting	6
Seiðarannsóknir	6
Hrygningarblettir	7
Samband hrygningar og nýliðunar hjá laxi	7
Niðurstöður	9
Veiðinýting	16
Seiðasleppingar	18
Fljúgandi skordýr	19
Hrygningarblettir	23
Seiðapéttleiki, fæða og vöxur	27
Sog	27
Þverár Sogs	29
Ölfusá og Hvítá	31
Seiðapéttleiki og rennissveiflur	34
Vöxtur	35
Fæða	37
Seiðarannsóknir við útfall Þingvallavatns og í Efra-Sogi	43
Aldursrannsóknir göngulaxa	46
Seiðasleppingar	47
Hrognafjöldi í hrygnu	48
Samband hrygningar og nýliðunar hjá laxi	49
Umræða	53
Þakkarorð	62
Heimildir	62
Viðaukar	66

Myndaskrá

1. mynd. Yfirlitsmynd yfir rannsóknarsvæðið í Sogi, Hvítá og Ölfusá.....	4
2. mynd. Flugnagildir á árbakka Sogs við Bíldsfell.....	5
3. mynd. Ársmeðaltal lofthitans á Hjarðarlandi 1991-2019.....	10
4. mynd. Meðaltal lofthita á Hjarðarlandi eftir árstíðum 1991-2019.....	10
5. mynd. Ársmeðaltal vatnshita í Sogi við Sogsbrú (2010 – 2018), vatnshita í útfalli Þingvallavatns (2009 – 2018) og lofthita að Hjarðarlandi í Biskupstungum (2009 – 2019).....	11
6. mynd. Meðalhitastig í °C í hverjum mánuði, fyrir árin 2010 – 2018 á tveimur mælistöðum; útfall Þingvallavatns og Sog við Sogsbrú.....	12
7. mynd. Meðalhitastig vatnsins í °C í hverjum mánuði á tveimur mælistöðum; í útfalli.....	12
8. mynd. Vatnshitamælingar í Þingvallavatni, við útfall og í Sogi við Sogsbrú 2010 – 2014.....	14
9. mynd. Vatnshitamælingar í Þingvallavatni, við útfall og í Sogi við Sogsbrú 2015 – 2019.....	15
10. mynd. Vatnshiti í útfalli Þingvallavatns, aðvatni Írafossstöðvar og við Sogsbrú	16
11. mynd. Fjöldi stangveiddra laxa í Sogi 1950 – 2018.....	17
12. mynd. Hlutfall laxa sem sleppt var aftur eftir veiði í Sogi.....	18
13. mynd. Fjöldi stangveiddra bleikja– og urriða í Sogi árin 1975 – 2018.....	18
14. mynd. Fjöldi veiddra flugna bitmýs á dag í flugnagildrum við Efra-Sog, við Bíldsfell og við Þrastalund.....	20
15. mynd. Hlutfallsleg uppsöfnuð ganga bitmýs í Flugusjá við Efra-Sog á árunum 2017 – 2019.....	22
16. mynd. Hlutfallsleg uppsöfnuð ganga bitmýs í Flugusjá við Bíldsfell á árunum 2014 – 2019.....	22
17. mynd. Fjöldi talinna bitmýsflugna eftir gerðum flugnagildrum, fallgildrum og Flugusjár, eftir árum á tímabilinu 2014 – 2019.....	23
18. mynd. Fjöldi laxabletta á Bíldsfellsbreiðunni í Sogi og laxveiði í Sogi. Tölur um veiði 2019 eru bráðabirgða.....	24
19. mynd. Vatnsdýpi á hrygningarhrauka laxa í Sogi.....	25
20. mynd. Vatnsdýpi á hrygningarhrauka bleikja í Sogi.....	26
21. mynd. Drónamynd af hluta Bíldsfellsbreiðu og niðurstöður mats á fjölda hrygningarbletta með myndgreiningu.....	26
22. mynd. Stærðardreifing hrygningarbletta skv. mati af drónamyndum.....	27
23. mynd. Þéttleiki laxaseiða í Sogi á viðmiðunarstöðvum, eftir aldri árin 1986–2019.....	28
24. mynd. Þéttleiki 0+ og 1+ laxaseiða í Sogi á viðmiðunarstöðvum og tveimur efstu árin 1986–2019.	28

25. mynd. Þéttleiki bleikju- og urriðaseiða á viðmiðunarstöðvum í Sogi, allir aldurshópar saman árin 1986–2019.	29
26. mynd. Þéttleiki laxaseiða eftir aldurshópum í þverám Sogs á árabílinu 1986–2019.....	30
27. mynd. Þéttleiki laxaseiða í Ölfusá eftir aldri árin 1985–2019. Lárétt lína táknar meðaltal árána 1985–2019.....	30
28. mynd. Þéttleiki laxaseiða í neðanverðri Hvítá 1985–2019. Lárétt lína táknar meðaltal árána 1985–2019.....	31
29. mynd. Þéttleiki urriða- og bleikjuseiða í Ölfusá og Hvítá, allir aldurshópar saman.....	32
30. mynd. Hlutfallsleg breyting á hallatölu þéttleika eins árs laxaseiða í Sogi og nálægum ám á árunum 1986–2019.	33
31. mynd. Meðallengd laxaseiða við Alviðru eftir aldri og árum.	35
32. mynd A-D. Samband meðallengdar (cm) aldurshópa laxaseiða við Alviðru að hausti og vatnshita í Sogi við Alviðru og þéttleika laxaseiða á saman stað. A, samband meðallengdar 0 ⁺ laxaseiða og vatnshita maí–ágúst sama ár. B, samband meðallengdar 1 ⁺ laxaseiða og vatnshita maí–ágúst, tvö vaxtarár. C, samband meðallengdar 1 ⁺ laxaseiða og þéttleika 1 ⁺ laxaseiða. D, samband meðallengdar 0 ⁺ laxaseiða og þéttleika 0 ⁺ laxaseiða.	36
33. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá seiðum á árunum 2012–2019 í Sogi við Alviðru.	38
34. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- urriða- og bleikjuseiðum og hornsíla í Sogi við Sakkarhólma.	39
35. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- urriða- og bleikjuseiðum í Sogi við Kálfhólamýri, Álftavatn, Hólma og Þrastalund árin 2012 – 2019.	40
36. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxfiskaseiðum í þverám Sogsins	41
37. mynd Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- og urriðaseiðum í Hvítá árin 2012 – 2019.	42
38. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- urriða- og bleikjuseiðum í Ölfusá árin 2012–2019.	42
39. mynd. Þéttleiki urriðaseiða við útfall Þingvallavatns og Efra-Sogi.	43
40. mynd. Þéttleiki bleikjuseiða við útfall Þingvallavatns og Efra-Sogi.	44
41. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðugerða hjá bleikju og urriða, A í Þingvallavatnivið útfallið og B í Efra-Sogi á árabílinu 2000 – 2019.	45
42. mynd. Hlutfall laxa í Sogi sem hrygnt hafa áður af veiði viðkomandi árs 1985 – 2012.	47
43. mynd. Meðallengd ferskvatnsdvalar (ár) hjá göngulaxi í Sogi fyrir árin 1985 – 2014.	47
44. mynd. Línuleg aðhvarfsgreining á log/log sambandi lengdar hrygna og fjölda hroga sem hver hrygna gefur í Sogi.	48
45. mynd. Samband hrognapéttleika og vísitölu seiða á fyrsta sumri laxa í Sogi.	49
46. mynd. Samband hrognapéttleika og vísitölu árgamalla seiða hjá laxi í Sogi.	50
47. mynd. Samband vísitölu seiðapéttleika vorgamalla og árgamalla laxaseiða í Sogi. ...	51
48. mynd. Samband hrognapéttleika og mat í nýliðun í fjölda hroga hjá laxi í Sogi byggt á veiðitölum árána 1949 – 2019.	52
49. mynd Hrognapéttleiki metin útfrá laxveiði í Sogi 1949–2019.	53

Töfluskrá

Tafla 1. Meðalvatnshiti eftir mánuðum og árum í °C í útfalli Þingvallavatns.	14
Tafla 2. Meðalvatnshiti eftir mánuðum og árum í °C í Sogi við Sogsbrú.	14
Tafla 3. Dagsetningar þess hvenær fljúgandi bitmýs varð fyrst vart (Upphaf) í flugusjám við Efra-Sog og á bökkum Sogs við Bíldsfell og hvenær síðustu flugur greindust (Endir) eftir árum	21
Tafla 4. Niðurstöður talninga á hrygningarblettum í Sogi árin 2005–2019.	23
Tafla 5. Fylgni seiðapétteleika eins árs laxaseiða í Sogi, Hvítá, Ölfusá, Stóru-Laxá og Litlu-Laxá á árunum 1986–2019.	32
Tafla 6. Veiðni laxaseiða í einni yfirferð í rafveiði eftir árgöngum, á völdum athugunarstöðvum í Sogi, Hvítá og Ölfusá.	34
Tafla 7. Fylgni pétteleika aldurhópa laxaseiða að hausti hjá laxaseiðum við Alviðru/Álftavatn í Sogi og fjölda fyrirvaralausra útleysinga í vatnsaflstöðvum í Sogi.	34
Tafla 8. Fylgni meðallengdar aldurshópa að hausti hjá laxaseiðum við Alviðru í Sogi og pétteleika laxaseiða á sama stað ásmat vatnshita í Sogi við Alviðru/Þrastalund.	37
Tafla 9. Ferskvatns- og sjávardvöl laxa (ár) úr Sogi árin 2009 – 2014.	46
Tafla 10. Fjöldi hroga í hverri laxahrygnu eftir sjávarárum í Sogi og hjá löxum sem hrygnt hafa áður (fjölgötungar).	49
Tafla 11. Mat á viðmiðunarmörkum fyrir lax í Sogi.	52

Inngangur

Sog á upptök sín í Þingvallavatni. Að uppruna er það að mestu lindarvatn og er náttúrulegt rennsli þess því tiltölulega jafnt allt árið. Frumframleiðsla er oft mikil í lindarvötnum eins og Þingvallavatni og Mývatni (Jónasson og Lindegaard 1988) sem nýtist síðframleiðendum sem lífrænt rek í útfallsám þeirra. Rekið er m.a. tekið upp af síurum eins og bitmýslirfum. Þéttleiki bitmýs getur því verið mikill nálægt útfalli gróskumikilla stöðuvatna eins og Þingvallavatns og Mývatns (Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985). Í Sogi lifa allar tegundir íslenskra ferskvatnsfiska og er lax þar ríkjandi tegund. Lax hefur mesta efnahagslega þýðingu vegna veiðinytja. Bitmýslirfur eru algengasti dýrahópur á botni og á reki í Sogi og eru mikilvæg fæða fyrir laxfiska (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011).

Samfelldar fiskrannsóknir hófust í Sogi árið 1985 á vegum Veiðifélags Árnesinga og hefur Hafrannsóknastofnun (nú Veiðimálastofnun) haft þær með höndum frá árinu 1986. Áhersla hefur verið lögð á vöktun á stofnum laxfiska. Meginþættir þeirrar vöktunar er söfnun og greining veiðitalna og rannsóknir á þéttleika seiða. Frá 2004 hefur verið gerð könnun á umfangi hrygningar laxa í efri hluta Sogs. Fjöldi hrygningarbletta hefur verið talinn og greindur og lagt mat á hvort fjöldi þeirra geti verið mælikvarði á stofnstærð hrygningarfiska. Samhliða hafa farið fram rannsóknir á fæðu seiða ásamt reglulegum mælingum á magni botndýra, með sérstakri áherslu á bitmý frá 1997. Árið 1997 hófust botndýrarannsóknir með áherslu á vöktun bitmýs. Frá árinu 1997 hafa rannsóknirnar að mestu verið unnar fyrir Landsvirkjun. Birtar hafa verið árlegar skýrslur um rannsóknirnar og árið 2011 birtist samantekt og greining á gögnum sem varða lífríki Sogs (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Hér eru gögn tekin saman og greind fyrir árin 2014 til 2018.

Ekki eru til mælingar á stærð hrygningarstofns laxa í Sogi. Sýnt hefur verið fram á að sterk tengsl eru á milli skráðrar laxveiði á stöng og stofnstærðar í íslenskum ám (Ingi Runar Jonsson o.fl. 2008). Í Elliðaánum kom fram að afli á hverja sóknareiningu í stangveiði lækkaði þegar sókn var aukin (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 2008). Tengsl göngu og stangveiði kann hins vegar að vera á annan veg í vatnakerfum þar sem um blandaða neta- og stangveiði er að ræða eins og á vatnasvæði Ölfusár og Hvítár. Byggir veiði í Ölfusá að hluta á laxi úr Sogi, er þar bæði um að ræða veiði í net og á stöng (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004). Upplýsingar um hversu hátt veiðihlutfall er á Sogslaxi í Ölfusá og í Sogi eru ekki tiltækar. Slíkt er tæknilega erfitt í framkvæmd og er því stuðst við ákveðnar gefnar forsendur. Veiðiaðferðir, veiðitæki og veiðitími hefur að mestu verið sá sami um langan tíma. Sókn í netaveiði hefur minnkað á vatnasvæðinu síðustu ár en stangafjöldi aukist (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004). Árin 2006–2008 var netaveiði ekki stunduð á tveimur til þremur góðum veiðijörðum í Ölfusá. Hlutfall þeirra fiska sem er sleppt úr stangveiði (veitt og sleppt)

hefur jafnframt aukist í Sogi. Auk lax veiðast bleikja og urriði í Sogi, en skráning á silungsveiði hefur ekki verið sem skyldi og er því samanburður erfiður á milli ára nema síðustu árin.

Í Sogi eru þrjár vatnsaflsvirkjanir, elst þeirra er Ljósafossstöð (1937) neðan Úlfljótsvatns, Írafossstöð (1953) neðan við Ljósafossstöð og loks Steingrímsstöð í Efra-Sogi (1959), en vegna hennar var útfallið úr Þingvallavatni stíflað og vatn leitt um göng til virkjunar. Eftir að virkjanirnar voru byggðar koma til rennslisbreytingar í Sogi í tengdum rekstur þeirra. Frá því um 1984 hefur vatnsborði Þingvallavatns verið haldið stöðugu með vatnshæðarstýringu (Laufey B. Hannesdóttir 2007). Árið 2003 setti rekstraraðili virkjana í Sogi reglur um mörk á mesta og minnsta vatnsrennsli í Sogi og hraða rennslisbreytinga. Miðað er við að hraði rennslisbreytinga verði ekki meiri en 10% á hverjar 3 klst. og að mesta rennsli fari ekki yfir $150 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ og minnsta rennsli ekki undir $70 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$. Jafnframt var framhjárennsli í farvegi Efra-Sogs sett að lágmarki $3 - 4 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ (Auður Atladóttir o.fl. 2019). Með þessu átti að draga úr neikvæðum áhrifum lágrennslis og rennslisbreytinga og þar með óæskilegum áhrifum þeirra á lífríki Sogs og Efra-Sogi. Sýnt hefur verið fram á að rennslissveiflur geta valdið því að fiskseiði og aðrar lífverur lenda á þurru þegar vatnsborð lækkar og lífverur skolast niður með straumi við mikla aukningu í rennsli. Snöggar sveiflur í rennsli eru taldar verstar (Hvidsten 1985, Saltveit 1993, Saltveit o.fl. 2001, Orth o.fl. 2002). Lágð rennsli skerðir þann botnflöt sem vatn þekur og getur mjög lágð rennsli um langan tíma haft afgerandi áhrif á afkomu vatnalífvera (Armstrong og Nislow 2012).

Greining á gögnum úr Sogi fram til 2008 sýndi að þéttleiki laxaseiða hefur dregist saman í Sogi og þá einkum eins og tveggja ára seiða. Þéttleiki laxaseiða, einkum 1^+ (eins árs) seiða, minnkaði verulega og þéttleiki þessa aldurshóps var undir meðaltali áranna 1986–2008, frá 1996. Gögn um tengsl hrygningar og nýliðunar í Sogi bentu til þess að hrygning hafi verið takmarkandi þáttur fyrir nýliðun og framleiðslu lax í Sogi. Greining á tengslum rennslis og seiðapétteleika benti til þess að sveiflur í rennsli vegna fyrirvaralausra útleysinga í Sogsvirkjunum, sem valda snöggum breytingar á rennsli, kunni að hafa áhrif á þéttleika laxaseiða og að þau áhrif séu mest á fyrsta ári.

Hér er greint frá rannsóknnum ástands lífríkis í Sogi, þar sem lögð var áhersla á fiskrannsóknir. Megináhersla er lögð á samantekt og greiningu gagna frá því sem frá var horfið í síðustu greiningu sem náði til ársins 2008. Jafnframt er litið til eldri gagna. Unnið var með hitagögn úr Sogi og Þingvallavatni, talningar á bitmýi úr flugnagildrum á bökkum Sogsins, gögn úr seiðarannsóknnum í Sogi og til samanburðar í þverám Sogs, í Hvítá neðan Hestfjalls og í Ölfusá. Mæligögn úr hrygningablettarannsóknnum laxfiska í Sogi voru greind. Þá var gerð greining á tengslum hrygningar og nýliðunar laxa í Sogi þar sem veiðitölur og seiðapétteleiki eru lögð til grundvallar.

Staðhættir

Sog á upptök sín í Þingvallavatni og fellur til Hvítár og saman mynda þær Ölfusá. Meginvatnsföllin Ölfusá og Hvítá eru jökullituð og gætir meiri jökuláhrifa einkum að sumarlagi vegna bráðnunar jökla. Lengd Sogs er um 20 km (2. mynd). Meðalrennsli Sogs fyrir árin 1940–1984 var $108 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ og er Sog vatnsmesta lindá landsins (Sigurjón Rist 1990). Í Sogi eru þrjár virkjanir, efst er Steingrímsstöð sem er við útfallið úr Þingvallavatni en þar er vatni miðlað, þá

Ljósafossvirkjun og Írafossvirkjun neðst (2. mynd). Við byggingu Steingrímsstöðvar 1959 var afrennsli Þingvallavatns um Efra-Sog þurrkað upp.

Úlfljótsvatn er neðan Efra-Sogs, það er um 3,6 km² að flatarmáli og er mesta dýpi þess 34,5 m (Sigurjón Rist 1990). Vatn fellur nú úr Úlfljótsvatni um Ljósafoss- og Írafossvirkjun. Írafossvirkjun er nú þar sem áður var Írafoss (2. mynd). Lax gekk að Írafossi fyrir virkjun en kemst nú að Kistufossi neðan Írafossvirkjunar og í útrennsli Írafossstöðvar. Fiskgengi hluti Sogs er nú 12,6 km langur. Um 5 km neðan Írafossvirkjunar fellur Sog um Álftavatn og sameinast Hvítá um 3,5 km neðan þess. Álftavatn, er í farvegi Sogs og er það um 2,5 km² að flatarmáli. Vatnið er víðast grunnt (<2 m) og í botni er leðja og sandur en grýtt með austurlandinu.

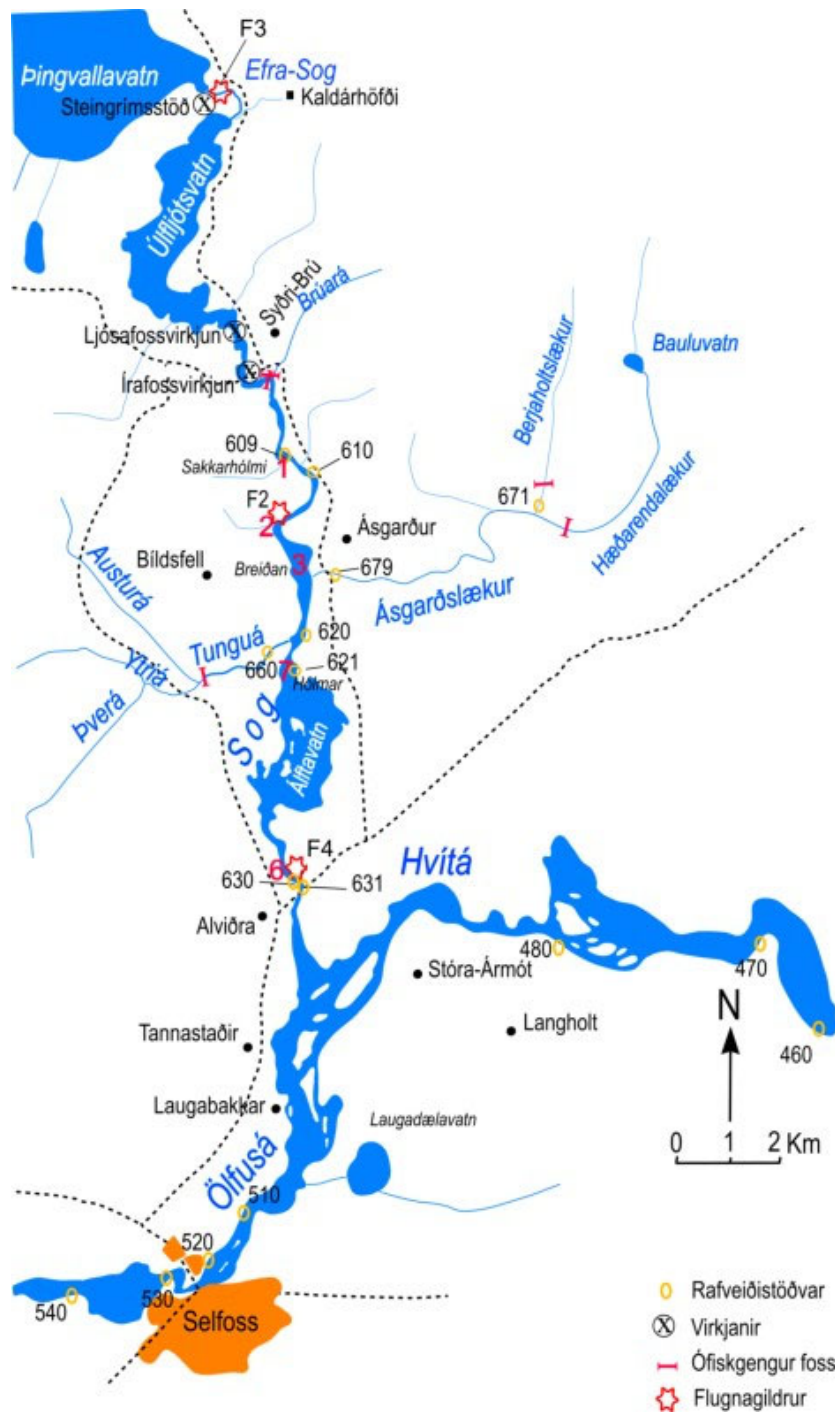
Varðandi frekari lýsingu á staðháttum er vísað til skýrslu frá árinu 2014 (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2014).

Aðferðir

Loft- og vatnshiti

Í fyrri samantektarskýrslu (Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson 2011) voru nýtt lofthitagögn frá Hæli í Hreppum fyrir árin 1949–2008. Þau gögn eru ekki notuð í þessari samantekt þar sem veðurmælingum þar var hætt árið 2014. Þess í stað eru notuð lofthitagögn frá Hjarðarlandi í Bláskógabyggð (64,2504°N, -20,3309°V). Stöðin er í 89,0 m.y.s. og eru til samfelld ársgildi fyrir 1991–2019. Marktæk jákvæð línuleg fylgni var milli mánaðarmeðaltala lofthitans að Hæli og Hjarðarlandi fyrir árin þar sem mælingar fóru samtímis fram (1991–2011; $R^2=0,996$, $P < 0,001$). Í skýrslunni er reiknað meðaltal fyrir árstíðir, þar sem veturinn er nóvember – mars, vorið er apríl – maí, sumarið er júní – ágúst og haustið er september – október.

Í skýrslunni eru nýtt vatnshitagögn úr tveimur síritamælum; Sogsbrú við Alviðru/Þrastarlund og við útfall Þingvallavatns (aðvatn Steingrímsstöðvar; STE-OLNA103). Mælingar á vatnshita í Sogi eru gerðar með síritandi hitamæli við Sogsbrú/Þrastarlund (ca 15 m.y.s.) og er gögnum hlaðið niður af mælinum einu sinni til tvisvar á ári. Mælingarnar eru á vegum Hafrannsóknastofnunar og er vatnshiti skráður á 1 klst. fresti. Nákvæmni mælinga er $\pm 0,06^\circ\text{C}$. Í síðustu samantektarskýrslu (Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson 2011) voru birt mánaðar- og ársmeðaltöl fyrir árin 2000 (frá ágústmánuði) til 2008 (til júnímánaðar). Í þessari samantekt eru birt mánaðar- og ársmeðaltöl þar sem frá var horfið. Ekki eru til gögn fyrir júlí 2008 – október 2009 og ekki heldur fyrir júní – júlí 2011. Marktæk jákvæð línuleg fylgni var milli mánaðarmeðaltala vatnshitans í útfalli Þingvallavatns og í Sogi við Sogsbrú (2000 – 2019; $P < 0,001$). Þar sem vatnshitagögn vantaði fyrir Sog við Sogsbrú var notuð jafna bestu línu, út frá því sambandi, til að reikna út meðalvatnshita mánaðar. Vatnshitamælingar í útfalli Þingvallavatns (aðvatni Steingrímsstöðvar) eru á vegum Landsvirkjunar (Landsvirkjun 2019) og er upplausn gagna 1 klst.



1. mynd. Yfirlitsmynd yfir rannsóknarsvæðið í Sogi, Hvítá og Ölfusá. Sýnd er staðsetning og númer rannsóknarstöðva. Rauð númer tákna athugunarstaði riðabletta.

Figure 1. Map of the research area in River Sogi, River Hvítá and River Ölfusá, showing location of research stations and their numbers. Yellow rings indicate location of electro-fishing stations, red stars location of fly traps and red numbers location of redd counting sites.

Vatnsrennsli

Vatnsrennsli hefur verið mælt í Sogi við Ásgarð frá 1972. Við prófun á áhrifum rennslissveiflna á þéttleika laxaseiða voru jafnframt notuð gögn um fyrirvaralausar útleysingar í virkjunum í

Sogi sem unnin voru hjá Landsvirkjun fyrir árin 1999–2017 (Laufey B. Hannesdóttir 2007, Auður Atladóttir o.fl. 2019). Fyrirvaralausar útleysingar í raforkukerfinu og bilanir á búnaði aflstöðva geta leitt til þess að aflvélar stöðvast og rennsli um þær einnig. Slíkir atburðir valda snöggum rennslissveiflum neðan virkjana, rennsli lækkar fyrst hratt en vex síðan hratt aftur (Laufey Hannesdóttir 2007). Marktækt jákvætt línulegt samband var á milli samanlagðra fjölda útleysinga í Ljósafossi og Írafossi og fjölda klst. með $>10\%$ minnkun í rennsli á hverjar 3 klst. ($r^2 = 0,87$, $P < 0,001$) við Ásgarð sem og samsvarandi aukningar ($r^2 = 0,78$, $P < 0,05$). Þetta þýðir að við útleysingar minnkar/eykst rennsli Sogs hratt (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011).

Fljúgandi skordýr

Allt frá árinu 1997 hafa flugnagildirur, fallgildirur sem safna flugum, verið starfræktar við Sogið (2. mynd). Tilgangurinn er að leggja mat á fjölda bitmýs á flugi og nema breytingar í fjölda á milli ára. Slík fallgildra hefur verið starfrækt við Efra-Sog (F3) við útfall Þingvallavatns árin 1997–2019, við Bíldsfell (F2) 1998 – 2019 og við Þrastalund (F4) 2010 – 2019.



2. mynd. Flugnagildirur á árbakka Sogs við Bíldsfell. Hefðbundin fallgildra t.v. og flugusjá t.h.

Figure 2. Fly-traps at Bíldsfell station on the banks of Sog river. Fall trap (left) and Flyscope (right).

Árið 2013 var fyrst reynd ný gerð af flugnagildru, svokölluð rafræn flugnagildra eða flugusjá (2. mynd). Gildran hefur verið í þróun síðan þá og er henni ætlað að koma í stað hefðbundinnar fallgildru. Flugusjain samanstendur af litlum kassa, sem flugur geta flogið inn í og „time lapse“ myndavél sem tekur ljósmyndir af rúðu í kassanum. Bitmýflugur sem fara inn í kassann skríða upp eftir rúðunni og endurtaka það atferli í óþekktan tíma. Með því að taka ljósmyndir á 2 klst fresti, og telja flugurnar, fæst mæling á fjölda bitmýsflugna á flugi á árbakkanum. Fyrsta flugusjain var sett upp við Bíldsfell sumarið 2013 til reynslu og hefur hún verið starfrækt á flugtíma bitmýs sumrin 2014 – 2019. Sams konar flugusjá hefur verið í notkun, við hlið hefðbundinnar fallgildru, við Efra Sog 2017 – 2019. Bitmýflugur voru taldar af 8 ljósmyndum á tímabilinu kl. 6 – 22 fyrir hvern sólarhring og heildarfjöldi flugna á sólarhring er summa þeirra talninga. Myndir voru skoðaðar frá byrjun júní og sum árin fram í október.

Árið 2016 var gerður samanburður á veiði hefðbundinnar flugugildru og flugusjár við Bíldsfell yfir sumarið með því að tæma flugnagildir reglulega yfir það tímabil sem von var á fljúgandi bitmýi.

Árið 2019 voru hefðbundnar fallgildir starfræktar til veiða og söfnunar fljúgandi flugna eins og fyrri ár allt árið við Efra-Sog, Bíldsfell og Þrastalund. Settar voru upp flugusjár við Bíldsfell og við Efra-Sog, þær voru í virkni frá 5. júní til 9. október.

Veiðinýting

Laxveiði hefur verið skráð í Sogi frá árinu 1947 og er stærsti hluti fiska einstaklingsskráður þar sem fram kemur kyn og þyngd á hverjum veiddum laxi. Ekki er víst að ástundun og skráning á veiði í upphafi hafi verið með sama sniði og síðar varð en sókn og veiðiaðferðir hafa því líklegast verið svipaðar á þeim tíma (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Samtals er nú veitt með 12 stöngum á laxveiðisvæðum Sogs. Skráningar eru á þyngd laxa, sem nota má til að skipta veiði í smálax (eitt ár í sjó) og stórlax (tvö eða fleiri ár í sjó) (Scarnecchia 1983, Guðni Guðbergsson 2009). Eru þessi gögn talin áreiðanleg, sérstaklega eftir 1970. Skráning á silungsveiði hefur ekki verið jafngóð en er talin hafa farið batnandi á síðari árum. Metinn var árlegur fjöldi smálaxa (eitt ár í sjó) og stórlaxa (tvö eða fleiri ár í sjó) í veiðitölum Sogs. Við skiptingu á sjávarárum laxa úr stangveiði var stuðst við aldursgreiningu í hreistri og þyngdardreifingu fiskanna í veiðiskráningu. Í veiðibækur er merkt við þá fiska sem veiddir eru í stangveiði og sleppt aftur.

Seiðarannsóknir

Við seiðarannsóknir voru notuð rafveiðitæki. Veitt var á ákveðnum svæðum og þéttleiki síðan umreiknaður sem fjöldi veiddra seiða í einni yfirferð í rafveiði á hverja 100 m² botnflatar. Slíkt mat er n.k. vísitala á þéttleika sem má nota til hlutfallslegs samanburðar á milli ára (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005). Öll seiði sem veiddust voru tegundargreind, lengdarmæld (sýlingarlengd) og hjá hluta þeirra var fæða athuguð. Af hluta aflans voru tekin kvarna- og hreistursýni til síðari aldursákvörðunar. Fæða seiða var sérstaklega skoðuð í Sogi við Alviðru (stöð 630) og Sakkarhólma (stöð 609) (2. mynd). Seiði voru fryst og fæða greind til fæðuhópa undir víðsjá á rannsóknarstofu. Seiðarannsóknir í Sogi og þverám fóru fram öll árin í lok ágúst til byrjun september. Veitt var á sex stöðum í Sogi, við Sakkarhólma, Ásgarð (st. 610), Álftavatn (st. 620), Hólma (st. 621), Alviðru og við Þrastalund (st. 631). Á laxgengum hluta þveránna var rafveitt í Ásgarðslæk (st. 679), Berjaholtslæk (st. 671) og Tunguá (st. 660). Til samanburðar var veitt á þremur stöðvum í Hvítá neðan Hestfjalls, við Austurkot (st. 460), við Oddgeirshóla (st. 470) og við Langholt (st. 480). Í Ölfusá var rafveitt á fjórum stöðvum, við Helli (st. 510), ofan Fossness (st. 520), við Selfoss (st. 530) og í Sandvík (st. 540) (2. mynd). Seiðarannsóknir í Hvítá og Ölfusá fóru fram á tímabilinu frá miðjum september til miðs október. Til að sjá breytileika í veiðni milli ára, vatnsfalla og aldurhópa var veiðni reiknuð út frá rafveiði þar sem farnar voru tvær yfirferðir. Þessar veiðnitölu voru ekki notaðar í þéttleikamati. Þetta var gert við Alviðru í Sogi Austurkot í Hvítá og Helli í Ölfusá (Seber og LeCren 1967). Notuð var eftirfarandi formúla:

$$N = c_1^2 / (c_1 - c_2) \text{ og } p = 1 - c_2 / (c_1 + c_2)$$

Þar sem N er reiknaður fjöldi seiða á rafveiddu svæði og p er veiðnin og c_1 er fjöldi veiddur í fyrri yfirferð og c_2 er fjöldi veiddur í seinni yfirferð.

Hrygningarblettir

Frá árinu 2004 hafa hrygningarblettir laxa og bleikju verið taldir og mældir reglulega við Sakkarhólma (1), og Bíldsfellsbreiðu (3) og fram til 2014 við Hólma (7). Fyrir 2010 voru bleikjublettir ekki taldir. Þetta hefur verið gert á tímabilinu frá lokum nóvember og fram yfir miðjan desember (mynd 2). Mælt var vatnsdýpi á hrauk og lengd og breidd hrygningarholu. Jafnframt var straumhraði áætlaður með sjónmati. Metið var út frá stærð hola, hvað væru laxablettir og hvað bleikjublettir, hrygningarholur $<0,5$ m í þvermál væru bleikjuholur en stærri laxaholur (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2014). Gerð var tilraun með að taka loftmyndir til talninga og mælinga á hrygningarblettum á Bíldsfellsbreiðu. Annars vegar var flogið með flugvél og hins vegar með Phantom 4 Pro dróna yfir hrygningasvæðið og nánasta umhverfi. Flogið var í mismunandi hæð til að meta hvaða flughæð hentaði best til að sjá botninn. Einnig var prófað að halla myndavélinni. Flogið var með Delair UX11 flugvél sem er með 1m vænghaf og er 1,7 kg. Flugvélin var sett á loft á bakka Sogs og lenti hún aftur á sama stað. Flogið var eftir fyrirfram ákveðnum fluglínum í um 120m hæð yfir landi. Teknar voru myndir lóðrétt niður þannig að þær skarast um 80%. Í flugvélinni eru nákvæmnis GPS tæki sem skráir hnit þegar myndir eru teknar. Myndirnar og upplýsingar um staðsetningu þeirra eru síðan sett í UAS Master hugbúnað sem raðar þeim saman og býr til 3D punktastofn ásamt því að búa til eina samsetta mynd sem er staðsett í hnitum. Samsetta myndin er staðsett í AutoCad hugbúnaði og greindir hrygningablettir teiknaðir ofan á myndina. Stærð bletta og staðsetning er fengin úr þeim flötum sem eru teiknaðir. Við stærðarmælingu var allur blettur mældur ekki bara holan eins og við hefðbundna greiningu. Niðurstöður úr talningu bletta af loftmyndum var síðan borin saman við talningu með hefðbundnum hætti á vettvangi. Verkfræðistofan Efla sá um mynatöku og úrvinnslu dróna- og flugmynda.

Samband hrygningar og nýliðunar hjá laxi

Við mat á hrygningarstofni er gengið út frá þeirri forsendu að stangveiðin í Sogi endurspegli breytingar í stofnstærðum. Jafnframt eru hér gefnar þær forsendur að veiðihlutfall (það sem veitt er af göngunni) sé 50% á smálax og 70% á stórlax og að þetta hlutfall haldist stöðugt milli ára en það lætur nærri því sem sést í öðrum ám (Ingi Rúnar Jónsson o.fl. 2008). Þar sem kynjahlutfall í hrygningu er ekki þekkt er gengið út frá því að það sé það sama og í veiðinni eins og hún er skráð í veiðibækur hvert ár. Sömu forsendur voru gefnar fyrir stærðardreifingu fiska í hrygningarstofni, að hún sé sú sama og í skráðri veiði.

Fjöldi hroga í laxahrygnum fer eftir stærð hrygna. Hrognafjöldi var reiknaður út frá stærð hrygna og tengslum stærðar og hrognafjölda sem hver hrygna gefur. Notuð voru gögn úr kreistingu 206 laxahrygna sem veiddar voru í Sogi á árabílinu 1985–2009. Hrognafjöldi hvernar hrygnu sem kreist var þannig fundin að rúmmál hroga var mælt og stærð hroga mæld með því að talinn var fjöldi hroga á 25 cm. Fjöldi hroga í rúmmáli var reiknaður samkvæmt formúlunni: $Fjöldi\ hroga = 1.172 * (rúmmál\ hroga\ í\ lítrum / hrognastærð\ í\ mm^3) * 1000$, aðlöguð eftir von Bayer 1910 og Edwards 1978.

Reiknað var logarithmísk línuleg aðhvarfsgreining ($\log_{10}/\log_{10}$) lengdar hrygna og hrognafjölda.

Gert var ráð fyrir að fjöldi hænga væri ekki takmarkandi fyrir hrygningu. Gengið er út frá því að þriðjungur slepptra laxa í stangveiði hafi verið veiddur oftari en einu sinni en rannsóknir í öðrum ám hafa sýnt að 26% laxa sem merktur er í stangveiði og sleppt er endurveiddur og 4% þeirra oftari (Guðni Guðbergsson og Sigurður Már Einarsson 2007). Tveir þriðju af fjölda hrygna sem sleppt er úr stangveiði er því lagður við afla í mati á leiðréttri veiðitölu fyrir mat á hrygningarstofni (Guðni Guðbergsson 2009).

Við mat á fjölda þeirra hroga sem hrygnt er á hverja flatareiningu var notað mat sem gert var á stærð botnflatar Sogs að frádregnu Álftavatni. Notaður var svokallaður virkur botnflötur sem er botnflötur grynna en einn meter og helmingur af botnfleti sem er á dýpra vatni en einn meter enda hefur sá botnflötur helmingi minna vægi í mati á búsvæðum laxaseiða (Þórólfur Antonsson 2000). Samtals eru þetta 821.238 m² (Magnús Jóhannsson o.fl. 2004). Seiðamælingar í Álftavatni og búsvæðamat hafa sýnt að framleiðsla laxaseiða er lítil þar (Magnús Jóhannsson 1997, Magnús Jóhannsson o.fl. 2004). Það að undanskilja Álfavatn er talið gefa réttari mynd en ella á magn hrygningar á hverja flatareiningu botns í Sogi.

Við mat á sambandi hrygningar og nýliðunar var borinn saman fjöldi hroga við nokkra mælikvarða á nýliðun. Fyrst var athugað samband hrygningar og meðaltalsþéttleika vorgamalla seiða (0⁺) og einnig samband hrygningar og meðaltalsþéttleiki ársgamalla seiða (1⁺) í Sogi. Samband vorgamalla (0⁺) og ársgamalla (1⁺) seiða var einnig athugað. Fundið var samband hrygningar og nýliðunar eftir líkani kennt við Ricker (Ricker 1954), setur það ekki þau skilyrði að hrygningarstofn og nýliðun væru í sömu einingum. Jafna fallsins er:

$$R = \alpha S e^{-\beta P}$$

R = nýliðun, S = hrygningarstofn, α = fasti, β = fasti

Líkan Rickers gerir ráð fyrir því að ef hrygning hefur verið lítil aukist nýliðun hratt við aukna hrygningu. Hámarksnýliðun (R_{max}) næst við tiltekna hrygningu (S_{Rmax}) en nýliðun fækkar svo aftur þegar hrygning fer yfir það mark. Hámarksfjöldi nýliða fæst við þann fjölda foreldra sem er við $S_{Rmax} = 1/\beta$ samkvæmt líkaninu. Hámarksafurkastur næst þar sem munurinn á fjölda nýliða og fjölda foreldra er mestur (e: *maximum sustainable yield, MSY*). Það er einungis hægt að meta þegar hrygning og nýliðun eru metin á sama skala (t.d. í fjölda hroga). Líkan Rickers gengur jafnframt út frá því að við mikla hrygningu og mikinn þéttleika seiða komi fram þéttleikaháð dánartala sem dregur úr framleiðslugetu viðkomandi stofns. Ef hrygningarstofn er mjög lítill í samanburði við stærð og burðargetu búsvæða eru tengsl milli hrygningarstofns og nýliðunar samkvæmt líkani Rickers ekki langt frá því að vera línuleg. Við þær aðstæður er framleiðslugeta stofna minni en búsvæði í ám geta borið. Ef slíkar aðstæður skapast getur uppbygging stofns tekið langan tíma miðað við óbreytta dánartölu frá hrogni til hrygningar (ICES 2003). Hægt er að prófa hvort að fastinn β sé marktækt frábrugðin núlli til að athuga hvort að þéttleikaáhrif hafi komið fram.

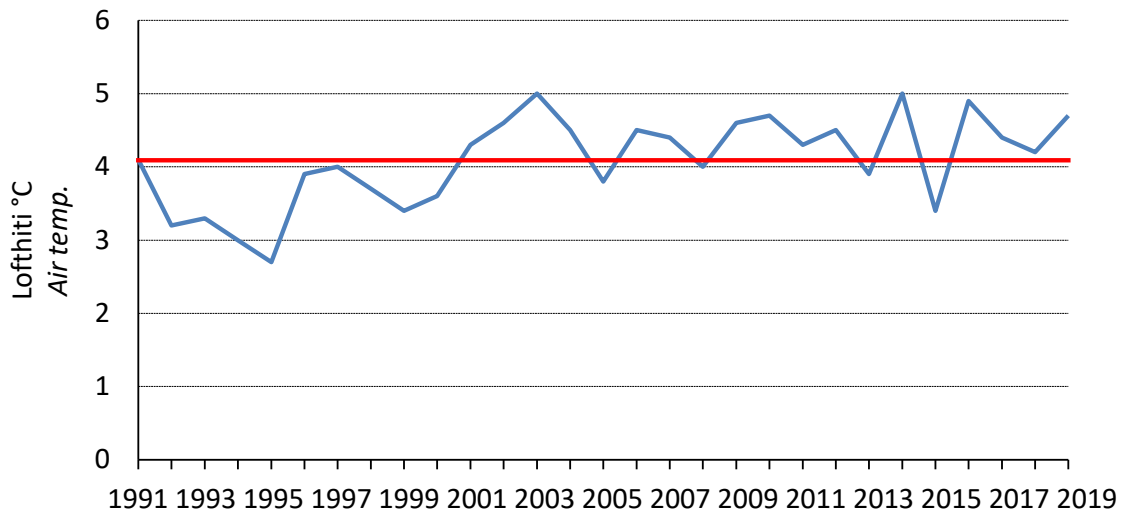
Þegar litið er á tengsl hrygningar, mælda sem fjölda hroga á fermetra botnflatar, er eingöngu litið til uppvaxtar og affalla í ánni. Hins vegar er hægt að líta yfir lengra tímabil með því að reikna fjölda hroga út frá veiðitölum og samsetningu veiðinnar yfir í fjölda hroga afkomenda þeirra í hrygningu. Með því er greindur fjöldi hroga, „hrogn í hrogn“ (Ricker 1954, Potter 2001). Þar með er einnig tekið tillit til affalla laxa í sjó. Við útreikninga á fjölda hroga í viðkomandi kynslóð laxa var stuðst við aldursskiptingu laxa samkvæmt greiningu á hreistri 801 laxa úr Sogi frá árunum 1985–2014. Að gera ráð fyrir stöðugri skiptingu ferskvatnsaldurs veldur líklega vanmati á stærð stórra árganga og ofmati á stærð lítilla árganga en ætti ekki að hafa mikil áhrif á mat á hámarksnýliðun. Kynslóðatími frá hrogni í hrygningu smálaxa (laxar sem dvalið hafa eitt ár í sjó) er að meðaltali um fimm ár og ári lengri hjá stórlaxi (laxar sem dvalið hafa tvö ár í sjó).

Við útreikninga á sambandi hrygningar og nýliðunar var notaður hugbúnaðurinn stan (Carpenter o.fl. 2017) og tölfræðiumhverfið R (R Core Team 2020).

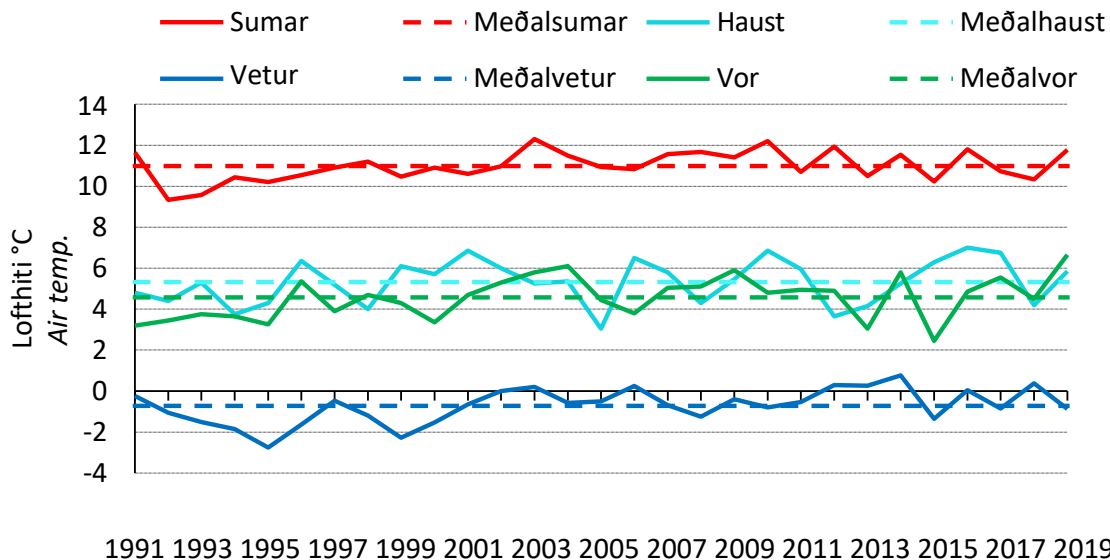
Niðurstöður

Loft- og vatnshiti

Ársmeðalhiti lofthita á nálægri veðurstöð, Hjarðarlandi í Biskupstungum, árin 1991–2019 var 2,7–5,0°C þar sem meðalárshiti var 4,1°C (sd=0,6; n=29). Fyrstu 10 ár tímabilsins voru köldust og voru þau öll undir meðalhita tímabilsins. Eftir aldamótin 2000 hafa langflest ár verið yfir meðalhitanum utan árána 2005, 2008, 2013 og 2015 (3. mynd), og skar árið 2015 sig úr með lágan hita (3,4°C). Sé litið til árstíðanna (4. mynd) þá var meðalsumarhitinn 11,0°C (sd=0,7; n=29) og fyrstu fimm sumrin eftir hlýtt sumar 1991 voru fremur köld, þar sem sumrin 1992 og 1993 voru þau einu með meðalhita undir tíu gráðum. Yfirleitt var sveifla meðalhitans milli sumra innan einnar gráðu en eftir 2010 hafa stærri sveiflur verið tíðari. Eftir 2000 var sumarhiti lægstur árin 2015 (10,2°C) og 2018 (10,3°C). Mun meiri sveiflur komu fram í hausthitanum sem var að meðaltali 5,3°C (sd=1,1; n=29). Lofthiti að vetri var að meðaltali -0,7°C (sd=0,8; n=29) og voru köldustu veturnir árið 1995 (-2,8°C) og 1999 (-2,3°C). Eftir aldamótin 2000 hafa veturnir verið mun mildari hvað meðallofthitann varðar og að meðaltali -1,4 – 0,8°C. Eins og í hausthitanum koma nokkrar sveiflur fram í vorhitanum, sem var að meðaltali 4,6°C (sd=1,0; n=29). Vorin voru mjög köld árin 1991–1995, en eftir það urðu vorin yfirleitt hlýrri og flest með meðalhita yfir fjórum gráðum. Köld vor komu þó á milli og þá sérstaklega voru 2000 (3,4°C), 2013 (3,1°C) og langkaldasta vor tímabilsins árið 2015 (2,5°C). Tvö vor voru sérstaklega hlý, bæði með yfir sex gráðu meðalhita, 2004 (6,1°C) og langhlýjasta voru 2019 (6,7°C).

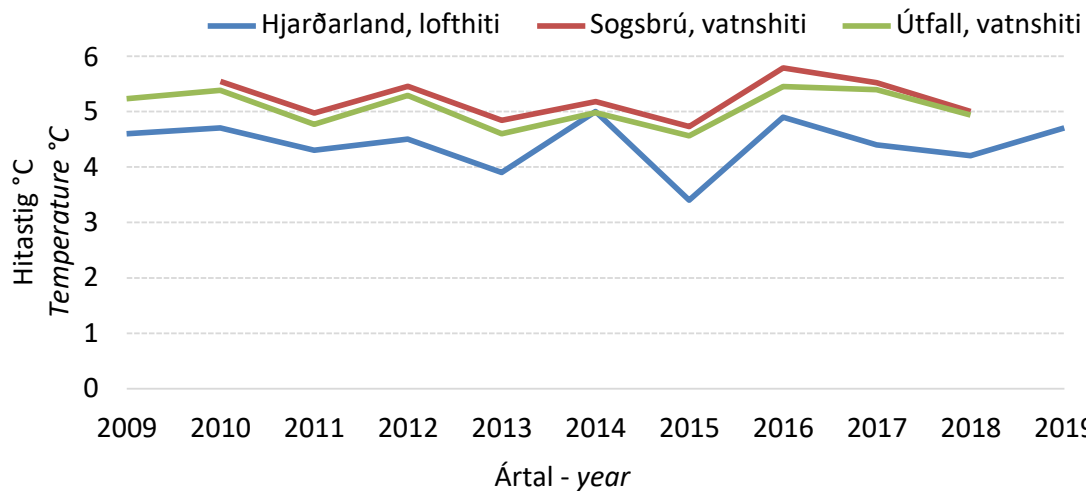


3. mynd. Ársmeðaltal lofthitans á Hjarðarlandi 1991-2019. Rauð lárétt lína táknar meðalárshitann fyrir sama árabil.
Figure 3. Annual average of air temperature at Hjarðarland weather station 1991 – 2019. Red horizontal line represents the average annual temperature for the same period.



4. mynd. Meðaltal lofthita á Hjarðarlandi eftir árstíðum 1991-2019, sumar (júní-ágúst), haust (september- október), vetur (nóvember-mars) og vor (apríl-maí). Láréttar brotalínur tákna meðallofthita árstíða á sama tímabili. Mánaðarmeðaltöl koma frá Veðurstofu Íslands.
Figure 4. Average air temperature by seasons 1991-2019, summer (June-August), autumn (September-October), winter (November – Mars) and spring (April-May). Horizontal lines demonstrate average seasonal average for the same period.

Ársmeðaltal áranna 2010 – 2018 í vatnshita Sogs við Sogsbrú, var á bilinu 4,7 – 5,8°C og að jafnaði 5,2°C. Við útfall Þingvallavatns var ársmeðaltalið 4,6 – 5,5°C, fyrir sömu ár og að jafnaði 5,0°C. Á sama tímabili var ársmeðaltal lofthitans við Hjarðarland 3,4 – 5,0°C (5. mynd).



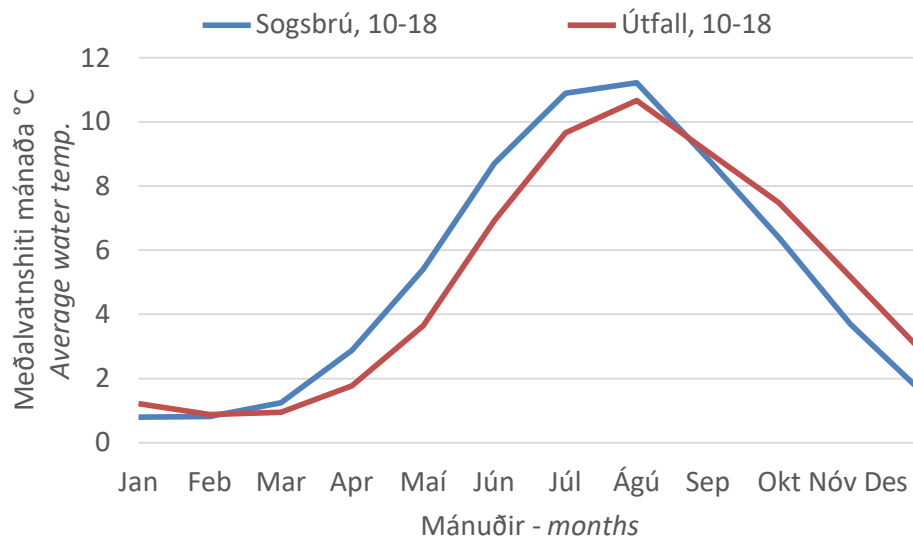
5. mynd. Ársmeðaltal vatnshita í Sogi við Sogsbrú (2010 – 2018), vatnshita í útfalli Þingvallavatns (2009 – 2018) og loftshita að Hjarðarlandi í Biskupstungum (2009 – 2019).

Figure 5. Annual average of water temperature of Sog at Sog-bridge (2010-2018), water temperature at Þingvallavatn outlet (2009-2018) and air temperature at Hjarðarland weather-station (2009-2019).

Nokkuð góð fylgni virtist vera með ársmeðaltali vatnshitans við Sogsbrú og í útfalli Þingvallavatns. Var hann 0,1 – 0,2°C hærri við Sogsbrúna á árunum 2010 – 2018 og að jafnaði var munurinn 0,2°C á þessu árabili. Meiri munur; 0,2 – 1,3°C, var á ársmeðaltali vatnshitans við Sogsbrú og loftshitans við Hjarðarland. Munurinn var að meðaltali 0,9°C þar sem árshiti Sogs við Sogsbrú var hærri öll árin.

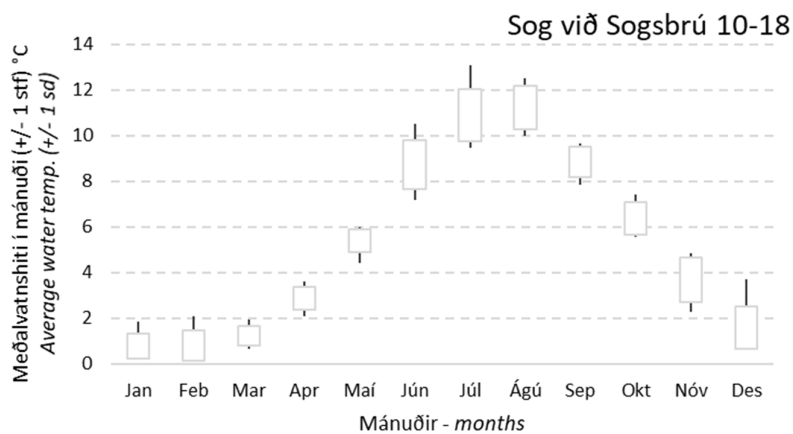
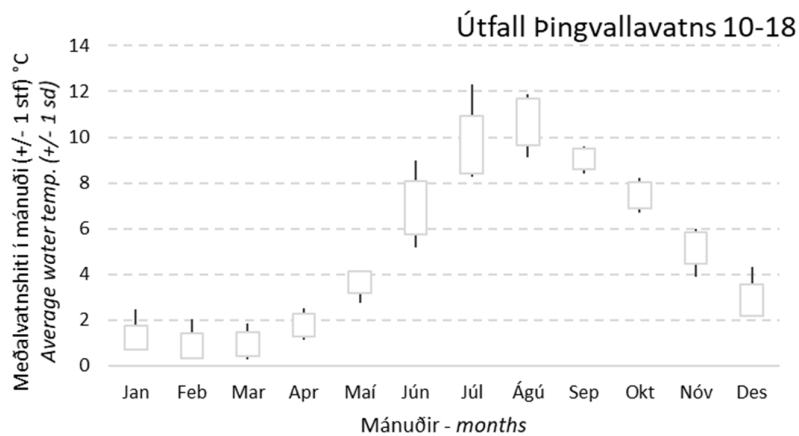
Þegar meðalvatnshiti mánaða í Sogi fyrir árin 2010 – 2018 er borinn saman á milli fyrrnefndra tveggja mælingarstaða sjást vel áhrif mikillar varmarýmdar Þingvallavatns þar sem vatn í útfallinu hlýnar seinna að vorinu (6. mynd) og kólnar seinna að haustinu en árvatn Sogsins við Sogsbrú. Mestur breytileiki milli ára á meðalhita mánaða er að sumarlagi; júní, júlí og ágúst, en þar er staðalfrávikid stærra en í öðrum mánuðum (7. mynd). Á þetta við báða mælistaði vatnshita. Breytileiki í meðalvatnshita á milli ára var minnstur á fyrstu fimm mánuðum ársins og því lindar- og stöðuvatnsáhrifin sterk. Einnig er greinilegt að breytileiki í vatnshita að hausti (sept. og okt.) er minni í útfalli Þingvallavatns en í Sogi við Sogsbrú (7. mynd).

Þegar litið er til meðalhita mánaða þá er vatnshiti í ágúst að jafnaði hæstur á viðmiðunartímabilinu 2010 – 2018 (tafla 1) og var spönn meðalhitans þá 9,1 – 11,9°C í útfallinu en 10,0 – 12,5°C við Sogsbrú. Að meðaltali var vatnið hlýrra í útfallinu yfir vetrarmánuðina nóvember til febrúar en aðra mánuði var árvatnið í Sogi við Sogsbrú hlýrra (töflur 1 og 2). Marktækt línulegt samband var á meðalvatnshita mánaðar milli mælistöðva fyrir alla mánuði ársins (2000 – 2019; $P < 0,001$). Í töflu 2 eru gefin upp útreiknuð mánaðarmeðaltöl (feitletuð gildi) þar sem eyður voru í vatnshitagögnum.



6. mynd. Meðalhitastig í °C í hverjum mánuði, fyrir árin 2010 – 2018 á tveimur mælistöðum; útfall Þingvallavatns og Sog við Sogsbrú.

Figure 6. Average temperature for each month in the years 2010 – 2018 at two locations; Þingvallavatn outlet (red line) and Sog at Sogsbridge (blue line).



7. mynd. Meðalhitastig vatnsins í °C í hverjum mánuði á tveimur mælistöðum; í útfalli Þingvallavatns og í Sogi við Sogsbrú. Kassar tákna ± 1 staðalfrávik og lóðréttar línur tákna spönn hæsta og lægsta meðalhita mánaðar á árabílinu 2010 – 2018.

Figure 7. The average temperature for each month showing the seasonal variation. Boxes indicate one standard deviation. Vertical lines indicate maximum and minimum average for the years 2010 – 2018.

Tafla 1. Meðalvatnshiti eftir mánuðum og árum í °C í útfalli Þingvallavatns. Gefinn er upp árshiti, meðalhiti 2010 – 2018 (M.t.) og staðalfrávik 2010 – 2018 (Stf.).

Table 1. The average water temperature (°C) in the Þingvallavatn outlet by months and years (Árshiti). Average of 2010 – 2018 is shown (M.t.) and one standard deviation (Stf.).

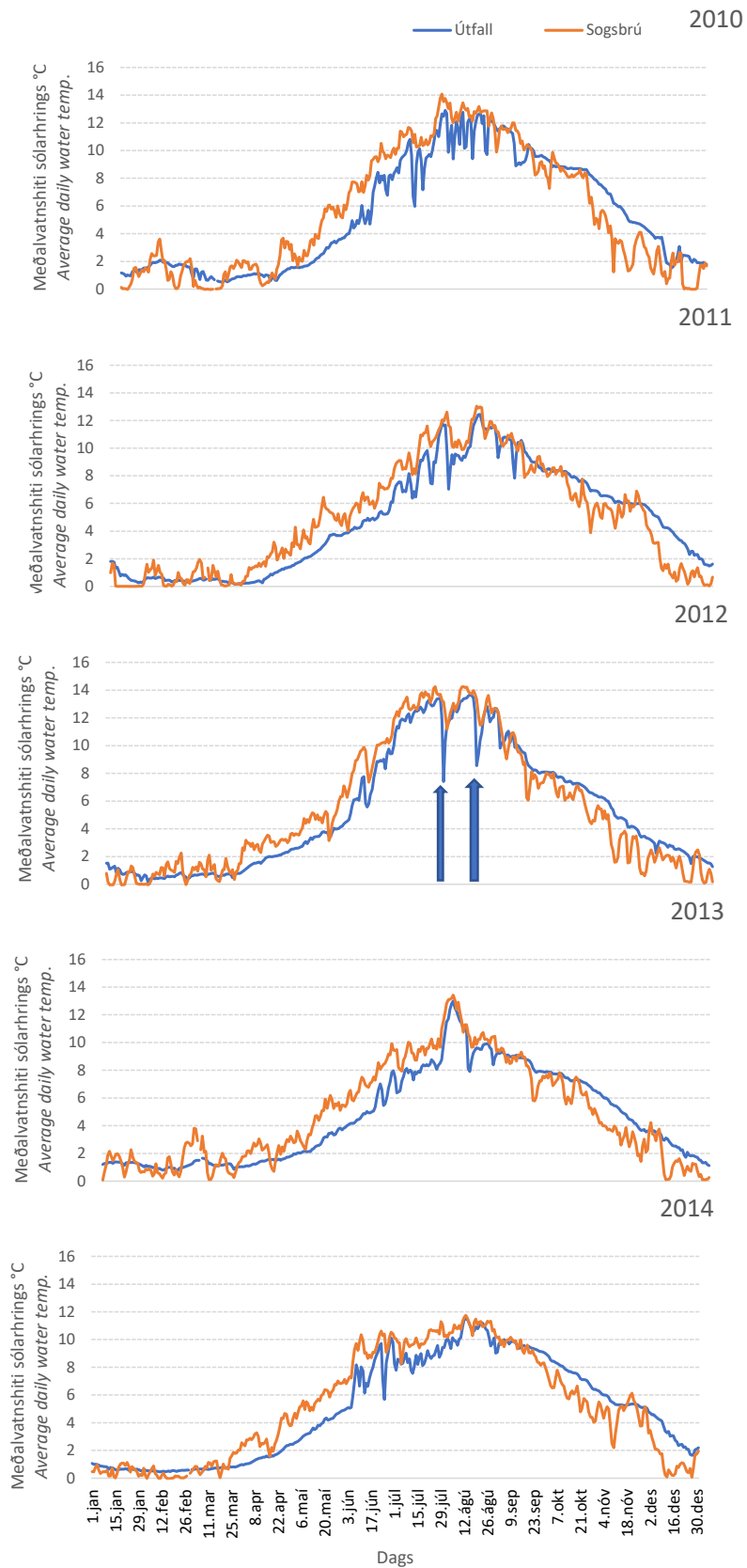
Ár	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sep	Okt	Nóv	Des	Árshiti
2008	1,6	0,4	0,7	1,5	3,6	7,3	9,7	11,2	9,6	7,2	4,6	2,3	5,0
2009	1,7	1,1	1,0	1,8	3,9	7,6	11,1	10,2	9,1	6,9	5,3	3,0	5,2
2010	1,5	1,3	0,9	1,3	3,7	8,0	10,4	11,6	9,5	8,2	5,0	2,3	5,4
2011	0,7	0,4	0,3	1,3	3,4	5,8	9,1	10,9	9,0	7,3	5,8	2,8	4,8
2012	0,8	0,6	0,9	2,2	4,1	9,0	12,3	11,9	8,7	6,8	3,9	2,2	5,3
2013	1,2	1,0	1,2	1,6	3,2	5,9	9,1	9,7	8,4	7,0	4,4	2,2	4,6
2014	0,7	0,5	0,7	1,6	3,7	7,5	8,6	10,4	9,5	7,6	5,5	3,1	5,0
2015	1,1	0,3	0,3	1,1	2,7	5,2	9,4	9,1	8,8	7,7	5,7	3,0	4,6
2016	1,2	0,6	0,8	1,8	3,8	7,0	10,6	11,6	9,6	7,8	6,0	4,3	5,5
2017	2,5	2,0	1,8	2,4	4,1	6,8	9,1	11,2	9,5	8,1	5,5	2,5	5,4
2018	1,1	1,1	1,6	2,5	4,1	7,1	8,3	9,5	8,6	6,7	4,9	3,4	4,9
2019	2,7	1,5	1,4	2,1	4,6	9,0	11,4	11,4	9,1	8,4			
M.t. 10-18	1,2	0,9	0,9	1,8	3,7	6,9	9,7	10,7	9,1	7,5	5,2	2,9	5,0
Stf. 10-18	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2	1,3	1,0	0,5	0,6	0,7	0,7	0,4

Tafla 2. Meðalvatnshiti eftir mánuðum og árum í °C í Sogi við Sogsbrú. Gefinn er upp árshiti, meðalhiti 2010 – 2018 (M.t.) og staðalfrávik 2010 – 2018 (Stf.). Feitletruð gildi tákna gildi þar sem meðalvatnshiti er útreiknaður frá meðalvatnshita við útfall Þingvallavatns.

Table 2. The average water temperature (°C) in Sog at Sogsbridge by months and years (Árshiti). Average of 2010 – 2018 is shown (M.t.) and one standard deviation (Stf.). Bold letters indicate calculated values from average water temperature in Þingvallavatn outlet.

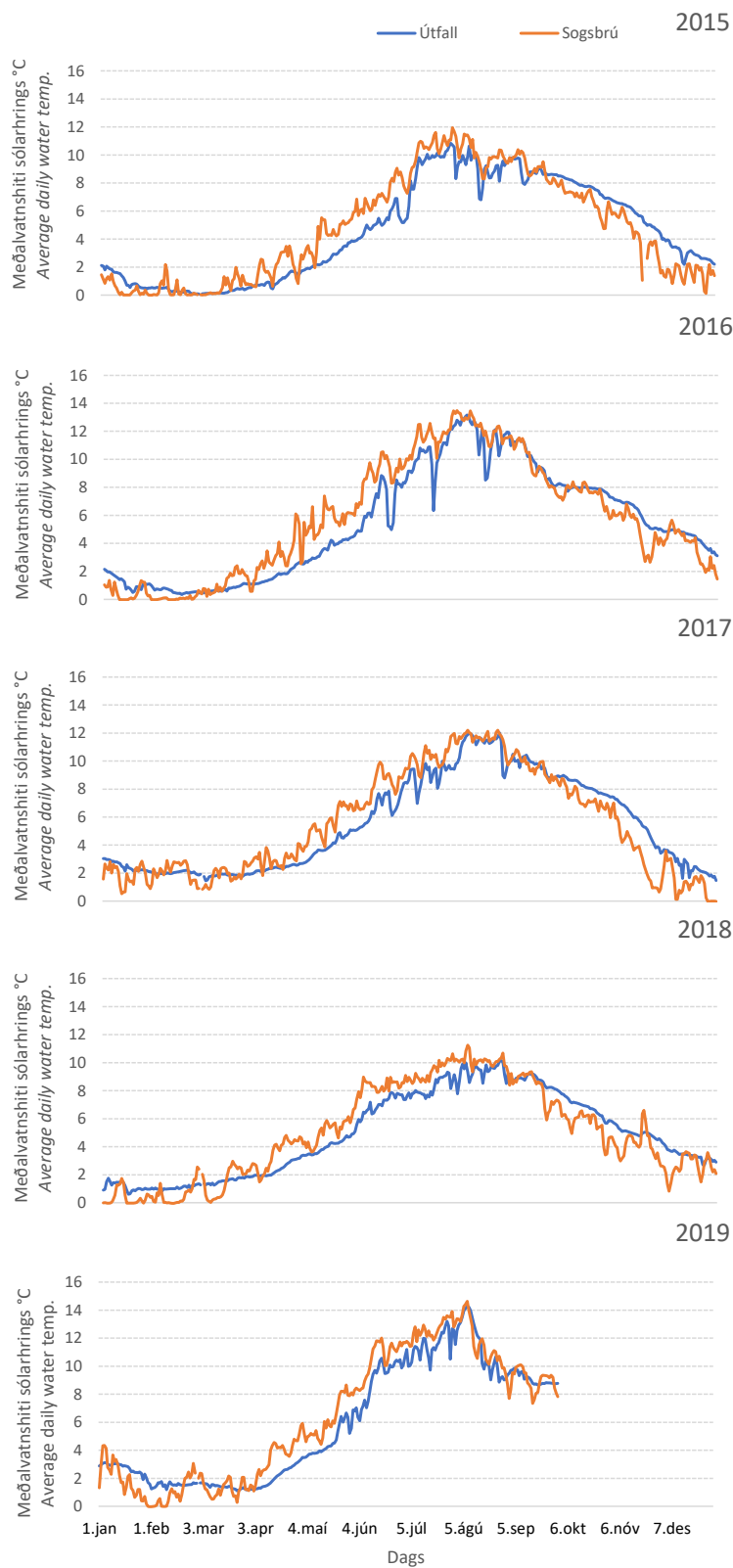
Árið	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sep	Okt	Nóv	Des	Árshiti
2008	0,8	0,3	0,7	2,6	5,7	9,3	10,9	11,6	9,5	5,9	3,0	1,2	5,1
2009	1,0	0,9	1,1	2,6	5,6	9,3	12,2	10,8	8,8	5,6	3,8	1,7	5,3
2010	1,4	0,6	1,2	2,3	6,0	9,9	11,9	12,2	9,6	7,0	2,7	1,2	5,5
2011	0,5	0,6	0,7	2,7	5,1	7,8	10,3	11,3	8,9	6,2	4,9	0,8	5,0
2012	0,4	1,1	1,5	3,3	5,7	10,5	13,1	12,5	8,1	5,6	2,3	1,2	5,5
2013	1,2	1,5	1,3	2,5	5,0	7,9	10,4	10,4	7,9	5,8	3,1	0,9	4,8
2014	0,6	0,2	1,0	3,0	5,7	9,2	10,0	11,0	9,3	6,0	4,7	1,2	5,2
2015	0,4	0,4	0,6	2,1	4,4	7,2	10,4	10,0	9,0	6,7	3,6	1,5	4,7
2016	0,5	0,1	1,2	3,3	5,8	9,2	11,9	12,1	9,3	7,4	4,8	3,7	5,8
2017	1,8	2,1	2,0	3,1	5,8	8,3	10,4	11,5	9,5	7,2	3,1	1,2	5,5
2018	0,4	0,7	1,6	3,6	5,3	8,4	9,5	10,0	8,1	5,5	4,1	2,6	5,0
2019	1,9	1,0	1,3	3,6	6,2	10,4	12,5	11,6	9,0				
M.t.10-18	0,8	0,8	1,2	2,9	5,4	8,7	10,9	11,2	8,8	6,4	3,7	1,6	5,2
Stf.10-18	0,5	0,7	0,4	0,5	0,5	1,1	1,1	0,9	0,7	0,7	1,0	0,9	0,4

Þegar meðalvatnshiti sólarhrings er skoðaður vekur athygli að sjá skyndilegar dýfur vatnshitans í útfalli Þingvallavatns að sumarlagi. Þetta var sérstaklega áberandi í júlí og ágúst árið 2012 (8. mynd) og júní, júlí og ágúst 2016 (9. mynd) en þó eru allnokkur dæmi um sams konar vatnshitadýfur önnur ár. Dæmin frá árinu 2012 verða frekar rakin hér á eftir. Greinilega sést á 8. og 9. myndum að vatnshitinn við Sogsbrú fylgir þessum dýfum og vatnshitinn lækkar þar einnig en þó ekki eins mikið. Í fyrrnefndum dæmum frá árinu 2012 lækkar meðalvatnshitinn milli sólarhringa um 4,5°C frá 21. júlí (11,9°C) til 22. júlí (7,4°C) en hækkar síðan aftur þann 23. júlí um 2,8°C. Seinna dæmið frá árinu 2012 er þegar meðalvatnshitinn lækkar skyndilega um 3,8°C frá 10. ágúst (12,4°C) til 11. ágúst (8,6°C). Ef ofangreind dæmi eru

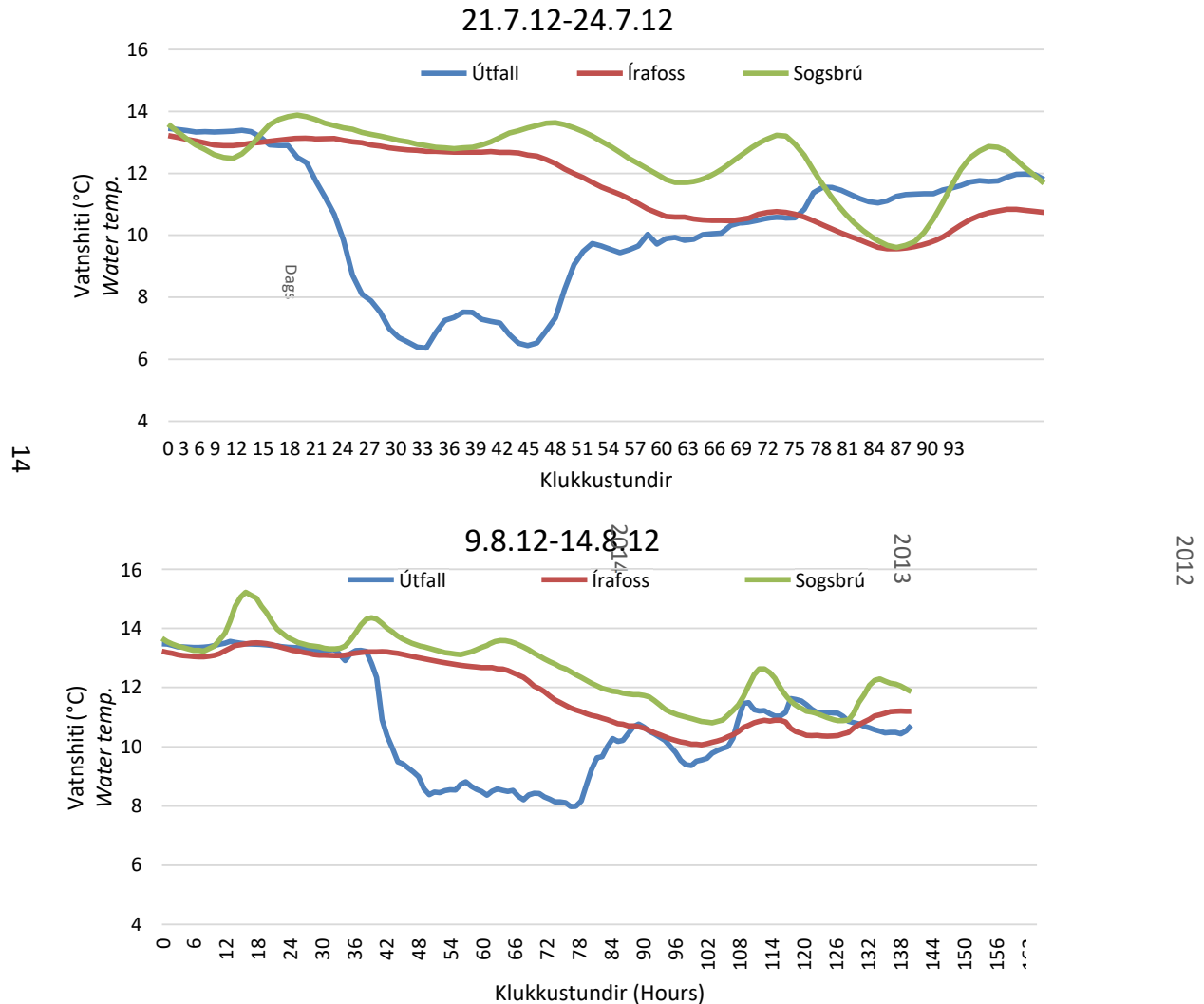


8. mynd. Vatnshitamælingar í Þingvallavatni við útfall og Sogi við Sogsbrú 2010 – 2014. Sýndur er meðalvatnshiti sólarhrings. Bláar örvar benda á skyndilegar dýfur í vatnshita og fjallað er um í texta skýrslunnar.

Figure 8. Water temperature in Þingvallavatn at the outlet at Steingrímsstöð hydro plant and in river Sog at Sogsbridge. Average water temperature of each day is shown. Blue arrows point at sudden drop in water temperature.



9. mynd. Vatnshitamælingar í Þingvallavatni við útfall og Sogi við Sogsbrú 2015 – 2019. Sýndur er meðalvatnshiti sólarhrings.
Figure 9. Water temperature in Þingvallavatn at the outlet at Steingrímsstöð hydro plant and in river Sog at Sogsbridge. Average water temperature of each day is shown. Blue arrows point at sudden drop in water temperature.



10. mynd. Vatnshiti í útfalli Þingvallavatns (blá lína), aðvatni Írafossstöðvar (rauð lína) og við Sogsbrú (græn lína). Sýnd eru klukkustundargildi. Efri myndin sýnir vatnshitann á tímabilinu 21. júlí kl. 00:00 til 24. júlí kl. 23:00. Neðri myndin sýnir vatnshitann á tímabilinu 9. ágúst 2012 kl. 00:00 til 14. ágúst 2012 kl. 23:00.

Figure 10. Water temperature in Þingvallavatn at the outlet (blue line), above Írafoss power station (red line) and in Sog at Sogsbriggde (green line). The top figure shows the water temperature 21. July at 00:00 – 24. July at 23:00. The figure below shows water temperature 9. August 2012 at 00:00 – 14. August at 23:00.

skoðuð nánar, þá sést að skyndileg lækkun vatnshitans í útfalli gætir einnig við Sogsbrú, neðst í ánni (10. mynd) og hefur því að öllum líkindum einnig mikil áhrif á hitafarið í Úlfliótsvatni.

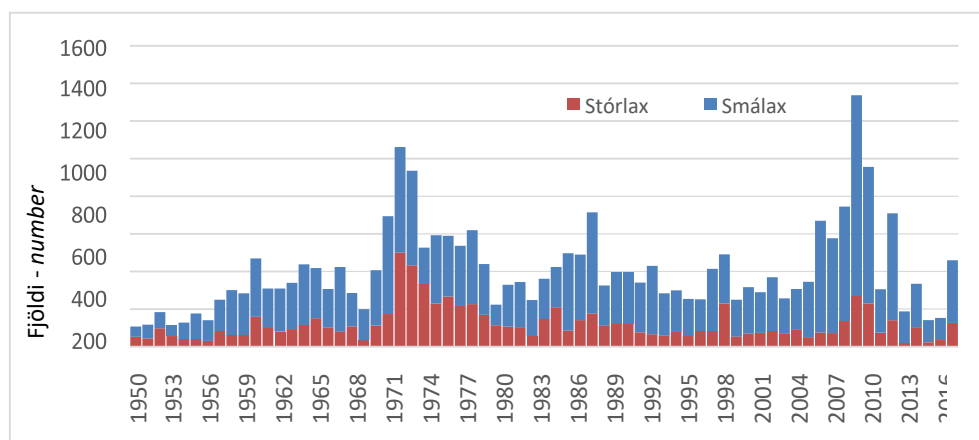
Veiðinýting

Lax er nýttur með stangveiði í Sogi. Stangveiði er nú stunduð í Sogi frá, Syðri-Brú, Bíldsfelli, Ásgarði, Torfastöðum, Þrastarlundi og Alviðru og leigir hver landeigandi sér fyrir sínu landi. Samtals er veitt með 13 stöngum. Í raun má skipta laxveiðinni í 8 tímabil, fyrsta einkenndist af

lítilli laxveiði (1949–1956) en þá veiddust aldrei fleiri en 200 laxar hvert ár. Annað tímabilið varði í 13 ár (1957–1969) en þá veiddust að jafnaði fleiri en 200 laxar ár ári og sum árin fór veiðin jafnvel yfir 400 laxa á ári (1960, 1964–1965, 1967). Þriðja tímabilið einkenndist af mikilli veiði en það varði í 10 ár (1970–1979) og veiddust þá alltaf yfir 400 laxar á ári og fleiri en 600 laxar sum árin (1971–1973 og 1978). Fjórða tímabilið varði í aðeins fimm ár (1980–1984) en þá veiddust mun færri laxar en árin á undan. Fimmta tímabilið varði sömuleiðis í fá ár (1985–1988) og veiddust alltaf fleiri en 400 laxar á ári. Sjötta tímabilið er lengst þessara tímabila og varði í 18 ár (1989–2006) sem einkenndust af mun minni laxveiði að jafnaði en árin þar á undan. Var laxveiðin alltaf undir 400 löxum á ári ef undanskilin eru árin 1993 og 1998–1999. Sjöunda tímabilið einkenndist af mikilli laxveiði og nær það yfir síðustu tvö ár samantektarinnar þ.e. 2007–2011, en þá veiddust að meðaltali 857 laxar á ári. Á því tímabili var mesta skráða laxveiði í Sogi en árið 2010 veiddust 1.337 laxar í Sogi. Síðasta tímabilið er frá 2012 til 2018. Á þessu tímabili er laxveiðin mjög sveiflukennd og mjög slök sum ár en árið 2017 var skráð veiði aðeins 135 laxar. Á þessu tímabili bárust skýrslur ekki af öllum svæðum sum ár. Meðalveiði síðustu 10 ára (2009–2018) var 532 laxar (11. mynd).

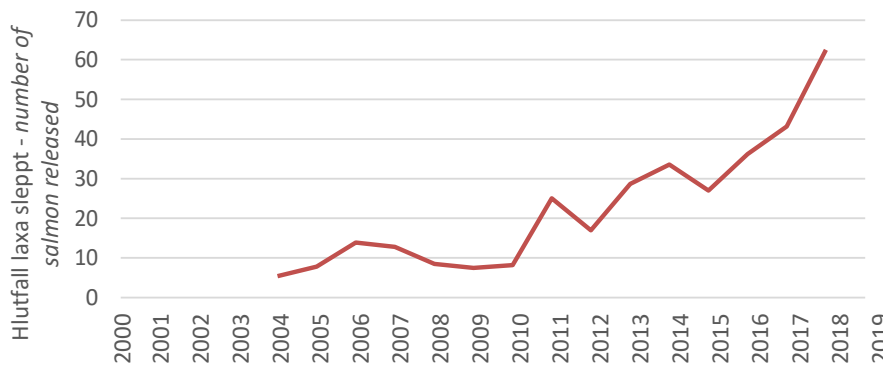
Á árunum 1949–2008 hefur hlutur stórlaxa (laxa sem dvalið hafa tvö ár í sjó) í stangveiði í Sogi að meðaltali verið 31,2%. Eftir 1972 hefur hlutfall stórlaxa í aflanum farið minnkandi. Ekki er að sjá sambærilega þróun í fjölda smálaxa (11. mynd). Á 6. áratug síðustu aldar var hlutur stórlaxa að jafnaði 34,3%, á 7. áratugnum 28,9%, á 8. áratugnum 40,9%, á 9. áratugnum 33,1% á tíunda 26,8% og 20,5% síðustu 10 ár. Á tímabilinu 1949 til 1974 var marktæk línuleg jákvæð fylgni á milli fjölda smálaxa og stórlaxa af sama gönguseiðaárgangi ($r^2 = 0,87$, $P < 0,001$) en þau tengsl rofnuðu eftir það (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011).

Hlutfall veitt og sleppt hefur vaxið. Fyrir 2011 var það öll ár undir 20% en síðustu fimm ár verið að jafnaði 40,5%, hæst var það árið 2018, 62,5% (12. mynd).



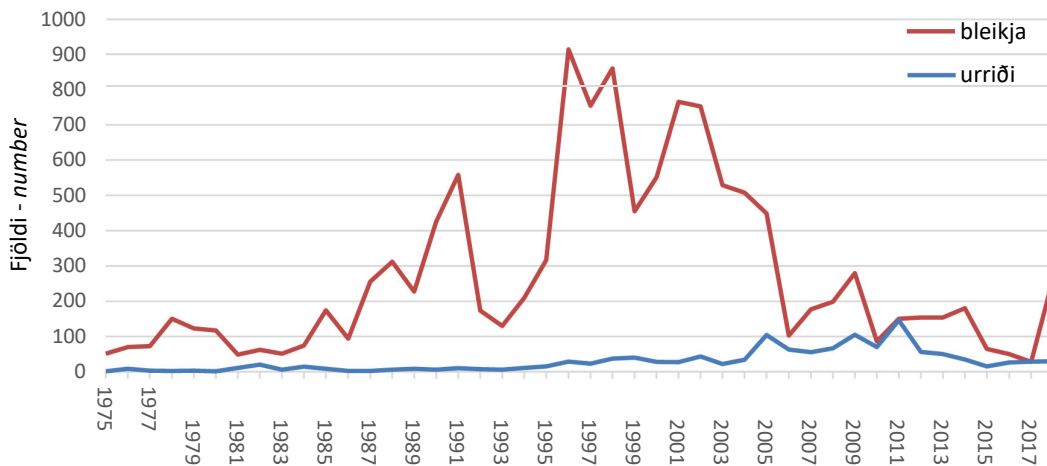
11. mynd. Fjöldi stangveiddra laxa í Sogi 1950 – 2018, skipt í smálax (eitt ár í sjó) og stórlax (tvö ár í sjó). Græn lína sýnir meðaltal síðustu 10 ára sem var 533 laxar.

Figure 11. Number of salmon caught in R. Sog 1950 – 2018, divided in one sea winter (blue) and two sea winter (red) salmon.



12. mynd. Hlutfall laxa sem sleppt var aftur eftir veiði í Sogi.

Figure 12. Proportion of salmon released after angling in R. Sog.



13. mynd. Fjöldi stangveiddra bleikja- og urriða í Sogi árin 1975 – 2018.

Figure 13. Number of charr and trout caught by angling in R. Sog.

Bleikjuveiði hefur dalað mikið síðustu ár í Sogi. Mesta skráða veiði á bleikju var árið 1996, 914 bleikjur. Árið 2017 náði bleikjuveiðin lágmarki en þá voru aðeins 28 bleikjur skráðar í stangveiðinni. Árið 2018 var þó mikil aukning en þá var veiðin 265 bleikjur. Meðalveiði bleikju síðustu 10 árin (2009 – 2018) var 141 bleikja. Veiði á urriða óx fram til 2011 en dróst saman eftir það. Meðalveiði síðustu 10 ára á stöng í Sogi var 56 urriðar (13. mynd).

Seiðasleppingar

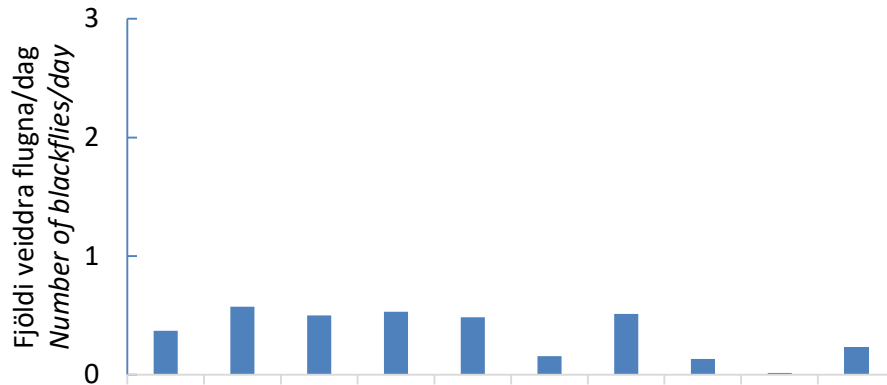
Laxaseiðum hefur verið sleppt í Sogið allt frá upphafi klakstarfsemi við Sog árið 1922 (Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941) en tölur um sleppingar frá fyrri árum liggja ekki fyrir. Í fyrstu var eingöngu um að ræða sleppingar kviðpokaseiða, en á 7. áratugnum koma til sleppingar alinna seiða. Eftir 1985 hafa öll seiði verið frá hrognum úr klakfiski sem veiddur hefur verið í Sogi eða Ásgarðslæk. Mestum hluta kviðpoka- og sumaröldu seiðanna hefur verið sleppt á ólaxgenga hluta þveránna, í Brúará (Brúarlæk), Ásgarðslæk, Ytriá og Austurá. Á árunum 1985 til 2006 var talsverðu magni gönguseiða sleppt í Sogið (viðauki IV).

Séu tölur um veiði örmerktra laxa uppfærðar á heildarfjölda slepptra seiða í þeim hópum sem hafa verið merktir benda niðurstöður til að 494 laxar hafi endurheimst af þeim sem sleppt var sem gönguseiðum í Sog. Það ber að hafa í huga að hér er líklega um lágmarkstölu að ræða því reynslan sýnir að ekki berast öll merki til rannsóknaraðila. Langflestir laxanna veiddust eftir eitt ár í sjó, eða 93% (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Árið 2010 var síðasta ár sem sleppt var seiðum á vatnasvæði Sogsins en þá var sleppt 36.000 kviðpokaseiðum. Ekki er þekkt hverju kviðpokaseiðasleppingar hafa skilað, þau seiði hafa flest farið á ófiskgeng svæði og komið þar fram í seiðamælingum með rafveiðum en ekki er þekkt í hve miklum mæli þau hafa komið fram í veiði.

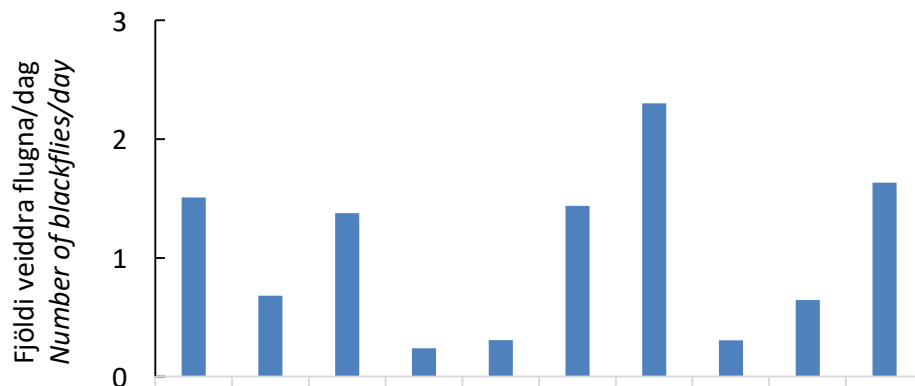
Fljúgandi skordýr

Að jafnaði var veiði á bitmýflugum mest í fallgildru við Bíldsfell, stöð F2 (meðalveiði = 1,0 bitmýflugur/dag), en minnst í fallgildru við Efra-Sog, stöð F3 (0,3 bitmýflugur/dag). Veiðin var jöfnust milli ára í fallgildru við Þrastalund, stöð F4 (0,6 bitmýflugur/dag) (14. mynd). Ekki var marktæk fylgni (Pearson fylgnipróf) á veiðinni milli Bíldsfells, F2 og Efra-Sogs, F3 ($r = 0,0376$, $P = 0,918$) né milli Bíldsfells, F2 og Þrastalundar, F4 ($r = 0,408$, $P = 0,241$). Marktæk neikvæð fylgni var hins vegar á veiðinni milli Efra-Sogs, F3 og Þrastalundar, F4 ($r = -0,772$, $P = 0,00883$).

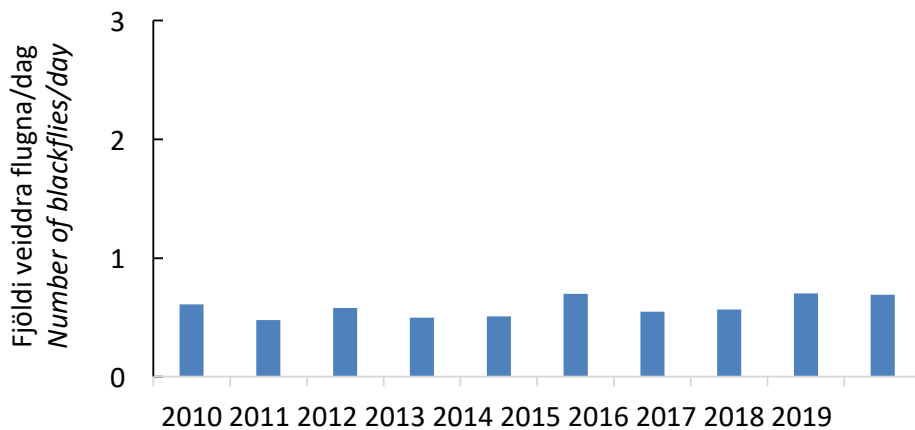
F3 - Efra-Sog



F2 - Bíldsfell



F4 - Þrastalundur



14. mynd. Fjöldi veiddra flugna bitmýs á dag í flugnagildir (fallgildir) við Efra-Sog (efsta mynd), við Bíldsfell (í miðju) og við Þrastalundur (neðsta mynd). Ártölín við lárétta ásinn gefa til kynna hvaða ár gildir voru tæmdar. Súlur tákna ársveiði gildranna frá hausti árið áður.

Figure 14. Daily number of blackflies caught per year in fly traps at Efra-Sog (top), at Bíldsfell (in middle) and at Þrastalundur (low). Columns indicate the catch since autumn the year prior to the one shown below. The years indicate at which year the traps were emptied.

Flugtími bitmýs við Efra-Sog var skoðaður með flugusjá sumrin 2017 – 2019. Mest var af bitmýi á flugi í júlímánuði öll árin og tvö fyrri árin var um eina göngu bitmýs að ræða. Árið 2019 skar sig úr og komu fram tvær göngur; sumarganga sem hófst á síðustu dögum júnímánaðar og náði fram í miðjan júlímánuð, eftir miðjan júlí dró mikið úr flugunni og þær hurfu þann 22. júlí. Það var síðan 27. ágúst að aftur varð vart bitmýs í flugusjánni og virtist þar á ferðinni haustganga. Flestar bitmýflugur greindust í haustgöngunni 6. september til 14. september en vart varð stakra bitmýsflugna allt til 3. október. Árið 2017 hafði helmingur bitmýsgöngunnar greinst þann 15. júlí, árið 2018 þann 4. júlí og árið 2019 þann 16. júlí (tafla 3 og 14. mynd).

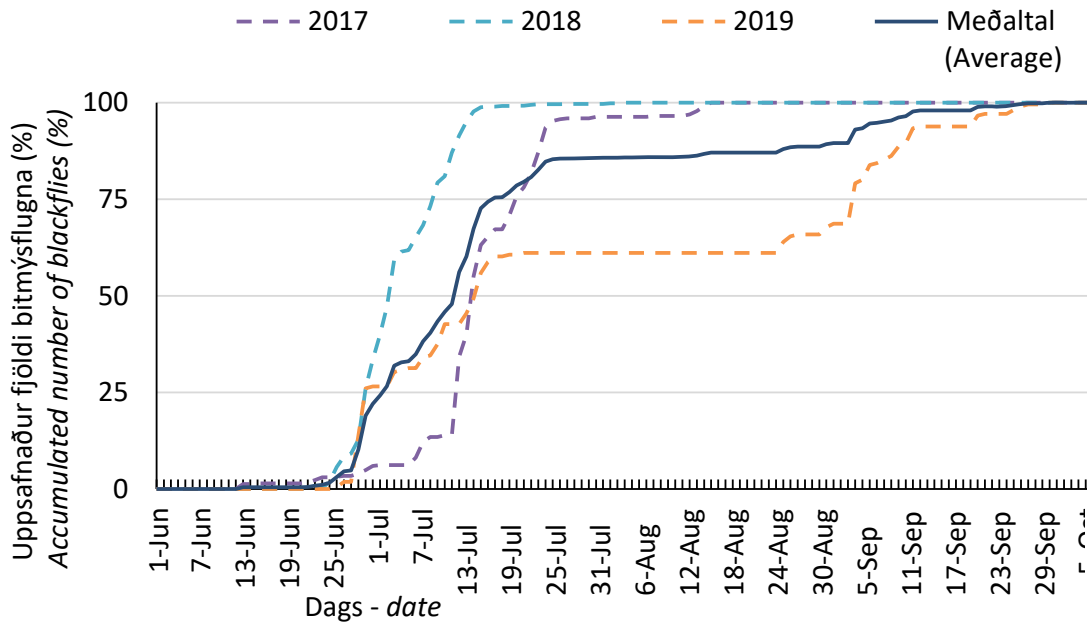
Flugusjáið við Bíldsfell hefur verið lengur í notkun, eða allt frá árinu 2014. Á þeim árum, til og með árinu 2019, hefur bitmýsflugna fyrst orðið vart í flugusjá um miðjan júnímánuð (tafla 3 og 15. mynd) og 25% flugsins yfirleitt orðið vart í júlí, nema síðustu tvö árin þegar það var 30. júní (sömu dagsetningar og við Efra-Sog). Flugid virðist því hafa sér mjög svipað á milli þessara tveggja staða. Yfirleitt hefur verið um eina göngu bitmýs að ræða, nema árið 2019 þegar tvær göngur greindust (14. og 16. mynd) á báðum athugunarstöðum. Fyrri gangan er að jafnaði í júlí, en árið 2019 kom seinni gangan um mánaðarmótin ágúst – september.

Tafla 3. Dagsetningar þess hvenær fljúgandi bitmýs varð fyrst vart (Upphaf) í flugusjám við Efra-Sog og á bökkum Sogs við Bíldsfell og hvenær síðustu flugur greindust (Endir) eftir árum. Sýndar eru dagsetningar við fjórðungsmörk uppsafnaðrar göngu bitmýs.

Table 3. Dates of first (upphaf) and last (Endir) appearance of blackflies in Flyscopes at Efra-Sog and Bíldsfell by years. Dates at each quartile of cumulative amount of blackflies is shown.

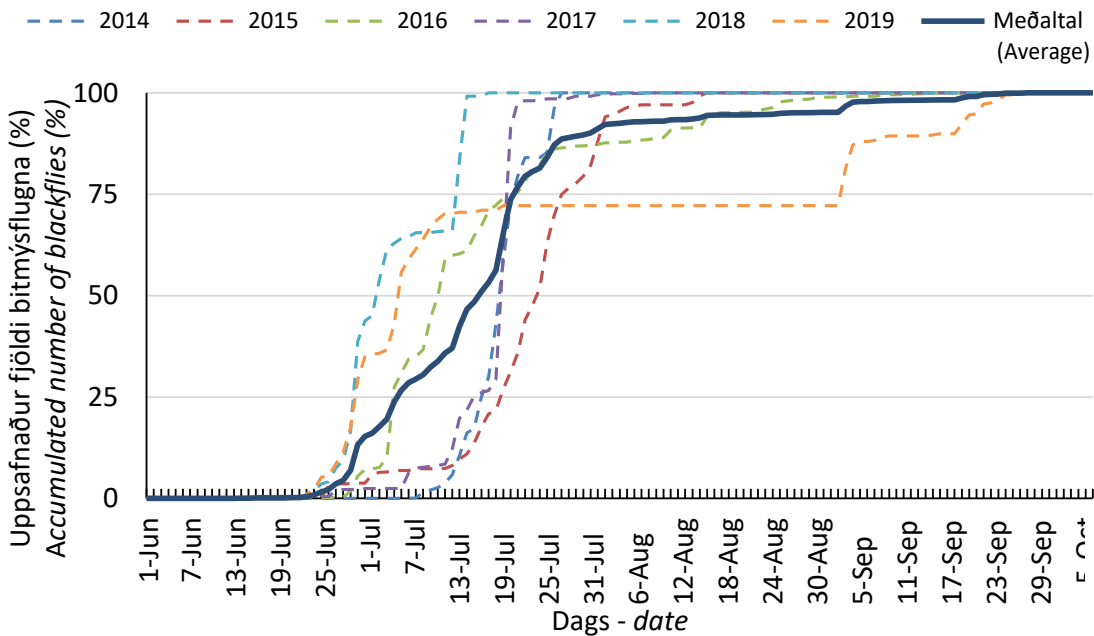
Fjórðungsmörk -Árið:	Efra-Sog Flugusjá			Sog við Bíldsfell - Flugusjá					
	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Upphaf	13.jún	23.jún	26.jún	8.júl	21.jún	14.jún	16.jún	22.jún	23.jún
25%	13.júl	30.jún	30.jún	17.júl	20.júl	5.júl	16.júl	30.jún	30.jún
50%	15.júl	4.júl	16.júl	20.júl	25.júl	12.júl	20.júl	3.júl	6.júl
75%	21.júl	10.júl	6.sep	22.júl	29.júl	22.júl	21.júl	14.júl	5.sep
Endir	17.ágú	5.ágú	3.okt	28.júl	17.ágú	21.sep	9.ágú	18.júl	30.sep

Samanburður á veiði hefðbundinnar flugugildru og flugusjár við Bíldsfell árið 2016 sýndi gott samræmi á fjölda bitmýsflugna í gildrunum, þar sem sömu tímabil flugnagöngunnar komu fram og hámark göngunnar fór saman í báðum gildrugerðum (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2017). Hins vegar reyndist ómarktækt línulegt samband á fjölda bitmýs í fallgildru og flugusjá ($R^2=0,009$) á árunum 2014 – 2019 (16. mynd). Ekki er tímabært að skoða sambærilegt samband milli flugnagilda við Efra-Sog, þar sem þær hafa einungis verið notaðar samhliða í þrjú ár.



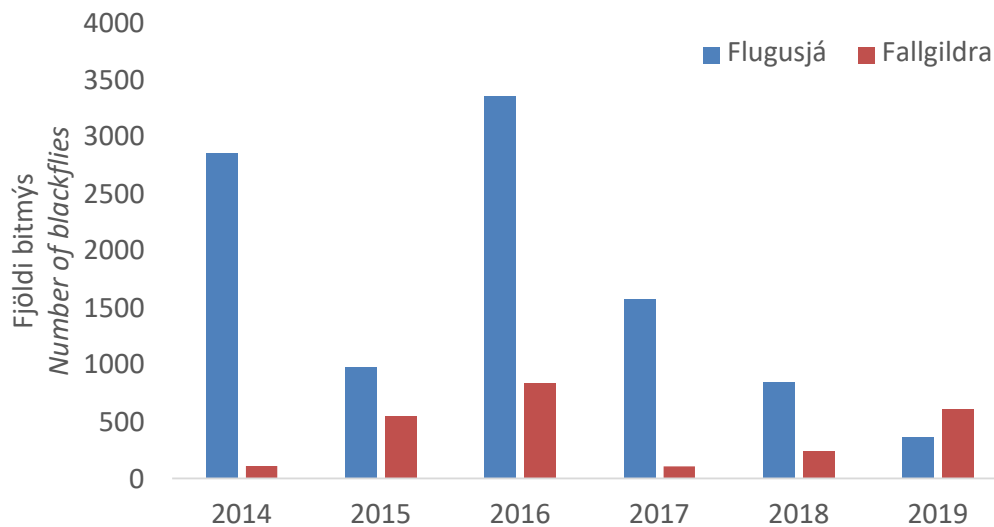
15. mynd. Hlutfallsleg uppsöfnuð ganga bitmýs í Flugusjá við Efra-Sog á árunum 2017 – 2019. Sýnd er meðaltalslína 2017 – 2019 (þykk dökkblá lína).

Figure 15. Cumulative proportion of blackflies in the Flyscope at the banks of river Efra-Sog in 2017 – 2019. Average for 2017 – 2019 is shown (bold blue line).



16. mynd. Hlutfallsleg uppsöfnuð ganga bitmýs í Flugusjá við Bíldsfell á árunum 2014 – 2019. Sýnd er meðaltalslína 2014 – 2019 (þykk dökkblá lína).

Figure 16. Cumulative proportion of blackflies in the Flyscope at the banks of river Sog at Bíldsfell in 2014 – 2019. Average for 2014 – 2019 is shown (bold blue line).



17. mynd. Fjöldi talinna bitmýsflugna eftir gerðum flugnagildra, fallgildru og Flugusjár, eftir árum á tímabilinu 2014 – 2019.

Figure 17. Number of blackflies, counted from different types of fly-traps; 1) fall-trap and 2) Flyscope – time lapse image counting in 2014 – 2019.

Hrygningarblettir

Talning á hrygningarblettum hefur sýnt að Bíldsfellsbreiðan er aðal hrygningarsvæði laxa í Sogi. Hrygningarblettir hafa til að mynda verið mun færri við Sakkarhólma þrátt fyrir að þar séu góð

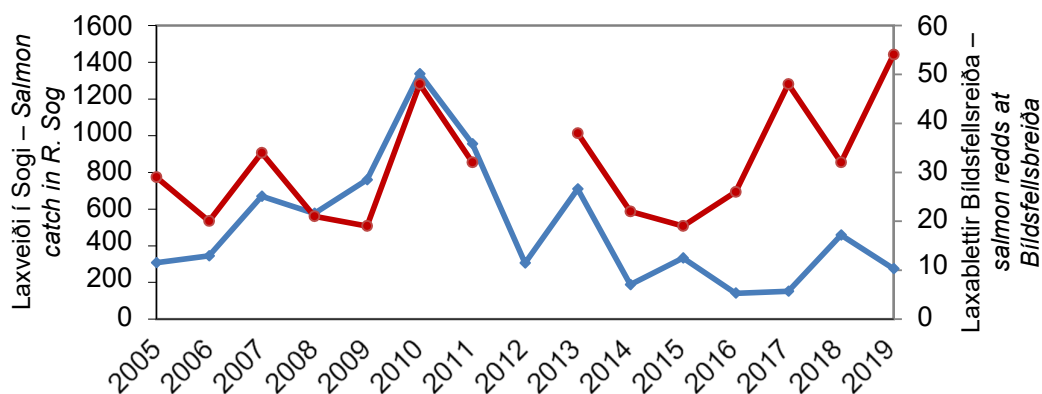
Tafla 4. Niðurstöður talninga á hrygningarblettum í Sogi árin 2005–2019. Fram kemur fjöldi bletta á hverju talningarsvæði eftir árum og tegundum. Bleikjublettir voru ekki taldir fyrir 2010, engin talning var gerð árið 2012 og árið 2015 var ekki talið við Sakkarhólma.

Table 4. Results of redd counting in river Sog in year 2005–2019. Number of redds in each reach by year and species. No counting was done for charr before 2010, no counting was done in 2012 and at Sakkarhólmi 2015.

Ár - year	Lax (Salmon) Sakkarhólmi (1)	Lax (Salmon) Bíldsfellsbreiða (3)	Bleikja (Charr) Bíldsfellsbreiða (3)
2005	5	29	
2006	2	20	
2007	10	34	
2008	5	21	
2009	4	19	
2010	5	48	25
2011	3	32	14
2012			
2013	3	38	21
2014	2	22	12
2015		19	8
2016	8	26	6
2017	5	48	8
2018	3	32	3
2019	3	54	57

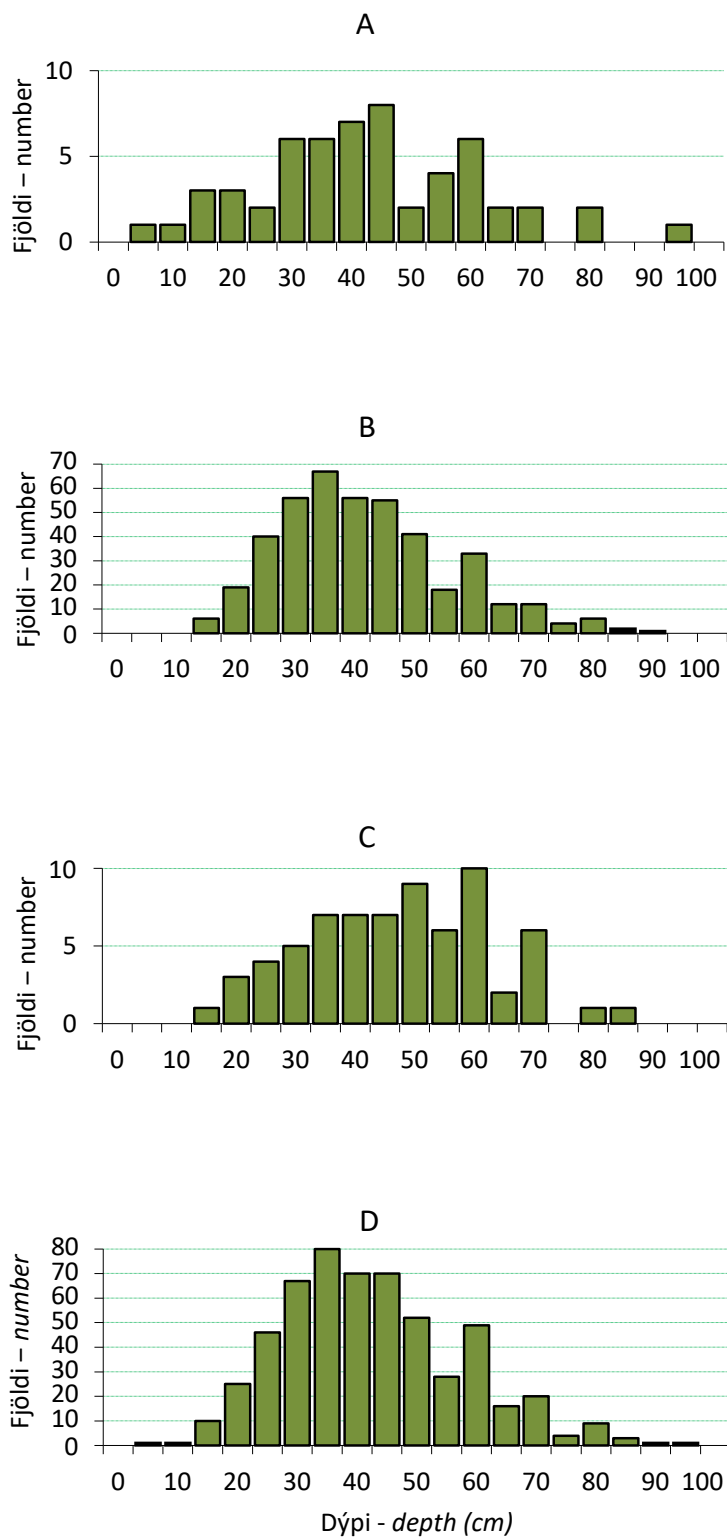
búsvæði með mól af hagstæðri kornastærð í hentugum straumi til hrygningar. Fjöldi hrygningarbletta laxa við Bíldsfellsbreiðu hefur verið frá 19 til 54 og 2–10 við Sakkarhólma

(tafla 4). Fjöldi laxabletta á Bíldsfellsbreiðu fylgdi nokkuð vel laxveiði í Sogi fram til 2015 en ekki eftir það (18. mynd). Árin 2017 og 2019 skera sig sérstaklega úr þar sem laxablettir voru í hámarki en laxveiði var slök. Fjöldi bletta sem metnir voru sem bleikjublettir á Bíldsfellsbreiðu fór fækkandi frá því að talning þeirra hófst árið 2010 fram til 2019 þegar mikil aukning varð úr þremur árið 2018 í 57 árið 2019. Vatnsdýpi á laxahrauka við Sakkarhólma, Bíldsfellsbreiðu og Hólma var frá 3 – 95 cm og 5 – 70 cm á bleikjuhrauka. Á Bíldsfellsbreiðu var dýptardreifing laxahrauka frá 15–90 cm og bleikjuhrauka frá 10–70 cm (19. mynd). Laxarnir grófu hrognin á meira dýpi en bleikjurnar en meðaldýpi á alla laxahrauka var 42 cm (stf. 15, n=553) og alla bleikjuhrauka 27 cm (stf. 9,5, n=128) (20. mynd). Áhugavert er að skoða hlutfall hrauka sem voru á grynsta vatni en þeir eru með mestar líkur á að lenda á þurru við lækun vatnsborðs. Laxahraukarnir voru mjög dreifðir í vatnsdýpi við Sakkarhólma og þar var jafnframt hæsta hlutfall hrauka á 20 cm dýpi eða grynna (14,2%). Bleikjuhraukar voru á minna dýpi en laxahraukar. Nær allir bleikjuhraukar voru á minna dýpi en 50 cm og 29,0% þeirra var á 20 cm eða minna dýpi.



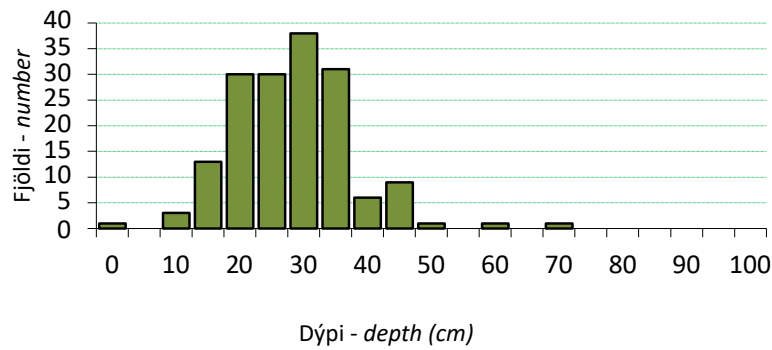
18. mynd. Fjöldi laxabletta á Bíldsfellsbreiðunni (nr.3, rauð lína) í Sogi og laxveiði í Sogi (blá lína). Tölur um veiði 2019 eru bráðabirgða.

Figure 18. Number of salmon redds in R. Sog at Bíldsfellsbreiða (nr.3) and salmon catch in river Sog. Number of salmon for 2019 is incomplete.



19. mynd. Vatnsdýpi á hrygningarhrauka laxa í Sogi, **A** við Sakkarhólma (nr.1), **B** við Hólma (nr. 7), **C** á Bíldsfellsbreiðu (nr. 3) og **D** allir staðir sameinaðir. Fram koma meðaldýpi í cm (Mt.) staðalfrávik (Stf) og fjöldi mælinga að baki (N).

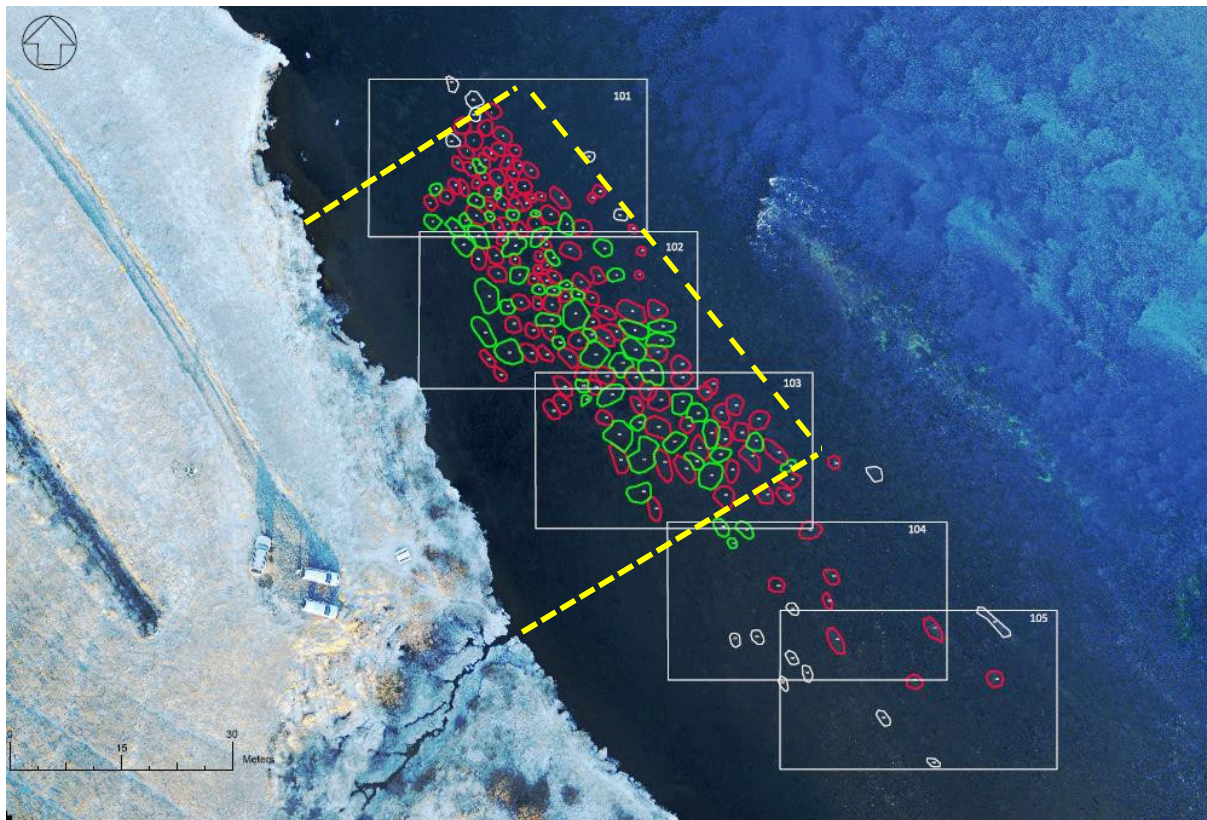
Figure 19. Water depth of salmon redds in R. Sog, **A** at Sakkarhólmi (nr. 1), **B** við Hólmar (nr. 7), **C** at Bíldsfellsbreiða (nr. 3) og **D** allir staðir sameinaðir. Mt is average depth stf standard deviation and N is number measured.



20. mynd. Vatnsdýpi á hrygningarhrauka bleikja í Sogi. Fram koma meðaldýpi í cm (Mt.) staðalfrávik (Stf.) og fjöldi mælinga að baki (N).

Figure 20. Water depth of charr redds in R. Sog. Mt is average depth Stf standard deviation and N is number measured.

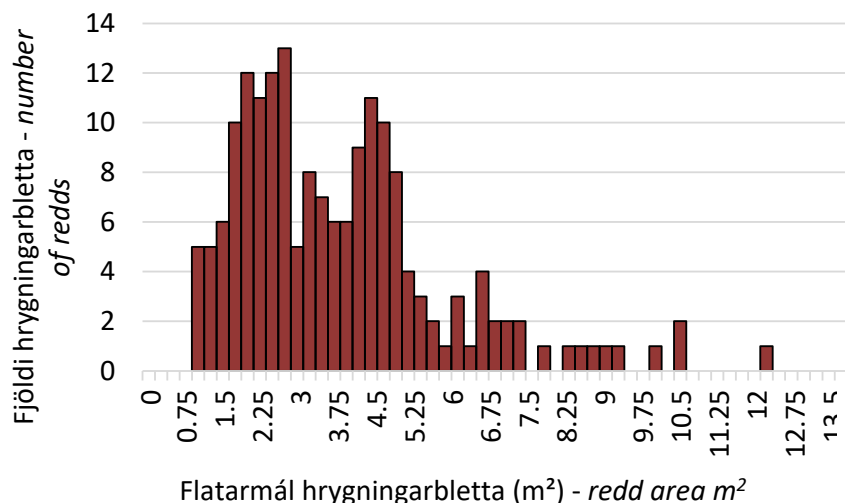
Niðurstaða mats á fjölda hrygningarbletta af drónamyndum haustið 2019 gaf samtals 197 hrygningarbletti. Af þeim voru 178 (90,4%) innan svæðis hefðbundinnar talningar (22. mynd). Hefðbundin talning gaf 111 hrygningarbletti (laxa- og bleikjubletti) og gefur drónatalning samkvæmt þessu 60% fleiri bletti.



21. mynd. Drónamynd af hluta Bíldsfellsbreiðu og niðurstöður mats á fjölda hrygningarbletta með myndgreiningu. Gul brotalína afmarkar svæðið þar sem hefðbundin talning hefur farið fram á fjölda hrygningarbletta. Mögulegir hrygningablettir eru táknðir með rauðum, grænum eða hvítum útlínum.

Figure 21. Drone image of Bíldsfellsbreiða and number of spawning redds found with image analysis. Yellow dotted line represents the field of manual count of spawning redds. Possible redds are marked with red, green and white outlines.

Flatarmál blettanna, samkvæmt drónamyndum, mældist á bilinu 0,8 – 12,5 m² og voru flestir þeirra á stærðarbilinu 1 – 5 m² (23. mynd) og örfáir yfir 8 m² (4,6%).



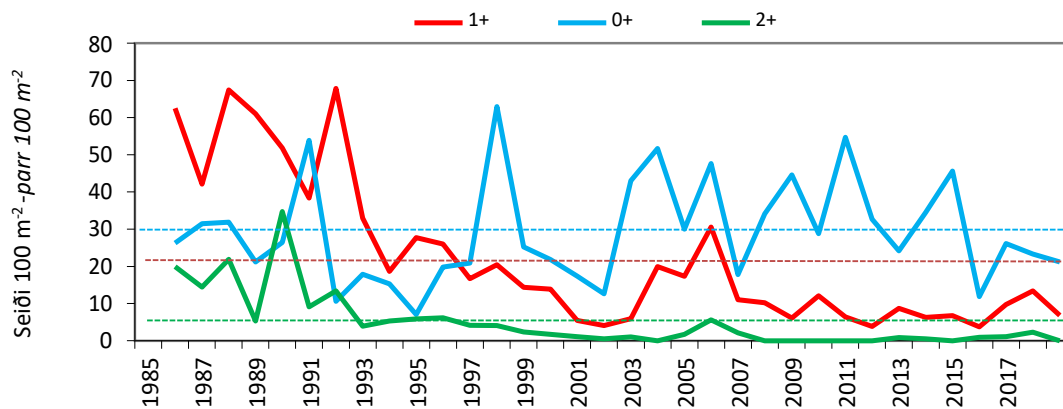
22. mynd. Stærðardreifing hrygningarbletta (m²) skv. mati af drónamyndum.
Figure 22. Size distribution of spawning redds (m²) measured with imaging.

Seiðapéttleiki, fæða og vöxur

Sog

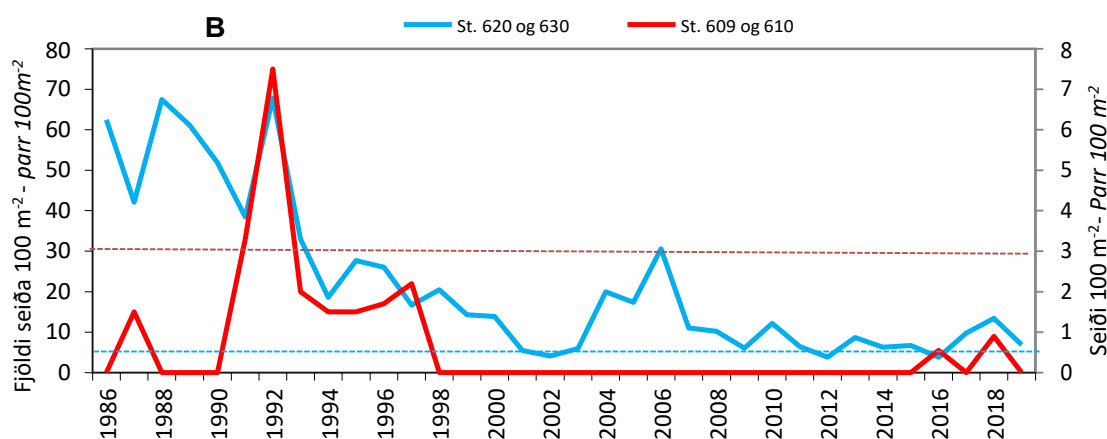
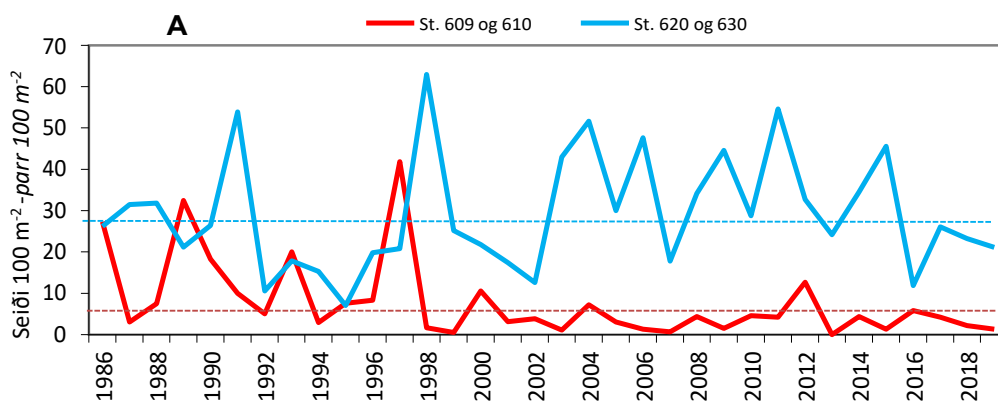
Þéttleiki eins (1⁺) og tveggja ára laxaseiða (2⁺) hefur farið minnkandi í Sogi á viðmiðunarstöðvum (Álftavatn st. 620 og Alviðra st. 630) á því tímabili sem gögn ná til (frá 1986–2018). Seiðabúskapur 1⁺ og 2⁺ seiða var í lágmarki árin 2000–2003, 1⁺ þéttleikinn óx frá 2004–2008 en hefur verið lágur flest ár eftir það, þó var bati í seiðabúskap 1⁺ laxaseiða árin 2017 og 2018. Þéttleiki tveggja ára seiða vænkaðist árin 2005 til 2007 en hefur verið lágur síðan. Þéttleiki laxaseiða á fyrsta ári hefur hins vegar ekki dregist saman á tímabilinu (23. mynd, viðauki 1). Þéttleiki laxaseiða hefur verið áberandi lágur á efri athugunarstöðvum í Sogi og á efstu stöð við Sakkarhólma (st. 609) hefur verið viðvarandi seiðaleysi laxaseiða, en laxaseiði fundust þó þar haustið 2018 og hafði þá ekki orðið vart þar frá árinu 1997. Svipað er uppi á teningnum á stöð við Ásgarð (st. 610) sem er nokkru neðar. Þéttleiki hefur dregist mun meira saman á þessum efstu stöðvum en neðar gildir það bæði fyrir 0⁺ og 1⁺ laxaseiði (24. mynd).

Líkt og hjá laxaseiðum hefur bleikjuseiðum fækkað á athugunarstöðvum í Sogi. Samanlagður þéttleiki allra árganga á viðmiðunarstöðvum hefur verið undir langtímameðaltali allt frá árinu 2003 og er ekki að sjá neinn bata síðustu ár (25. mynd). Bleikjuseiðin hafa einkum fundist við Álftavatn og Alviðru. Urriðaseiðum hefur hins vegar farið fjölgandi í Sogi. Eftir árið 2005 hefur þéttleikinn vaxið jafnt og þétt en með nokkrum samdrætti árin 2009 og 2012 og aftur 2019. Öll ár eftir 2012 hefur þéttleikinn verið langt yfir langtímameðaltali (25. mynd). Urriðaseiðin hafa einkum fundist við Alviðru og Álftavatn. Líkt og hjá laxaseiðum hefur mjög lítið fundist af silungaseiðum á tveimur efstu stöðvunum í Sogi.



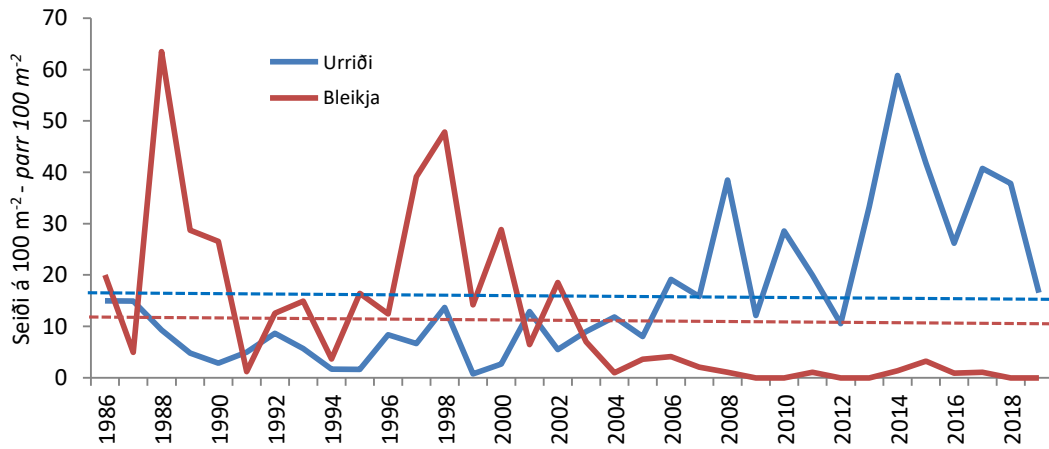
23. mynd Þéttleiki laxaseiða í Sogi á viðmiðunarstöðvum, (st. 620 og 630), eftir aldri árin 1986–2019. Láréttar línur tákna meðaltal árunna 1986–2019.

Figure 23. Densities of salmon juveniles by age in River Sog at two index stations (st. 620 and 630) in River Sog in 1986–2018. Horizontal lines show average densities of age classes in the years 1986–2018.



24. mynd. Þéttleiki 0+ (A) og 1+ (B) laxaseiða í Sogi á viðmiðunarstöðvum, (st. 620 og 630) og tveimur efstu (st. 609 og 610) árin 1986–2019. Hægri y-ás á mynd B á við stöðvar 609 og 610. Láréttar línur tákna meðaltal árunna 1986–2019.

Figure 24. Densities of salmon juveniles by age in River Sog at two index stations (st. 620 and 630) in River Sog in 1986–2019. The secondary y-axis on B is for st. 609 and 610. Horizontal lines show average densities of age classes in the years 1986–2019.



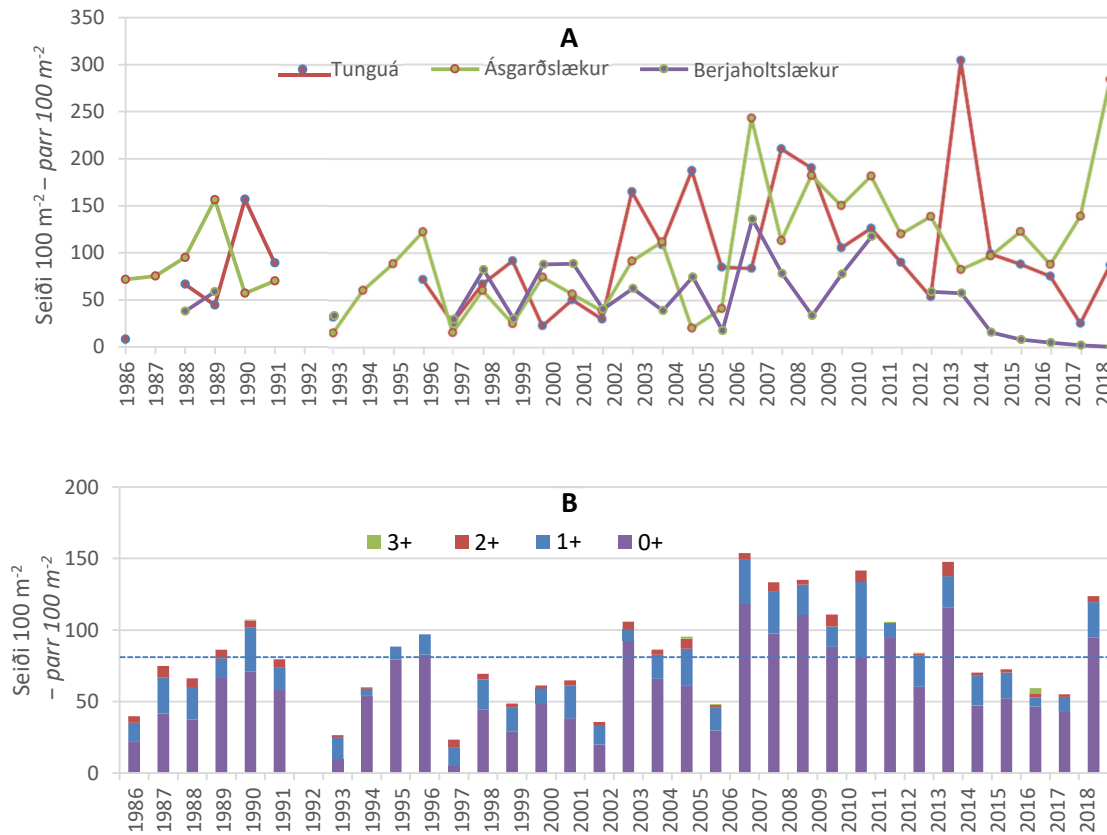
25. mynd. Þéttleiki bleikju- og urriðaseiða á viðmiðunarstöðvum í Sogi (st. 620 og 630), allir aldurshópar saman árin 1986–2019. Láréttar línu sýna meðaltöl tímabilsins.

Figure 25. Densities of charr (red line) and trout (blue line) juveniles of all age groups in River Sog in 1986–2019, average of stations 620 and 630. Horizontal lines show average densities.

Urriðaseiðum tekur að fjölga eftir árið 2000 en á sama tíma fækkar bleikjuseiðum. Eftir 2005 var þéttleiki urriðaseiða í 10 ár af 19 yfir langtímameðaltali og öll ár eftir 2012. Bleikjuseiði voru undir langtímameðaltali öll ár eftir 2002 (25. mynd).

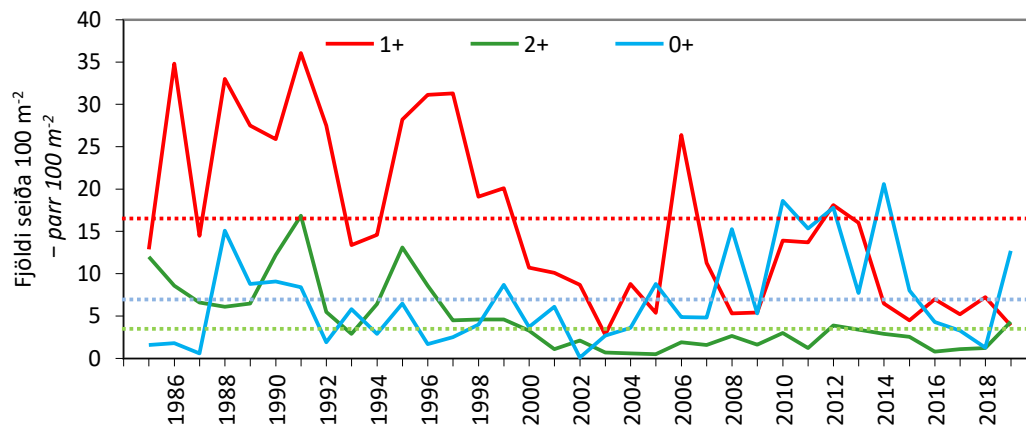
Þverár Sogs

Þéttleiki laxaseiða í Þverár Sogsins hefur verið breytilegur. Athuganir eru ekki samfelldar á öllum stöðvum en í Ásgarðslæk (st. 679) er samfelld gagnaröð utan ársins 1992. Ef litið er til þéttleika allra árganga saman sést að þéttleiki fór heldur vaxandi til 2007 í Ásgarðslæk og Berjaholtslæk og til 2008 í Tunguá. Eftir 2008 hefur að jafnaði orðið samdráttur í seiðapöttleika á öllum stöðvum í Þveránum, þó sker árið 2014 sig úr í Tunguá þar sem þéttleiki mældist þá mjög mikill í Tunguá og árið 2019 mældist aukinn seiðapöttleiki laxaseiða í Tunguá og mjög mikil aukning í Ásgarðslæk. Þéttleiki hefur dregist mest saman í Berjaholtslæk en þar hefur þéttleikinn farið jafnt og þétt niður á við frá 2014 (26. mynd). Líklega er það afleiðing framkvæmda neðan við rafveiðistaðinn sem hafa gert það að verkum að seiði komast ekki upp lækinn. Lang stærsti hluti laxaseiðanna í Þveránum hefur verið á fyrsta ári (0⁺) (26. mynd) einkum í Ásgarðslæk og Tunguá en í Berjaholtslæk hefur meiri hluti seiða verið eldri. Minnkun þéttleika liggur einkum í þéttleika yngstu seiðanna en eldri seiðum hefur einnig fækkað.



26. mynd. Þéttleiki laxaseiða eftir aldurshópum í þverám Sogs (st. 671, 679, 660) á árabílinu 1986–2019. Lárétt lína sýnir meðaltal tímabilsins fyrir alla aldurshópa saman. **A**, samanlagður þéttleiki allra aldurhópa laxaseiða eftir ám. **B**, meðalþéttleiki allra stöðva eftir aldurshópum. Engin athugun fór fram árið 1992.

Figure 26. Densities of salmon juveniles by age groups, in tributaries of River Sog 1986–2019. Horizontal line shows average densities of all age classes combined.



27. mynd. Þéttleiki laxaseiða í Ölfusá eftir aldri árin 1985–2019. Lárétt lína táknar meðaltal árána 1985–2019.

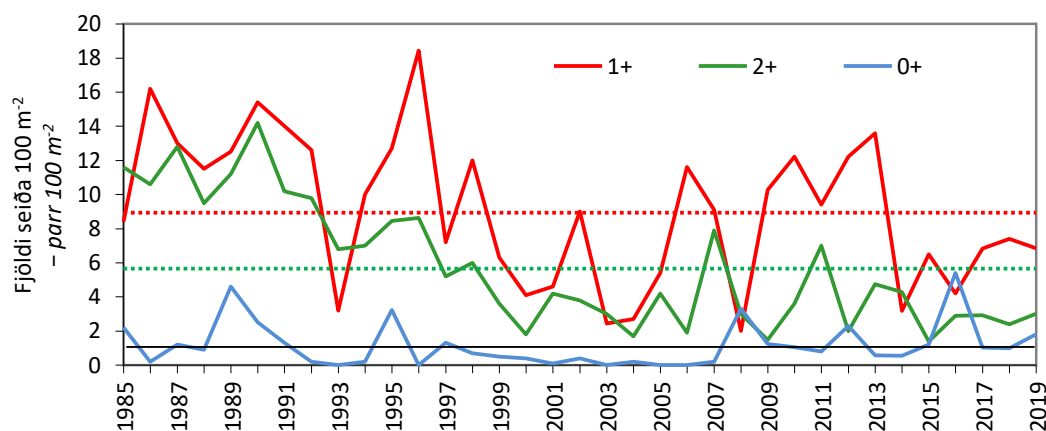
Figure 27. Densities of salmon juveniles by age in river Ölfusá, year 1985–2019. Horizontal lines shows average densities of age classes in the years 1985–2019.

Ölfusá og Hvítá

Þéttleiki 1⁺ og 2⁺ laxaseiða í Ölfusá minnkaði frá 1985. Seiðapþéttleiki 1⁺ seiða var í lágmarki árið 2003 en óx aftur og fór yfir langtímameðaltali árið 2007 og aftur árið 2012. Frá árinu 2014 hefur þéttleiki 1⁺ laxaseiða verið undir langtímameðaltali. Þéttleiki 2⁺ seiða var í lágmarki 2003 til 2005 óx heldur eftir það en var þó undir langtímameðaltali, var nálægt meðaltali árin 2012 og 2019. Ekki er að sjá að þéttleiki yngstu seiðanna (0⁺) hafi dregist saman í Ölfusá á tímabilinu. Sveiflur hafa verið í þéttleika þeirra með lágmark árið 2002, öll ár 2010 til 2015 var þéttleiki þeirra yfir meðaltali svo og árið 2019 (27. mynd, viðauki 2).

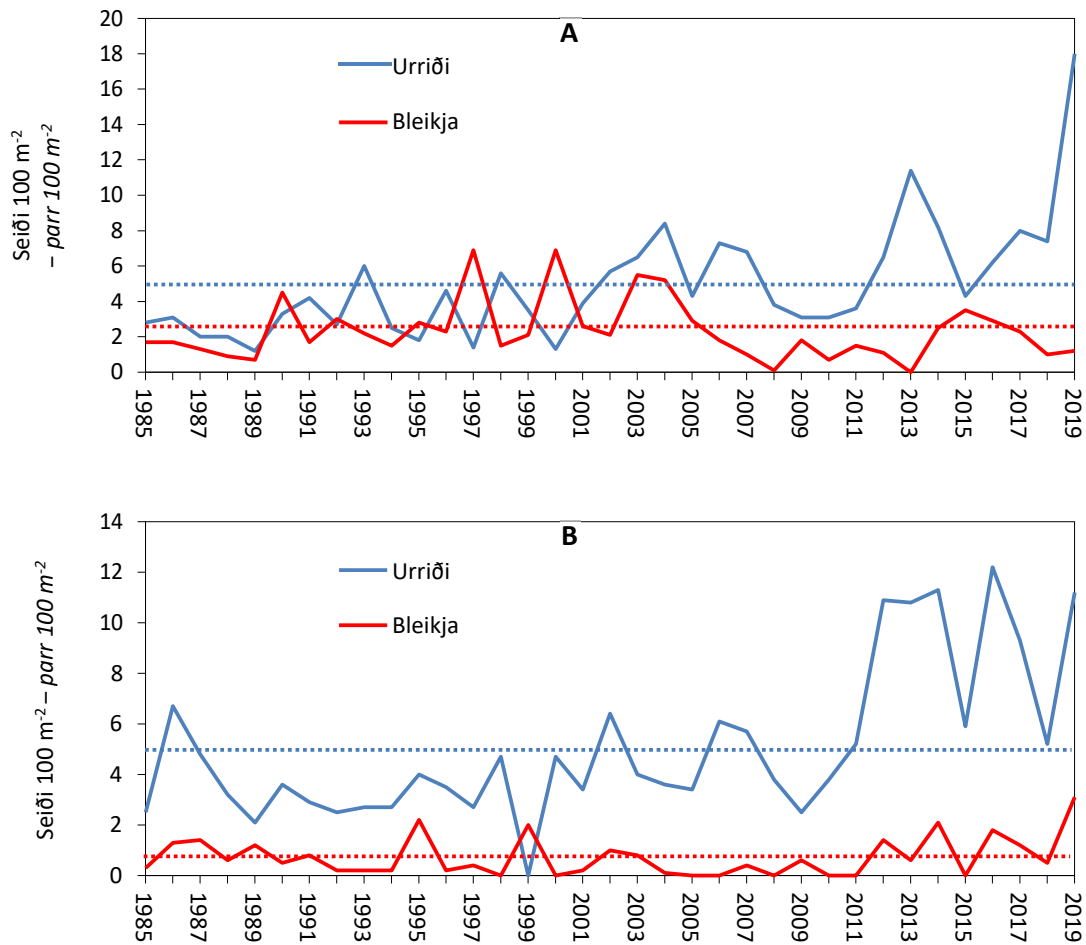
Þéttleiki 1⁺ laxaseiða minnkaði í Hvítá eftir 1996 og náði lágmarki árið 2003 og 2004. Eftir 2004 hefur þéttleikinn verið mjög breytilegur en 8 ár af 15 undir langtímameðaltali. Þéttleiki 2⁺ laxaseiða minnkaði einnig og má segja að sú þróun hafi hafist eftir 1990, og var í lágmarki árin 2000 til 2006. Var sveiflukennd eftir það og var tvö ár yfir langtímameðaltali. Þéttleikinn árið 2019 var talsvert undir langtímameðaltalinu. Mjög lítið hefur fundist af laxaseiðum á fyrsta ári (0⁺) í Hvítá en þéttleiki þeirra hefur vaxið eftir árið 2007 og verið 6 ár af 12 jafn eða yfir langtímameðaltali árána 1985-2019 (28. mynd, viðauki 3).

Sé lítið til þéttleika urriða- og bleikjuseiða í Ölfusá og Hvítá sést svipuð þróun og í Sogi. Þéttleiki urriðaseiða hefur vaxið á tímabilinu (allir árgangar saman) í báðum ánum og virðist sú þróun hefjast eftir árið 2000. Í báðum ánum var þéttleikinn yfir langtímameðaltali 12 ár af 19 eftir 2000 og í Hvítá var hann öll ár eftir 2010 yfir langtímameðaltalinu. Þéttleiki bleikjuseiða hefur hins vegar minnkað og er það greinilegra í Ölfusá en Hvítá enda þéttleiki þeirra flest ár meiri þar. Samdráttur í þéttleika bleikjuseiða virðist hefjast eftir 2004 (29. mynd).



28. mynd. Þéttleiki laxaseiða í neðanverðri Hvítá 1985–2019. Lárétt lína táknar meðaltal árána 1985–2019.

Figure 28. Densities of salmon juveniles by age in lower part of River Hvítá annually for 1985–2019. Horizontal lines shows average densities of age classes for the period 1985–2019.



29. mynd. Þéttleiki urriða- og bleikjuseiða í Ölfusá (A) og Hvítá (B), allir aldurshópar saman.

Figure 29. Densities of trout (blue) and charr (red) juveniles by age in lower part of River Ölfusá (A) and Hvítá (B) annually for 1985–2019. Horizontal lines shows average densities of age classes for the period 1985–2019.

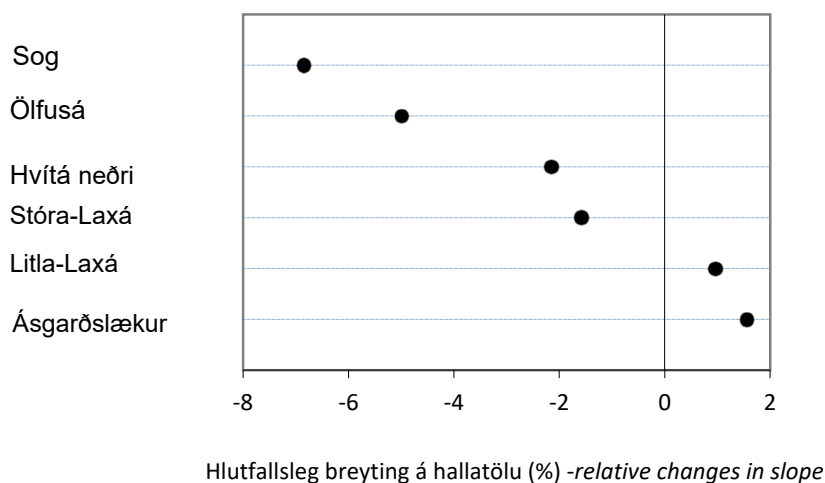
Marktæk fylgni var á milli þéttleika eins árs laxaseiða í Sogi við þéttleika sama árgangs í neðrihluta Hvítár (mælingar neðan Hestfjalls), Ölfusá og Stóru-Laxá sem er þverá Hvítár (tafla 5). Auk þess var marktæk jákvæð fylgni milli seiðapétteleika í Hvítá við það sem var í Ölfusá og einnig milli Stóru-Laxár og Litlu-Laxár, en hún er þverá Stóru-Laxár (tafla 5).

Tafla 5. Fylgni (Pearson correlation r) seiðapétteleika eins árs (1^+) laxaseiða í Sogi (meðaltal stöðva 610,620 og 630), Hvítá, Ölfusá, Stóru-Laxá og Litlu-Laxá á árunum 1986–2019. Marktæk fylgni miðað við 0,1% líkur ($P < 0,001$) eru táknúð með brúnum lit, við 1% líkur með bláum lit ($P < 0,01$) og 5% líkur með grænum ($P < 0,05$), svart táknar ómarktækna fylgni ($P > 0,05$). Gögn frá árabílinu 1986 til 2019.

Table 5. Pearsons correlation coefficient (r) of 1^+ juvenile salmon densites in R. Sog and nearby rivers in the years 1986–2019. Significance at 0,1% probability ($P < 0,001$) shown with brown colour, at 1% ($P < 0,01$) blue, and 5% ($P < 0,05$) green, black is not significant.

	Sog	Hvítá neðri	Ölfusá	Stóra-Laxá
Hvítá neðri	0,54			
Ölfusá	0,74	0,73		
Stóra-Laxá	0,35	0,19	0,25	
Litla-Laxá	0,06	0,23	-0,02	0,39

Þegar litið er til hlutfallslegra breytinga á þéttleika eins árs laxaseiða 1986–2019 hefur þéttleiki þeirra minnkað meira í Sogi en í nálægum ám líkt og fram kemur við samanburð á hallatölum þéttleika eins árs laxaseiða. Hlutfallsleg lækkun á hallatölu seiðapþéttleika eins árs laxaseiða er mest í Sogi (6,9%) því næst í Ölfusá (5,0%) og þá Hvítá (2,2%) og Stóru-Laxá (1,6%), en aukist í Litlu-Laxá (1,0%) og Ásgarðslæk (1,6%) (30. mynd).



30. mynd. Hlutfallsleg breyting á hallatölu þéttleika eins árs laxaseiða í Sogi (stöðvar 610, 620 og 630) og nálægum ám á árunum 1986–2019.

Figure 30. Relative change of slope in juvenile 1+ salmon densities in R. Sog and nearby rivers in the years 1986–2019.

Á árunum 2012 til 2019 var könnuð veiðni í rafveiði, einnig voru til tölur frá fyrri árum. Farnar voru tvær yfirferðir á völdum stöðum í Sogi, Ölfusá og Hvítá. Veiðni var nokkuð breytileg milli vatnsfalla, tegunda og aldurshópa. Hún var að jafnaði minnst hjá yngsta aldurshóp laxaseiða (0+) en ekki var mikill munur milli Sogs (0,40) og Ölfusár (0,46). Yngstu seiðni voru það fá í Hvítá (0+) að veiðni þeirra varð ekki ákvörðuð. Veiðni var hærri hjá 1+ laxaseiðum en mun meiri breytileiki var á milli ára. Hæst var hún í Ölfusá (0,84) en lægst í Sogi (0,59). Í Sogi veiddust það fá 2+ laxaseiði að ekki varð ákvörðuð veiðni þeirra en hún var 0,69 í Hvítá og 1,0 í Ölfusá en þar liggja aðeins tvær athuganir að baki. Breytileiki í veiðni laxaseiða var hlutfalllega mestur milli ára í Hvítá en álíka í Sogi og Ölfusá (tafla 6). Ef skoðuð er veiðni urriðaseiða, allir árgangar saman, sést að hún er síst lægri en laxaseiðanna eða frá 0,51 í Sogi til 0,83 í Ölfusá. Bleikjuseiðin voru það fá að ekki varð ákvörðuð veiðni þeirra.

Tafla 6. Veiðni laxaseiða í einni yfirferð í rafveiði eftir árgöngum, á völdum athugunarstöðvum í Sogi, Hvítá og Ölfusá. Byggt á ein rafveiðistöð í hverri á sama árið. Frávíksstuðull er hlutfall (%) staðalfrávíks af meðaltalinu.

Table 6. Catchability of juvenile salmon and trout in one round in electro fishing, by age groups in River Sog, Hvítá and Ölfusá. One station each year and river. CV is coefficient of variation.

Vatnsfall – river	Tegund og aldur ár – species age year	Meðalt.– average	Staðal- frávik – standard deviation	Frávíksstuðull – CV	Hæst– max	Lægst– min	Fjöldi ára– number of years
Sog	Lax 0 ⁺	0,40	15	37,7	0,64	0,23	6
	Lax 1 ⁺	0,59	16	27,7	0,83	0,46	5
	Urriði	0,51	20	38,9	0,76	0,25	6
Hvítá	Lax 0 ⁺						
	Lax 1 ⁺	0,47	29	60,8	1,0	0,33	6
	Lax 2 ⁺	0,69	25	36,1	1,0	0,40	7
	Lax 3 ⁺	0,62					1
	Urriði	0,64	32	49,7	1,0	0,08	7
Ölfusá	Lax 0 ⁺	0,46	17	36,7	0,62	0,29	3
	Lax 1 ⁺	0,84	14	16,8	1,0	0,67	4
	Lax 2 ⁺	1,00	0	0			2
	Urriði	0,83	33	40,0	1,0	0,33	4

Seiðapétteleiki og rennslissveiflur

Athugað var hvort sveiflur í rennsli Sogsins vegna reksturs vatnsaflsvirkjana hefði áhrif á pétteleika laxaseiða. Sérstaklega var skoðað hvað rennslissveiflur vegna fyrirvaralausar útleysingar í raforkukerfinu hefðu. Til grundvallar var lagður meðaltal pétteleiki laxaseiða við Álftavatn og Alviðru og útleysingar í Sogsstöðvum. Marktæk neikvæð fylgni ($P < 0,01$) var milli samanlagðra fjölda útleysinga í öllum stöðvum á ársgrundvelli og pétteleika 2⁺ laxaseiða tveimur árum síðar og marktæk ($P < 0,05$) við pétteleika 1⁺ seiða árið síðar. Einnig var marktæk neikvæð fylgni ($P < 0,05$) milli fjölda útleysinga í Steingrímsstöð og Ljósafossstöð og pétteleika 1⁺ seiða ári síðar og pétteleika 2⁺ seiða tveimur árum síðar og Ljósafossstöð. Ekki var marktæk fylgni milli fjöldi útleysinga og pétteleika 0⁺ seiða. Þá kom ekki fram marktæk fylgni útleysinga í Ljósafossstöð og seiðapétteleika (tafla 7).

Tafla 7. Fylgni (Pearson correlation r) pétteleika aldurhópa laxaseiða að hausti hjá laxaseiðum við Alviðru/Álftavatn í Sogi og fjölda fyrirvaralausra útleysinga í vatnsaflstöðvum í Sogi. Marktæk fylgni miðað við 1% líkur er með bláum lit ($P < 0,01$) og 5% líkur með grænum ($P < 0,05$), svart táknar ómarktækna fylgni ($P > 0,05$). Gögn frá árabílinu 1990 til 2017, að undanskildu árinu 2007.

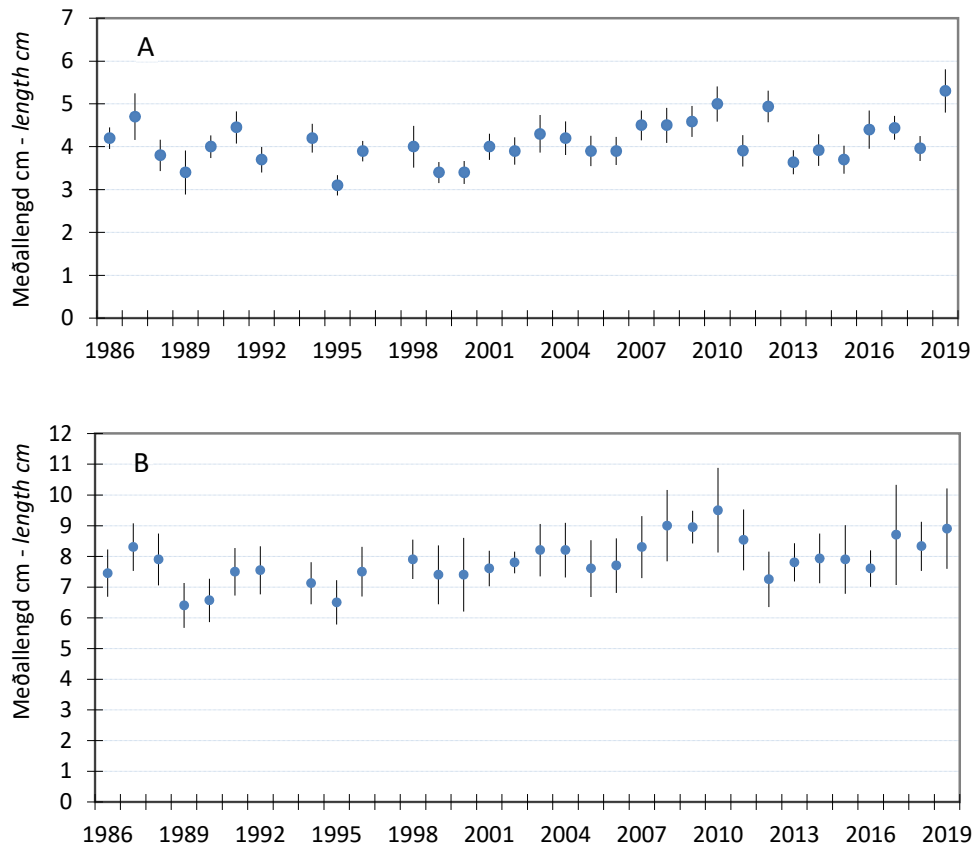
Table 7. Pearsons correlation coefficient (r) of average length by age groups and juvenile salmon densities in R. Sog af Alviðru/Álftavatn and water fluctuation in R. Sog caused by unpredictable faults in Sog's power stations. Significance at 1% ($P < 0,01$) blue, and 5% ($P < 0,05$) green, black is not significant.

Seiðapétteleiki – Juvenile densities	Steingrímsst. Fjöldi – Steingrímsst. number	Ljósafossst. Fjöldi – Ljósafossst. number	Írafossst. Földi – Írafossst. number	Allar stöðvar Fjöldi – All stations number	Írafoss, Ljósafoss fjöldi – Írafoss, Ljósafoss number
0 ⁺ sama ár – 0 ⁺ the sama year	0,19	-0,132	-0,043	0,023	-0,095
1 ⁺ ári síðar – 1 ⁺ year later	-0,393	-0,374	-0,06	-0,419	-0,213
2 ⁺ tveimur árum síðar – 2 ⁺ two years later	-0,348	-0,464	-0,157	-0,507	-0,337

Vöxtur

Meðallengd laxaseiða að hausti var sérstaklega skoðuð í Sogi við Alviðru hjá seiðum á fyrsta ári (0^+) og eins árs seiðum (1^+). Eldri seiði voru það fá að mæligildi hjá þeim voru ómarktæk. Minnst voru 0^+ seiðin árið 1995, 3,1 cm (stf. 0,2, $n=7$) og stærst árið 2019 5,3 cm (stf. 0,5, $n=50$). Minnst voru 1^+ seiðin árið 1989 6,4 cm (stf. 0,7, $n=41$) og stærst árið 2010 9,5 cm (stf. 1,4, $n=6$).

Vaxandi meðallengd kom fram hjá báðum aldurshópum fram til 2010 en meðallengd hefur dregist saman eftir það. Laxaseiði á fyrsta ári voru þó óvenju stór árið 2019 (31. mynd).

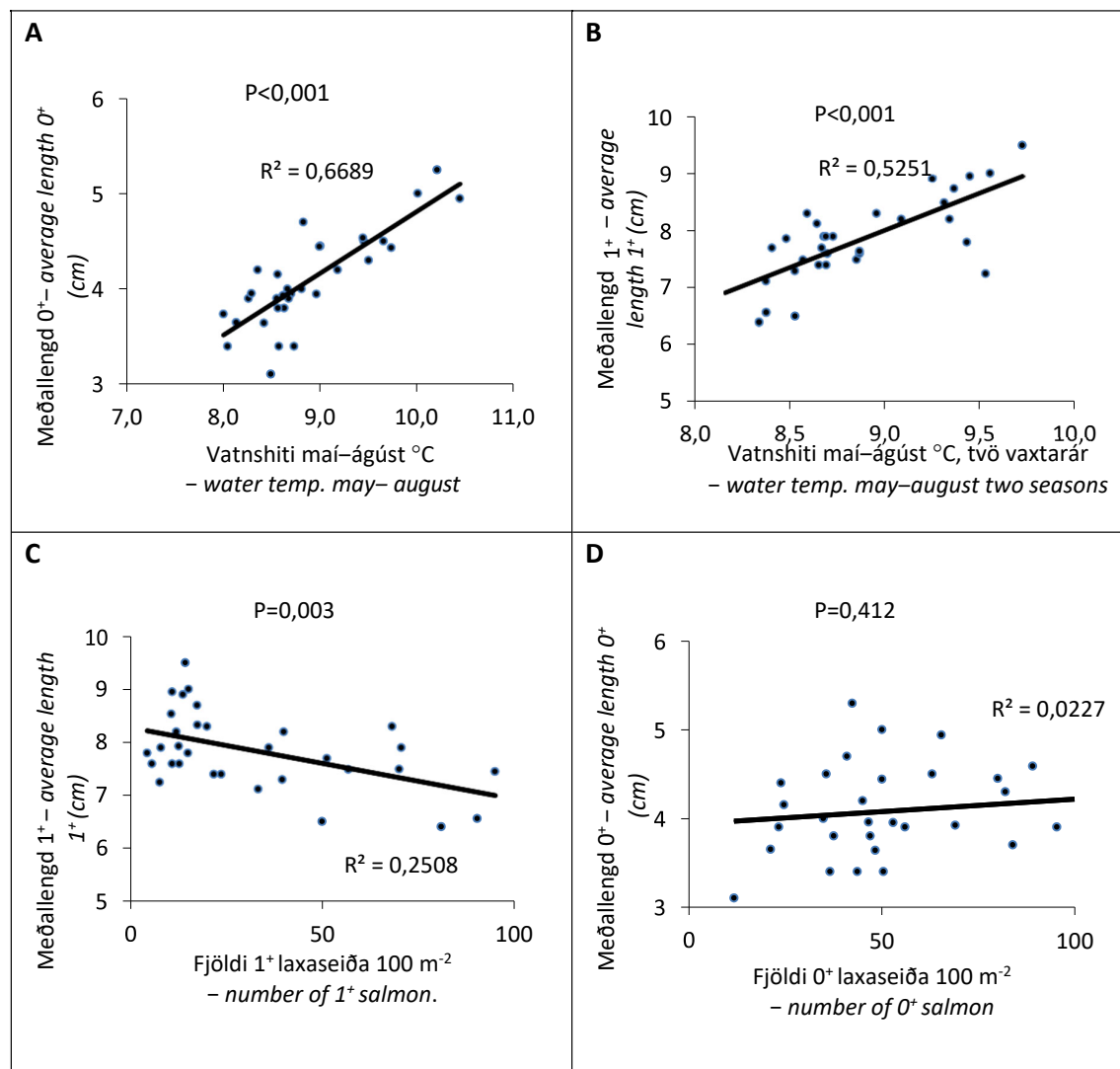


31. mynd. Meðallengd ($\pm$ staðalfrávik) laxaseiða við Alviðru eftir aldri og árum. **A** 0^+ seiði, **B** 1^+ seiði. Árin 1993 og 1997 eru undanskilin vegna þess að þau ár var seiðum safnað fyrir 15. ágúst og því ekki sambærileg gildi þar sem seiðin hafa ekki tekið út fullan vöxt á þeim tíma.

Figure 31. Average length ($\pm$ standard deviation) of salmonid juveniles at Alviðra by age and years. **A** age 0^+ , **B** age 1^+ . The years 1993 and 1997 are not included since in those years juveniles were caught before 15. of august when their growth is not comparable with other.

Athugað var hvort vatnshiti og seiðapéttleiki laxaseiða í Sogi við Alviðru hefði áhrif á meðallengd laxaseiða og þar af leiðandi vöxt. Hámarktæk jákvæð fylgni ($P<0,001$) var á milli meðallengdar 0^+ laxaseiða og meðalvatnshita yfir vaxtartímabilið maí til ágúst sama ár (32. mynd) og meðallengdar 1^+ laxaseiða og meðalvatnshita tveggja fyrstu vaxtarskeiða seiðanna (32. mynd). Einnig var marktæk fylgni milli 1^+ meðallengdar og vatnshita sömu mánaða annað vaxtarskeiðið ($P<0,01$, tafla 7). Þá kom fram marktæk neikvæð fylgni milli meðallengdar 1^+

laxaseiða og þéttleika 1⁺ ($P < 0,01$) og 2⁺ ($P < 0,05$) en ekki samanlagðs þéttleika aldurshópa 0 – 2⁺ ($P > 0,05$) við Alviðru (32. mynd og tafla 7). Athygli vekur að svo virðist sem að þegar þéttleiki er undir 20 seiðum á 100 m², komi ekki fram þéttleikaháður vöxtur (32. mynd). Ekki var marktæk fylgni milli meðallengdar 0⁺ laxaseiða og þéttleika þeirra eða annarra aldurshópa laxaseiða við Alviðru (32. mynd og tafla 7).



32. mynd A-D. Samband meðallengdar (cm) aldurshópa laxaseiða við Alviðru að hausti og vatnshita í Sogi við Alviðru og þéttleika laxaseiða á saman stað. **A**, samband meðallengdar 0⁺ laxaseiða og vatnshita maí–ágúst sama ár. **B**, samband meðallengdar 1⁺ laxaseiða og vatnshita maí–ágúst, tvö vaxtarár. **C**, samband meðallengdar 1⁺ laxaseiða og þéttleika 1⁺ laxaseiða. **D**, samband meðallengdar 0⁺ laxaseiða og þéttleika 0⁺ laxaseiða. Byggt á gögnum frá árunum 1986–2019.

Figure 32 A-D. Linear relationship between average length (cm) of age groups in salmon juveniles in autumn and water temperature in R. Sog at Alviðra and juvenile densities at same site. **A**, relationship between average length of 0+ salmon fry and water temperature in may–august the same year. **B**, relationship between average length of 1+ salmon parr and water temperature in may–august over two growth seasons. **C**, relationship between average length of 1+ salmon parr and their densities. **D**, relationship between average length of 0+ salmon fry and their densities. Based on data from the years 1986–2019.

Tafla 8. Fylgni (Pearson correlation r) meðallengdar aldurshópa að hausti hjá laxaseiðum við Alviðru í Sogi og þéttleika laxaseiða á sama stað ásamt vatnshita í Sogi við Alviðru/Þröstalund. Marktæk fylgni miðað við 0,1% líkur ($P < 0,001$) eru táknúð með brúnum lit, við 1% líkur með bláum lit ($P < 0,01$) og 5% líkur með grænum ($P < 0,05$), svart táknar ómarktækna fylgni ($P > 0,05$). Gögn frá árabílinu 1986 til 2019.

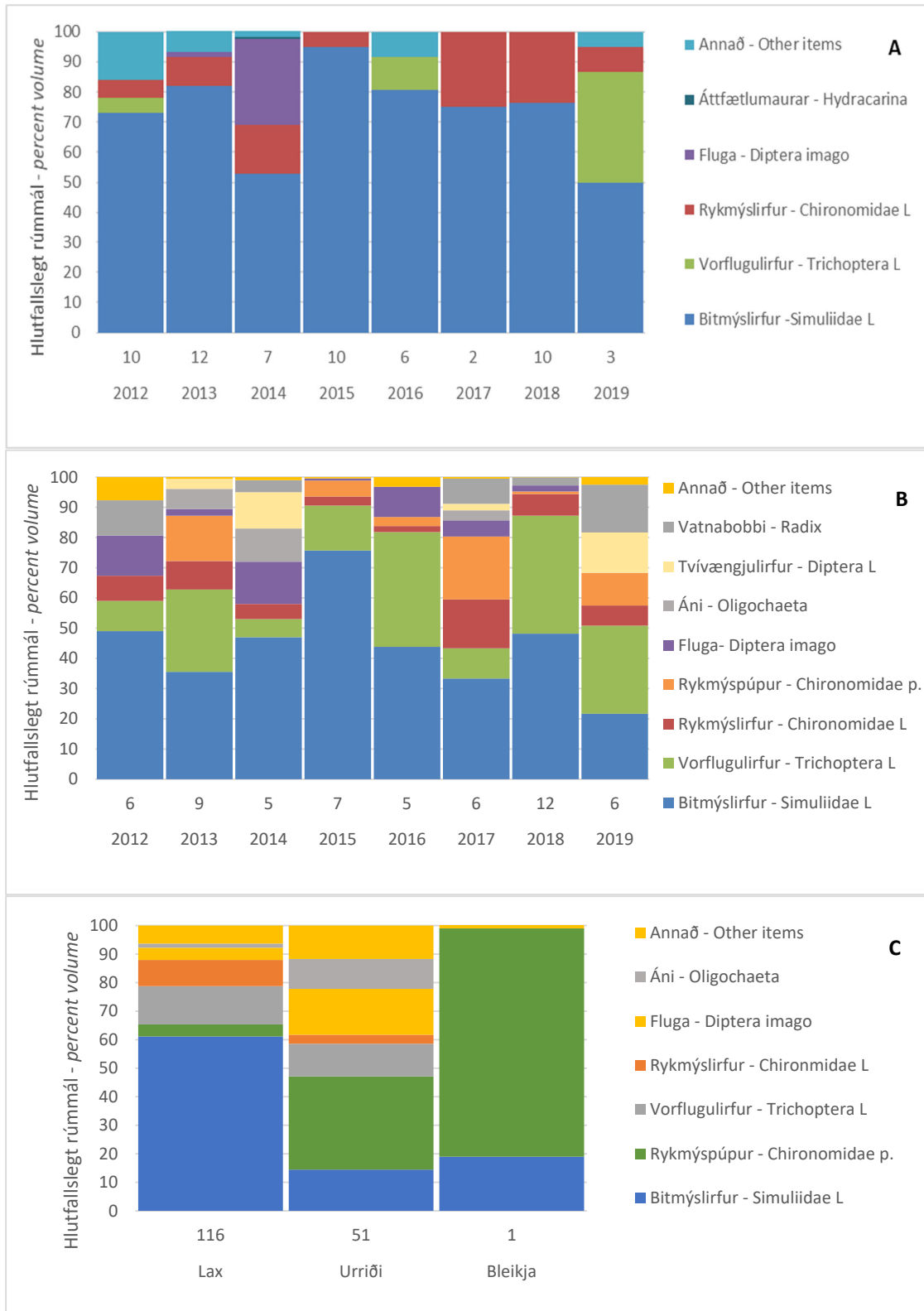
Table 8. Pearsons correlation coefficient (r) of average length by age groups and juvenile salmon densities in R. Sog at Alviðra and water temperature at same site. Significance at 0,1% probability ($P < 0,001$) shown with brown colour, at 1% ($P < 0,01$) blue, and 5% ($P < 0,05$) green, black is not significant.

	Vatnshiti maí–ágúst sama ár –water temp. May– Aug the same year	Vatnshiti maí–ágúst tvö vaxtarár – water temp. May– Aug two growth seasons	Þéttleiki 0 ⁺ – density of 0 ⁺	Þéttleiki 1 ⁺ – density of 1 ⁺	Þéttleiki 2 ⁺ – density of 2 ⁺	Þéttleiki 1 ⁺ og 2 ⁺ – density of 1 ⁺ and 2 ⁺	Þéttleiki 0 ⁺ , 1 ⁺ og 2 ⁺ – density of 0 ⁺ , 1 ⁺ and 2 ⁺
Lengd 0 ⁺ cm – length of 0 ⁺	0,828		0,153	-0,255	-0,099	-0,223	-0,078
Lengd 1 ⁺ cm – length of 0 ⁺	0,492	0,722	0,335	-0,509	-0,412	-0,508	-0,189

Fæða

Fæða var sérstaklega rannsókuð á tveimur stöðvum í Sogi, Sakkarhólma og Alviðru. Voru þau sýni greind undir víðsjá á rannsóknarstofu. Einnig voru tekin sýni á öðrum stöðum í Sogi og þverám samhliða aldurssýnatöku úr rafveiðum. Voru þau sýni greind á staðnum.

Við Alviðru var safnað á árunum 2012 – 2019 samtals 116 laxaseiðum til fæðugreiningar 60 voru á fyrsta ári (0⁺) og 56 seiði voru 1⁺–2⁺. Hjá 0⁺ laxaseiðum (2,9–5,9 cm) var uppistaða fæðunnar öll árin bitmýslirfur (*Simuliidae*, 50–95%). Rykmýslirfur (*Chironomidae*) höfðu einnig allnokkra þýðingu flest árin (0–25%). Af öðrum fæðugerðum voru vorflugulirfur (*Trichoptera*) áberandi sum ár, voru til að mynda 37% af fæðunni árið 2019 (33. mynd). Hjá 1⁺–2⁺ (6,2–12,1 cm) laxaseiðum voru bitmýslirfur sú fæðugerð sem hafði mesta vægi (22–76%) en vorflugulirfur höfðu allnokkurt vægi og meira vægi en hjá 0⁺ seiðum (6–39%). Af öðrum fæðugerðum sem fundust í mögum laxaseiða við Alviðru má nefna flugur, rykmýspúpur, vatnabobbi (*Radix balthica*) og ána (*Oligochaeta*).

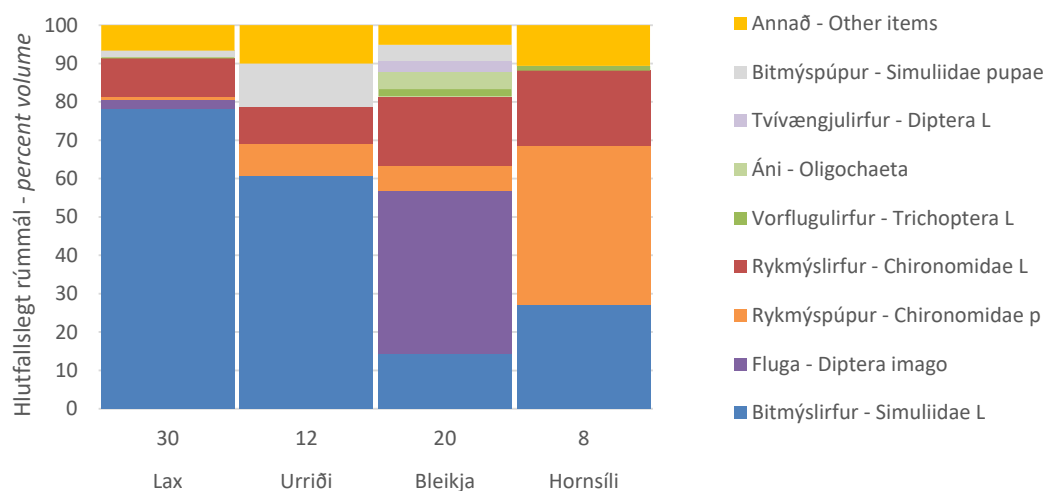


33. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá seiðum á árunum 2012–2019 í Sogi við Alviðru (st. 630). **A**, fæða 0⁺ laxaseiða, **B**, fæða 1–2⁺ laxaseiða, **C**, fæða allra laxa- urriða- og bleikjuseiða. Tölur standa fyrir fjölda athugaðra seiða með fæðu í maga. **Figure 33.** Food items by volume (%) in juvenile salmon, trout and charr 2012–2019 in R. Sog at Alviðra (st. 630). **A**, food of 0⁺ salmon, **B**, food of 1–2⁺ salmon, **C**, food of all salmon, trout and charr. Numbers indicate juveniles with food.

Allnokkur breytileiki var á samsetningu fæðunnar milli ára og var að sjá að aldurshópar væru nokkuð í takt hvað það varðar. Bitmýslirfur voru þannig í hæsta rúmmálshlutfalli hjá báðum aldurshópum árið 2015 og lægsta hlutfalli árið 2019.

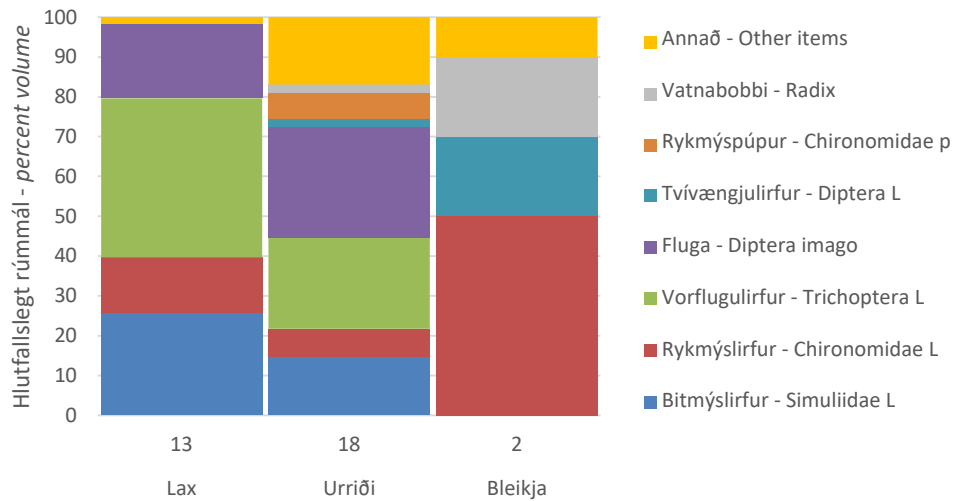
Allnokkur munur kom fram á fæðu tegunda. Vægi bitmýslirfa var mun meira hjá laxaseiðum (116 stk. 61%) en urriða (14%). Urriðaseiðin (51 stk. 3,2–15,5 cm) tóku hins vegar mun meira af rykmýspúpum (33%) og flugum (16%) en laxaseiðin (4% fyrir báðar fæðugerðir). Þessar fæðugerðir eru líklega mest teknar á eða við vatnsyfirborð. Mjög lítið veiddist af bleikju við Alviðru og var aðeins ein þeirra tekin til fæðugreiningar, hún hafði aðallega étið rykmýspúpur (33. mynd).

Við Sakkarhólma fengust það fá sýni í fæðurannsókn að ekki varð borin saman samsetning fæðu milli ára. Bitmýslirfur voru yfirgnæfandi (78%) í fæðu þeirra 30 laxaseiða sem greind voru. Seiðin voru af aldrinum 0–1⁺ og 3,2–8,2 cm löng. Rykmýslirfur voru 10% af rúmmáli fæðunnar en aðrar fæðugerðir höfðu minna vægi. Fæða 12 urriðaseiða (0⁺, 3,6–6,0 cm) var mest bitmýslirfur (61 %), en bitmýspúpur rykmýslirfur og rykmýspúpur höfðu minna vægi (11%, 10% og 8%). Fæða 20 bleikjuseiða (0–1⁺, 4,2–8,3 cm) var aðallega fluga (43%) en rykmýslirfur og bitmýslirfur voru í mun minna mæli (18% og 14%). Fæða var athuguð hjá 8 hornsílum (2,2–45 cm). Rykmýspúpur voru mest áberandi í fæðunni (41%), bitmýslirfur höfðu einnig allnokkurt vægi (27%) sem og rykmýslirfur (20%). Skelkrabbar (*Ostracoda*) voru 10% af rúmmáli fæðunnar hjá hornsílum (34. mynd).



34. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- urriða- og bleikjuseiðum og hornsíla í Sogi við Sakkarhólma (st. 609). Tölur standa fyrir fjölda seiða með fæðu í maga.

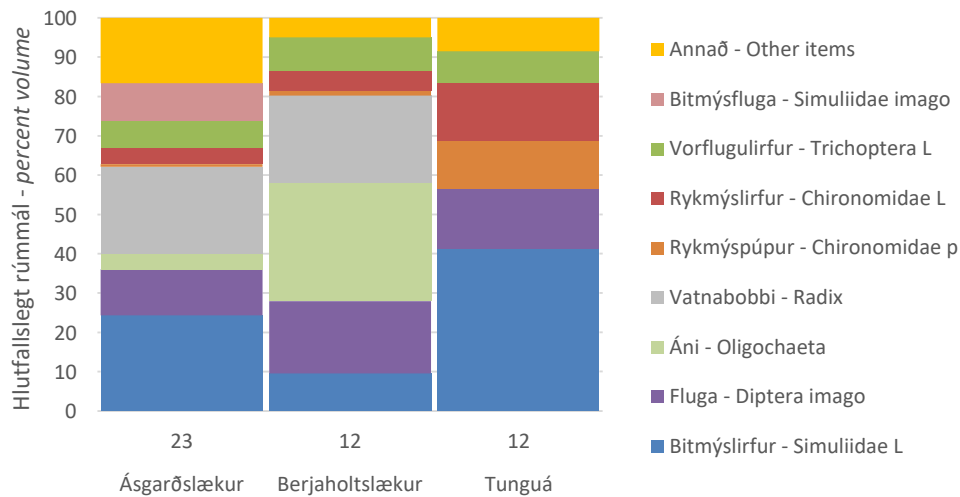
Figure 34. Food items by volume (%) in juvenile salmon, trout, charr and sticklebacks in R. Sog at Sakkarhólmi (st. 609) in 2012–2019. Numbers indicate juveniles with food.



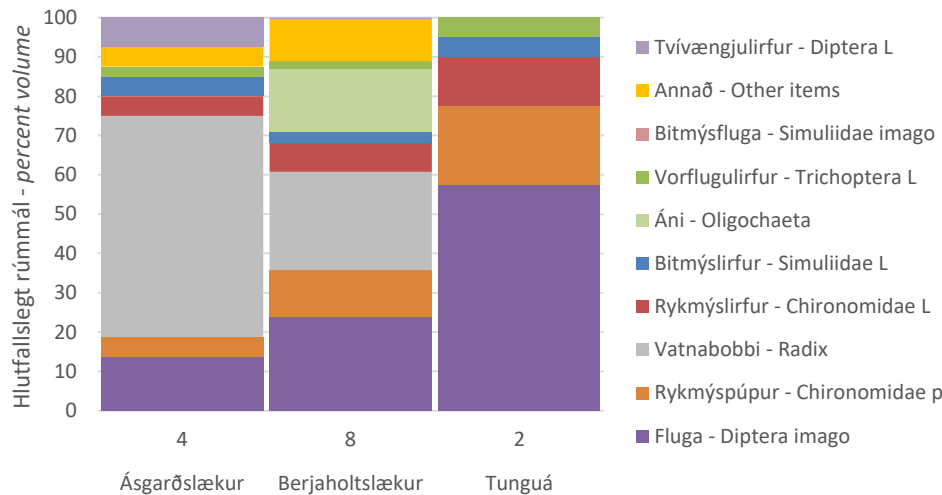
35. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- urriða- og bleikjuseiðum í Sogi við Kálfhólamýri (st. 610), Álftavatn (st. 620), Hólma (st. 621) og Þrastalund (st. 631) árin 2012 – 2019. Tölur standa fyrir fjölda seiða með fæðu í maga.

Figure 35. Food items by volume (%) in juvenile salmon, trout and charr in R. Sog at Kálfhólamýri (st. 610), Álftavatn (st. 620), Hólmar (st.621) and Þrastalundur (st. 631) in 2012–2019. Numbers indicate juveniles with food.

Fæða var einnig athuguð hjá seiðum sem veiddust við Kálfhólamýri (st. 610), Álftavatn (st. 620), Hólma (st. 621) og Þrastalund (st. 631) í Sogi. Fæða 13 laxaseiða (3,8–10,6 cm) var aðallega vorflugulirfur (40%), bitmýslirfur voru einnig í háu hlutfalli í fæðunni (26%) en flugur, og rykmýslirfur höfðu minna vægi (19 og 14%). Fæða 18 urriðaseiða (6,0–11,7 cm) var mest flugur (28%) og vorflugulirfur (23%), bitmýslirfur höfðu einnig nokkurt vægi í fæðunni (15%). Aðeins tvær bleikjur voru teknar til fæðugreiningar. Rykmýslirfur höfðu mesta rúmmálshlutdeild í fæðunni (50%), hlutdeild vatnabobba og tvívængjulirfa (*Diptera*) var einnig nokkur (20% hjá báðum gerðum) (35. mynd).



A

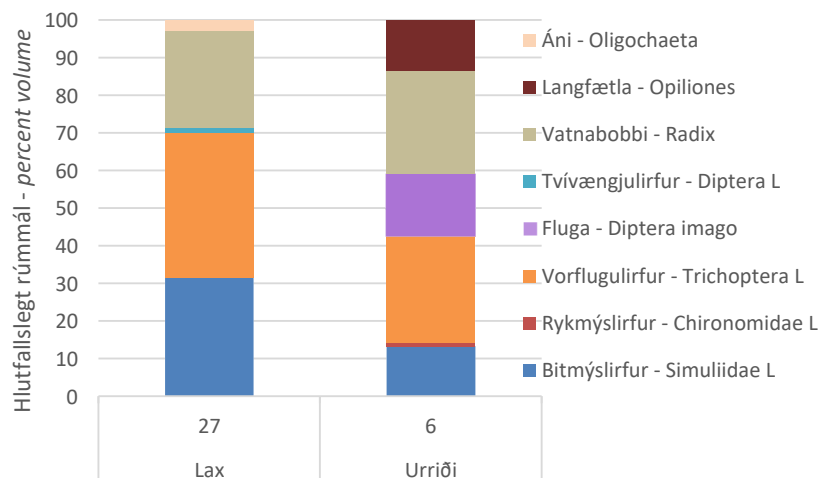


B

36. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxfiskaseiðum í þverám Sogsins. **A**, laxaseiði allir árgangar, **B**, urriðaseiði allir árgangar. Tölur standa fyrir fjölda seiða með fæðu í maga.

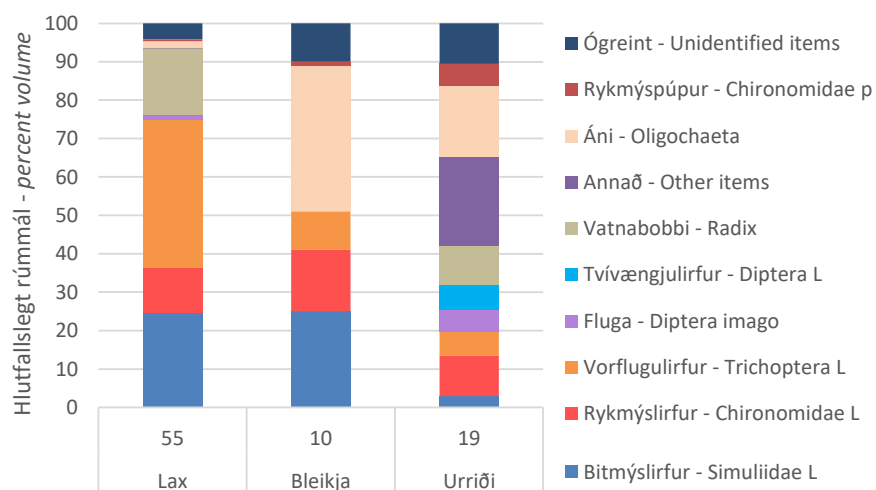
Figure 36. Food items by volume (%) in juvenile salmonids in R. Sog tributaries. **A**, salmon all age groups, **B**, trout all age groups. Numbers indicate juveniles with food.

Fæða var einnig greind hjá seiðum sem veidd voru í þverám Sogsins. Greining á fæðu 23 (5,8–13,0 cm) laxaseiða úr Ásgarðslæk (st. 679), 12 (5,7–10,4 cm) úr Berjaholtslæk (st. 671) og 12 (4,0–10,8 cm) úr Tunguá (st. 660) sýndi að nokkur munur var á milli ána í fæðu seiðanna. Fæðan var einnig mjög fjölbreytt (36. mynd). Í Ásgarðslæk og í Tunguá voru bitmýslirfur í mestum mæli (24 og 41%), en ánar í Berjaholtslæk (30%). Þá var vatnabobbi í allnokkrum mæli í Ásgarðslæk (22%) og Berjaholtslæk (22%). Fæða urriðaseiða í þveránum var á annan veg. Vatnabobbi var í mestum mæli í fjórum (7,1–13,6 cm) urriðaseiðum í Ásgarðslæk (56%), flugur í átta (7,8–16,8 cm) urriðaseiðum í Berjaholtslæk (24%) og einnig flugur í tveimur seiðum (7,0 og 10,9 cm) í Tunguá (57%) (36. mynd).



37. mynd Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- og urriðaseiðum í Hvítá við Austurkot (st. 460), Oddgeirshóla (st. 470) og Langholt (st. 470) árin 2012 – 2019. Tölur standa fyrir fjölda athugaðra seiða með fæðu í maga. **Figure 37.** Food items by volume (%) in juvenile salmon and trout in R. Hvítá at Austurkot (st. 460), Oddgeirshólar (st 470), and Langholt (st. 470), in 2012–2019. Numbers indicate juveniles with food.

Fæða var greind hjá 27 laxaseiðum (7,5–13,5 cm) og sex urriðaseiðum (9,9–14,0 cm) á þremur rannsóknarstöðvum (stöðvum 460, 470 og 480) í Hvítá. Vorflugulirfur komu fyrir í mestum mæli hjá báðum tegundum (39% og 38%). Bitmýslirfur voru í 31% rúmmálshlutfalli hjá laxaseiðum en 13% hjá urriðaseiðum. Seiðin voru einnig með allnokkuð af vatnabobbum í maga, 26% hjá laxaseiðum og 28% hjá urriðaseiðum. Flugur voru í 17% rúmmálshlutfalli hjá urriðaseiðum og langfætlur (*Opiliones*) voru 13% hjá urriðaseiðum en þessar fæðugerðir var ekki að finna hjá laxaseiðum. Aðrar fæðugerðir voru í litlum mæli og athygli vekur að rykmýslirfur var aðeins að finna í um 1% rúmmáli í laxaseiðum en fundust ekki hjá urriða (37. mynd).

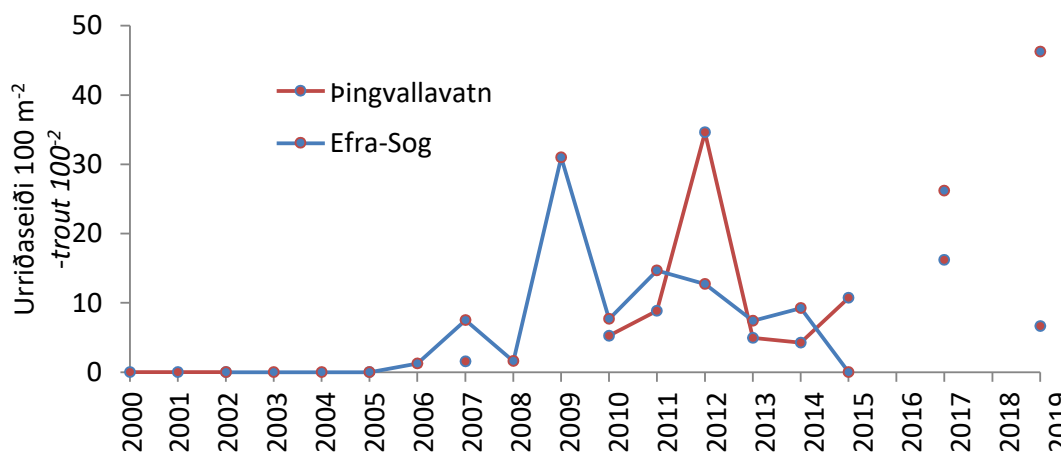


38. mynd. Hlutfallslegt rúmmál fæðuhópa hjá laxa- urriða- og bleikjuseiðum í Ölfusá við Helli (st. 510), Miðsvæði (st. 520), Selfoss (st. 530) og Sandvík (st. 540) árin 2012–2019. Tölur standa fyrir fjölda seiða með fæðu í maga. **Figure 38.** Food items by volume (%) in juvenile salmon, charr and trout in R. Ölfusá at Hellir (st. 510), Miðsvæði (st. 520), Selfoss (st. 530) and Sandvík (st. 540) in 2012–2019. Numbers indicate juveniles with food.

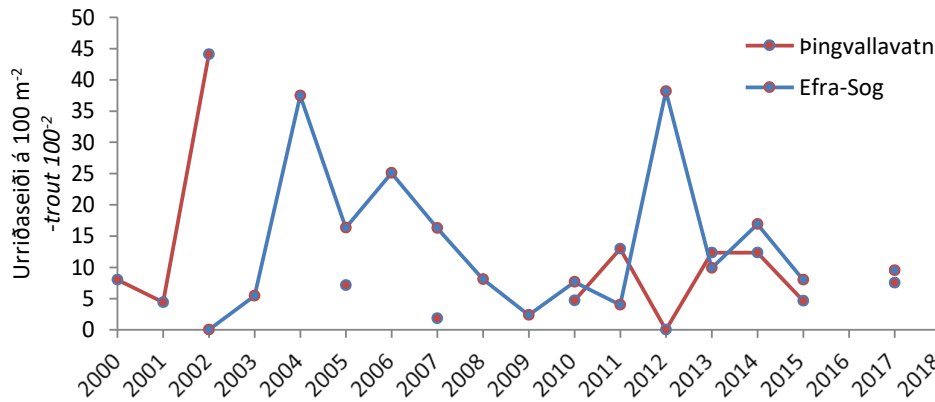
Fæða var greind hjá 55 laxaseiðum (4,4–13,3 cm), 10 bleikjuseiðum (8,0–13,1 cm) og 19 (5,7–16,4 cm) urriðaseiðum í Ölfusá á fjórum stöðvum í Ölfusá (stöðvum 510, 520, 530 og 540). Töluverður munur kom fram á samsetningu fæðunnar milli tegunda. Vorflugulirfur voru í mestum mæli hjá laxaseiðum (39%), þá bitmýslirfur (25%) vatnabobbi (17%) og rykmýslirfur (12%). Hjá bleikjuseiðum voru ánar í mestum mæli (38%), þá bitmýslirfur (25%), rykmýslirfur (16%) og vorflugulirfur (10%). Urriðaseiðin voru með mun fjölbreyttari fæðu. Ánar (*Oligochaeta*) voru í mestum mæli (18%) þá rykmýslirfur (11%) ógreind fæða (11%) og vatnabobbar (10%). Aðrar fæðugerðir voru samtals 23% af rúmmáli fæðunnar. Þar var að finna, brunnskluður (*Agabus*), svifkrabba (*Cladocera* og *Copepoda*), landræna snigla (*Gastropoda*), lækjarflugupúpu (*Limnophora riparia*) og ógreind skordýr (*Insecta*) (38. mynd).

Seiðarannsóknir við útfall Þingvallavatns og í Efra-Sogi

Seiðarannsóknir við útfall Þingvallavatns og í Efra-Sogi hafa staðið með hléum frá árinu 2000. Einkum hafa þær snúist um að meta þéttleika urriðaseiða í kjölfar seiðasleppinga urriða í Þingvallavatn. Fyrstu árin og alveg fram til ársins 2005 var ekki að finna náttúruleg urriðaseiði í Þingvallavatni við útfallið eða í Efra-Sogi neðan við stíflu (1. mynd, 39. mynd). Á þessum tíma fundust hins vegar urriðaseiði úr seiðasleppingum bæði í Þingvallavatni við útfallið og í Efra-Sogi. Frá og með 2006 fundust náttúruleg urriðaseiði í Efra-Sogi og frá og með 2007 í útfalli Þingvallavatns. Þótt breytileiki sér allnokkur milli ára hefur þéttleiki urriðaseiða að jafnaði farið vaxandi á báðum stöðum. Árið 2012 sker sig úr en þá fannst mikið af 0⁺ urriðaseiðum í vatninu við útfallið (40. mynd). Urriðaseiðin í Efra-Sogi og við útfall Þingvallavatns voru af aldrinum 0⁺–3⁺ en lang flest 0⁺. Bleikjuseiði var líka að finna á athugunarstöðunum í Þingvallavatni og í Efra-Sogi. Þéttleiki var breytilegur en ekki að sjá neina sérstaka þróun í þéttleika þeirra, en í Þingvallavatni var hann lang mestur árið 2002. Líkt og hjá urriðaseiðum voru bleikjuseiðin 0⁺–3⁺ og flest 0⁺ (40. mynd).

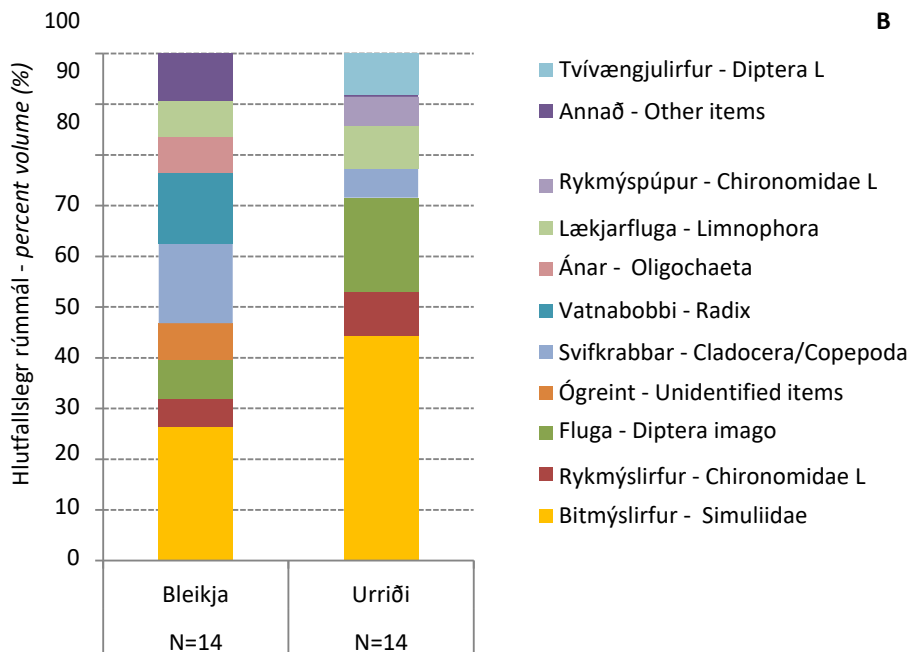
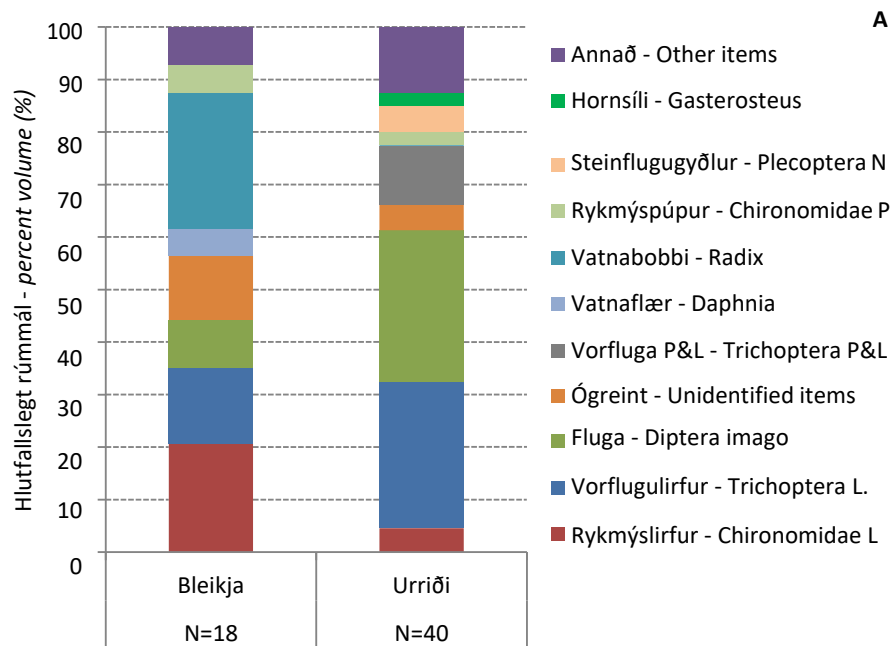


39. mynd. Þéttleiki urriðaseiða við útfall Þingvallavatns og Efra-Sogi, allir aldurshópar saman. Athuganir voru ekki gerðar í Þingvallavatni árin 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2016 og 2018 og í Efra-Sogi 2000, 2001, 2016, 2018. **Figure 39.** Densities of trout juveniles near Þingvallavatn outlet and in Efra-Sogi, all ages combined. No research was done in Þingvallavatn 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2016 and 2018 and in Efra-Sogi 2000, 2001, 2016, 2018.



40. mynd. Þéttleiki bleikjuseiða við útfall Þingvallavatns og Efra-Sogi, allir aldurshópar saman. Athuganir voru ekki gerðar í Þingvallavatni árin 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2016 og 2018 og í Efra-Sogi 2000, 2001, 2016, 2018. **Figure 40.** Densities of charr juveniles near Þingvallavatn outlet and in Efra-Sogi, all ages combined. No research were done in Þingvallavatn 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2016 and 2018 and in Efra-Sogi 2000, 2001, 2016, 2018.

Fæða 18 bleikjuseiða (4,2–12,2 cm) í Þingvallavatni við útfallið var fjölbreytt, en 10 fæðuhópar voru greindir. Mest var af vatnabobba (26%), þá rykmýslirfum (21%) og vorflugulirfum (14%). Flugur (9,1%) og vatnaflær (5,1%) (*Daphnia*) var einnig að finna í fæðunni. Rúm tólf prósent fæðunnar var ekki unnt að greina vegna þess hversu milt hún var. Aðrar fæðugerðir höfðu minna vægi (41. mynd). Fæða 40 urriðaseiða (4,9–21,6 cm) sem safnað var við útfall Þingvallavatns var ekki síður fjölbreytt en bleikjunnar. Alls voru greindir 25 fæðuhópar í fæðu urriða. Ógreindar flugur voru í mestum mæli (29%). Vorflugur voru mjög áberandi í fæðunni bæði lirfur (28%) og púpur og flugur (11%). Einnig fundust steinflugugyðlur í nokkrum mæli (5,0%) en fremur lítið var af rykmýi í fæðu urriðanna (4,5% lirfur og 2,4% púpur) (41. mynd).



41. mynd Hlutfallslegt rúmmál fæðugerða hjá bleikju og urriða, **A** í Þingvallavatni við útfallið og **B** í Efra-Sogi á árabílinu 2000 – 2019. Tölur standa fyrir fjölda seiða með fæðu í maga.

Figure 41. Food items by volume (%) of charr and trout, **A** in Þingvallavatn and **B** in Efra-Sogi in 2000 – 2019. Numbers indicate juveniles with food.

Fæða 14 bleikjuseiða í Efra-Sogi (3,7 – 18,9 cm) var mest bitmýslirfur (26%), svifkrabbar (16%) og vatnabobbi (14%). Einnig voru ánar (7%) og lækjarflugur (Limnophora, 7%) í allnokkrum mæli í fæðu bleikju. Fæða 14 urriða var með nokkuð öðrum hætti. Bitmýslirfur voru eins og hjá bleikju í mestum mæli (44%), flugur voru í allnokkrum mæli (19%) og rykmýslirfur (8,8%), lækjarflugur (8,6%) og tvívængjulirfur (8,1%) höfðu einnig nokkuð vægi. Svifkrabbar fundust í maga urriða en í mun minna mæli en hjá bleikju (5,7%). Hjá bleikju greindust ellefu fæðugerðir en hjá urriða voru þær níu.

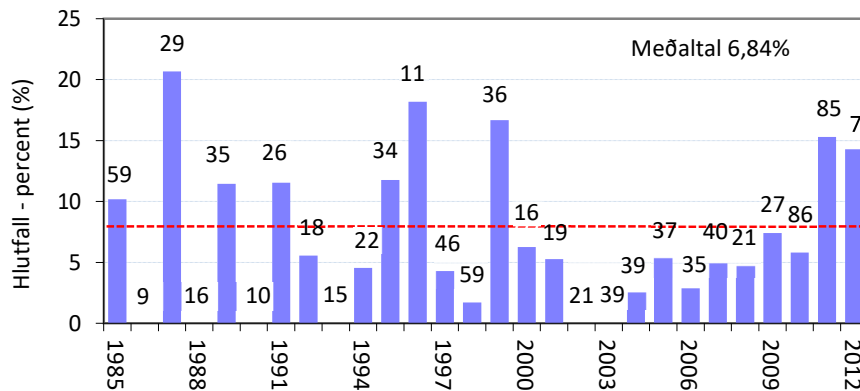
Aldursrannsóknir göngulaxa

Á árunum 2009 – 2014 var safnað hreistri af 217 löxum til aldursgreiningar. Unnt var að aldursgreina 210 laxa. Laxarnir voru tveggja til sjö ára. Af þessum löxum voru 20 sem verið höfðu eitt ár í fersku vatni og því upprunnir úr sleppingum gönguseiða. Ferskvatnsaldur laxa var frá 1 – 4 ár flestir höfðu verið tvö eða þrjú ár í fersku vatni (tafla 9). Hlutfall seiða úr gönguseiðasleppingum var 11,1% árið 2009, 14,0% árið 2010 og 5,9% árið 2011, af þeim 12 löxum sem voru aldursgreindir árin 2012 – 2014 reyndist enginn úr sleppingum gönguseiða. Engum gönguseiðum hefur verið sleppt í Sog frá 2006 svo þessir fiskar eru aðkomnir úr sleppingum í aðrar ár. Sjávaraldur laxanna var 1 – 3 ár. Eitthundrað sextíu og þrír laxar höfðu dvalið eitt ár í sjó (smálaxar, 77,6%) og 19,0% tvö ár, aðrir þrjú ár. Stór hluti laxa sem verið höfðu tvö ár í sjó (15 laxar, 37,5%) var að koma aftur til hrygningar og allir sem höfðu verið þrjú ár í hafi voru að koma aftur til hrygningar. Þegar litið er til hlutfalls laxa sem komu endurtekið til hrygningar í Sogi fyrir tímabilið 1985 – 2012 hefur það að jafnaði verið 6,84%. Það hefur hins vegar verið mjög breytilegt milli ára, eða 0 – 20,7% (42. mynd). Svo er að sjá að hlutfall endurkomufiska hafi farið vaxandi frá og með árinu 2004. Árin 2013 og 2014 var það fáum löxum safnað til aldursgreiningar (tveir og þrír laxar hvort ár) að hlutfall endurkomufiska þau ár er ekki reiknað.

Tafla 9. Ferskvatns- og sjávardvöl laxa (ár) úr Sogi árin 2009 – 2014. Hjá löxum sem hrygnt hafa áður, bætast hrygningarár við dvalartíma í sjó.

Table 9. Fresh water and years at sea of salmon in R. Sog 2009 – 2014. For previous spawners spawning years are added to sea years.

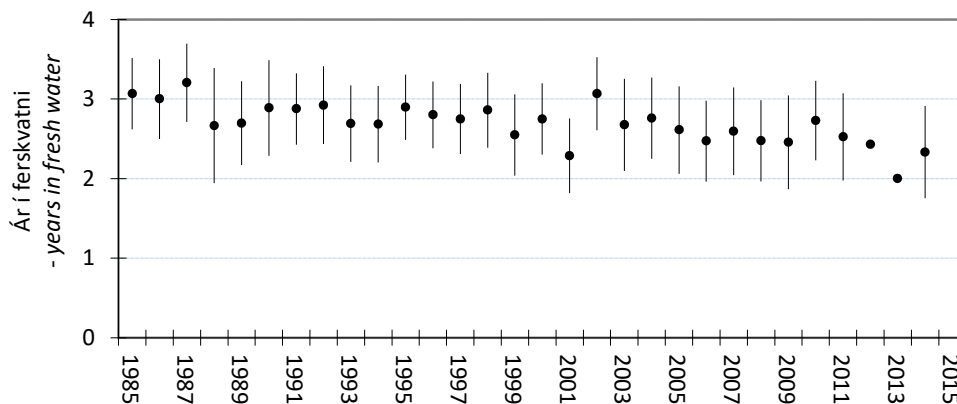
Ferskvatnsaldur, ár – freshwater years	Hrygna í fyrsta sinn -first time spawners		Áður hrygndir -previous spawners		Samtals – total
	Eitt ár – one year	Tvö ár – two years	Tvö ár – two years	Þrjú ár – three years	
1	18	1	1		20
2	60	14	8	2	84
3	82	10	7	2	101
4	3	0	1	1	5
Samtals – total	163	40	17	5	210



42. mynd. Hlutfall (%) laxa í Sogi sem hrygnt hafa áður af veiði viðkomandi árs, þ.e. laxar sem voru að koma öðru sinni til hrygningar eða oftár á árabílinu 1985 – 2012. Lárétt rauð lína sýnir meðaltal fyrir allt tímabilið. Tölur ofan við hverja súlu standa fyrir fjölda aldursgreindra laxa hvert ár.

Figure 42. Percent (%) of repeat spawners of salmon in R. Sog in the years 1985 – 2012. Horizontal line indicate average for the period. Number over bars are sample size of salmon in age determination.

Sé litið til lengdar dvalar í fersku vatni hjá laxi í Sogi, sést að á árabílinu 1985 – 2014 hefur að jafnaði verið 2,72 ár í laxi sem veiddur er í Sogi ($n=801$, stf. 0,54). Breytileiki er milli ára í ferskvatnsdöl en hún hefur styst á tímabilinu. Sérstaklega hefur þessi þróun átt sér stað eftir árið 2002. Eftir árið 2002 hefur meðalferskvatnsdöl verið öll ár nema tvö undir langtíameðatali (43. mynd).



43. mynd. Meðallengd ferskvatnsdvalar (ár) hjá göngulaxi í Sogi fyrir árin 1985 – 2014 ($\pm$ stf., lóðréttar línur í gegnum punktana).

Figure 43. Average age (years) in fresh water of salmon in R. Sog for the period 1985 – 2014 (vertical lines indicate $\pm$ stdev.).

Seiðasleppingar

Laxaseiðum hefur verið sleppt í Sogið allt frá upphafi klakstarfsemi við Sog árið 1922. Í fyrstu var eingöngu um að ræða sleppingar kviðpokaseiða, en á 7. áratugnum koma til sleppingar alinna seiða. Góðar upplýsingar lyggja fyrir um sleppingar frá og með árinu 1985 (viðauki 4). Eftir 1985 hafa öll seiði verið frá hrognum úr klakfiski sem veiddur hefur verið í Sogi eða Ásgarðslæk. Á árunum 1985 – 2006 var talsverðu magni gönguseiða sleppt í Sogið en ekki eftir

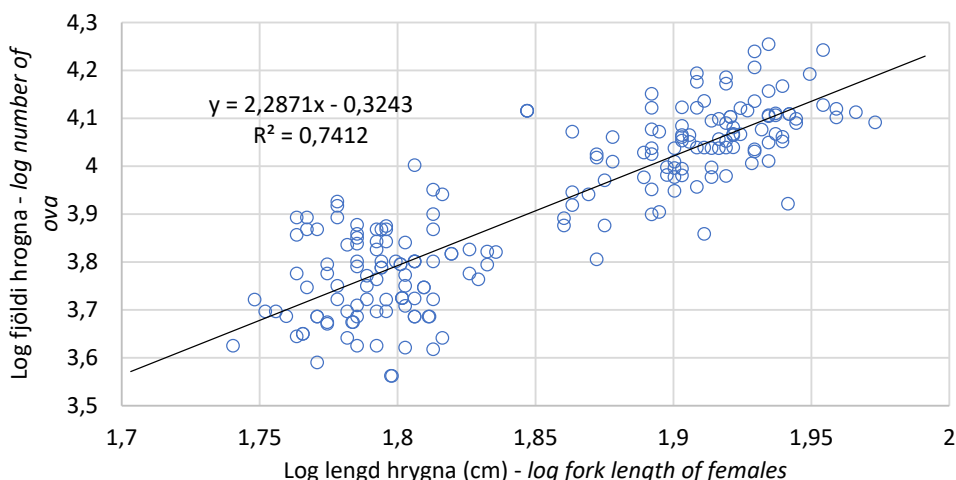
árið 2006 en það ár var sleppt um 17.700 gönguseiðum. Gönguseiðum er sleppt að vori og er þeim ætlað að ganga til sjávar sama vor og þeim var sleppt. Seiðin hafa verið aðlöguð í sérútbúnum seiðatjörnum fyrir sleppingu. Hluti gönguseiða var merktur og voru heimtur úr gönguseiðahópum frá 0 – 1,77% en að jafnaði 0,40% (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Mestum hluta kviðpoka- og sumaröldu seiðanna hefur verið sleppt á ólaxgenga hluta þveránna, í Brúará (Brúarlæk), Ásgarðslæk, Ytriá og Austurá. Síðast var sumaröldum seiðum sleppt árið 2003. Allnokkurt magn kviðpokaseiða var dreift á árunum 2003 – 2010, flest voru kviðpokaseiðin árið 2006, 149 þús. og árið eftir var dreift 115 þús. Engum seiðum hefur verið sleppt í Sogið eða þverár þess eftir 2010.

Hrognafjöldi í hrygnu

Til að finna fjölda laxahrogn sem hrynt er ár hvert í Sogi var fundið samband stærðar hrygna og fjölda hrogn í hrygnu. Notuð voru gögn úr kreistingu 204 laxahrygna sem veiddar voru í Sogi á árabílinu 1985–2009. Hrygnurnar voru frá 55 – 94 cm og sjávaraldur þeirra 1– 4 ár. Nítján hrygnur höfðu hrynt áður og allar hrygnur sem höfðu dvalið meira en tvö ár í sjó höfðu hrynt áður. Logarithmísk línuleg aðhvarfsgreining ($\log_{10}/\log_{10}$) gaf eftirfarandi jöfnu:

$$\log_{10} \text{ fjöldi hrogn} = 2,2871 * \log_{10} \text{ lengd hrygna (cm)} - 0,3243$$

Þótt breytileiki sé talsverður í fjölda hrogn hjá hrygnu af sömu stærð er fylgni hámarktæk milli stærðar hrygna og fjölda ($r^2=0,741$, $P<0,00001$, 44. mynd). Samband þetta þýðir að smálaxahrygnur í Sogi, sem voru að meðallengd í úrtaki 61,8 cm og meðalpunga 2,61 kg, gefa að jafnaði 5.922 hrogn og stórlaxahrygnur, sem voru að meðallengd 81,8 cm og 5,89 kg, gefa 11.471 hrogn. Stórlaxahrygnur gefa því mun fleiri hrogn en smálaxahrygnur. Aftur á móti gefa smálaxahrygnur fleiri hrogn á hvert kg en stórlaxahrygnur. Þannig gefa smálaxahrygnur að jafnaði 2.269 hrogn/kg og stórlaxahrygnur 1.954 hrogn/kg. Hrygnur sem hafa hrynt áður gefa að jafnaði 10.789 hrogn (tafla 10).



44. mynd. Línuleg aðhvarfsgreining á log/log sambandi lengdar hrygna og fjölda hrogn sem hver hrygna gefur í Sogi.
Figure 44. Log/log linear regression of female salmon fork length (cm) and number of salmon ova pr. female in R. Sog.

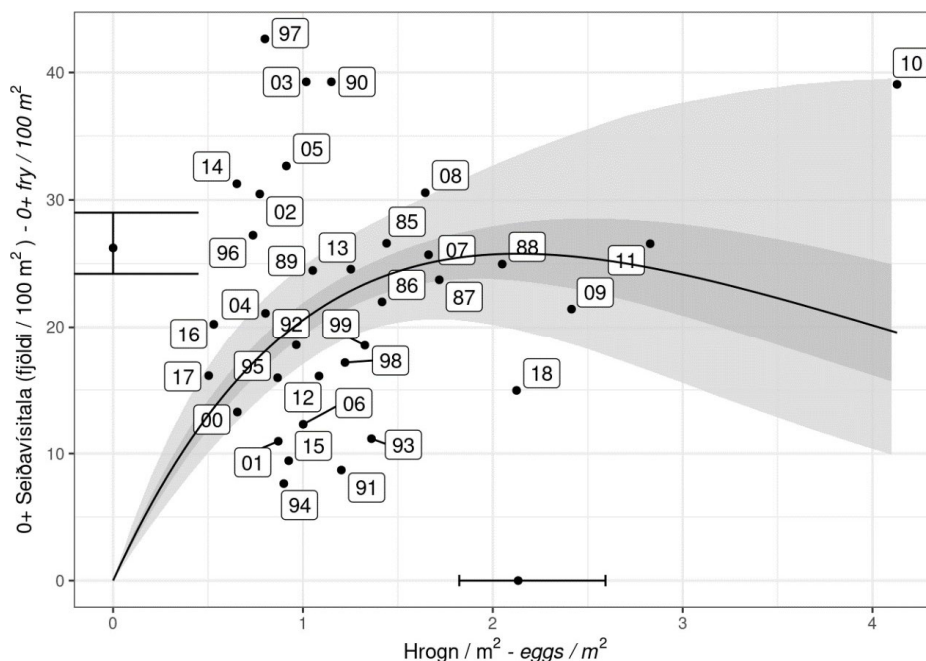
Tafla 10. Fjöldi hrogna í hverri laxahrygnu eftir sjávarárum í Sogi og hjá löxum sem hrygnt hafa áður (fjölgotungar).

Table 10. Number of ova pr. female by sea age and repeat spawning in R. Sog.

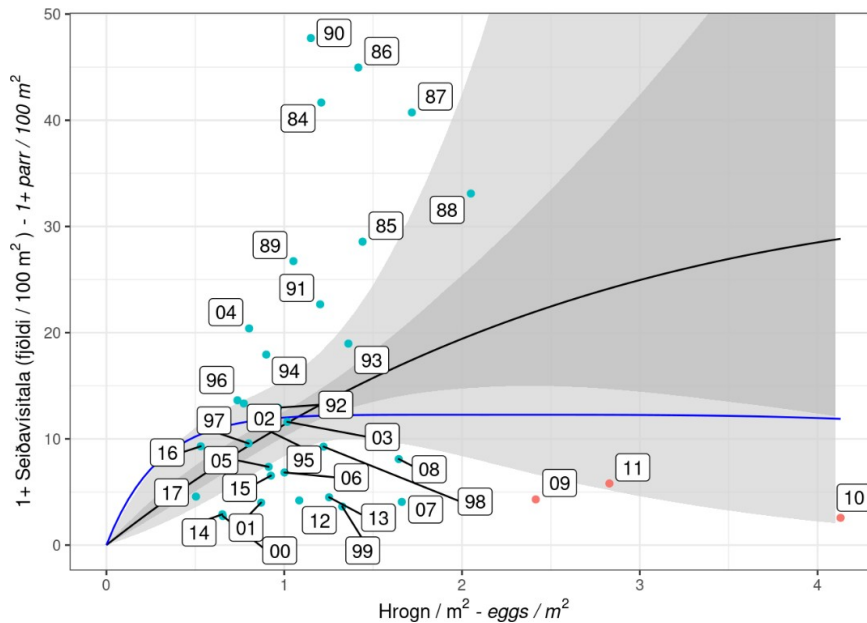
Sjávarár – Sea age	Meðalfjöldi hrogna í hrygnu – Average number of ova pr. female	Mesti fjöldi hrogna í hrygnu – Max number of ova pr. female	Minnsti fjöldi hrogna í hrygnu – Min number of ova pr. female	Meðallengd hrygna (cm) – Average fork length (cm)	Fjöldi hrygna – Number of females
Eitt ár – 1SW	5.922	10.050	3.650	61,8	94
Tvö ár – 2SW	11.471	17.975	6.230	81,8	91
Fjölgotungar – Previous spawners	10.789	14.696	5.307	78,3	19

Samband hrygningar og nýliðunar hjá laxi

Hrygning laxa í Sogi sýndi ágætis samband við seiðapétteleika vorgamalla (0⁺) seiða (45. mynd) en samband hrygningar við pétteleika árgamalla (1⁺) seiða var lélegt (46. mynd) og einnig sambandið þegar sami seiðaárgangur er mældur vorgamall og árgamall (47. mynd). Ágætis samband fékkst þegar athugað var samband hrygningar og nýliðunar í væntanlegum hrognafjölda (48. mynd).



45. mynd. Samband hrognapétteleika og vísitölu seiða á fyrsta sumri (0⁺) laxa í Sogi. Marktæk þéttleikaáhrif komu fram ($\beta > 0$) og sú hrygning sem gefur hámarksnýliðun er sýnd ásamt 50% öryggismörkum við x-ás. En mat á hámarksnýliðun ásamt öryggismörkum við y-ás. 50% öryggissvæði fyrir Ricker-kúrfuna eru sýnd með dökkgráum lit og 95% svæði með ljósgráum lit. **Figure 45.** Salmon egg vs fry density in river Sog. Significant density dependence was observed ($\beta > 0$) and the egg density corresponding to maximum recruitment is shown next to the x-axis along with 50% posterior confidence intervals. The maximum recruitment is shown next to the y-axis along with 50% confidence intervals. Average Ricker relationship is shown and 50% (dark grey) and 95% (light grey) confidence areas.

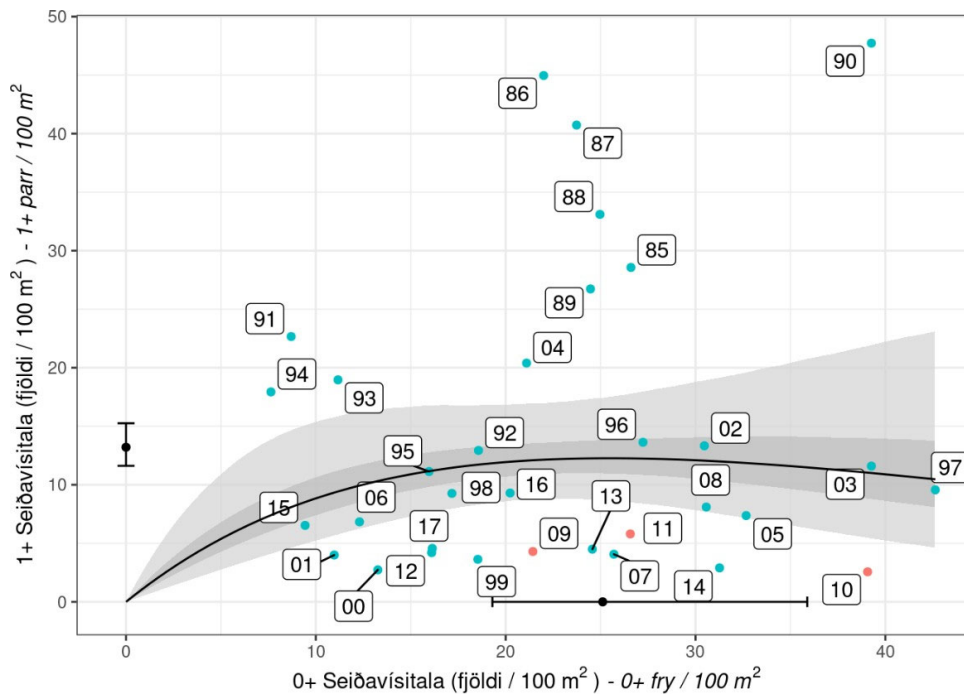


46. mynd. Samband hrognabéttleika og vísitölu ársгамalla seiða (1+) hjá laxi í Sogi. Ekki voru marktæk þéttleikaáhrif. 50% öryggissvæði fyrir Ricker-kúrfuna eru sýnd með dökkgráum lit og 95% svæði með ljósgráum lit. Þremur árgöngum var sleppt við mat á sambandinu, úr hrygningu 2009–2011 (rauðir punktar). Sambandið með tveggja skrefa aðferð er sýnt með blárrí línu.

Figure 46. Salmon egg vs one-year-old parr density in river Sogi. Significant density dependence was not observed. Average Ricker relationship is shown with a black line and 50% (dark grey) and 95% (light grey) confidence areas. Red points show outliers not used for estimating the relationship. The blue line shows the two step relationship using fry as an intermediate step.

Þegar litið var til hvaða hrognabéttleiki gefur hámarksnýliðun (S_{Rmax}) skipti máli hvort að útgildi voru höfð með eða ekki og hvaða mælikvarði var notaður á nýliðun. Hæsta gildi S_{Rmax} fékkst þegar nýliðun var metin sem þéttleiki sumargamalla seiða eða 2,13 hrogn/m² en lægsta mat var 1,02 hrogn/m² þegar nýliðun var metin sem þéttleiki ársгамalla seiða með tveggja skrefa aðferð þegar útgildi voru höfð með (viðauki 5). Þegar nýliðun er metin í fjölda hroгна afkomenda er matið á S_{Rmax} 1.6 hrogn/m² þegar útgildum er sleppt en 1,35 hrogn/m² þegar útgildi eru höfð með.

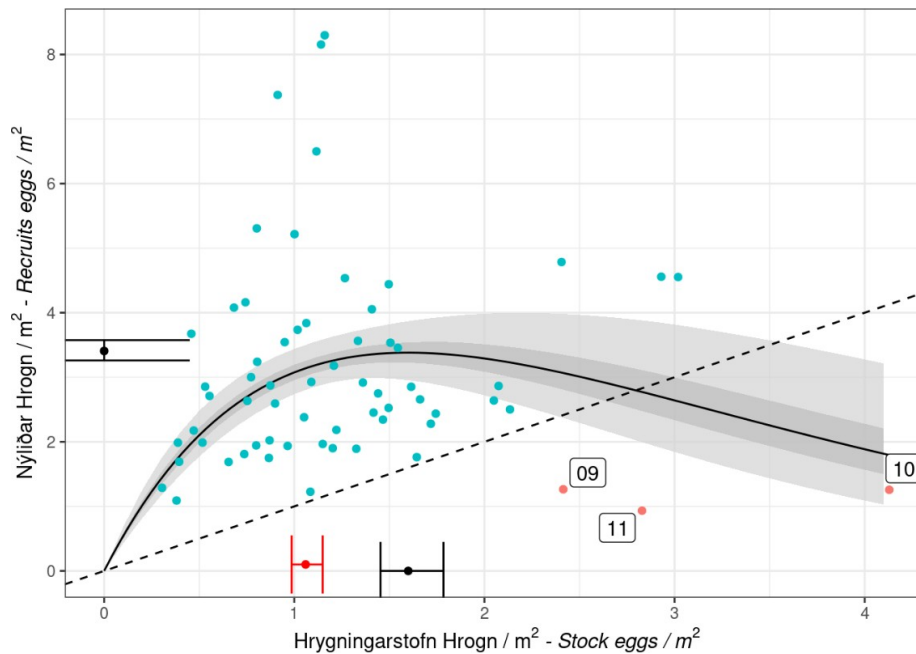
Vegna óvissu í mati á viðmiðunarmörkum er lagt til að hrygningarmarkmið í Sogi verði sett sem 1,7 hrogn/m². Aðgerðarmörk verði skilgreind á sama hátt og í Krossá (Sigurður Már Einarsson o. fl. 2020) sem sú hrygning sem gefur 90% af hámarksnýliðun miðað við Ricker- samband sem er 1,03 hrogn/m² og varúðarmörk sú hrygning sem gefur 50% af hámarksnýliðun eða 0,39 hrogn/m². Með upplýsingum um flatarmál árinna, meðalhlutfalli smálaxa og stórlaxa og kynjahlutfalli er hægt að reikna heildarfjölda hroгна sem þarf til, fjölda hrygna sem þarf að skilja eftir og heildarfjölda laxa (sjá töflu 11).



47. mynd. Samband vísitölu seiðapétteleika vorgamalla (0+) og árgsamalla (1+) laxaseiða í Sogi. Marktæk þéttleikaáhrif komu fram ($\beta > 0$) og sá þéttleiki 0+ sem gefur hámarksþéttleika 1+ er sýnd ásamt 50% öryggismörkum við x-ás. En mat á hámarksþéttleika 1+ ásamt öryggismörkum við y-ás. 50% öryggissvæði fyrir Ricker-kúrfuna eru sýnd með dökkgráum lit og 95% svæði með ljósgráum lit. Premur árgöngum var sleppt við mat á sambandinu, úr hrygningu 2009–2011 (rauðir punktar).

Figure 47. Salmon fry vs one-year-old parr density in river Sogi. Significant density dependence was observed ($\beta > 0$). The fry density corresponding to the theoretical maximum of one-year-old parr is shown next to the x-axis along with 50% posterior confidence intervals. The theoretical maximum of 1+ parr is shown next to the y-axis along with 50% confidence intervals. Average Ricker relationship is shown and 50% (dark grey) and 95% (light grey) confidence areas. Red points show outliers not used for estimating the relationship.

Þegar skoðað er mat á hrygningu laxa frá 1949 í Sogi sést að hrygning hefur ekki alltaf verið með besta móti. Í 32 skipti hefur hún farið undir aðgerðarmörk eða í 45% tilvika. Þrisvar eða árin 1949, 1950 og 1953 var hrygning metin undir varúðarmörkum. Þessi ár var veiðiskráning trúlega ekki góð. Rétt er að benda á að hrognautreikningar gera ráð fyrir því að nákvæmni í skráningu og veiðihlutfalli haldist stöðug yfir allt tímabilið en ekki er víst að það standist fyrir þessi þrjú ár. Frá 1990 hefur hrygning 17 sinnum (56,7%) verið undir aðgerðarmörkum og frá árinu 2000 hefur það gerst 12 sinnum (60%). Sé litið til síðustu 10 ára hefur hrognafjöldi í Sogi verið undir aðgerðarmörkum í fjögur ár (40%), við mörkin í eitt ár og milli aðgerðarmark og hrygningarmarkmiðs í tvö ár og ofan þess í þrjú ár.



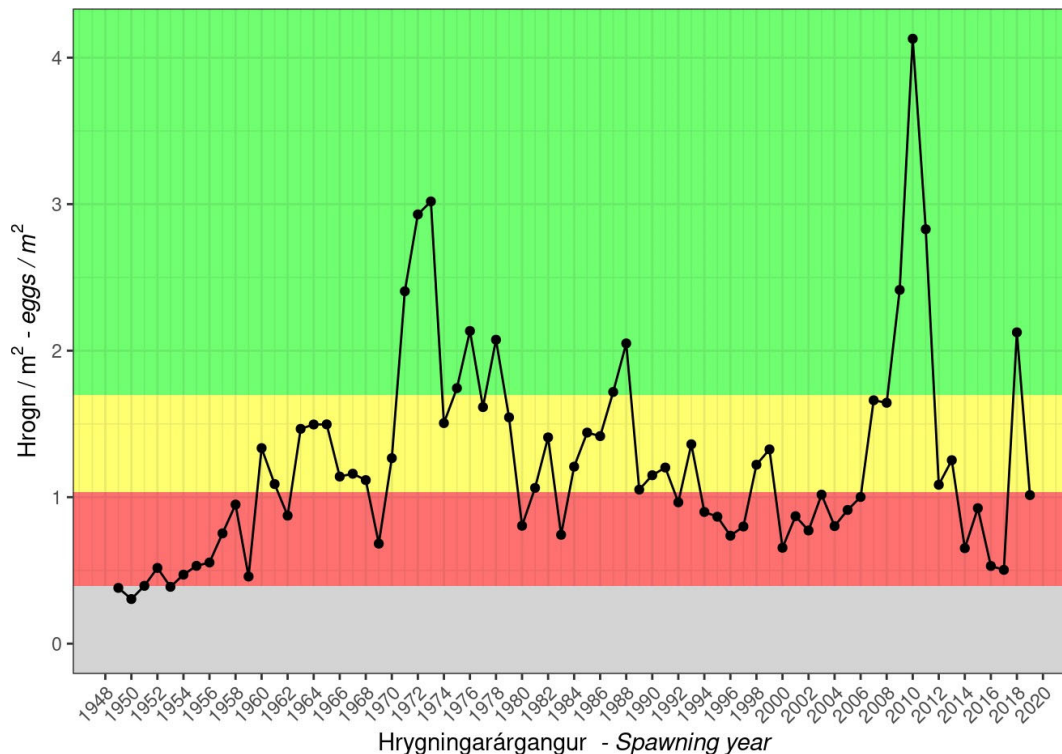
48. mynd. Samband hrognþéttleika og mat í nýliðun í fjölda hrogna hjá laxi í Sogi byggt á veiðitölum árána 1949 – 2019. Marktæk þéttleikaáhrif komu fram ($\beta > 0$) og sú hrygning sem gefur hámarksnýliðun er sýnd ásamt 50% öryggismörkum við x-ás. En mat á hámarksnýliðun ásamt öryggismörkum við y-ás. 50% öryggissvæði fyrir Ricker- kúrfuna eru sýnd með dökkgráum lit og 95% svæði með ljósgráum lit. Rauður punktur og öryggismörk við x-ás sýna mat á þeirri hrygningu sem gefur hámarksafkastur (MSY). Brotna línan hefur skurðpunktin 0 og hallatöluna 1, það er eitt hrogn gefur af sér eitt hrogn. Premur árgöngum var sleppt við mat á sambandinu, úr hrygningu 2009–2011 (rauðir punktar).

Figure 48. Salmon egg density vs estimated egg density of offspring in river Sog based on catch statistics from 1949 to 2019. Significant density dependence was observed ($\beta > 0$) and the egg density corresponding to maximum recruitment is shown next to the x-axis along with 50% posterior confidence intervals. The maximum recruitment is shown next to the y-axis along with 50% confidence intervals. The red dot next to the x-axis shows the egg density giving MSY and corresponding 50% confidence interval is shown. The dotted replacement line is shown (slope 1 and intercept 0). Average Ricker relationship is shown and 50% (dark grey) and 95% (light grey) confidence areas. Red points show outliers not used for estimating the relationship.

Tafla 11. Viðmiðunarmörk fyrir Sog metin í þéttleika hrogna, heildarfjölda hrogna, fjölda hrygna og fjöldi laxa af báðum kynjum.

Table 11. Reference points for Atlantic salmon in river Sog estimated in egg density, the total number of eggs, number of females and the total number of adult salmon.

Viðmiðunarmörk	Hrogn/m ²	Heildarfjöldi hrogna	Fjöldi hrygna	Fjöldi laxa
Hrygningarmarkmið (S_{Rmax})	1,70	1.396.104,6	193	378
Aðgerðarmörk ($S_{90\%Rmax}$)	1,03	849.308,1	118	230
Varúðarmörk ($S_{50\%Rmax}$)	0,39	323.841,8	45	88



49. mynd. Hrognabéttleiki metinn útfrá laxveiði í Sogi 1949–2019. Græna svæðið er þegar þéttleiki er ofan við hrygningarmarkmið. Gula þegar hrognabéttleiki er ofan við aðgerðarmörk en undir hrygningarmarkmiði, rauða milli aðgerðarmarka og varúðarmarka og gráa þegar hrygning er undir varúðarmörkum.

Figure 49. Salmon egg density estimated from catch statistics in river Sog 1949–2019. The green area shows densities above spawning target, yellow shows densities between the spawning target and the precautionary limit, red below precautionary limit and over the trigger limit and gray below trigger limit.

Umræða

Í samantekt þessari hefur verið gerð tilraun til að skoða þætti sem safnað hefur verið saman á kerfisbundinn máta, s.s. rennsli í Sogi við Ásgarð, loft- og vatnshita og lífríkisgögn með sérstakri áherslu á laxfiska og veiðinýtingu þeirra. Breytingar á umhverfisbreytum hafa síðan verið skoðaðar nánar í tengslum við gagnaraðir um laxfiskaseiði í Sogi. Þá var sérstaklega athugað samband hrygningar og nýliðunar hjá laxi og á þátt reksturs virkjana í Sogi á viðkomu laxaseiða. Framhaldið var þar sem frá var horfið frá fyrri samantekt (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011) og einnig litið til eldri gagnaraða.

Ef litið er til þróunar meðallofthita fyrir árin 2001 – 2019 á veðurathugunarstöðinni við Hjarðarland er hvorki hægt að greina marktæka hlýnun né kólnun. Lofthitinn var að meðaltali 4,4°C á tímabilinu, sá sami og á tímabilinu 2009 – 2019. Sama má í raun segja um árstíðirnar, þar sem meðallofthitinn hefur verið nokkuð stöðugur eftir árið 2000, sérstaklega að sumar og vetrarlagi. Það sama má segja um vatnshita Sogsins, hann fylgir einfaldlega þróun lofthitans en árshitinn var hærri svo munaði 0,9°C að jafnaði fyrir árin 2010 – 2018. Þegar borin voru saman vatnshitagögn úr útfalli Þingvallavatns og úr Sogi við Sogsbrú kom berlega í ljós að vatnið hlýnar mun seinna að vorinu í útfallinu heldur en neðst í Sogi. Þannig var meðalhitastig maí-árvatnsins 3,7°C í útfallinu en 5,4°C við Sogsbrú fyrir árin 2010 – 2018. Þannig hélt nokkur

munur fram á sumar og það var ekki fyrr en í ágúst sem hann varð minni en 1°C (sjá: 6. mynd). Vert væri að skoða nánar áhrif þessa hitamunar og seinni vorkomu á laxaframleiðslu efst í Sogi. Það mætti gera með því að taka upp vatnshitamælingu með sírita við Sakkarhólma.

Athyglisvert var að greina skyndilegar dýfur í vatnshitenum í útfalli Þingvallavatns að sumarlagi. Líkleg skýring er sú að hitaskiptalag hafi verið til staðar í Þingvallavatni, sem allt fram að þeim tíma sem vatnshiti féll, hafði veitt hlýrra vatni úr yfirborðslagi til útfallsins. Þá hafi vindknúna öldur blandað upp vatninu og náð að eyða lagskiptingunni. Í mælingum Náttúrufræðistofu Kópavogs á vatnshita á dýptarsniðum hefur lagskipting vatnshita í Þingvallavatni ítrekað greinst að sumarlagi og hún jafnan eyðst þegar meðalvindhraði fer yfir 10 m/s og þarf ekki nema nokkrar klukkustundir með slíkum vindhraða til að hitaskiptalag eyðist (Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnadóttir 2012). Slík vatnshitalagskipting var sérstaklega áberandi sumarið 2012, þar sem saman fóru langvarandi hlýviðriskafar og hægur vindur. Þetta gerði það að verkum að yfirborðslag Þingvallavatns varð með allra hlýjasta móti. Þannig lá vatnshitinn vikum saman milli 12 – 13°C allt niður á 4-8 metra dýpi og í undantekningartilvikum mældist 13 gráðu hiti allt niður á 16 m dýpi (Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson, Þóra Hrafnadóttir og Hilmar J. Malmquist 2013). Mælingar á vatnshita við útfall Þingvallavatns benda þó til þess að truflun hafi orðið í lagskiptingunni 21. júlí 2012 (8. mynd og 10. mynd) og aftur 10. ágúst 2012. Þar sem mælingar á vatnshita eftir dýptarsniðum fara fram í vatnsbolnum NV við Mjóanes er ekki víst að þær endurspegli hitafarið á dýptarsniðum sunnan Mjóaness og allt eins víst að þar hafi vatnshitaskiptalagið riðlast, eins og vatnshitamælingar við útfallið benda sterklega til.

Vöktun á fjölda fljúgandi bitmýs á bökkum Sogs og Efra-Sogs hefur sýnt að mikil sveifla er í fjölda bitmýs milli ára á efri stöðvunum tveimur (Efra-Sog og við Bíldsfell) en mjög lítil á neðstu stöðinni (Þrastalundur). Marktæk neikvæð fylgni var á fjölda bitmýs við Efra-Sog og Þrastalundar, sem þýðir að þegar mikill fjöldi bitmýs er við Efra-Sog þá er lítill fjöldi við Þrastalund (og öfugt). Vöktun á flugi bitmýs með flugusjám sýnir að ganga fljúgandi bitmýs fer að mestu fram í júlímánuði og að fremur lítill munur er á göngutíma í Efra-Sogi og við Bíldsfell en flugið í Efra-Sogi er þó að jafnaði nokkrum dögum fyrr á ferðinni. Eins sýnir vöktun með flugusjám að yfirleitt er um eina bitmýsgöngu að ræða á ári. Það hefur einu sinni gerst á tímabilinu 2014 – 2019 að göngurnar voru tvær. Það var árið 2019 þegar haustganga bitmýs var á ferðinni í ágúst ásamt sumargöngu í júlí, enda var þá hlýtt vor og sumar. Enn er ýmislegt óljóst með samanburðarhæfni gagna milli gildrugerða og þess vegna ekki tímabært að skipta út fallgildrum fyrir flugusjár. Ekki kom fram marktækt línulegt samband á fjölda bitmýsflugna milli gildrugerða. Skýringin á því getur legið í því að í flugusjánni séu flugur margtaldar, þar sem óþekkt er hversu lengi þær dvelja á rúðunni sem ljósmynd er tekin af. Sumar flugur geta verið taldar margsinnis á meðan aðrar séu taldar í færri skipti. Eins getur það skekk samanburðinn að breytingar voru gerðar á Flugusjánni við Bíldsfell árið 2017, en þá var bætt við safnhólk með varðveisluvökva í botn flugusjárinnar. Þetta gæti hafa haft áhrif á talinn fjölda bitmýs á rúðum. Því er hér lagt til að enn verði reknar samhliða báðar gildrugerðir við Efra-Sog og Bíldsfell.

Smádýr á botni, einkum skordýralirfur, eru þýðingarmikil fæða laxfiskaseiða í Sogi. Lirfur bitmýs höfðu mest vægi hjá laxaseiðum bæði ofarlega og neðarlega í Sogi. Af öðrum skordýralirfum bar mest á vorflugulirfum og rykmýslirfum. Bitmýslirfur voru ekki eins þýðingarmikil fæða hjá urriða og laxi, fæða þeirra var fjölbreyttari og þau voru með mun meira af rykmýspúpum í fæðunni. Þetta er áþekkt því sem áður hefur komið fram í rannsóknum í Sogi (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Mikilvægi bitmýslirfa í fæðunni helgast af því að bitmý er ríkjandi smádýr á botni Sogsins. Fæðusamsetningin líkist fæðu seiða í öðrum ám á Íslandi (Magnús Jóhannsson 1984, Þórólfur Antonsson 2015). Bitmýslirfur eru síarar sem nýta sér lífrænt rek úr stöðuvötnum (Gísli Már Gíslason 1991). Í Bugðu í Kjós, fremur vatnslítilli á (meðalrennsli um $3 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$) sem rennur úr Meðalfellsvatni, voru lirfur bitmýs langþýðingarmesta fæða laxaseiða næst útfallinu en lirfur rykmýs voru þýðingarmeiri þegar neðar kom í ána (Magnús Jóhannsson 1984). Þetta er og í samræmi við það sem fram kom í fæðurannsókn laxfiskaseiða í Úlfarsá (Tumi Tómasson 1975) og í Elliðaánum (Finnur Garðarsson 1983, Þórólfur Antonsson 2015) sem báðar eiga upptök sín í stöðuvötnum. Í Sogi eru lirfur bitmýs í mestum mæli í maga laxaseiða á fyrsta ári. Eftir því sem seiðin eldast og stækka leita þau meira í stærri fæðu, svo sem vorflugulirfur og fullorðin skordýr. Fjölmargar rannsóknir hafa sýnt að laxfiskaseiði velja stærri fæðu eftir því sem þau stækka (Amundssen o.fl. 2001, Keeley og Grant 1997, Jonsson og Jonsson 2011).

Í þverám Sogsins voru bitmýslirfur í mun minna mæli í fæðu laxaseiða en í Sogi. Fæðan var einnig fjölbreyttari þar. Ógreindar flugur, vatnabobbar og ánar komu þar sterkt inn. Þetta helgast trúlega af meira framboði af þessum fæðugerðum í þveránum. Í jökulskotnu ánum Ölfusá og Hvítá voru laxaseiðin að taka bitmýslirfur, en vorflugulirfur og vatnabobbar komu þar sterkt inn í fæðuna. Athygli vekur þar að í Hvítá þar sem jökulvatn gætir meira en í Ölfusá fundust lirfur rykmýs nær ekkert í fæðunni. Fáar rannsóknir liggja fyrir um fæðu í jökullituðum ám hér á landi. Í Þjórsár eru vorflugulirfur í mestum mæli hjá laxaseiðum en þar eru lirfur rykmýs og bitmýs einnig algengar í fæðunni (Magnús Jóhannsson o.fl. 2002, Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2019)

Talning og mæling hrygningarbletta hjá laxi og bleikju í Sogi hafa gefið áhugaverðar niðurstöður. Fjöldi hrygningarbletta getur gefið vísbendingar um umfang hrygningar á afmörkuðum svæðum. Í Sogi er ekki þekkt hve margar holur, og þar með hve marga bletti hver hrygna skilur eftir sig að jafnaði eftir hrygningu. Samkvæmt erlendum athugunum getur hver hrygna grafið allt að sjö holur (Fleming 1996, Taggart o.fl. 2001, Jensen o.fl. 2010). Aðalhrygningarsvæði laxa í Sogi er á Bíldsfellsbreiðu, ofar og neðar í Sogi er hrygning að jafnaði mun dreifðari. Ástæða þess að Bíldsfellsbreiðan er mesta hrygningarsvæðið í Sogi helgast líklegast af því að þar eru samfelldustu malarsvæði árinna, ásamt straumlagi og dýpi sem hentar laxi til hrygningar (Magnús Jóhannsson o.fl. 2004).

Fjöldi hrygningarbletta á Bíldsfellsbreiðu fylgdi nokkuð vel laxveiði í Sogi fram til 2015 en ekki eftir það og skera árin 2017 og 2019 sig úr með mikinn fjölda hrygningarbletta laxa samhliða slakri veiði. Ekki er gott að skýra þessi frávík en athygli vekur að bæði þessi ár bar talsvert á hnúðlöxum í íslenskum ám og veiddust allnokkrir í Sogi, svo ekki er útilokað að hluti laxabletta séu hnúðlaxablettir. Þá má ætla að þetta tengist því að aukinn hluti laxa sem veiðist er sleppt

aftur eftir veiði og þannig hefur í raun aflahlutfallið verið lægra og því aukinn hluti laxa sem veiðist hrygnt síðustu ár. Bleikjublettum fjölgaði verulega milli ára 2018 og 2019. Þetta helst í hendur við aukna bleikjuveiði í Sogi, árið 2018 voru skráðar 265 bleikjur veiddar í Sogi og bráðabirgðatölur um fyrir árið 2019 eru að þar hafi veiðst um 300 bleikjur sem er mikil aukning frá árunum þar á undan þegar veiðin var undir 100 bleikjur (13. mynd).

Hraukarnir þar sem laxahrogn voru grafin voru á 3 – 95 cm djúpu vatni, flestir voru þeir á um 30–50 cm dýpi (mt. 42 cm) sem er áþekkt og fundist hefur erlendis (Fleming 1996). Hér á landi hafa mjög litlar rannsóknir farið fram á hrygningarbúsvæðum laxa og ekki eru til mælingar á dýpi niður á hrygningarhrauka til samanburðar við þær mælingar sem gerðar voru í Sogi. Þetta er heldur grynnra en í fyrri samantekt sem náði til ára 2005 – 2009, en þau ár var meðaldýpi á hrauka 54 cm. Hluti hrygningarhrauka í Sogi er á grunnu vatni, t.a.m. við Sakkarhólma þar sem stór hluti þeirra var á innan við 40 cm dýpi og allnokkur hluti á 20 cm dýpi eða grynnra (14,3%). Sveiflur í rennsli ná fyrst til þeirra svæða sem næst eru virkjunum og vatnshæðabreytingar við sama rennsli eru meiri við Sakkarhólma en við Bíldsfellsbreiðu (Jón T.X. Búi o.fl. 2009) og breytast hraðar við Sakkarhólma (Laufey Hannesdóttir 2007, Auður Atladóttir o.fl. 2019). Við lækun vatnsborðs um 25 cm fara stór malarsvæði við Sakkarhólma á þurrt. Þetta gerist ef rennsli árinna fer niður í $78 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ (Jón T.X. Búi o.fl. 2009). Í því ljósi má telja líklegt að þessi grunnu svæði séu sérstaklega viðkvæm fyrir vatnsborðslækkunum. Á þessum grunnu svæðum eru ekki bara hrygningarbúsvæði heldur einnig búsvæði seiða. Viðkvæmur tími er að vetri þegar hrogn eru grafin í mölina og að vori þegar seiði eru að koma upp úr mölinni, kviðpokinn að klárast og þau að læra á fæðunám.

Haustið 2019 var í fyrsta skipti reynt að nota dróna við að meta magn hrygningar á Bíldsfellsbreiðu Sogsins. Samanburður á fjölda hrygningarbletta sem fékkst með drónatalningunni (178 blettir) og hefðbundinni aðferð (111 blettir) gaf ólíka niðurstöðu, þar sem mun fleiri blettir voru taldar af drónamyndunum. Ástæðan fyrir þessu gæti legið í því að einmitt á Bíldsfellsbreiðu er hrygningin oft mjög hnappdreifð og skarast jafnvel þannig, að stundum er erfitt að gera sér grein fyrir því hvort um sé að ræða eina eða tvær holur. Það var áhugavert að sjá stærðardreifinguna, þar sem hún var tvítoppa, annar toppurinn hrygningarblettir á stærðarbili $1\text{--}3 \text{ m}^2$ en hinn $4\text{--}5 \text{ m}^2$ (sjá 23. mynd). Möguleg skýring gæti verið sú að smærri blettir ($79 \text{ blettir} < 3 \text{ m}^2 \text{ skv. drónamyndum}$) séu bleikjublettir en stærri blettir ($99 \text{ blettir} > 3 \text{ m}^2$) séu eftir laxa. Ýmislegt er þó óljóst í þessu, þar sem lítil reynsla er komin af notkun dróna við hrygningarmatið. Hér er það því lagt til að áfram verði bornar saman þessar tvær aðferðir með það að markmiði að athuga hvort drónatalning geti komið í stað þeirrar aðferðar sem notuð hefur verið til þessa. Með drónatalningu er mögulegt að mæla flatarmál umrótsins en gallinn sá að ekki er hægt að mæla vatnsdýpið. Drónatalning hefur þann kost umfram hefðbundnu talninguna að hún skapar ekkert aukaálag á hrygningarsvæðið, þar sem ekki þarf að ganga um hrygningarsvæðið og skapa þannig hættu á hrognadauða af þeim sökum. Þá má reikna með að hægt verði að fara yfir stærra svæði á tímaeiningu en við hefðbundna greiningu.

Aldur göngulaxa í Sogi er tvö ár byggt á aldursgögnum söfnuðum á árabílinu 2009–2014. Tveggja ára laxar eru úr sleppingum gönguseiða (1.1 ár) en náttúrulegir laxar eru að lágmarki þriggja ára (2.1 ár). Tuttugu laxar voru úr sleppingum gönguseiða og var árshlutfall þeirra frá 0 – 14,0%. Engum gönguseiðum hefur verið sleppt í Sog frá 2006 svo þessir fiskar eru aðkomnir úr sleppingum í aðrar ár. Nærtækast er að ætla að þessir laxar séu upprunnir úr sleppingum í Tungufljót í Biskupstungum en þeir geta einnig verið úr Rangánum enda er þar árlega sleppt miklum fjölda laxagönguseiða. Laxar úr eldi sem hrygna með villtum löxum geta haft áhrif á erfðasamsetningu þeirra til hins verra, sem getur veikt villta stofna og leitt til minni veiði (Skaala o.fl. 2012). Fiskræktarsleppingar geta veikt viðnám stofna fyrir innblöndun frá eldisfiski þar sem valið er fyrir eldisgenum á fyrstu lífsstigum (Hagen o.fl. 2019).

Sjávaraldur laxanna var frá 1–3 ár. Mikill meirihluti laxa hafði dvalið eitt ár í sjó (77,6%) en allstór hluti tvö ár (19,0%) og aðrir þrjú ár. Þegar litið er til hlutfalls laxa sem komu endurtekið til hrygningar í Sogi fyrir tímabilið 1985 – 2012 hefur það að jafnaði verið 6,84%. Breytileiki var talsverður á milli ára eða frá 0 – 20,7% og virðist hafa vaxið eftir 2004. Fjölgotungar leggja því allnokkuð til laxastofnsins í Sogi. Sé litið til lengdar seiðadvalar í fersku vatni hjá laxi í Sogi, sést að á árabílinu 1985 – 2014 hafa ferskvatnsárin að jafnaði verið 2,72 (eitt ár í fersku vatni undaskilið). Þetta er heldur styttri ferskvatnsdöl en í Stóru-Laxá en á árunum 1985–2009 var hún þar að jafnaði 3,1 ár (Magnús Jóhannsson o.fl. 2015). Ferskvatnsdöl var breytileg milli ára og virðist hafa styst á tímabilinu sem einnig kom fram í Stóru-Laxá. Eftir árið 2002 hefur meðalferskvatnsdöl laxa í Sogi verið öll ár, nema tvö, undir langtímameðatali. Stytting ferskvatnsdvalar gæti tengst meiri vaxtarhraða vegna minni seiðapétteleika og/eða hækkandi lofthita sem skilar sér í hlýrra árvatni. Seiðagögn sýna aukinn vaxtarhraða. Þá kann að vera að hlutur þveránna í laxveiði í Sogi sé að aukast en þar er vöxtur seiða almennt betri og ferskvatnsdöl laxa styttri (Magnús Jóhannsson o.fl. 1996). Styttri ferskvatnsdöl laxaseiða kom einnig fram í Þjórsá á árunum 1986–2012 (Magnús Jóhannsson o.fl. 2014)

Samband stærðar hrygna og hrognafjölda gaf að í smálaxahrygnum í Sogi séu að jafnaði 5.922 hrogn og stórlaxahrygnum 11.471 hrogn, að jafnaði gefa stórlaxahrygnur því um tvöfalt fleiri hrogn en smálaxahrygnur. Að fjöldi hrogn vaxi með stærð hjá laxi er vel þekkt úr öðrum rannsóknum (Thorpe o.fl. 1984, de Eyto o.fl. 2015). Höfundum er ekki kunnugt að áður hafi verið reiknað samband stærðar laxahrygna og fjölda hrogn í einstakri íslenskri á. Árið 2002 var reiknað samband stærðar hrygnu og fjöldi hrogn í nokkrum ám á suðvesturlandi, reiknað var samband sameiginlega fyrir allar árnar, en sér fyrir smálaxahrygnur og sér fyrir stórlaxahrygnur (Þórólfur Antonsson o.fl. 2002). Samkvæmt þeirri greiningu gæfu smálaxahrygnur í Sogi að jafnaði 6.246 hrogn en stórlaxahrygnur 12.911 hrogn, sem er mun meiri hrognafjöldi en hér hefur verið reiknað. Í samanburði við önnur lönd virðist sem frjósemi laxahrygna í íslenskum sé meiri miðað við stærð en í öðrum löndum. Á Írlandi gefa hrygnur sem verið hafa eitt ár í sjó að jafnaði 3.441 hrogn og 6.059 hrogn eftir tveggja ára sjávardöl, (de Eyto o.fl. 2015). Laxastofnar á láglendi í Skotlandi liggja nær Soginu, þar kom hins vegar fram mjög mikill breytileiki milli vatnsfalla (stofna) á láglendi og í Skosku hálöndunum sem höfðu stærri og færri hrogn (Bacon o.fl. 2012). Eins árs 67 cm hrygnur gáfu að jafnaði frá 4.754 – 6.746 hrogn (sjö vatnsföll) (Hanson o.fl. 2019). Ekki er þekkt hvernig breytileikinn er milli vatnsfalla á Íslandi en það er vert að kanna. Ef hann reynist mikill er rétt að við útreikningu á

hrognafjöldi í hrygningar/nýliðunasamböndum séu notuð sér sambönd fyrir viðkomandi stofn. Veiði laxa í Sogi hefur verið sveiflukennd. Hún dróst verulega saman eftir 2013 og árin 2016 og 2017 voru þau lélegustu um áratugaskeið (11. mynd). Einhver vanskráning mun hafa verið síðustu árin, sem er afar bagalegt, það skýrir að hluta lægri veiðitölur. Veiðin var mun betri sumarið 2018. Athygli vekur að þrátt fyrir slaka veiði 2017, fundust margir hrygningarblettir laxa það haustið. Það gaf hins vegar ekki aukin þéttleika laxaseiða á fyrsta ári sumarið 2018, nema við Sakkarhólma. Vöktun á seiðabúskap í Sogi sýnir að þéttleiki eins og tveggja ára laxaseiða hefur dregist saman. Enn er mjög lágur þéttleiki laxaseiða á efstu tveimur stöðvum í Sogi. Þegar litið er til hlutfallslegra breytinga á þéttleika eins árs laxaseiða 1986–2019 hefur þéttleiki þeirra minnkað meira í Sogi en í nálægum ám. Helst eru líkindi með seiðapþéttleikaþróun í Ölfusá en samdráttur er meiri í Sogi en þar og miklu meiri en í þverá Sogsins og í Stóru-Laxá. Þetta bendir til þess að einhverjir þættir séu að verki sem eru sértækir fyrir Sogið. Ekki er hægt að horfa framhjá rekstri vatsaflsvirkjana í Sogi í þessu sambandi. Athugað var hvort sveiflur í rennsli Sogsins vegna reksturs vatnsaflsvirkjana hefði áhrif á þéttleika laxaseiða. Fyrirvaralausar útleysingar í Sogsstöðvum virðast hafa áhrif á seiðabúskapinn í Soginu. Tengslin voru þó ekki eins skýr og í fyrri athugun sem náði til ársins 2006 (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011). Þetta kann að hafa tengsl við það að reynt hefur verið að bregðast við þessum vanda af hálfu Landsvirkjunar. Athygli vekur að marktæk tengsl koma ekki fram við seiðapþéttleika laxaseiða við fjölda útleysinga í Írafosstöð, en tengslin eru marktæk við efri stöðvarnar tvær, þar ættu inntakslón stöðvanna að dempa áhrif rennslissveifla. Greining á rennslisháttum í Sogi fyrir árabilið 1999 – 2017 sýndi að fjöldi tilvika sem rennsli í Sogi er utan skilyrða á leiðbeiningum Landsvirkjunar fer að mestu fækkandi þó nokkrar sveiflur séu í fjölda gilda á milli ára. Fjöldi þeirra tilvika þar sem vatnshæð minnkar of hratt miða við viðmiðunarmörk hefur heilt yfir farið minnkandi frá árinu 1999, fyrir utan veturinn 2014 til 2015 sem sker sig raunar úr hvað þetta varðar. Fjöldi tilvika þar sem rennslið fór yfir 150 m³ sek⁻¹ hefur hins vegar farið vaxandi frá 2013 til 2017 (Auður Atladóttir o.fl. 2019). Þess ber að geta að þótt tilvikum fækki geta einstakir atburðir haft afgerandi áhrif á seiðabúskap laxfiska.

Bleikjan í Sogi er að öllum líkindum að mestu staðbundin, þ.e. gengur að litlu leyti milli ferskvatns og sjávar. Urriði sem veiðist í Sogi er hins vegar líklega að mestu sjógenginn. Skráning á veiði silungs er ekki eins góð í Sogi og laxveiðiskráningin. Vaxandi bleikjuveiði fram til 1997 getur að hluta til verið vegna betri skráningar. Þó er ljóst að bleikjustofn Sogsins hefur hnignað verulega og virðist sú þróun hafa hafist eftir 1996, var þá veiði mest 914 en minnst 28 árið 2017. Þetta er í takt við hnignun bleikjustofna víða á landinu (Guðmunda Þórðardóttir og Guðni Guðbergsson 2019). Í Brúará í Biskupstungum, sem er meðal mestu bleikjuveiðiáa landsins, en þar er bleikjan að mestu staðbundin (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2004) hefur veiðin dregist saman eftir 2003 en ekki jafn mikið og í Sogi (úr 1.209 árið 2003, í 579 árið 2015) en vaxið aftur eftir 2015 (Guðmunda Þórðardóttir og Guðni Guðbergsson 2019). Í Ölfusá var mikil minnkun í bleikjuveiði eftir árið 2000. Ekki er þekkt hvað veldur hnignun bleikjustofna en hún er í takt við hlýnandi loftslag og þar af leiðandi hækkandi vatnshita (Malmquist o.fl. 2009). Bleikja er hánorrænn fiskur og bleikjustofnar virðast þola illa hækkandi vatnshita. Til dæmis þola bleikjuhrogn illa vatnshita yfir 8°C (Elliott og Elliott 2010). Þótt bleikjustofninn sé í lægð í Sogi eru vísbendingar um að hann sé á uppleið, það sýna veiðitölur og talning á hrygningablettum. Urriði hefur ætíð verið í mun minna mæli í veiðinni í Sogi bleikja.

Urriða fjölgaði í kjölfarið á fækkun bleikju. Urriðaveiðin dróst svo saman aftur í eftir 2011. Stangveiði urriða í Ölfusá og Hvítá jókst eftir 2000 og hefur haldist góð síðustu ár. Hreisturgreining bendir til þess að urriðinn sem veiðist í ám á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár sé að mestu sjógenginn (Hafrannsóknastofnun óbirt gögn). Í veiðinýtingu í Sogi þarf sérstaklega að gæta þess að bleikju sé hlíft og veiddri bleikju sé sleppt. Skoða ætti að veiða ekki silung að vori fyrir laxveiðitíma eða sleppa öllum silungi á þeim tíma.

Athyglisvert er í þessu sambandi að líta á þróun þéttleika urriða- og bleikjuseiða í Sogi. Þéttleiki urriðaseiða (allir árgangar saman) hefur vaxið en bleikjuseiða dregist saman. Urriðaseiðum tekur að fjölga eftir árið 2000 en á sama tíma fækkar bleikjuseiðum. Þetta fer ágætlega saman við minnkandi bleikjuveiði og bendir til þess að minni veiði sé vegna minnkandi stofnstærðar bleikju í Sogi. Fróðlegt verður að sjá hvort aukin bleikjuveiði 2018 og 2019 tengist stærri hrygningarstofni bleikju sem leiði til meiri hrygningar og bætts seiðabúskapar hjá bleikju í Sogi.

Meðallengdir aldurshópa seiða gefa vísbendingu um vöxt þeirra. Vöxtur laxaseiða er háður vatnshita og þéttleika seiða. Marktækt jákvætt samband var á milli vatnshita í Sogi maí–ágúst og meðallengdar 0⁺ og 1⁺ aldurshópa laxaseiða við Alviðru að hausti. Þetta þýðir að hærri vatnshiti í Sogi (maí–ágúst) hefur skilað sér í auknum vexti og lengd seiða. Hliðstæðar niðurstöður varðandi vatnshita og vöxt fengust í rannsóknum áður í Sogi, Miðfjarðará og Stóru-Laxá (Þórólfur Antonsson og Tumi Tómasson 1998, Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Magnús Jóhannsson o.fl. 2015). Þar sem fiskar hafa misheitt blóð fer virkni og efnaskiptahraði þeirra eftir umhverfishita. Minni þéttleiki seiða getur einnig haft áhrif til aukningar vaxtarhraða seiða að ákveðnu marki. Neikvætt samband var á milli meðallengdar 1⁺ laxaseiða og þéttleika laxaseiða í Sogi, en ekki hjá 0⁺ laxaseiðum. Þetta bendir til þéttleikaháðs vaxtar stærri seiða, en slíkt er vel þekkt hjá seiðum laxfiska í ám (Ward o.fl. 2007, Vøllestad og Olsen 2008, Einum o.fl. 2008, Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Magnús Jóhannsson o.fl. 2015). Athygli vekur að svo virðist sem að þegar þéttleiki er undir 20 seiðum á 100 m², komi ekki fram þéttleikaháður vöxtur. Öll ár eftir 2007 hefur þéttleiki 1⁺ laxaseiða við Alviðru verið undir þessum mörkum. Aukinn vaxtarhraði seiða leiðir til styttri ferskvatnsdvalar, lægri gönguseiðaaldurs og styttri kynslóðatíma (Finstad o.fl. 2009). Aldursrannsóknir gefa til kynna að svo sé raunin í Sogi. Styttri kynslóðatími ætti að leiða til aukinnar framleiðslu ef veiðisókn er innan þolmarka viðkomandi stofna (aukinn veltuhraði).

Greining á veiðni í rafveiði sýndi að hún var breytileg milli tegunda og aldurshópa hjá laxi og milli vatnsfalla. Hún var að jafnaði minnst hjá yngsta aldurhóp laxaseiða (0⁺) eða 0,40 – 0,46, og hærri hjá eldri seiðum, 0,56 – 0,84 hjá 1⁺ og 0,69 eða hærri hjá 2⁺ laxaseiðum. Hærri veiðni hjá eldri seiðum er vel þekkt frá öðrum athugunum (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005, Benejam o.fl. 2012) og tengist frekar stærð seiða en aldri (Millar o.fl. 2016). Veiðnitölur voru heldur hærri en fengust í rannsóknum í Elliðaánum, Úlfarsá og Grímsá. Veiði 0⁺ laxaseiða var 0,35 í Elliðaánum og 0,50 í Grímsá og veiðni eldri seiða 0,49 í Elliðaánum, 0,52 í Úlfarsá og 0,58 í Grímsá (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005). Niðurstöður frá Sogi, Hvítá og Ölfusá eru í nokkru ósamræmi við það að veiðni lækkar almennt með árbreidd (Millar o.fl. 2016). Hugsanleg skýring gæti verið að veiðni hafi aukist frá þeim tíma er rannsókn Friðþjófs Árnasonar o.fl. (2005) fór fram en þekkt er í ánni Dee í Skotlandi að veiðni í rafveiðum hefur verið stigvaxandi frá því á sjöunda áratugnum (Glover o.fl. 2019). Athygli vekur að ekki er ýkja mikill munur á veiðni jafngamalla

seiða í Sogi og jökulvatni Ölfusár og Hvítár. Reyndar var veiðni 1⁺ laxaseiða hærri í Ölfusá en Sogi, var 0,84 í Ölfusá og 0,59 í Sogi. Í Hvítá þar sem jökulvatns gætir meira en í Ölfusá var veiði 1⁺ seiða 0,47. Skert rýni virðist þar hafa nokkur áhrif til veiðnilækkunar. Í Hvítá var jafnframt hutfallslega mestur breytileiki milli ára. Mikill breytileiki milli ára í veiðni skekkir þéttleikamatið og gerir það að verkum að mat á vísitölu seiðapétteleika sem hér um ræðir, með einni yfirferð, verður óáreiðanlegur. Góð fylgni milli þéttleika sama árgangs á sömu svæðum, eins og tilfellið er í Sogi (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011), gefur hins vegar til kynna að matið geti gefið raunhæfa mynd af sveiflum milli ára. Tiltölulega lítill breytileiki í veiðni milli ára í Sogi og Ölfusá bendir og til þess að í þeim geti þéttleikamatið verið nokkuð áreiðanlegt. Góð fylgni breytileika í þéttleika milli í nærliggjandi áa bendir í sömu átt (tafla 4).

Frá árinu 1998 til 2004 hefur Landsvirkjun, í samvinnu við Veiðifélag Þingvallavatns, staðið að sleppingum urriðaseiða í vatnið. Vonast var til að með aðgerðunum og frekari framkvæmdum við útfallið mætti skapast riða- og uppeldisstöðvar fyrir sjálfbæran urriðastofn. Samtals var á árunum 1999 til 2004 verið dreift um 119 þús. sumaröldum og 3.900 eins árs urriðaseiðum í Þingvallavatn og ár sem í það renna. Að auki voru grafin hrogn. Seiðin og hrognin voru öll af Öxarárstofni (Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson 2007). Áður en þessar sleppingar hófust var urriðastofninn í vatninu mjög lítill og víðast hvar þar sem leitað var eftir seiðum í vatninu og ám sem í það renna og frá því fannst lítið af urriðaseiðum (Magnús Jóhannsson o.fl. 2005). Í kjölfar sleppinganna jókst seiðapétteleiki urriða í þveránum sem í vatnið renna, Villingavatnsá og Ölfusvatnsá (Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson 2018). Ljóst er og að fjölgun náttúrulegra urriðaseiða við útfallið og í Efra-Sogi er árangur þessara sleppinga. Þótt hrygningarskilyrði séu erfið í Þingvallavatni við útfallið virðist urriði sækja þar að til hrygningar og koma upp seiðum að einhverju marki. Í Efra-Sogi er einnig kominn upp urriðastofn sem þar hrygnir. Þar er nú framhjárennsli Steingrímsstöðvar til Efra-Sogs og hefur verið miðað við að halda þar um 3–4 m³ rennsli, hefur svo verið frá því um miðjan 10. áratug síðustu aldar (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Auður Atladóttir o.fl. 2019). Sá stofn sem hrygnir þar virðist vera kominn frá urriða úr Þingvallavatni, bæði frá stærri urriða sem berst með vatni úr Þingvallavatni undir lokur á stíflunni (Jóhannes Sturlaugsson 2011) og frá reki seiða ofan úr vatninu. Sleppiseiði sem veiddust í Efra-Sogi á þeim árum þegar verið var að sleppa seiðum í Þingvallavatn við útfallið vitna um það. Efra-Sog virðist vera helsti hrygningarstaður urriða úr Úlfljótsvatni (Jóhannes Sturlaugsson 2011). Ljóst er að urriðastofnar þeir sem hrygna við útfallið og í Efra-Sogi eiga erfitt uppdráttar. Með gerð framhjálaups við stíflu Steingrímsstöðvar þar sem gerð yrðu búsvæði til hrygningar og uppeldis urriða má bæta lífsskilyrði urriða og botndýralífs á svæðinu töluvert og gæti það leitt til þess að þar yrði vísir af endurheimt urriðastofns sem þar hrygndi áður en framkvæmdir við Steingrímsstöð hófust seint á 6. tug síðustu aldar.

Hrygning og seiðapétteleiki sumargamalla laxaseiða í Sogi sýndu fremur lélegt samband við seiðapétteleika árgamalla seiða. Hugsanlegar skýringar gætu legið í lélegu mati á hrygningu, það er að veiðin sé ekki að endurspegla stofnstærð, lélegu mati á seiðapétteleika, þá annaðhvort á 0⁺ eða 1⁺ eða breytileika í afföllum á 1⁺ seiðum. Í ám þar sem vaxtarhraði er lítill hafa yngstu seiðin oft ekki dreift sér langt frá hrygningarblettum og því getur mat á þéttleika þeirra verið misgott milli ára, sérstaklega ef vöxtur er breytilegur milli ára. Í ám þar sem

vaxtarhraði er mikil, eins og í Sogi, gætu ársögömlu seiðin verið byrjuð að færa sig af uppeldissvæðum og leita fanga annarsstaðar í ánni. Í ám á Vesturlandi þar sem vaxtarhraði er minni sýnir hrygning og hversu miklu hver árgangur skilar í veiði ágætissamband við þéttleika 1⁺ seiða en ekki 2⁺ sem mætti skýra á sama hátt (Jóhannes Guðbrandsson í vinnslu). Kanna þyrfti atferli seiða betur til að kann þessa tilgátu en rannsókn á atferli seiða er hafin og mun fara fram næstu ár í Vopnafirði. Þéttleiki ársgamalla seiði sýnir fylgni við fjölda fyrirvaralausra útleysinga virkjana í Sogi, því er hugsanlegt að rennslissveiflur eða önnur áhrif manna eða umhverfis hafi áhrif á afföll seiða á milli ára. Athygli vekur hve stórir hrygningastofnar á árabílinu 2009–2010 skila litlu í seiðabúskapinn (46. mynd). Hér kann að vera um ofmat á hrygningarstofni að ræða en fleira kann að koma til. Árið 2010 sker sig mest úr. Rennslisgreining sýnir að þetta ár var í tímallengd fyrirvaralausra útleysinga í Ljósafossstöð sú mesta á tímabilinu 1990–2017 eða 361 klst (Auður Atladóttir o.fl. 2019).

Þó að veiði fylgi yfirleitt stofnstærð í ám þar með laxateljara eru til staðar eru undantekningar á því. Til dæmis er veiðihlutfallið í Gljúfurá í Borgarfirði mjög breytilegt og hefur verið skýrt með rennslisháðum göngum (Ásta Kristín Guðmundsdóttir og Sigurður Már Einarsson 2020). Í Langá á Mýrum eru vísbendingar um að breytingar á veiðifyrirkomulagi (eingöngu fluguveiði) hafi leitt til lægra veiðihlutfalls (Sigurður Már Einarsson o.fl. 2020a). Þar sem Sog er mjög vatnsmikið er ómögulegt að koma þeirri gerð fiskiteljara sem vinsælust er hérlandis frá fyrirtækinu Vaka fyrir í ánni. Flestar ár með fiskiteljara eru dragár sem hafa aðra rennslishætti en Sog og eru vatnsminni. Það er því óvíst hversu vel er hægt að yfirfæra þær niðurstöður. Við mat á sambandi hrygningar og nýliðunar var gert ráð fyrir föstu áætluðu veiðihlutfalli laxa. Vitað er að það getur verið breytilegt ekki síst eins og hér er um að ræða. Stangveiði er í Sogi og lax er veiddur í Ölfusá á leið í Sog. Vegna óvissu í stofnstærð laxa er mikilvægt að hafa mat á hrygningu sem er óháð veiði eins og riðblettatalningar eða fisktalning með öðrum aðferðum eins og sónar fiskteljurum (Burwen o.fl. 2010). Það er engu að síður ljóst að hrygning í Sogi hefur oft verið undir þeim mörkum sem auka líkur á góðri nýliðun, og þróun á seiðapéttleika gefur tilefni til varúðar. Sé litið til síðustu 10 ára var hrognafjöldi í Sogi undir aðgerðarmörkum í fjögur ár (40%), við mörkin í eitt ár og milli aðgerðarmarka og hrygningarmarkmiðs í tvö ár og ofan markmiðsins í þrjú ár. Því væri rétt að grípa til aðgerða til að breyting verði þar á. Ráðlagt er að öllum stangveiddum laxi verði sleppt aftur í Sogi og þá þarf helst að koma til fluguveiði eingöngu, þar sem maðka- og spúnaveiði skerðir lífslíkur slepptra fiska (Gargan o.fl. 2015). Rétt er að hlífa hrygningarsvæðum fyrir traðki veiðimanna að vori og snemmsumars, þar sem hrogn og kviðpokaseiði eru í mölinni á þessum tíma. Ekki er vitað hversu stór hluti laxa sem veiðast neðar í vatnakerfinu á uppruna sinn í Sogi en ráðlagt er að draga úr sókn og sleppa öllum stangveiddum laxi sem veiðist þar einnig.

Tilefni er til að meta viðmiðunarmörk hrygningar fyrir allt vatnasvæði Ölfusár-Hvítár en það vekur áhyggjur að seiðapéttleiki hefur lækkað þar í sumum ánum. Þótt það sé breytilegt hefur seiðapéttleiki verið á uppleið víða annarsstaðar á landinu (Hlynur Bárðarson o.fl. 2019, Friðþjófur Árnasson og Jónína Herdís Ólafsdóttir 2018, Sigurður Már Einarsson o.fl. 2020b).

Til þess að reyna að tryggja að búsvæði Sogsins séu sem best setin laxaseiðum þarf nægilegt magn laxa að hrygna. Oft hefur þetta ekki náðst. Í veiðinýtingu í Sogi er sjálfsögð ráðstöfun að

sleppa sem mestu af laxi eftir veiði í þeim tilgangi að auka þann fjölda laxa sem hrygnir. Þá er mikilvægt að í rennslisstýringu vegna reksturs Sogsvirkjana verði áfram lagt kapp á að viðhöfð verði þau vinnubrögð að rekstur þeirra valdi sem minnstum skaða á lífríki Sogsins.

Þakkarorð

Bestu þakkir til Sigurðar Má Einarssonar fyrir yfirlestur skýrslunnar og Eydísar Njarðardóttur fyrir að mynda og skrá hreisturgögn.

Heimildir

- Amundsen, P.A., Gabler, H.M. og Riise, L.S. (2001). Intraspecific food resource partitioning in Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in a subarctic river. *Aquatic Living Resources* 14 (4). 257–265.
- Auður Atladóttir, Hugrún Gunnarsdóttir og Þórhildur Guðmundsdóttir. (2019). Rennslis- og vatnshæðarbreytingar í Sogi neðan Íráfoss 2006 – 2017. Landsvirkjun LV-2019-009: 26 bls.
- Armstrong J. D. og Nislow K. H. (2012). Modelling approaches for relating effects of change in river flow to populations of Atlantic salmon and brown trout. *Fisheries Management and Ecology*, 2012, 19: 527–536.
- Ásta Kristín Guðmundsdóttir og Sigurður Már Einarsson. (2020). *Vöktun laxastofna í Gljúfurá í Borgarfirði 2019*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2020-09: 24 bls.
- Bacon, P.J., MacLean, J.C., Malcolm, I.A., Gurney, W.S.C. (2012). Ova fecundity in Scottish Atlantic salmon *Salmo salar*: predictions, selective forces and causal mechanisms. *J. Fish Biol.* 81: 921–938.
- Benejam, L., Alcaraz, C., Benito, J., Caiola, N., Casals, F., Maceda-Veiga, A., de Sostoa, A. og García-Berthou, E. (2012). Fish catchability and comparison of four electrofishing crews in Mediterranean streams. *Fish. Res.* 123, 9–15.
- Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson. (2007). *Seiðaðathugun í útfalli Þingvallavatns haustið 2007*. Veiðimálastofnun, skilagrein VMST-G/07010: 5 bls.
- Burwen, D. L., S. J. Fleischman, and J. D. Miller. (2010). Accuracy and precision of manual fish length measurements from DIDSON sonar images. *Transactions of the American Fisheries Society*, 139:1306-1314.
- Carpenter B., Gelman A., Hoffman M.D., Lee, Goodrich B., Betancourt M., Brubaker M., Guo J., Li P. and Riddell A. (2017). Stan: A probabilistic programming language. *Journal of Statistical Software* 76(1). DOI 10.18637/jss.v076.i01.
- de Eyto, E., White, J., Boylan, P., Clarke, B., Cotter, D., Doherty, D., Gargan, P., Kennedy, R., McGinnity, P., O'Maoiléidigh, N. og O'Higgins, K. (2015). The fecundity of wild Irish Atlantic salmon *Salmo salar* L. and its application for stock assessment purposes. *Fisheries Research* 164: 159–169.
- Edwards, D.J. (1978). *Salmon and trout farming in Norway*. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England: 208 bls.
- Einum, S., Nislow, K.H., Reynolds, J.D. og Sutherland, W.J. (2008). Predicting population responses to restoration of breeding habitat in Atlantic salmon. *Journal of Applied Ecology*, 45: 930–938.
- Elliott, J.M. og Elliott J.A. (2010). Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology* 77. 1793–1817.
- Finnur Garðarsson. (1983). *Tetthet, vekt og produksjon av laksyngel (Salmo salar L.) i elven Ellidaár og Hólmsá på Island*. Cand. Scient. ritgerð við Óslóarháskóla. 75 bls.
- Finnur Guðmundsson og Geir Gígja. (1941). *Vatnakerfi Ölfusár - Hvítár*. Rit Fiskideildar 1941. 1:1–78.
- Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson, Þóra Hrafnadóttir og Hilmar J. Malmquist. (2013). *Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2012. Verkbátur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol*. Náttúrufræðistofa Kópavogs, fjölrit nr. 4-2013: 19 bls.
- Finstad, A.G., R. Hedger, B. Jonsson, Å.S. Kvambekk, R. Ekker, T. Forseth, O. Ugedal, L. Sundt-Hansen og O.H. Diserud. (2009). Laks i framtidens klima Kunnskapsoppsummering og scenario med vekt på temperatur og vannføring. NINA Rapport 646: 99 bls.

- Friðþjófur Árnason og Jónína Herdís Ólafsdóttir. (2018). *Seiðaástand og veiði í Vatnsdalsá árið 2016*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2018-07. 24 bls.
- Friðþjófur Árnason, Þórólfur Antonsson og Sigurður Már Einarsson. (2005). Evaluation of Single-pass electric fishing to detect changes in population size of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) juveniles. *Icel. Agric. Sci.* 18:67-73.
- Fleming, I.A. (1996). Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Fish Biology and Fisheries* 6:379–416.
- Gargan P. G., Stafford, T., Økland, F., Thorstad E. B. (2015). Survival of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) after catch and release angling in three Irish rivers. *Fisheries Research* 161: 252-260.
- Gísli M. Gíslason og Vigfús Jóhannsson. (1985). *Bitmýið í Laxá í Suður - Þingeyjarsýslu*. Náttúrufræðingurinn 55 (4):175–194.
- Gísli Már Gíslason. (1991). *Lífrikið í Laxá*. Bls. 219–235 í: Náttúra Mývatns (ritstj. Arnþór Garðarsson & Árni Einarsson). Hið Íslenska Bókmenntafélag, Reykjavík.
- Glover R.S., Fryer R.J., Soulsby C og Malcolm I.A. (2019). These are not the trends you are looking for: poorly calibrated single-pass electrofishing data can bias estimates of trends in fish abundance. *Journal of Fish Biology* 95(5): 1223-1235
- Guðmunda Þórðardóttir og Guðni Guðbergsson. (2019). *Lax- og silungsveiðin 2018*. Skýrsla Hafrannsóknastofnunar, HV 2019-42: 36 bls.
- Guðni Guðbergsson. (2009). *Lax- og silungsveiðin 2008*. Veiðimálastofnun, VMST/09035. 33 bls.
- Guðni Guðbergsson og Sigurður Már Einarsson. (2007). *Áhrif veiða og sleppa á laxastofna og veiðitölur*. Fræðaging landbúnaðarins 4:196–2005.
- Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson. (2008). *Tengsl stofnstærðar, sóknar og veiðihlutfalls hjá laxi í Elliðaánum*. Fræðaging landbúnaðarins 5:242–249.
- Hagen, I.J., Jensen, A.J., Bolstad, G.H., Diserud, O.H., Hindar, K., Hovard, L., og Karlson, S. (2019). Supplementary stocking selects for domesticated genotypes. *Nat Commun* 10, 199. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08021-z>.
- Hanson, N., Ounsley, J., Burton, T., Auer, S. K., Hunt, J. H., Shaw, B., Henderson, J., Middlemas, S. J. (2019). Hierarchical analysis of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) fecundity in relation to body size and developmental traits. *J. Fish. Biol.* 1–11.
- Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnadóttir. (2012). *Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Yfirlit yfir fimm fyrstu vöktunarárin 2007 – 2011 og samburður við eldri gögn*. Náttúrufræðistofa Kópavogs, fjölrit nr. 3-2012: 67 bls.
- Hlynur Bárðarson, Guðni Guðbergsson, Eydis Njarðardóttir og Sigurður Óskar Helgason. (2019). *Rannsóknir á fiskistofnum nokkurra áa á Norðausturlandi 2018*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2019-29. 129 bls.
- Hvidsten, N.A. (1985). Mortality of pre-smolt Atlantic Salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by rapid fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway. *Journal of Fish Biology* 27:711–718.
- ICES. (2003). *Report on the working group of North Atlantic salmon*. ICES headquarters, Copenhagen, 31 March - 10 April. ICES CM 2003/ACFM: 19. 310 bls.
- Ingi Runar Jonsson, Thorolfur Antonsson and Sigurdur Gudjonsson. (2008). Relation between stock size and catch data of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Icel. Agr. Sci.* 21:61–68.
- Jensen, J.L.A., A.H. Rikardsen, T.F. Næsje, E.B. Torstad, E. Haltungen, A.H. Sur og I. Leina. (2010). *Fangstrater, oppvandring og fordeling av laks i Altaelva*. –NINA Rapport 595. 58 bls.
- Jonsson, B. og Jonsson, N. (2011). *Habitat use*. Í: Noakes, David L.G. (ritstj.). Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout. Springer Science, New York.
- Jóhannes Sturlaugsson. (2011). *Gönguhegðun urriða í Efra-Sogi og Úlfjótuvatni*. Framvinda 2010. Laxfiskar: 24 bls.
- Jón T. X. Búi, Laufey B. Hannesdóttir, Ragnar Þórhallsson og Theódór Theódórsson. (2009). *Dýptarmælingar á hrygningarslóðum í Sogi*. Landsvirkjun Power, LV-2009/108. 17 bls.
- Jónasson, P.M. og C. Lindegaard. (1988). Ecosystem studies of North Atlantic Ridge lakes. *Verh. Internat. Ver. Limnol.* 23:394–403.
- Keeley, E.R. & Grant, J.W.A. (1997). Allometry of diet selectivity in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54. 1895–1902.

- Landsvirkjun. (2019). Wiski gagnagrunnur, 17.10.2019 – M00328.
- Laufey Hannesdóttir. (2007). *Rennsli Sogs og vatnshæð í Þingvallavatni, Úlfjótavatni, Írafosslóni og Álftavatni*. Landsvirkjun LV-2007/052: 67 bls.
- Malmquist, H.J., Th. Antonsson, H.R. Ingvarsson, F. Ingimarsson & F. Árnason. (2009). Salmonid fish and warming of shallow lake Ellidavatn in SW Iceland. *Verh. Internat. Veriein. Limnol.* 30. 1127-1132.
- Magnús Jóhannsson. (1984). *Ernæring, tetthet og vekst hos ársýngel av laks (Salmo salar L.) i elven Bugða i Island*. Cand. Scient. ritgerð við Óslóarháskóla. 82 bls.
- Magnús Jóhannsson. (1997). *Rannsóknir á fiski og bitmýi í Sogi árið 1997*. Veðimálastofnun, VMST-S/97006. 24 bls.
- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Sigurður Guðjónsson. (1996). *Sog, lífríki þess og virkjanir*. Veðimálastofnun, VMST-S/96002. 38 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Erla Björk Örnólfsdóttir, Sigurður Guðjónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. (2002). *Rannsóknir á lífríki Þjórsár vegna virkjana neðan Búrfells*. Veðimálastofnun, VMST-S/020001: 124 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson og Ragnhildur Magnúsdóttir. (2004). *Fisk- og botndýrarannsóknir ásamt búsvæðamati í Sogi og þverám þess 2003*. Veðimálastofnun, VMST-S/04004. 34 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson. (2006). *Fisk- og botndýrarannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2005*. Veðimálastofnun, VMST-S/06002: 32 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. (2014). *Fiskrannsóknir í Sogi og þverám þess árið 2013*. Veðimálastofnun VMST/14005; LV-2014-046: 29 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson. (2015). *Stóra-Laxá í Hreppum. Vatnalíf, veiðinytjar og virkjun*. Veðimálastofnun VMST/15011 og LV-2015-128: 81 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. (2014). *Fiskrannsóknir á vatnasvæði Þjórsár. Samantekt fyrir árin 2008–2012*. Veðimálastofnun VMST/13043; LV-2014/049. 72 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. (2017). *Niðurstöður fisk- og smádýrarannsókna í Sogi árið 2016*. Hafrannsóknastofnun, HV 2017/LV-2017-043: 11 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. (2018). *Fiskrannsóknir á Ölfusvatnsá í Grafningi 2015–2017*. Skýrsla Hafrannsóknastofnunar, HV 2018-51: 17 bls.
- Magnús Jóhannsson og Benóný Jónsson. (2019). *Fiskrannsóknir á vatnasvæði Þjórsár árið 2018. Haf- og vatnarannsóknir*, HV 2019-047/ LV-2019-052: 42 bls.
- Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson. (2004). *Fiskstofnar vatnasvæðis Ölfusár-Hvítár, seiðabúskapur, veiði, veiðinýting og fiskræktarmöguleikar*. Veðimálastofnun, VMST-S/04001X. 52 bls.
- Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson. (2011). *Lífríki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985–2008*. Veðimálastofnun VMST/11049; LV-2011/089: 112 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson og Ingi Rúnar Jónsson. (2005). *Seiðarannsóknir í Öxará, Ölfusvatnsá, Villingavatnsá, Þingvallavatni og Efra-Sogi ásamt urriðarannsóknunum í Þingvallavatni árið 2005*. VMST-S/05005; LV-2005/067: 22. Bls.
- Millar, C. P., Fryer, R. J., Millidine, K. J. og Malcolm, I. A. (2016). Modelling capture probability of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from a diverse national electrofishing dataset: Implications for the estimation of abundance. *Fisheries Research* 177: 1–12.
- Orth, D.J., C.W. Krause, M. Anderson, A. Hunter og Y. Shen. (2002). *Influence of fluctuating releases on stream habitats for brown trout in the Smith river below Philpott dam*. Annual report. Virginia Department of Game and Inland Fisheries. Richmond, VA. 93 bl
- Potter T. (2001). *Past and present use of reference points for Atlantic salmon*. Í: É. Prévost og G. Chaput (ritstj.). Stock, recruitment and reference points assessment and management of Atlantic salmon. INRA editions, Paris 2001. Bls. 195–223.
- Ricker, W.E. (1954). Stock and recruitment. *J. Fish. Res. Board. Can.* 11:559–623.
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Seber, G.A.F. og Le Cren, E.D. (1967). Estimating population abundance from catches large relative to the population. *J. Anim. Ecol.*, 36: 631 – 643.
- Sigurður Már Einarsson, Jóhannes Guðbrandsson og Ásta Kristín Guðmundsdóttir. (2020a). *Viðmiðunarmörk hrygningar í Krossá á Skarðsströnd*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2020-03. 42 bls.

- Sigurður Már Einarsson, Jóhannes Guðbrandsson og Ásta Kristín Guðmundsdóttir. (2020b). *Vöktunarrannsóknir og viðmiðunarmörk hrygningar í Langá á Mýrum. Haf- og vatnarrannsóknir*. Haf- og vatnarrannsóknir HV 2019-16: 35 bls.
- Saltveit, S.J. (1993). *Overvåkning av ungfiskbestanden i Suldalslågen. Tetthetsutvikling og vekst hos laks- og ørretunger i perioden 1977 til 1992*. LFS prosjektet, Suldalslågen. Rapp. 2. 19 bls.
- Saltveit, S.J., J.H. Hallaker, J.V. Arnekleiv og A. Harby. (2001). Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regul. Rivers: Res Mgmt.* 17: 609 – 622.
- Scarnecchia, D.L. (1983). Age of sexual maturity in Icelandic stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1456–1468.
- Skaala, Ø., Glover K.A., Barlaup, B.T., Svåsand, T., Besnier, F., Hansen, M.M., Borgstrøm, R. (2012). Performance of farmed, hybrid, and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) families in a natural river environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 1994–2006.
- Sigurjón Rist. (1990). *Vatns er þörf*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík. 248 bls.
- Taggart, J.B., I.S. McLaren, D.W. Hay, J.H. Webb og A.F. Youngson. (2001). *Spawning success in Atlantic salmon (Salmo salar L.): a long-term DNA profiling-based study conducted in a natural stream*. *Molecular Ecology* 10: 1047–1060.
- Thorpe, J.E., Miles, M.S. og Keay, D.S. (1984). Developmental rate, fecundity and egg size in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 43 (1–3): 289–305.
- Tumi Tómasson 1975. Undersökning av juvenila lax- og öringpopulationer i Úlfsarsá, en liten isländsk älv. Námsverkefni við háskólann í Uppsöllum. 22 bls.
- Von Bayer, H. (1910). A method of measuring fish eggs. *Bulletin of the U. S. Bureau of Fisheries*, 28: 1011-1014.
- Vøllestad, L. A. og Olsen, E.M. (2008). Non-additive effects of density dependent and density-independent factors on brown trout vital rates. *Oikos*, 117: 1752–1760.
- Ward, D.M., Nislow, K.H., Armstrong, J.D., Einum, S. og Folt, C.L. (2007). Is the shape of the density-growth relationship for stream salmonids evidence for exploitative rather than interference competition? *Journal of Animal Ecology*, 76: 135–138.
- Þórólfur Antonsson. (2000). *Verklýsing fyrir mat á búsvæðum seiða laxfiska í ám*. Veiðimálastofnun, VMST-R/0014. 10 bls.
- Þórólfur Antonsson. (2015). *Fæða laxa- urriða og bleikjuseiða. Gögn úr Vesturdalsá, Hofsa og Selá í Vopnafirði og úr Elliðaám og Leirvogsa í Faxaflóa*. Veiðimálastofnun, VMST-S/15024. 21 bls.
- Þórólfur Antonsson og Tumi Tómasson. (1998). *Þættir sem hafa áhrif á meðallengd laxaseiða í Miðfjarðará*. Veiðimálastofnun, VMST-R/98021. 28 bls.
- Þórólfur Antonsson, Sigurður Már Einarsson og Guðni Guðbergsson. (2002). *Veiðiálag, stærð hrygningarstofns og nýliðun í litlum ám*. VMST-R/0204. 31

Viðaukar

Viðauki 1. Þéttleiki seiða, eftir tegundum og aldri, sem veidd seiði á hverja 100 m² í einni yfirferð í rafveiði, í Sogi og þverám þess, árin 1986–2019. Í töflunni kemur fram meðaltal stöðva 620 og 630 en þær stöðvar eru viðmiðunarstöðvar sem veiddar hafa verið árlega öll þau ár sem seiðarannsóknir hafa farið fram. - *Densities of juvenile salmonids in Sog and its tributaries, by species and age, as number of individuals caught pr. 100 m² in one round in electro fishing in autumn 2018. Species are; Atlantic salmon (lax), brown trout (urriði), Arctic charr (bleikja). Average numbers are shown on the bottom panel. Averages are shown separately for stations 620 and 630 which are index stations for R. Sog.*

Ár	Veiddir m ²	Lax			Urriði			Bleikja	
		0+	1+	2+	0+	1+	2+	0+	1+
1986	80	26,3	62,5	20,0	1,3	12,5	1,3	1,3	18,8
1987	94	31,5	42,1	14,5	4,3	10,7	0,0	3,0	2,0
1988	79	31,9	67,5	22,0	4,8	4,6	0,0	17,1	46,5
1989	86	21,2	61,1	5,4	2,9	1,9	0,0	10,2	18,6
1990	98	26,5	51,9	34,8	0,0	2,9	0,0	24,4	2,2
1991	122	53,9	38,5	9,2	3,0	2,0	0,0	0,8	0,5
1992	86	10,6	67,9	13,4	7,4	1,3	0,0	11,3	1,3
1993	99	17,9	33,0	4,0	0,0	5,7	0,0	12,8	2,2
1994	119	15,3	18,7	5,4	0,0	1,7	0,0	2,7	1,0
1995	116	7,1	27,7	5,9	0,0	1,7	0,0	15,6	0,9
1996	96	19,8	26,1	6,3	1,1	5,3	2,1	10,4	2,1
1997	120	20,9	16,7	4,2	4,2	2,5	0,0	35,9	3,4
1998	78	63,0	20,5	4,2	5,4	8,4	0,0	45,5	2,4
1999	127	25,2	14,4	2,4	0,8	0,0	0,0	7,6	6,7
2000	105	21,8	13,9	1,8	0,9	1,8	0,0	25,9	3,0
2001	100	17,4	5,5	1,1	4,7	8,3	0,0	6,5	0,0
2002	139	12,6	4,1	0,6	0,6	4,0	1,0	17,6	1,0
2003	100	43,0	6,0	1,0	4,0	5,0	0,0	6,0	1,0
2004	110	51,7	20,0	0,0	9,4	2,5	0,0	1,0	0,0
2005	113	30,0	17,4	1,8	2,4	5,6	0,0	3,6	0,0
2006	93	47,7	30,6	5,7	8,2	11,0	0,0	4,2	0,0
2007	93	17,8	11,1	2,2	1,1	13,7	1,1	2,1	0,0
2008	84	34,2	10,3	0,0	23,2	12,7	2,7	1,1	0,0
2009	135	44,6	6,1	0,0	4,3	7,2	0,7	0,0	0,0
2010	82	28,8	12,2	0,0	21,2	7,5	0,0	0,0	0,0
2011	121	54,7	6,5	0,0	13,2	6,8	0,0	1,1	0,0
2012	104	32,7	3,9	0,0	7,7	1,9	1,0	0,0	0,0
2013	104	24,2	8,7	0,9	21,8	11,6	0,0	0,0	0,0
2014	102	34,5	6,3	0,6	34,1	19,2	5,6	0,0	1,4
2015	123	45,6	6,8	0,0	24,7	15,3	1,8	3,3	0,0
2016	158	11,9	3,8	1,0	21,0	4,3	1,0	0,0	1,0
2017	91	26,1	9,8	1,1	17,5	22,2	1,1	1,1	0,0
2018	101	23,3	13,5	2,3	13,1	21,7	3,2	0,0	0,0
2019	158	21,2	6,9	0,0	11,3	5,3	0,0	0,0	0,0
Meðaltal		29,3	22,1	5,1	8,2	7,3	0,7	8,0	3,4

Viðauki 2. Þéttleiki seiða, eftir tegundum og aldri, sem veidd seiði á hverja 100 m² í einni yfirferð í rafveiði í Ölfusá, meðaltal stöðva 510, 520, 530 og 540 árin 1986 – 2019. Árin 1985 – 1999 og 2015 var veitt á þremur stöðvum. - *Densities of juvenile fish in river Ölfusá, by species and age, as number of individuals caught pr 100 m², in one round in electro fishing 1986 – 2019. Species are; salmon (lax), brown trout (urriði), Artic carr (bleikja). Average numbers are shown on the bottom panel.*

Ár	Veiddir m ²	Lax			Urriði		Bleikja
		0+	1+	2+	3+	0-3+	0-3+
1985	360	1,6	12,9	12,0	0,5	1,7	2,8
1986	369	1,8	34,8	8,6	0,0	1,7	3,1
1987	415	0,6	14,5	6,6	0,0	1,3	2,0
1988	499	15,1	33,0	6,1	0,0	0,9	2,0
1989	498	8,8	27,5	6,5	0,0	0,7	1,2
1990	372	9,1	25,9	12,2	0,0	4,5	3,3
1991	386	8,4	36,1	16,9	1,8	1,7	4,2
1992	190	1,9	27,5	5,5	0,0	3,0	2,7
1993	225	5,8	13,4	2,9	0,0	2,2	6,0
1994	365	2,9	14,6	6,4	0,0	1,5	2,5
1995	272	6,5	28,2	13,1	0,0	2,8	1,8
1996	233	1,7	31,1	8,6	0,0	2,3	4,6
1997	272	2,5	31,3	4,5	0,8	6,9	1,4
1998	321	4,0	19,1	4,6	0,0	1,5	5,6
1999	325	8,7	20,1	4,6	0,0	2,1	3,5
2000	525	3,7	10,7	3,3	0,0	6,9	1,3
2001	604	6,1	10,1	1,1	0,0	2,6	3,9
2002	693	0,1	8,7	2,1	0,0	2,1	5,7
2003	496	2,7	2,8	0,7	0,0	5,5	6,5
2004	510	3,6	8,8	0,6	0,0	5,2	8,4
2005	472	8,8	5,4	0,5	0,0	2,9	4,3
2006	451	4,9	26,4	1,9	0,0	1,8	7,3
2007	489	4,8	11,3	1,6	0,0	1,0	6,8
2008	518	15,3	5,3	2,7	0,0	0,1	3,8
2009	487	5,3	5,4	1,6	0,0	1,8	3,1
2010	483	18,6	13,9	3,0	0,0	0,7	3,1
2011	429	15,3	13,7	1,2	0,0	1,5	3,6
2012	412	17,8	18,1	3,9	0,0	1,1	6,5
2013	460	7,7	16,0	3,4	0,0	0,0	11,4
2014	426	20,6	6,5	2,9	0,2	2,5	8,2
2015	303	8,0	4,5	2,5	0,0	3,5	4,3
2016	477	4,3	7,0	0,8	0,0	2,9	6,2
2017	505	3,3	5,2	1,1	0,0	2,3	8,0
2018	476	1,3	7,2	1,2	0,0	1,0	7,4
2019	435	12,7	3,9	4,3	0,0	1,2	18,0
Meðaltal		7,0	16,0	4,6	0,1	5,0	2,3

Viðauki 3. Þéttleiki seiða, eftir tegundum og aldri, sem veidd seiði á hverja 100 m² í einni yfirferð í rafveiði í Hvítá, meðaltal stöðva 460, 470, 480 árin 1986 – 2019. - *Densities of juvenile fish in river Hvítá, by species and age, as number of individuals caught pr 100 m², in one round in electro fishing 1986 – 2019. Species are; salmon (lax), brown trout (urriði), Artic carr (bleikja). Average numbers are shown on the bottom panel.*

Ár	Veiddir m ²	0+	1+	2+	3+	Urriði	Bleikja
1985	802	2,2	8,4	11,6	2,4	2,5	0,3
1986	490	0,2	16,2	10,6	0,8	6,7	1,3
1987	490	1,2	13,0	12,8	0,8	4,8	1,4
1988	515	0,9	11,5	9,5	0,2	3,2	0,6
1989	408	4,6	12,5	11,2	0,3	2,1	1,2
1990	443	2,5	15,4	14,2	0,4	3,6	0,5
1991	376	1,3	14,0	10,2	5,8	2,9	0,8
1992	441	0,2	12,6	9,8	0,9	2,5	0,2
1993	432	0,0	3,2	6,8	0,0	2,7	0,2
1994	373	0,2	10,0	7,0	0,8	2,7	0,2
1995	432	3,2	12,7	8,5	0,2	4,0	2,2
1996	410	0,0	18,4	8,6	0,7	3,5	0,2
1997	432	1,3	7,2	5,2	0,6	2,7	0,4
1998	363	0,7	12,0	6,0	0,0	4,7	0,0
1999	452	0,5	6,3	3,6	0,0	0,0	2,0
2000	529	0,4	4,1	1,8	0,0	4,7	0,0
2001	530	0,1	4,6	4,2	0,0	3,4	0,2
2002	404	0,4	9,0	3,8	0,0	6,4	1,0
2003	467	0,0	2,4	3,0	0,0	4,0	0,8
2004	559	0,2	2,7	1,7	0,0	3,6	0,1
2005	447	0,0	5,4	4,2	0,0	3,4	0,0
2006	493	0,0	11,6	1,9	0,0	6,1	0,0
2007	525	0,2	9,1	7,9	0,4	5,7	0,4
2008	567	3,3	2,0	3,0	0,6	3,8	0,0
2009	563	1,2	10,3	1,5	0,0	2,5	0,6
2010	457	1,0	12,2	3,6	0,3	3,8	0,0
2011	482	0,8	9,4	7,0	0,0	5,2	0,0
2012	398	2,3	12,2	2,0	0,0	10,9	1,4
2013	346	0,6	13,6	4,7	0,0	10,8	0,6
2014	432	0,6	3,2	4,3	0,2	11,3	2,1
2015	433	1,2	6,5	1,4	0,0	5,9	0,0
2016	402	5,4	4,2	2,9	0,2	12,2	1,8
2017	368	1,0	6,8	2,9	0,0	9,3	1,2
2018	354	1,0	7,4	2,4	0,0	5,2	0,5
2019	451	1,8	6,9	3,0	0,2	11,2	3,1
Meðaltal		1,2	9,1	5,8	0,5	5,1	0,7

Viðauki 4. Fjöldi slepptra laxaseiða í Sog og þverár árin 1985 – 2010 eftir seiðagerð. –
Number of salmon juveniles released in R. Sog and tributaries in 1985 – 2010 by category.

Ár	Kviðpokas.	Sumaralín	Hautseiði	Eins árs	Gönguseiði
1985	19.000	22.000	-	-	-
1986	17.000	18.000	-	-	1.500
1987	-	-	-	-	2.028
1988	89.800	15.000	-	-	-
1989	85.900	-	-	-	-
1990	98.400	-	-	-	-
1991	37.400	-	-	-	-
1992	3.000	11.594	-	-	-
1993	27.800	5.709	-	380	2.660
1994	70.200	5.064	-	-	2.459
1995	91.600	2.354	-	-	2.971
1996	45.700	44.492	3.234	-	4.066
1997	33.500	-	5.095	-	13.106
1998	64.283	42.572	6.000	-	8.220
1999	28.648	15.790	-	-	7.500
2000	12.000	15.800	-	-	14.069
2001	-	-	-	-	15.502
2002	-	15.500	-	-	18766
2003	5.000	5.700	-	-	12.171
2004	111.000	-	-	-	-
2005	99.000	-	-	-	-
2006	149.000	-	-	-	17.740
2007	115.000	-	-	-	-
2008	72.500	-	-	-	-
2009	70.000	-	-	-	-
2010	36.000	-	-	-	-

Viðauki 5. Mat á viðmiðunarmörkum fyrir lax í Sogi. Sýnt er miðgildi, meðaltal og staðalfrávik (SD) eftirádreifingar auk hlutfallsmarka. Sýnd er sú hrygning sem gefur hámarksnýliðun (SRmax) þegar nýliðun er metin sem vísitala vorgamalla seiða (H0), vísitala veturgamalla seiða (H1), vísitala veturgamalla seiða með tveggja skrefa aðferð, það er með vorgömul seiði sem milliskref (H01) og nýliðun sem fjöldi hroga afkomenda (HH). Sú hrygning sem gefur hámarkafrakstur (SmsyHH) er einnig sýnd. Samband vor- og veturgamalla seiða var einnig kannað og sýnd er vísitala vorgamalla seiða sem gefur hámarksþéttleika veturgamalla (SRmax01) og hámarkið sjálft (Rmax). Bæði eru sýndar niðurstöður þegar útgildum er sleppt og þegar öll gögn eru notuð. - *Estimates of reference points for salmon egg density in river Sog. The median, average, standard deviation (SD) and quantiles of the posterior distribution are shown. The egg density that gives maximum recruitment (SRmax) when recruitment is estimated as fry density (H0), one-year-old parr density (H1), one-year-old parr density using fry as an intermediate step (H01) and when recruitment is estimated as the egg density of offsprings (HH). Egg density at maximum sustainable yield (SmsyHH) is shown. The relationship between fry and one-year-old parr densities was also estimated and the density of fry giving the theoretical maximum of one-year-old parr densities is shown (SRmax01) as well as the maxima itself (Rmax). Results both using and excluding outliers are shown.*

	Miðgildi (50%)	Meðaltal	SD	2,5%	25%	75%	97,5%
	Útgildum sleppt						
	Hrygning (hrogn/m ²)						
SRmaxH0	2,13	2,35	1,24	1,42	1,82	2,59	4,32
SRmaxH1	1,69	-27,88	2.247,74	-38,70	-2,75	3,87	39,56
SRmaxH01	1,51	1,50	0,95	0,42	0,89	2,04	3,22
SRmaxHH	1,60	1,64	0,27	1,23	1,45	1,78	2,30
SmsyHH	1,06	1,08	0,13	0,87	0,99	1,15	1,39
	Seiðavísitala (fj/ 100 m ²)						
SRmax01	25,11	30,53	381,01	12,13	19,30	35,89	119,17
Rmax01	13,21	13,69	76,36	8,80	11,62	15,26	30,89
	Öll gögn						
	Hrygning (hrogn/m ²)						
SRmaxH0	2,14	2,33	1,67	1,41	1,83	2,58	4,42
SRmaxH1	1,24	1,36	0,58	0,82	1,06	1,50	2,58
SRmaxH01	1,02	1,23	0,73	0,41	0,70	1,71	2,81
SRmaxHH	1,35	1,36	0,15	1,12	1,26	1,45	1,70
SmsyHH	0,93	0,93	0,07	0,81	0,89	0,98	1,09
	Seiðavísitala (fj/ 100 m ²)						
SRmax01	20,66	23,74	68,23	11,87	16,68	26,86	64,50
Rmax01	11,80	12,14	11,79	8,41	10,49	13,44	18,98



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna